



ÉTAT DES ÉNERGIES RENOUVELABLES EN EUROPE

ÉDITION **2023**
22^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

2023

ÉDITION
22^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.

EDITO 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	76
■ Le solaire thermodynamique	90
■ Les énergies marines	96
■ Les énergies renouvelables dans les transports	104
• Conclusion	118
■ Intégration des énergies renouvelables dans le parc de bâtiments et l'infrastructure urbaine	133
■ Focus : Les communautés d'énergie renouvelable	154
■ Focus : les parts de marché des différentes technologies dans les puissances électriques installées durant en 2022	164
■ Focus : capacités de stockage de l'électricité	166

Indicateurs socio-économiques 182

■ L'éolien	184
■ Le photovoltaïque	186
■ Le solaire thermique	188
■ L'hydroélectricité	190
■ La géothermie	194
■ Les pompes à chaleur	196
■ Le biogaz	198
■ Les biocarburants	200
■ Les déchets municipaux renouvelables	202
■ La biomasse solide	204
• Conclusion	208
■ Le développement des énergies renouvelables et son influence sur le secteur des combustibles fossiles	222

Indicateurs d'investissement 224

Coûts, prix et compétitivité des énergies renouvelables 239

Données sur les coûts d'investissement en Europe	240
Coût moyen pondéré du capital (CMPC)	244
Coût actualisé des énergies renouvelables	250
Prix de l'énergie	253

Consommation de combustibles fossiles évitée, et coûts et émissions de GES évités en résultant 256

Indicateurs d'innovation et de compétitivité 271

Investissements dans la R&D	272
Investissements publics en R&D	274
■ L'énergie solaire	274
■ La géothermie	275
■ L'hydroélectricité	276
■ Les biocarburants	277
■ L'éolien	278
■ L'énergie océanique	279
■ Total des technologies renouvelables	280
Investissements privés dans la R&D	282
■ L'énergie solaire	282
■ La géothermie	283
■ L'hydroélectricité	284
■ Les biocarburants	285
■ L'éolien	286
■ L'énergie océanique	287
■ Total des technologies renouvelables	288
• Conclusion	290
Dépôts de brevets	292
■ Le photovoltaïque	294
■ La géothermie	296
■ L'hydroélectricité	298
■ Les biocarburants	300
■ L'éolien	302
■ L'énergie océanique	304
■ Total des technologies renouvelables	306
• Conclusions	308
Commerce international	310
■ Total des technologies renouvelables	312
■ L'énergie éolienne	320
■ Le photovoltaïque	326
■ Les biocarburants	332
■ L'hydroélectricité	338
• Conclusion	344

SOURCES & RÉFÉRENCES 346



UNION DE L'ÉNERGIE 2.0

Vincent Jacques le Seigneur, président d'Observ'ER

Comme le montre cette nouvelle édition du baromètre EurObserv'ER¹, l'Europe de l'énergie, chère à Jacques Delors², prend forme. Certes, aux fondements mêmes de l'Union, il y eut la Communauté européenne du charbon et de l'acier (Ceca) puis le traité Euratom afin de partager les « bienfaits » de l'énergie nucléaire, mais rien dans le traité de Rome, instituant en 1957 la Communauté économique européenne, ne faisait référence, de façon explicite, au domaine de l'énergie resté chasse gardée des États membres. Il fallut attendre cinquante ans pour que ce sujet soit pris à bras-le-corps et que, dans le traité de Lisbonne, l'énergie devienne une politique à part entière de l'Union.

Comme le montre ce rapport, fin 2022, près du quart de l'énergie dans la consommation finale a été renouvelable³. C'est dire le succès de cette politique désormais résolument européenne. Si des objectifs indicatifs nationaux avaient été fixés par la directive 2001/77 pour 2010, c'est en effet le paquet climat-énergie, adopté en 2008 sous présidence française, qui a gravé dans le marbre des objectifs contraignants – les fameux 20% – dans le domaine de l'efficacité énergétique, de la réduction des gaz à effet de serre et des énergies renouvelables. Une perspective de moyen terme qui a incité les décideurs politiques mais aussi les investisseurs, les industriels et les ménages à se tourner sans regret vers ces nouvelles sources d'énergie.

Après les alertes climatiques, ce sont les tensions internationales dues à l'invasion de l'Ukraine par la Russie provoquant une hausse spectaculaire du prix de l'énergie indexé sur le gaz qui ont suscité un nouveau sursaut et décidé plus que jamais l'Europe à mobiliser toutes les ressources nécessaires pour assurer non seulement la transition énergétique

mais aussi notre émancipation : adoption du plan REPowerEU pour « accélérer la transition vers une énergie propre », révision pour ce faire de la directive sur les énergies renouvelables (RED III) fixant à 42,5% l'objectif à atteindre d'ici 2030 au lieu des 30% initialement prévus, adoption du Net zero Industry Act en réponse à l'Inflation Reduction Act américain afin de disposer de 40% de technologies vertes « critiques » produites en Europe d'ici à 2030...

La feuille de route est fixée, il ne reste pour les États membres qu'à la mettre en œuvre. Bruxelles coordonne, finance mais exerce aussi et surtout son rôle de vigile. Ainsi de la commissaire européenne à l'Énergie, Kadri Simson, qui vient officiellement de demander à la France d'adopter clairement l'objectif d'au moins 44% d'énergies renouvelables dans la consommation finale d'ici 2030 sous peine de sanctions alors qu'elle a adressé à la Commission, en décembre dernier, un Plan national énergie climat (PNEC) sans objectifs chiffrés.

La carotte et le bâton. Comme toujours, il faut un peu des deux pour avancer. La stratégie énergétique et climatique pour une Europe neutre en carbone d'ici 2050 est certes un pari fou, mais nous n'avons guère le choix et il n'est plus de mise de procrastiner. ■

1. 22^e rapport sur « L'état des énergies renouvelables en Europe ».

2. Voir le récent rapport de l'Institut Jacques Delors « Union de l'énergie 2.0 pour la mise en place du Pacte vert » <https://institutdelors.eu>.

3. 23% de la consommation finale d'énergie, 41,2% pour celle de l'électricité et 24,8% pour la chaleur et le rafraîchissement.

MESSAGES CLÉS

Indicateurs énergétiques

- La part des énergies renouvelables dans la consommation brute d'électricité a atteint 41,2 % en 2022. 1 084,2 Twh d'électricité renouvelable ont été produits en 2022, l'éolien étant la source la plus importante (421,3 Twh, soit 38,9 % de l'ensemble de la production d'électricité renouvelable). Viennent ensuite l'énergie hydraulique (276,2 Twh) et l'énergie photovoltaïque (210,3 Twh). La biomasse arrive en quatrième position avec 169,4 Twh.
- 94 % de la nouvelle capacité électrique connectée en 2022 provient de sources renouvelables (50,1 sur un total de 53,5 GW). Les 6 % restants proviennent du gaz.
- En 2022, la part des énergies renouvelables dans la consommation de chaleur et de froid était de 24,8 %. 111,8 Mtep ont été produits dont 72,8 % à partir de biocombustibles solides (81,3 Mtep), dans un contexte d'hiver plus doux que l'année précédente. Les pompes à chaleur arrivent en deuxième position avec 16,7 Mtep.
- Les énergies renouvelables couvrent 23,0 % de la consommation finale brute d'énergie dans l'UE 27 en 2022. 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 1,69 million d'équivalents temps plein en 2022. Ce chiffre est supérieur de 15 % à celui de 2021. Le secteur le plus important est celui des pompes à chaleur, avec 416 200 équivalents temps plein.

- L'activité économique liée aux énergies renouvelables en 2021 est estimée à 210 milliards d'euros (+ 13 % par rapport à 2021). En ce qui concerne les emplois, les pompes à chaleur sont le secteur qui a généré le chiffre d'affaires le plus élevé avec 57,4 milliards d'euros.

Indicateurs d'investissement

- En 2022, les États membres de l'UE ont investi 180 milliards de dollars dans les technologies liées aux énergies renouvelables, conservant ainsi leur deuxième place derrière la Chine et suivis par les États-Unis. Les pays de l'UE qui investissent le plus sont l'Allemagne, la France, l'Espagne et l'Italie, avec une évolution notable vers les véhicules électriques, en particulier en Allemagne et en France.
- Dans le secteur de l'énergie éolienne, la plupart des pays ont investi moins que les années précédentes. Le secteur de l'éolien en mer, en particulier, a été influencé par des circonstances macroéconomiques majeures, les conditions économiques et financières difficiles augmentant les risques pour les projets.
- Au sein de l'UE, la répartition des investissements dans l'énergie photovoltaïque varie considérablement. L'Allemagne a conservé sa position de premier investisseur dans le solaire photovoltaïque, avec un investissement de 8,5 milliards d'euros en 2021, qui passera à 9,4 milliards d'euros en 2022. L'Espagne, avec un investissement de 6,4 milliards d'euros en 2022, s'est hissée à la deuxième place, dépassant les Pays-Bas. Dans l'ensemble, les coûts d'investissement du photovoltaïque ont légèrement baissé entre 2021 et 2022.

Coûts, prix et compétitivité des énergies renouvelables

Après les circonstances macroéconomiques incertaines des années 2021 et 2022, pour lesquelles il était difficile d'évaluer les coûts, nous présentons les coûts d'investissement pour l'année 2023 conformément à l'approche documentaire utilisée les années précédentes. Des estimations actualisées du coût moyen pondéré du capital (CMPC) ont été utilisées pour déterminer les coûts énergétiques nivelés (LCoE). Quelques faits saillants tels que rapportés pour l'année 2023 :

- pour la production d'électricité, l'éolien terrestre a le LCoE moyen le plus bas en 2023 (55 €/MWh), devant l'hydroélectricité (65 €/MWh) et l'éolien en mer (68 €/MWh), suivis par l'électricité produite par les grandes centrales photovoltaïques commerciales (72 €/MWh);
- pour la production de chaleur, le LCoE moyen le plus bas observé est celui de la chaleur issue de la biomasse (53 €/MWh);
- les valeurs du LCoE varient d'un pays à l'autre en raison du rendement variable des sources renouvelables dans l'Union européenne et des différences dans les paramètres de financement;
- les prix du gaz naturel et de l'électricité pour les ménages et les non-ménages montrent une augmentation entre 2021 et 2022 qui, pour les deux vecteurs énergétiques, est plus prononcée pour les non-ménages. L'effet de la hausse des prix de l'énergie et de l'approvisionnement sur le niveau de prix moyen des ménages a été atténué par des allègements fiscaux et d'autres mesures de soutien contre les prix élevés de l'énergie, telles qu'elles ont été introduites par de nombreux États membres de l'Union européenne.

Consommation de combustibles fossiles évitée et réduction des émissions de GES

- En 2022, l'utilisation des énergies renouvelables a permis le remplacement 192 Mtep de combustibles fossiles par rapport au niveau d'utilisation des énergies renouvelables en 2005. Ces chiffres correspondent à un coût annuel évité de 220 milliards d'euros pour l'UE 27.

Indicateurs d'innovation et de compétitivité

- 817 millions d'euros d'investissements publics en R&D ont été placés en 2021 dans l'UE 27 pour les technologies renouvelables. 2 221 millions d'euros ont été engagés par des acteurs privés en 2020 (dernière année disponible).
- L'UE a déposé 1 325 brevets dans le domaine des énergies renouvelables en 2020, l'Allemagne étant le pays le plus actif (359 brevets). La Chine reste le leader mondial du nombre de brevets déposés dans le domaine des énergies renouvelables avec 10 004 brevets.
- La balance commerciale (différence entre les importations et les exportations) des secteurs des énergies renouvelables dans l'ensemble de l'UE 27 affiche un solde négatif de 15 018 millions d'euros en 2022. Le principal partenaire reste la Chine, qui a exporté pour 21 559 millions d'euros de biens et services dans le domaine des technologies renouvelables vers l'UE-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 2023 pour les filières éolienne, solaire photovoltaïque, solaire thermique, solaire thermodynamique, biogaz, énergies renouvelables dans les transports et biomasse solide. Ces synthèses ont été l'occasion de consolider l'ensemble des indicateurs énergétiques avec les données officielles publiées par Eurostat pour les années 2021 et 2022.

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 la filière des pompes à chaleur, 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 2024 (balances énergétiques complètes), et ceux propres 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 version du 6 février 2024 issue de la base de données Eurostat «Part de l'énergie provenant de sources renouvelables» (https://ec.europa.eu/eurostat/fr/data/database?node_code=nrg_ind_share).

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 concernant 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 Share 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 pompe à chaleur (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.

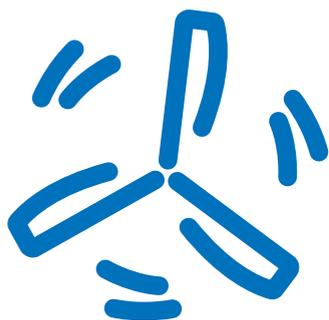
Les indicateurs énergétiques présentés ayant comme source Eurostat sont ceux définis dans la notice méthodologique du «Questionnaire annuel renouvelable» commun à Eurostat et à l'Agence internationale de l'énergie.

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. Concernant le solaire photovoltaïque, Eurostat travaille à la mise en place de nouveaux indicateurs de suivi de la puissance photovoltaïque : un premier représentera la puissance maximale nette exprimée en courant continu et un second portera 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. Si l'objectif d'Eurostat est de produire ces deux indicateurs distincts pour l'ensemble des pays européens, et ce à partir de l'année 2022, début février 2024, la plupart des pays de l'Union européenne n'avaient communiqué qu'un seul indicateur sur les deux (en grande majorité la puissance maximale nette en courant alternatif). Pour calculer la capacité solaire photovoltaïque qui contribue à la capacité électrique totale du pays, 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. 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

Malgré des vents pas toujours favorables, la filière éolienne de l'Union européenne maintient son cap. Selon Eurostat, la puissance éolienne nette installée de l'Union européenne, définie comme la puissance nette maximale pouvant être injectée sur le réseau, a été mesurée à 203 554,6 MW fin 2022 (dont 16 077,8 MW d'éolien maritime), soit une puissance supplémentaire nette de 15 607,1 MW par rapport à 2021 (dont 938,5 MW d'éolien maritime). La puissance éolienne supplémentaire nette entre 2021 et 2022 est donc en croissance de 43,5% par rapport à celle mesurée entre 2020 et 2021 (+ 10 875,7 MW). Cette puissance additionnelle nette tient compte de la puissance des machines qui ont été démantelées durant l'année 2022, dont une partie a été remplacée par des machines plus puissantes (opérations de « repowering »). Le repowering permet de profiter des dernières innovations technologiques et de remplacer d'anciennes éoliennes par des modèles de conception plus récente, généralement plus grands, plus puissants et surtout présentant des rendements beaucoup

plus élevés. Le principal intérêt est d'augmenter la production électrique d'un site et de réduire ses coûts d'exploitation. La puissance des machines nouvellement raccordées durant l'année 2022 est un indicateur plus représentatif du marché de l'éolien car elle ne prend pas en compte les puissances mises hors service (« decommissioning »). L'association WindEurope, qui représente la voix de l'industrie de l'énergie éolienne en Europe, publie ses propres indicateurs issus de ses membres souvent en avance par rapport aux données publiées par les organismes statistiques officiels. WindEurope estimait, en mars 2023, dans son rapport annuel « Wind energy in Europe », la puissance des nouvelles installations de l'Union européenne en 2022 à 16 148 MW (dont 1 221 MW offshore), en augmentation de 40% par rapport à 2021. WindEurope alerte sur le fait que le rythme d'installation des pays de l'Union européenne est actuellement insuffisant pour atteindre les objectifs climatiques et énergétiques de 2030. Elle précise que pour atteindre ses objectifs 2030 et atteindre une part EnR de 45% dans la consomma-

tion d'énergie finale, l'Union européenne devrait installer au moins 31 GW chaque année entre 2023 et 2030, pour une puissance cible de 440 GW. Or, sur la période 2023-2027, WindEurope prévoit plutôt la construction en moyenne de 20 GW d'énergie éolienne chaque année dans l'Union européenne. Elle juge cependant qu'une montée en puissance compatible avec les objectifs climatiques de l'UE est encore possible à condition que les pays de l'Union européenne continuent de simplifier les règles et les procédures d'autorisation, redonnent des signaux clairs aux investisseurs et investissent considérablement dans la chaîne de valeur de l'énergie éolienne (usines, réseaux, ports, navires et travailleurs qualifiés). Selon l'association, le repowering représente aussi une opportunité majeure pour redynamiser rapidement les installations éoliennes en Europe. En effet, les parcs les plus anciens sont généralement situés sur les meilleurs emplacements éoliens, les infrastructures sont déjà en place (routes, sous-stations) et il y a généralement moins d'opposition des communautés locales, même si leur implica-





1

Puissance éolienne installée* dans l'Union européenne à fin 2021 et 2022 (en MW)

	2021	dont éolien en mer	2022	dont éolien en mer
Allemagne	63 711,0	7 807,0	66 163,0	8 149,0
Espagne	27 907,7	0,0	30 113,8	0,0
France	18 551,1	14,3	20 810,6	500,8
Suède	12 116,0	193,0	14 279,0	193,0
Italie	11 253,7	0,0	11 820,5	0,0
Pays-Bas	7 673,8	2 459,5	8 754,8	2 569,5
Pologne	6 967,3	0,0	8 150,2	0,0
Danemark	7 003,9	2 305,7	7 083,8	2 305,7
Finlande	3 257,0	73,0	5 677,0	73,0
Portugal	5 427,3	25,0	5 538,1	25,0
Belgique	4 948,4	2 261,8	5 303,4	2 261,8
Grèce	4 649,1	0,0	4 702,3	0,0
Irlande	4 339,0	0,0	4 536,1	0,0
Autriche	3 407,8	0,0	3 579,2	0,0
Roumanie	3 015,0	0,0	3 015,2	0,0
Croatie	986,9	0,0	986,9	0,0
Lituanie	671,0	0,0	946,0	0,0
Bulgarie	704,4	0,0	702,1	0,0
Tchéquie	339,4	0,0	339,1	0,0
Hongrie	324,0	0,0	324,0	0,0
Estonie	315,0	0,0	316,0	0,0
Luxembourg	136,4	0,0	165,9	0,0
Chypre	157,5	0,0	157,5	0,0
Lettonie	77,1	0,0	82,4	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 UE 27	187 947,5	15 139,3	203 554,6	16 077,8

* Puissance électrique maximale nette. Source: Eurostat.

tion est essentielle, d'autant plus quand les nouvelles éoliennes sont plus hautes et plus puissantes.

PRÈS DE 1 GW OFFSHORE MIS EN SERVICE DANS L'UE EN 2022

En 2022, la puissance nette maximale éolienne offshore de l'Union européenne mesurée par Eurostat a atteint 16 077,8 MW, soit 938,5 MW de plus que celle mesurée à la fin de l'année 2021. Cette performance est supérieure à celle de 2021 qui avait vu selon Eurostat une augmentation de la puissance nette maximale éolienne offshore de 614,8 MW entre 2020 et 2021. Le décompte d'EurObserv'ER est légèrement supérieur car il prend en compte la connexion fin avril 2022 du premier parc maritime italien qui est aussi le premier parc installé en Méditerranée, le projet Beleolico (30 MW) au large du port de Tarente. Ce parc n'est pas encore pris en compte dans les données officielles de l'Italie et donc non pris en compte dans la base de données Eurostat. Il a la particularité d'être le premier parc européen offshore à utiliser des éoliennes chinoises (10 turbines Mingyang de 3 MW de type MySE 3.0-135). L'Irlande dispose également d'un parc éolien en mer de 25,2 MW (Arklow Bank), qui a été mis en service en 2004. Cependant, ce pays ne distingue pas ce parc de sa capacité éolienne totale. La puissance additionnelle en 2022 s'explique également par la mise en service en France du très attendu parc éolien de Saint-Nazaire (480 MW). Entièrement opérationnel depuis le 23 novembre 2022, il est le premier parc éolien offshore commercial du pays, équipé de 80 turbines General Electric de

type GE Haliade 160-6 MW. L'Allemagne, qui n'avait rien installé en 2021, a mis en service son sixième parc éolien offshore, à savoir le parc de Kaskasi (342 MW). Ce parc est équipé de 38 turbines de type SG 8.0-167 DD Flex dont la puissance a été débridée à 9 MW. Kaskasi à la particularité d'être le premier parc éolien offshore disposant de pales éoliennes avec résine recyclable. Les Pays-Bas ont, quant à eux, raccordé les premières éoliennes du parc éolien de Hollandse Kust Zuid 1 & 2, le premier parc éolien offshore non subventionné au monde. Selon Statistics Netherlands (CBS), 111 MW ont officiellement été comptabilisés en 2022 sur les 770 MW que comporte le projet. CBS précise qu'il ne considère la capacité que si l'installation est déjà utilisée, en examinant l'alimentation du réseau. En 2023, l'activité de l'éolien maritime à l'échelle de l'UE s'est nettement intensifiée avec pas moins de 6 grands parcs en cours d'installation et d'achèvement. Aux Pays-Bas, la construction du parc de Hollandse Kust Zuid 1 & 2 et Hollandse Kust Zuid 3 & 4 s'est poursuivi en 2023 (1,5 GW au total, soit 140 turbines de 11 MW avec un diamètre de rotor de 200 mètres, de type SG 11.0-200 DD). La dernière turbine a été installée en juin 2023 et le parc a été inauguré en septembre 2023. Il devrait cependant être pleinement opérationnel en 2024. Selon Vattenfall, propriétaire du projet avec BASF, ce parc produira l'équivalent de la consommation annuelle de 2 millions de ménages néerlandais. La construction du parc de Hollandse Kust Noord (759 MW, 69 turbines SG 11.0-200 DD), qui a également débuté en octobre 2022, a installé sa dernière éolienne en octobre 2023, pour

une production en pleine puissance fin 2023 (3,3 TWh attendus sur une année en conditions normales). Le propriétaire du projet, CrossWind, une joint-venture entre Shell et Eneco, mettra en œuvre plusieurs innovations dans la construction du parc éolien, telles que la production d'hydrogène offshore et l'installation de panneaux solaires flottants. En effet, Shell Nederland et Shell Overseas Investments, deux filiales de Shell, ont pris la décision finale d'investissement (FID) pour construire Holland Hydrogen I, qui deviendra la plus grande usine d'hydrogène renouvelable d'Europe une fois opérationnelle en 2025. En Allemagne, le projet Arcadis Ost 1 (257 MW) a produit ses premiers kWh début janvier 2023 et est devenu pleinement opérationnel en décembre 2023. Ce parc est le premier projet commercial à utiliser une turbine Vestas de 9,5 MW avec un rotor de 174 mètres (V174-9.5 MW). Arcadis Ost 1 devrait fournir suffisamment d'électricité pour couvrir les besoins de jusqu'à 300 000 foyers allemands. La France finalise les travaux de construction des parcs de Fécamp (497 MW, 71 turbines SWT-7.0-154) et de Saint-Brieuc (496 MW, 62 turbines SG 8.0-167 DD), partiellement connectés en 2023 mais qui seront entièrement opérationnels en 2024. La production de parc de Fécamp sera équivalente à 60% de la consommation d'électricité du département de la Seine-Maritime (380 000 foyers); celui de Saint-Brieuc, à 9% de la consommation d'électricité de la Bretagne (380 000 foyers également). Au Danemark, enfin, la construction des fondations du parc offshore de Vesterhav Nord/Syd (344 MW) a débuté en février 2023. Les câbles et les 41 turbines (SG 8.0-167 DD



2

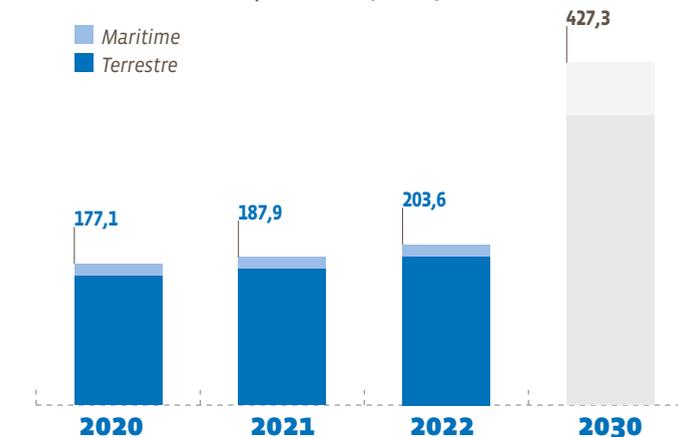
Production brute d'électricité d'origine éolienne dans l'Union européenne en 2021 et 2022 (en TWh)

	2021	dont éolien en mer	2022	dont éolien en mer
Allemagne	114,169	24,374	124,816	25,124
Espagne	62,061	0,000	62,784	0,000
France	37,119	0,031	38,004	0,649
Suède	27,244	0,547	33,253	0,550
Pays-Bas	18,046	7,952	21,401	8,015
Italie	20,927	0,000	20,494	0,000
Pologne	16,234	0,000	19,780	0,000
Danemark	16,054	7,593	19,028	8,743
Portugal	13,216	0,051	13,244	0,078
Belgique	11,998	6,926	12,353	6,652
Finlande	8,507	0,267	12,022	0,272
Irlande	9,778	0,000	11,208	0,000
Grèce	10,483	0,000	10,883	0,000
Autriche	6,740	0,000	7,245	0,000
Roumanie	6,576	0,000	6,997	0,000
Croatie	2,062	0,000	2,138	0,000
Lituanie	1,362	0,000	1,512	0,000
Bulgarie	1,434	0,000	1,499	0,000
Estonie	0,733	0,000	0,668	0,000
Tchéquie	0,602	0,000	0,641	0,000
Hongrie	0,664	0,000	0,610	0,000
Luxembourg	0,314	0,000	0,312	0,000
Chypre	0,246	0,000	0,224	0,000
Lettonie	0,141	0,000	0,190	0,000
Slovénie	0,006	0,000	0,006	0,000
Slovaquie	0,005	0,000	0,004	0,000
Malte	0,000	0,000	0,000	0,000
Total UE 27	386,720	47,741	421,317	50,082

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.

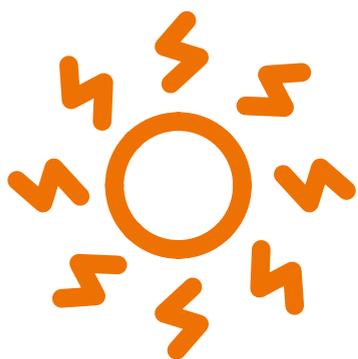
turbines, débridée à 8,4 MW) ont été installés durant le printemps et l'été, avec des premiers MWh produits en novembre 2023. Les mises en service s'enchaîneront ensuite avec, en Allemagne, Baltic Eagle (476,3 MW) et God Wind 3 (241,8 MW) en 2024, Borkum Riffgrund 3 (900 MW), EnBW He Dreiht (900 MW) et le parc N-3.7 (225 MW) en 2025, Nordsee Two (433 MW) et Windanker (300 MW) en 2026. En France, le début d'année 2024 verra la connexion de plusieurs fermes éoliennes maritimes flottantes pilotes du pays, celle du Golfe du Lion (30 MW), de Provence Grand large (25,2 MW), puis mi-2024 celle d'Eolmed (30 MW). Le parc posé de Courseulles-sur-Mer (448 MW) sera, lui, mis 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) en 2026. Au Danemark, le parc éolien Thor (1000 MW), qui devrait être pleinement opérationnel au plus tard fin 2027, sera capable de produire suffisamment d'électricité verte pour alimenter l'équivalent de plus d'un million de foyers danois.

DES VENTS MOINS CAPRICIEUX EN 2022

L'année 2021 avait été pour beaucoup de grandes régions européennes une mauvaise année pour la production d'électricité éolienne. D'habitude, à l'échelle de l'Union européenne, les variations de production, inhérentes aux conditions météorologiques, sont couvertes par les augmentations de capacités de production. Cela n'avait pas été le cas en 2021. Des épisodes de « sécheresse éolienne » plus importants et des vitesses de vent moyennes plus faibles qu'à l'accoutumée s'étaient traduits à l'échelle de l'Union européenne

par une baisse de la production d'électricité éolienne de l'ordre de 2,8 % en 2021 (de 398,0 TWh en 2020 à 386,7 TWh en 2021), et ce malgré une augmentation de la puissance nette installée exploitable de 10,9 GW. L'année 2022, sans être exceptionnelle, marque une forme de retour à la normale. De meilleures conditions de vent en Europe du Nord, combinées à l'ajout des nouvelles mises en service, ont permis d'atteindre une production éolienne totale (terrestre et maritime) de 421,3 TWh à l'échelle de l'Union européenne, soit une augmentation de la production de 8,9 % par rapport à 2021 (+ 34,6 TWh). La production d'électricité éolienne maritime a augmenté moins rapidement (+ 4,9 % entre 2021 et 2022) mais suffisamment pour dépasser le seuil des 50 TWh (50,1 TWh fin 2022). L'année 2022 est cependant restée inégale avec encore des déficits de vent par rapport à une année normale en France, en Allemagne et en Belgique. Selon le rapport

« Esotc 2022 » (« European state of the climate 2022 ») du programme européen Copernicus, la vitesse moyenne annuelle du vent pour toutes les zones terrestres européennes en 2022 était pratiquement égale à sa moyenne sur trente ans mais masqué des variations régionales à travers le continent. Elle était inférieure à la moyenne dans la plupart des pays d'Europe occidentale, centrale et Nord-Est, mais supérieure à la moyenne en Europe orientale et du Sud-Est. Le rapport juge cependant que la production potentielle d'électricité à partir de l'éolien terrestre a été inférieure à la moyenne dans la majeure partie de l'Europe, en particulier dans les régions du Centre-Sud. L'année 2023 a été beaucoup plus favorable pour l'énergie éolienne, les premières estimations indiquent même que l'éolien a pour la première fois supplanté la production des centrales à gaz en Europe. ■



PHOTOVOLTAÏQUE

2022 a été une belle année pour l'énergie solaire dans l'Union européenne, peut-être la première où la filière solaire photovoltaïque européenne a enfin pleinement pu donner tout son potentiel. Selon Eurostat, la puissance électrique photovoltaïque a nettement franchi le seuil des 200 GW en 2022, poussant même à 203,2 GW de puissance électrique maximum nette en fin d'année. La puissance photovoltaïque de l'Union européenne a fait un bond de 25,3 % entre 2021 et 2022, soit une puissance supplémentaire de 41 GW. Le record d'installations établi en 2021 (une puissance supplémentaire de 26,3 GW entre 2020 et 2021) est balayé.

La croissance du parc a même augmenté de plus de 30 % dans 18 pays de l'UE et souvent beaucoup plus. Le parc irlandais a plus que doublé (+ 103,2 %), de même que le parc lituanien (+ 124,3 %). Il a augmenté de 80,2 % au Danemark. La croissance du parc a même été supérieure à 60 % en Espagne (+ 70,0 %), en Pologne (+ 64,1 %), au Portugal (+ 60,8 %) et en Croatie (+ 60,5 %). Sur le plan de la puissance nouvellement installée durant l'année

Note méthodologique

Eurostat travaille à la mise en place de nouveaux indicateurs de suivi de la puissance photovoltaïque. Un premier représentera la puissance maximale nette exprimée en courant continu et un second portera 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. Si l'objectif d'Eurostat est de produire ces deux indicateurs distincts pour l'ensemble des pays européens et ce à partir de l'année 2022, début février 2024, la plupart des pays de l'Union européenne n'avaient communiqué qu'un seul indicateur sur les deux (en grande majorité la puissance maximale nette en courant alternatif). 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.

2022, l'augmentation a été supérieure au GW dans 11 pays de l'Union européenne. Selon Eurostat, c'est finalement l'Espagne qui a augmenté le plus sa puissance photovoltaïque en 2022 (+ 9,6 GW), devant l'Allemagne (+ 7,4 GW), les

Pays-Bas (+ 4,8 GW) et la Pologne (+ 4,8 GW). La force actuelle du marché photovoltaïque de l'Union européenne est qu'il est désormais porté par la quasi-totalité des pays membres. En premier lieu, les prix élevés de l'électricité sur

les marchés de gros ont fortement renforcé l'attractivité financière de l'électricité solaire, et ce malgré la hausse des coûts de production de l'énergie solaire. La forte croissance de l'énergie solaire s'explique aussi par les tensions géopolitiques avec la Russie, qui ont conduit les Européens à mettre en place un important volet solaire dans le

plan REPowerEU dont l'objet est de faire cesser la dépendance de l'UE à l'égard des combustibles fossiles russes, avec un objectif phare de 600 GW en 2030. La perception de l'énergie solaire photovoltaïque a également changé. Elle est vue comme une filière disposant de capacités de déploiement extrêmement rapides, sans équivalent

pour réduire le plus rapidement possible la dépendance aux combustibles fossiles russes. Également, et contrairement à 2021, la demande a été beaucoup moins contrainte par les goulets d'étranglement dans les chaînes d'approvisionnement désormais totalement libérées des restrictions liées à la pandémie de Covid-19. ↘





1

Puissance solaire photovoltaïque* installée dans l'Union européenne à fin 2021 et 2022 (en MW)

	2021	2022
Allemagne	60 036,0	67 477,0
Italie	22 594,3	24 555,2
Espagne	13 715,2	23 311,3
Pays-Bas	14 822,9	19 599,8
France	14 603,2	17 341,3
Pologne	7 415,5	12 170,4
Belgique	6 012,4	6 756,1
Grèce	4 277,4	5 430,1
Hongrie	2 968,0	4 235,0
Autriche	2 782,6	3 791,7
Danemark	1 704,0	3 069,9
Portugal	1 646,0	2 646,3
Tchéquie	2 191,0	2 420,5
Suède	1 606,0	2 388,0
Roumanie	1 393,9	1 808,9
Bulgarie	1 274,7	1 737,2
Finlande	425,0	664,0
Slovénie	461,2	626,2
Lituanie	255,0	572,0
Slovaquie	537,0	549,0
Estonie	394,8	520,0
Chypre	314,5	424,1
Luxembourg	277,2	316,6
Malte	205,5	222,5
Croatie	138,3	222,0
Irlande	92,4	187,9
Lettonie	7,2	113,0
Total UE 27	162 151,0	203 155,9

* Net maximum electrical capacity. Source: Eurostat.

UN ENSOLEILLEMENT ET UNE PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ PV RECORDS DANS L'UE

Selon le rapport 2022 «European state of the climate» (Esotc) du programme européen Copernicus, l'Europe a connu en 2022 sa durée d'ensoleillement la plus élevée jamais relevée (sur quarante ans) avec 130 heures d'ensoleillement de plus que la moyenne (31 heures d'ensoleillement de plus que la moyenne en 2021). Ce record correspond à une tendance marquée vers plus d'heures d'ensoleillement. Sur les huit dernières années, cinq ont bénéficié d'un ensoleillement supérieur de 100 heures par rapport à la moyenne et aucune année n'a subi de déficit d'ensoleillement par rapport à la moyenne. Il faut même remonter à dix ans (2013) pour avoir un niveau d'ensoleillement (légèrement) inférieur à la moyenne. Cet ensoleillement exceptionnel, associé à la puissance installée en Europe, a conduit à des records de production d'électricité solaire au sein des pays de l'Union européenne. Selon Eurostat, la production brute d'électricité solaire photovoltaïque a augmenté de 29,3 % entre 2021 et 2022 pour atteindre 205,7 TWh, soit 46,6 TWh de plus qu'en 2021. La quasi-totalité des pays de l'Union européenne ont enregistré des taux de croissance à deux chiffres. La Pologne, qui a fortement augmenté ses capacités de production en 2021 et 2022, est même parvenue à doubler son niveau de production d'électricité solaire photovoltaïque en une année (+ 111,2 %). La part de l'électricité solaire PV dans la

2

Production brute d'électricité d'origine photovoltaïque dans l'Union européenne en 2021 et 2022 (en TWh)

	2021	2022
Allemagne	50,472	60,304
Espagne	21,922	31,187
Italie	25,039	28,121
France	15,371	19,642
Pays-Bas	11,304	17,079
Pologne	3,934	8,310
Grèce	5,251	7,140
Belgique	5,618	6,876
Hongrie	3,796	4,732
Autriche	2,783	3,792
Portugal	2,237	3,519
Tchéquie	2,250	2,626
Danemark	1,309	2,203
Bulgarie	1,467	2,094
Roumanie	1,703	1,988
Suède	1,526	1,980
Slovaquie	0,671	0,650
Slovénie	0,453	0,646
Chypre	0,468	0,602
Estonie	0,354	0,596
Finlande	0,298	0,392
Lituanie	0,191	0,342
Malte	0,256	0,290
Luxembourg	0,180	0,276
Croatie	0,149	0,152
Irlande	0,079	0,148
Lettonie	0,007	0,041
Total UE 27	159,088	205,728

Source: Eurostat.

production brute d'électricité totale est de plus en plus significative dans les pays de l'Union européenne. Aux Pays-Bas, le pays le plus solarisé d'Europe si l'on tient compte du nombre d'habitants, le solaire photovoltaïque a, selon Eurostat, représenté 14 % de la production brute d'électricité du pays en 2022 (9,3 % en 2021), un record en Europe. Elle est également supérieure à 10 % en Grèce (13,6 % en 2022), en Hongrie (13,2 %), à Malte (12,6 %), au Luxembourg (12,3 %), Chypre (11,4 %) mais aussi en Espagne (10,7 %) et en Allemagne (10,4 %).

ALLEMAGNE, ESPAGNE ET PAYS-BAS AUX AVANT-POSTES

Selon Eurostat, l'Espagne disposait fin 2022 d'une puissance photovoltaïque maximale nette de 23,3 GW, soit 9,6 GW de plus qu'en 2021. Cette puissance supplémentaire est beaucoup plus importante qu'initialement estimé par les autorités et peut s'expliquer par une course à l'installation qui a eu lieu lors du second semestre de l'année 2022, liée en partie à l'actualité géopolitique et au besoin de réduire la consommation de gaz. La plus grande part de la puissance nouvellement installée a été réalisée sous la forme de contrats d'achat d'électricité (PPA), ce qui fait du marché espagnol le plus important marché solaire sans subventions ou prix garantis par l'État. Le marché de l'autoconsommation solaire en toiture redémarre progressivement depuis deux ans grâce à l'adoption en avril 2019 d'un décret royal actant la suppression de la taxe solaire tout en encadrant et encourageant l'autoconsommation



collective et individuelle. Le segment résidentiel a, selon Solar Power Europe, culminé à près de 3 GW au plus fort de la crise énergétique. Les premières estimations indiquent une légère diminution du rythme d'installation en 2023. Selon l'association, les contraintes de connexion au réseau, combinées aux taux d'intérêt élevés actuels et à la baisse des prix de gros, ont freiné les raccordements de projets en PPA en 2023. Selon Eurostat, l'Allemagne a augmenté sa puissance solaire photovoltaïque de 7,4 GW, portant la puissance de son parc à 67,5 GW à la fin de l'année 2022. La puissance photovoltaïque cumulée de l'Allemagne représente le tiers de la puissance photovoltaïque installée dans l'Union européenne. Le rythme d'installation en 2023 s'est nettement accéléré. Selon les données préliminaires de l'Agee-Stat, un peu plus de 13 GW ont été raccordés en 2023, portant la puissance du parc allemand à plus de 80,4 GW. Le 6 avril 2022, le gouvernement a annoncé qu'il porterait son objectif d'énergie propre à 80 % dans le mix

électrique à partir de 2030 contre 65 % précédemment. Cela signifie qu'un minimum de 600 TWh par an devra provenir des énergies renouvelables à cet horizon. La publication de la nouvelle loi énergie renouvelable, qui a pris effet au 1^{er} juillet 2022, a été accélérée du fait de l'invasion de l'Ukraine par la Russie. Selon le ministre de l'Économie et du Climat, Robert Habeck: «Il s'agit du plus grand changement législatif en matière de politique énergétique depuis des décennies». La loi contient une clause qui identifie les énergies renouvelables comme étant dans l'intérêt de la sécurité publique. Les appels d'offres, qui ont parfois été sous-souscrits les années précédentes, vont être considérablement augmentés pour atteindre cet objectif. Les Pays-Bas peuvent être considérés comme un cas d'école pour mesurer le potentiel de développement de l'électricité solaire dans le mix électrique d'un pays. Alors qu'elle représentait moins de 1 % du mix électrique néerlandais en 2014 (une part de 0,61 % dans la production brute d'électricité

totale), l'électricité solaire a atteint une part de 14 % en 2022 de la production brute d'électricité du pays. Cette augmentation rapide de la production est avant tout corrélée à une augmentation de la puissance installée avec un parc raccordé qui est passé de 1 GW en 2014 à 19,6 GW fin 2022. Selon Eurostat, la puissance photovoltaïque maximale nette a augmenté de 4,8 GW entre 2021 et 2022 (3,7 GW entre 2020 et 2021). Le nombre de systèmes solaires installés dans le pays était estimé par Statistics Netherlands à 2,29 millions en 2022 (1,73 million en 2021), un chiffre relativement élevé pour un pays de 17,6 millions d'habitants. Les deux principaux moteurs de l'énergie solaire photovoltaïque aux Pays-Bas restent un système de facturation nette pour les segments du résidentiel et des petites entreprises, et le système d'appel d'offres SDE+ sur le segment des grandes centrales et des grands systèmes commerciaux, où le solaire photovoltaïque est en concurrence avec d'autres sources d'énergies renouvelables. Selon Solar Power Europe, le marché des Pays-Bas

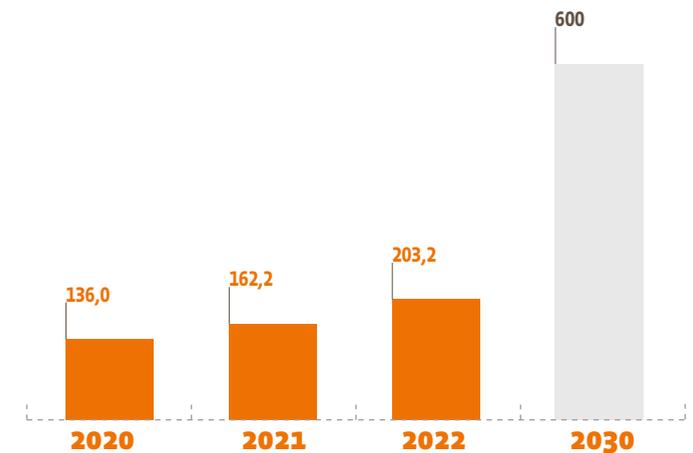
pourrait être plus important, mais au moins 12 GW de projets sont en attente, confrontés à des défis pour sécuriser les connexions et les emplacements. Autre mesure importante, le gouvernement néerlandais, comme la législation européenne l'y autorise, a réduit depuis le 1^{er} janvier 2023 la taxe sur la valeur ajoutée appliquée aux systèmes photovoltaïques utilisés pour les applications résidentielles de 21 % à 0 %. Les Pays-Bas avaient d'ailleurs défendu avec ferveur la décision de la Commission européenne de permettre ce type d'exonération fiscale.

NOUVEAUX OBJECTIFS ET NOUVELLES AMBITIONS 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 leurs plans nationaux énergie climat intégrés (Pnec). Le règlement (UE) 2018/1999 sur «la gouvernance de

3

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

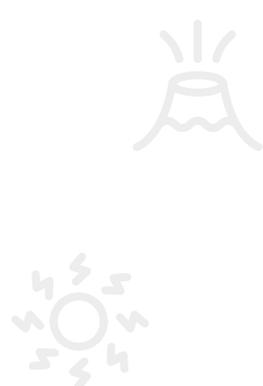
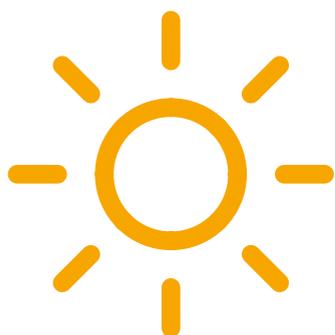


Source : EurObserv'ER.

l'Union de l'énergie et de l'action climatique» prévoit en effet l'obligation de mettre à jour les plans au plus tard le 30 juin 2023 pour un projet de mise à jour et une finalisation au plus tard le 30 juin 2024. Le processus de mise à jour des NECP a considérablement relevé les ambitions 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 prévoit de déployer 22 GW par an en moyenne, soit une puissance cumulée de 215 GW en 2030 et 400 GW en 2040. La France augmente ses objectifs photovoltaïques entre 54 et 60 GW en 2030 comparé à 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. Début février 2024, seules la Bulgarie et la Pologne n'avaient pas encore remis leurs projets de Pnec. Selon EurObserv'ER, qui a repris les nouveaux objectifs photovoltaïques 2030 détaillés dans les projets de Pnec soumis à la Commission en 2023, ajoutés à ceux de la Pologne et la Bulgarie soumis en 2019, l'objectif global à l'échelle de l'UE a augmenté à 603,2 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

La compétitivité du solaire thermique, dans tous ses domaines d'application, est essentiellement liée au prix de l'énergie. Et on peut dire que de ce côté-là, la situation s'est complètement retournée depuis 2021 avec un prix de l'énergie qui a atteint des niveaux records en 2022. Cette hausse, liée à la hausse globale des prix de gros de l'énergie, a commencé en 2021 au lendemain de la pandémie de Covid-19 avec la reprise de la demande internationale. La crise

des prix de l'énergie a été aggravée par l'invasion de l'Ukraine par la Russie, avec l'envolée du prix du gaz. Une aubaine pour la chaleur solaire thermique qui est prête pour son grand retour. Les systèmes solaires ne sont plus seulement considérés comme une contribution importante à la protection du climat, mais également comme une protection contre la hausse des prix de l'énergie et un moyen de réduire la dépendance vis-à-vis des importations.

LE MARCHÉ EUROPÉEN SOLAIRE THERMIQUE REGARDE DE NOUVEAU VERS LE HAUT

Les années noires de la filière solaire thermique semblent enfin révolues. Le redressement amorcé en 2021 s'est poursuivi en 2022 et s'est même accéléré. Les données de marché 2022 collectées par EurObserv'ER indiquent une surface nouvellement installée de capteurs de près de 2,4 millions de mètres carrés (2 373 034 m²), soit une croissance de 11,9% par rapport à 2021. La surface nouvellement installée en 2022 correspond à une puissance thermique de l'ordre de 1661,1 MWth (contre 1483,8 MWth en 2021), la surface vitrée d'un capteur solaire thermique de 1 m² correspondant à une puissance thermique de 0,7 kWth. Pour donner une idée, la surface de capteurs installée durant l'année 2022 dans l'Union européenne équivaut à 300 fois la surface engazonnée d'un terrain de football (8 000 m²). Ces données de marché prennent en compte les systèmes 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.

ACTUALITÉS DES PRINCIPAUX MARCHÉS DU SOLAIRE THERMIQUE

Au niveau des pays membres, les quatre premiers marchés de l'Union européenne (Allemagne, Grèce, Italie, Pologne) ont tous enregistré un taux de croissance à deux chiffres. La croissance la plus importante est une nouvelle fois le fait de l'Italie, où, selon Solar Heat Europe, le marché solaire thermique a augmenté 43,0% entre 2021 et 2022 pour atteindre 321 750 m². La combinaison du programme Conto Termico, qui soutient les installations de chaleur renouvelable, et du superbonus de 110% pour l'efficacité énergétique dans les bâtiments est une véritable réussite pour la

technologie solaire thermique. En Grèce, selon l'EBHE (Association grecque de l'industrie solaire thermique), l'année 2022 a été excellente sur le plan des installations avec pas moins de 419 000 m² installés comparé à 359 000 m² en 2021, soit une croissance de 16,7%. C'est 60 000 m² de plus qu'en 2021 et 114 500 m² de plus qu'en 2020. Selon Costas Travasarios, représentant de l'EBHE mais également président de Solar Heat Europe, les prix élevés de l'énergie et la sécurité énergétique contribuent à maintenir une tendance positive du marché en Grèce. Le marché polonais du solaire thermique affiche quant à lui une croissance de 11,1% entre 2021 et 2022 (soit 210 000 m² installés), une croissance un peu moins forte cependant que celle enregistrée entre 2020 et 2021 (+ 17,3%). Selon le SPIUG (Association polonaise des fabricants et importateurs d'appareils de chauffage), qui a publié ces chiffres, cette nouvelle augmentation significative s'explique en premier lieu par les appels d'offres communaux sur le solaire thermique financés sur des fonds de l'UE.

Une autre très bonne nouvelle est la nette reprise du marché allemand, qui reste toujours le principal marché de l'Union européenne sur le plan de la surface installée. Selon un communiqué de presse conjoint entre BSW-Solar (Association fédérale de l'industrie solaire) et BDH (Association fédérale de l'industrie allemande du chauffage), la demande de chauffage solaire a considérablement augmenté l'année dernière en raison de la hausse des prix de l'énergie, avec environ 91 000 nouveaux systèmes de chauffage solaire installés en 2022, soit une augmentation de 12% par rapport à l'année précédente. La surface brute totale des capteurs solaires, installés pour la plupart sur des bâtiments, était de 709 000 m² (soit une croissance de 10,8% entre 2021 et 2022), ce qui correspond à la surface de près de 100 terrains de football. L'année 2023 n'a cependant pas été aussi active (376 000 m² installés, soit 55 000 nouveaux systèmes), en raison des incertitudes occasionnées par la mise en place d'une nouvelle loi sur le chauffage et la promotion des systèmes de chauffage aux énergies renouvelables ↘



TYP-SOLAR



1

Surfaces annuelles installées en 2021 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	542 000	98 000		640 000	448,0
Grèce	359 000			359 000	251,3
Italie	207 548	17 452		225 000	157,5
Pologne	186 100	3 000		189 100	132,4
France*	157 000			157 000	109,9
Espagne	141 500	8 800	2 000	152 300	106,6
Portugal	72 000			72 000	50,4
Chypre	70 360			70 360	49,3
Autriche	64 570	3 810	930	69 310	48,5
Pays-Bas	34 393			34 393	24,1
Bulgarie	24 296			24 296	17,0
Tchéquie	17 097	1 903		19 000	13,3
Slovaquie	17 000			17 000	11,9
Roumanie	15 960			15 960	11,2
Hongrie	14 000			14 000	9,8
Belgique	10 300	2 900		13 200	9,2
Croatie	12 000			12 000	8,4
Danemark	8 013			8 013	5,6
Finlande	8 000			8 000	5,6
Suède+	5 000			5 000	3,5
Irlande	3 839			3 839	2,7
Luxembourg	3 574			3 574	2,5
Lituanie+	1 700			1 700	1,2
Lettonie+	1 600			1 600	1,1
Estonie+	1 425			1 425	1,0
Slovénie+	1 400			1 400	1,0
Malte	1 051	263		1 314	0,9
Total UE 27	1 980 726	136 128	2 930	2 119 784	1 483,8

+ Estimations EurObserv'ER basées sur la tendance du marché de ces dernières années (celles-ci ne sont pas suffisamment précises pour être utilisées comme références pour mesurer la croissance sur ces marchés). * Données révisées, incluant 90 000 m² dans les départements d'outre-mer. Source: EurObserv'ER.

2

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**	321 750			321 750	225,2
Pologne	208 500	1 500		210 000	147,0
France***	163 300			163 300	114,3
Espagne	126 500	7 000	2 000	135 500	94,9
Chypre	73 924			73 924	51,7
Portugal	66 100			66 100	46,3
Autriche	56 830	660	1 480	58 970	41,3
Pays-Bas	24 516	14 960	2 621	42 097	29,5
Tchéquie	23 167	2 336		25 503	17,9
Bulgarie+	45 863			45 863	32,1
Belgique	15 000	3 500		18 500	13,0
Slovaquie+	16 000			16 000	11,2
Roumanie*	16 932			16 932	11,9
Hongrie+	12 000			12 000	8,4
Croatie*	13 558			13 558	9,5
Finlande+	8 000			8 000	5,6
Suède*	2 014			2 014	1,4
Luxembourg	3 574			3 574	2,5
Danemark	2 664			2 664	1,9
Lituanie*	1 751			1 751	1,2
Lettonie*	1 700			1 700	1,2
Estonie*	1 425			1 425	1,0
Slovénie*	1 479			1 479	1,0
Malte+	1 051	263		1 314	0,9
Irlande	1 116			1 116	0,8
Total UE 27	2 151 714	215 219	6 101	2 373 034	1 661,1

+ Estimations EurObserv'ER basées sur la tendance du marché de ces dernières années (celles-ci ne sont pas suffisamment précises pour être utilisées comme références pour mesurer la croissance sur ces marchés). * Estimation provenant de Solar Heat Europe « Decarbonising heat with solar thermal market, Market outlook 2022-2023 ». ** Pour l'Italie, la répartition n'était pas disponible entre les capteurs plans vitrés et les capteurs à tubes sous-vide. *** Incluant 96 500 m² dans les départements d'outre-mer. Source: EurObserv'ER.



Parc cumulé* de capteurs solaires thermiques installés dans l'Union européenne en 2021 et en 2022 (en m² et en MWth)

	2021		2022	
	m ²	MWth	m ²	MWth
Allemagne	22 057 000	15 439,9	22 415 000	15 690,5
Grèce	5 175 000	3 622,5	5 442 000	3 809,4
Italie	4 657 622	3 260,3	4 953 763	3 467,6
Autriche	4 774 554	3 342,2	4 616 474	3 231,5
Espagne	4 359 743	3 051,8	4 449 343	3 114,5
France	3 957 437	2 770,2	4 072 360	2 850,7
Pologne	3 195 690	2 237,0	3 405 690	2 384,0
Danemark	2 035 096	1 424,6	2 059 096	1 441,4
Portugal	1 478 955	1 035,3	1 545 055	1 081,5
Chypre	1 121 667	785,2	1 139 643	797,8
Belgique	748 000	523,6	756 400	529,5
Pays-Bas	662 000	463,4	662 000	463,4
Tchéquie	586 000	410,2	611 000	427,7
Bulgarie	469 834	328,9	515 697	361,0
Suède	445 000	311,5	435 000	304,5
Hongrie	406 000	284,2	418 000	292,6
Irlande	344 829	241,4	345 907	242,1
Croatie	300 000	210,0	312 600	218,8
Slovaquie	249 000	174,3	265 000	185,5
Roumanie	249 109	174,4	249 109	174,4
Slovénie	220 000	154,0	217 246	152,1
Luxembourg	77 376	54,2	90 950	63,7
Finlande	88 000	61,6	88 000	61,6
Malte	52 136	36,5	46 485	32,5
Lettonie	21 672	15,2	21 672	15,2
Total UE 27	57 731 720	40 412,2	59 133 490	41 393,4

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

à partir de 2024, retardant les décisions d'investissement. Désormais la modernisation d'une installation solaire thermique sur un système de chauffage au fioul ou au gaz existant sera financée à hauteur de 60% dans le cadre du financement fédéral pour les bâtiments efficaces (BEG). Lors de l'installation d'un nouveau système de chauffage hybride, composé d'une combinaison d'énergie solaire thermique et de pompe à chaleur ou d'énergie solaire thermique et de chauffage à pellets, le taux de financement de base passe à 30% et peut monter jusqu'à 70% maximum (via un bonus de 30% en fonction des revenus et un bonus de vitesse climatique pouvant aller jusqu'à 20% concernant le remplacement d'un appareil de chauffage biomasse ou gaz de plus de 20 ans ou un appareil de chauffage au sol fonctionnant au gaz, au fioul ou au charbon).

LA CARTE DES RÉSEAUX DE CHALEUR SOLAIRE DE L'UE CONTINUE DE S'ÉTOFFER

Jusqu'à il y a peu, les collectivités et les compagnies de service énergétique focalisaient leur attention sur la biomasse et la géothermie pour «verdir» leur réseau de chaleur. Mais alors que la biomasse fait l'objet de tensions (approvisionnement, compétition d'usage et critères de durabilité renforcés dans la nouvelle directive ENR) et que la forêt européenne souffre des conséquences du changement climatique, les réseaux de chaleur envisagent de nouvelles sources d'énergie pour se décarboner et travaillent sur des combinaisons innovantes mêlant solaire, biomasse, pompe à chaleur et récupération de chaleur.

Effacer autant et aussi vite que possible le gaz naturel des réseaux de chaleur est devenu une priorité pour tous les pays de l'Union européenne. En Allemagne, selon l'institut de recherche allemand Steinbeis Solites, 2022 a été une année record pour les réseaux de chaleur solaire. Dans le cadre du projet Solnetplus, l'institut recense l'ensemble des projets en opération, en construction et à l'étude (carte des projets disponible sur le site www.solare-waermetetze.de). Solites a ainsi recensé 33 879 m² de nouvelles surfaces de capteurs dédiés au chauffage urbain solaire en 2022, portant la superficie totale de capteurs utilisée par les réseaux de chaleur solaires urbains du pays à 146 024 m² (+ 30% par rapport à 2021), soit au total 49 réseaux de chaleurs avec du solaire thermique en opération. La puissance thermique correspondante dépasse le seuil des 100 MWth (102 MWth fin 2022). La forte augmentation en 2022 est principalement due à la mise en service du plus grand système solaire thermique du pays, à

savoir Greifswald MV (18 732 m²), ainsi que du troisième plus grand système, à savoir Lemgo (9 118 m²). La même année, le pays a également connecté le plus grand système solaire thermique sur un toit destiné au chauffage urbain situé à Dettenhausen (2 312 m²). Aux Pays-Bas a commencé en novembre 2022 la construction du réseau de chaleur solaire de la ville de Groningen d'une puissance de 37 MWth, qui deviendra, lors de sa mise en service prévue pour 2024, le plus grand du pays. Dans le cadre de ce projet, un champ de capteurs de 48 000 m² sera connecté au réseau de chaleur de la ville exploité par la compagnie énergétique Warmtestad. Le solaire couvrira environ 25% des besoins de chaleur des bâtiments connectés.

UN PARC EN OPÉRATION DE 59,1 MILLIONS DE M²

Selon Eurostat, la superficie totale du parc solaire thermique de l'Union européenne s'est établie fin 2022 à 59,1 millions de m² (41,4 GWth), soit une augmentation de 2,4% par rapport à 2021. La surface





4

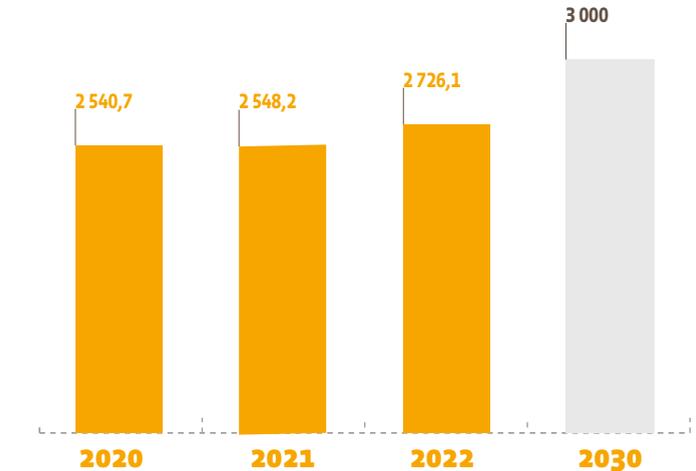
Consommation de chaleur solaire thermique* dans les pays de l'Union européenne en 2021 et 2022 (en ktep)

	2021			2022		
	Total	Dont consommation d'énergie finale	Dont chaleur dérivée**	Total	Dont consommation d'énergie finale	Dont chaleur dérivée**
Allemagne	735,3	733,6	1,6	837,2	835,3	1,8
Espagne	337,2	337,2	0,0	344,1	344,1	0,0
Grèce	303,9	303,9	0,0	319,6	319,6	0,0
Italie	246,8	246,6	0,2	263,2	263,0	0,2
France	224,8	224,8	0,0	234,1	234,1	0,0
Autriche	176,2	173,9	2,3	177,0	174,7	2,3
Portugal	105,5	105,5	0,0	110,5	110,5	0,0
Pologne	85,2	85,2	0,0	90,8	90,8	0,0
Danemark	69,0	14,6	54,4	79,5	14,6	64,9
Chypre	75,7	75,7	0,0	76,9	76,9	0,0
Bulgarie	29,2	29,2	0,0	32,0	32,0	0,0
Pays-Bas	27,8	27,8	0,0	27,9	27,9	0,0
Belgique	26,0	26,0	0,0	27,9	27,9	0,0
Tchéquie	19,3	19,3	0,0	20,0	20,0	0,0
Croatie	17,1	17,1	0,0	16,1	16,1	0,0
Hongrie	15,5	15,5	0,0	16,0	16,0	0,0
Irlande	14,0	14,0	0,0	14,1	14,1	0,0
Slovénie	10,2	10,2	0,0	10,0	10,0	0,0
Suède	10,2	10,2	0,0	9,8	9,8	0,0
Slovaquie	8,6	8,6	0,0	9,1	9,1	0,0
Malte	3,6	3,6	0,0	3,2	3,2	0,0
Luxembourg	2,7	2,7	0,0	2,8	2,8	0,0
Finlande	2,6	2,6	0,0	2,6	2,6	0,0
Lettonie	0,9	0,0	0,9	0,9	0,0	0,9
Roumanie	1,2	1,2	0,0	0,8	0,8	0,0
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 UE 27	2 548,2	2 488,8	59,5	2 726,1	2 655,9	70,2

* 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». ** 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.

cumulée européenne a augmenté de 1,4 million de 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 certains pays font le choix de ne pas prendre en compte les superficies des capteurs non vitrés, faute de suivi précis de ces installations. L'Allemagne a en revanche réintégré pour les années 2021 et 2022 une estimation de la surface de capteurs non vitrés (437 190 m² en 2021 et 432 190 m² en 2022), ce qui explique un petit écart par rapport à la précédente estimation. Concernant la chaleur solaire thermique, celle directement consommée par l'utilisateur final et celle produite par les réseaux de chaleur, elle augmente nettement à l'échelle de l'Union européenne (+ 7,0% entre 2021 et 2022) pour atteindre 2 726,1 ktep (dont 70,2 ktep de chaleur vendue issue de réseau de chaleur). Cette croissance s'explique également pour une insolation record.

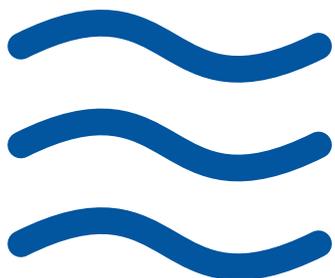
DE FORTES AMBITIONS À CONCRÉTISER

« 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. » Cette affirmation de la Commission européenne énoncée dans le plan RePowerEU montre bien le rôle primordial qu'elle compte

donner à la chaleur solaire pour le sevrage du gaz naturel russe et la décarbonation en Europe. Les ambitions sont fortes. La feuille de route présentée par Solar Heat Europe en juin 2022 a dévoilé les nouvelles attentes pour le secteur et présente une vue d'ensemble des contributions que la filière peut apporter à la décarbonisation de l'énergie. Selon cette feuille de route, avec des mesures fortes, le solaire thermique pourrait atteindre 140 GWth de capacité installée d'ici 2030, soit 73 GWth en 2030 sur le segment du bâtiment, 32 GWth sur le segment des réseaux de chaleur et 36 GWth pour la chaleur industrielle. C'est un peu plus que le triplement visé dans la Stratégie européenne en matière d'énergie solaire.

Selon EurObserv'ER, le rythme d'installation devrait nettement s'accroître à partir de 2024-2025, mais il faudra une volonté politique des

États membres beaucoup plus forte qu'actuellement pour atteindre ces niveaux d'installation, d'autant plus que le déclassement des installations de plus de 20 ans va nettement s'accroître en approchant de la fin de la décennie. Un autre élément qui jouera sur la seconde partie de la décennie sera la mise en œuvre effective de la proposition du plan RePowerEU concernant l'obligation d'installation des panneaux solaires sur les nouveaux bâtiments publics et commerciaux à partir de 2026 et sur les nouveaux bâtiments résidentiels à partir de 2029. La généralisation des toitures solaires dans les constructions neuves devrait constituer un appel d'air dans la rénovation. ■



HYDROÉLECTRICITÉ

En pleine crise énergétique et avec un prix de l'électricité au plus haut sur les marchés, l'Union européenne a connu 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 276,3 TWh en 2022 dans l'UE à 27, une chute de 20,7% par rapport à son niveau de production de 2021 (348,3 TWh). Très loin également de ses records historiques de 2001 (373,4 TWh) et de 2014 (370,0 TWh). Le pompage-turbinage a pu compenser une petite partie de ce déficit hydroélectrique; il augmente à l'échelle de l'Union européenne de 26,5 TWh à 31,3 TWh, soit son niveau de production le plus élevé depuis 2006.

Si l'hydraulique reste encore la deuxième source de production d'électricité renouvelable de l'Union européenne derrière l'éolien (421,3 TWh), son avance vis-à-vis de la production d'électricité solaire ne cesse de diminuer (205,7 TWh de solaire photovoltaïque et 4,5 TWh de centrale à

concentration en 2022). Le service Copernicus sur le changement climatique, qui est l'un des six services thématiques fournis par le programme Copernicus de l'Union européenne, fait état dans son rapport « Esotec 2022 » (« European state of the climate ») d'une année particulièrement faible au niveau des précipitations, la plus faible observée depuis les années 1960. Des conditions plus sèches que la moyenne ont été observées dans une grande partie de l'Europe en 2022, notamment en France, en Italie, dans le nord de

l'Allemagne et dans le sud de la Suède et le nord de l'Espagne. Le manque de précipitations relevé en 2022 sur une grande partie de l'Europe est en contraste avec le niveau d'ensoleillement record du continent européen cette même année. Sur les tendances longues toutefois, le service Copernicus sur le changement climatique précise une tendance annuelle positive des précipitations sur le continent européen, mais avec des différences régionales, l'Europe du Nord devenant plus humide et l'Europe du Sud plus sèche. ↘



1

Puissance* des centrales hydrauliques pures, mixtes et de pompage pures dans les pays de l'Union européenne en 2021 et 2022 (en MW)

	2021				2022			
	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	18 890,2	5 372,9	1 727,7	25 990,8	18 863,7	5 372,3	1 727,7	25 963,7
Italie	15 528,7	3 280,6	3 940,4	22 749,7	15 598,7	3 334,1	3 928,0	22 860,8
Espagne	13 719,3	3 081,6	3 331,4	20 132,4	13 724,1	3 081,6	3 331,4	20 137,1
Suède	16 308,0	99,0	0,0	16 407,0	16 300,0	99,0	0,0	16 399,0
Autriche	8 986,6	5 761,3	0,0	14 747,9	9 127,8	5 795,3	0,0	14 923,1
Allemagne	4 356,0	1 134,0	5 354,0	10 844,0	4 487,0	1 134,0	5 353,0	10 974,0
Portugal	4 490,5	2 764,4	0,0	7 254,9	4 541,4	3 647,2	0,0	8 188,6
Roumanie	6 291,4	279,3	91,5	6 662,2	6 293,2	277,9	91,5	6 662,6
Grèce	2 722,0	699,0	0,0	3 421,0	2 722,0	699,0	0,0	3 421,0
Bulgarie	2 356,2	149,0	864,0	3 369,2	2 376,9	149,0	864,0	3 389,9
Finlande	3 171,0	0,0	0,0	3 171,0	3 171,0	0,0	0,0	3 171,0
Slovaquie	1 615,0	0,0	916,0	2 531,0	1 616,0	0,0	916,0	2 532,0
Pologne	598,6	376,0	1 423,0	2 397,5	607,9	376,0	1 423,0	2 406,8
Tchéquie	1 113,4	0,0	1 171,5	2 284,9	1 113,6	0,0	1 171,5	2 285,1
Croatie	1 925,1	275,4	0,0	2 200,5	1 930,4	275,3	0,0	2 205,7
Lettonie	1 587,2	0,0	0,0	1 587,2	1 587,7	0,0	0,0	1 587,7
Belgique	110,7	0,0	1 307,0	1 417,7	123,3	0,0	1 307,0	1 430,3
Slovénie	1 172,1	0,0	180,0	1 352,1	1 166,1	0,0	180,0	1 346,1
Luxembourg	34,5	0,0	1 296,0	1 330,5	34,0	0,0	1 296,0	1 330,0
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	6,0	0,0	0,0	6,0	8,0	0,0	0,0	8,0
Danemark	7,1	0,0	0,0	7,1	6,6	0,0	0,0	6,6
Total UE 27	105 441	23 272	22 654	151 368	105 851	24 241	22 641	152 733

* Puissance électrique maximale nette. Source : Eurostat.



La quasi-totalité des pays de l'Union européenne a mesuré pour l'année 2022 des baisses importantes des niveaux de production. Les baisses les plus significatives dans les principaux pays producteurs sont celles de l'Espagne (- 40,6 %, - 12 TWh), le Portugal (- 45,1 %, - 5,4 TWh), l'Italie (- 37,4 %, - 17 TWh), la France (- 23,6 %, - 14,1 TWh) et la Roumanie (- 19,7 %, - 3,4 TWh).

Il convient de préciser que dans les calculs des objectifs énergies renouvelables des pays membres, la production hydroélectrique est normalisée sur les quinze dernières années afin d'atténuer l'effet des variations en matière d'hydraulicité. Selon l'outil statistique SHARES d'Eurostat, la production hydroélectrique normalisée retenue à l'échelle de l'Union européenne était de 345,4 TWh en 2022, en diminution de 0,4 % par rapport à 2021 (348,6 TWh cette année). Le chiffre de la production hydroélectrique normalisée était donc en 2022, à l'échelle de l'Union européenne, très au-dessus de la production hydroélectrique réelle (+ 69,1 TWh de différence). En 2022, seules la Suède et la Lituanie avaient une production brute d'électricité réelle de 2022 supérieure à leur production normalisée sur les quinze dernières années.

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 faire remonter l'eau en amont du

2

Production brute d'électricité d'origine hydraulique (hors pompage) dans les pays de l'Union européenne en 2021 et en 2022 (en TWh)

	2021	2022	Production normalisée* 2022
Suède	73,885	69,871	67,651
France	59,616	45,521	59,929
Autriche	38,751	34,705	42,360
Italie	45,388	28,398	48,094
Allemagne	19,657	17,625	19,856
Espagne	29,626	17,590	30,144
Roumanie	17,412	13,977	15,766
Finlande	15,791	13,492	14,701
Portugal	11,908	6,536	12,606
Croatie	7,128	5,460	6,821
Grèce	5,903	3,855	5,086
Bulgarie	4,819	3,803	4,112
Slovaquie	4,258	3,678	4,259
Slovénie	4,713	3,149	4,559
Lettonie	2,708	2,750	2,893
Tchéquie	2,409	2,093	2,202
Pologne	2,339	1,968	2,315
Irlande	0,749	0,701	0,764
Lituanie	0,384	0,464	0,436
Belgique	0,418	0,271	0,349
Hongrie	0,212	0,178	0,239
Luxembourg	0,107	0,064	0,099
Pays-Bas	0,088	0,050	0,087
Estonie	0,023	0,023	0,034
Danemark	0,016	0,015	0,015
Total UE 27	348,308	276,237	345,376

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

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 centrale 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 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

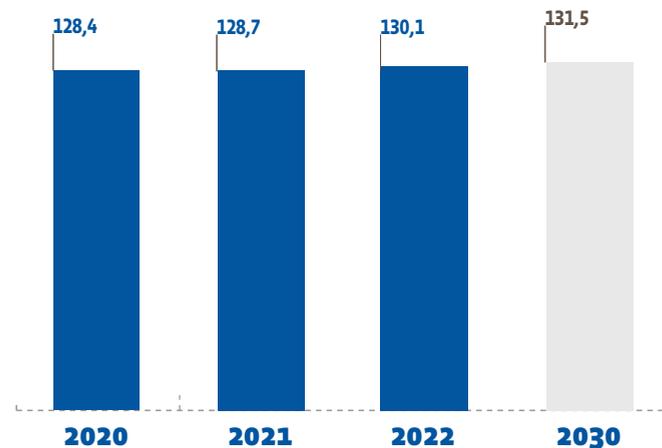
Eurostat, la puissance nette maximum des centrales hydrauliques pures de l'Union européenne à 27 a été mesurée à 105 851 MW en 2022 (105 441 MW en 2021), tandis que la puissance nette maximum des centrales mixtes atteignait 24 241 MW en 2022 (23 272 MW en 2021). En prenant en compte uniquement les centrales hydroélectriques pures, les cinq pays les plus richement dotés en 2022 sont la France (19 864 MW), la Suède (16 300 MW), l'Italie (15 599 MW), l'Espagne (13 724 MW) et l'Autriche (9 128 MW).





3

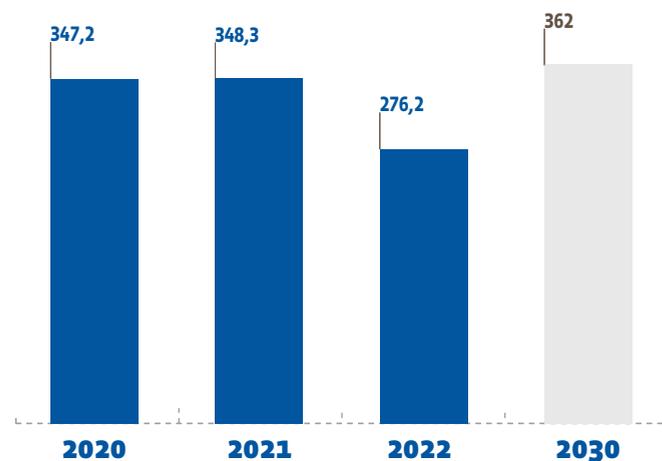
Projection EurObserv'ER de l'évolution de la puissance hydraulique nette installée (hors pompage pur) de l'Union européenne à 27 (en GW)



Source : EurObserv'ER.

4

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



Source : EurObserv'ER.

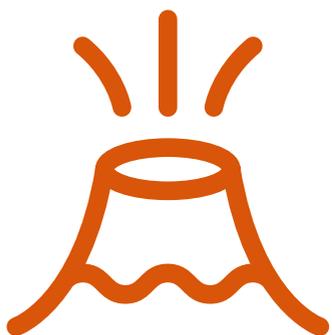
UN DÉFI CLIMATIQUE POUR L'HYDRAULIQUE

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 et du vieillissement du parc de centrales hydroélectriques. Le potentiel de production de la filière dépend surtout de l'entretien (comme le désenvasement des barrages), de la maintenance et de la modernisation des centrales (remplacement des turbines et des générateurs) et de l'extension de complexes hydroélectriques déjà existants. Il dépend moins de la construction de nouveaux projets, même si de nouveaux projets significatifs continuent à voir le jour. C'est le cas au Portugal, qui a inauguré en 2022 le nouveau complexe hydroélectrique de Tâmega. Ce complexe, également nommé « the Tâmega Gigabattery » pour son énorme réserve de stockage, est situé sur la rivière Tâmega, un affluent du fleuve Duero situé dans le nord du pays, près de Porto. Il comprend trois barrages et trois centrales électriques (Gouvães, Daivões et Alto Tâmega) d'une capacité totale de 1 158 MW, stockage inclus. Le barrage de Daivões est associé à une centrale hydroélectrique de 118 MW, tandis que celui d'Alto Tâmega, encore en construction, sera associé à une centrale de 160 MW. Le barrage de Daivões est également le bassin inférieur de la centrale de pompage turbinage de Gouvães (880 MW). Cette centrale est située dans une caverne creusée au cœur de la montagne et est reliée au réservoir supérieur situé 650 mètres plus haut. Elle est réversible, ce

qui signifie qu'elle peut pomper l'eau du réservoir de Daivões dans le réservoir supérieur de Gouvães dans les périodes de surproduction d'électricité afin de la turbiner pendant les pics de consommation. Les centrales de Gouvães et Daivões ont commencé à fonctionner en 2021 et début 2022, et la mise en service d'Alto Tâmega est prévue pour 2024. Ce projet sera hybride puisque deux parcs éoliens, d'une puissance cumulée de 300 MW, seront construits à proximité du site et reliés à la station de pompage. Le complexe hydroélectrique permettra la production de 1 766 GWh et une capacité de stockage suffisante pour alimenter 2 millions de ménages portugais pendant une journée. Ce projet de plus 1,5 milliard d'euros mené par Iberdrola a bénéficié d'un prêt de la Banque européenne d'investissement (BEI) de 650 millions d'euros. Il a été inauguré en grande pompe en juillet 2022 par le Premier ministre du Portugal, António Costa, et le président d'Iberdrola, Ignacio Galán. Un autre projet significatif a été mis en service en novembre 2022 après huit ans de construction. Il s'agit du projet transfrontalier austro-suisse de la centrale commune de l'Inn « Gemeinschaftskraftwerk Inn ». Cette centrale au fil de l'eau a la particularité d'être une centrale de dérivation. En effet, l'eau de l'Inn est collectée et acheminée à travers un tunnel sous pression de 23,5 km de long, jusqu'à la centrale électrique de Prutz-Ried en Autriche, où elle est traitée par deux turbines Francis. La capacité de la centrale est de 89 MW, pour une production annuelle attendue de 414 GWh. D'autres projets sont encore en

cours de négociation comme le projet de construction entre la Bulgarie et la Roumanie de la centrale hydroélectrique de Turnu Magurele Nikopol sur le Danube (840 MW, avec une production totale de 4,4 TWh). Avec ce projet, les deux pays disposeraient chacun de 420 MW de capacité installée, après les huit années de construction prévues. Les sécheresses de plus en plus récurrentes, en particulier dans les pays du Sud et dans les pays alpins, constituent un enjeu important pour la sécurité des approvisionnements énergétiques. Cela a été mis en évidence en 2022, lorsque des déficits hydroélectriques importants ont été enregistrés durant le premier semestre dans la péninsule ibérique, mais aussi en Italie et en France, aggravant la crise énergétique provoquée par l'invasion de l'Ukraine par la Russie. Le renforcement des capacités hydroélectriques pour le stockage saisonnier, mais aussi les opportunités de stocker sur la journée les excédents de production éolienne et solaire ont créé un nouvel intérêt politique pour la construction ou l'extension de Step. L'énergie photovoltaïque, par exemple, produite en abondance en mi-journée, peut être utilisée par les stations de pompage pour reconstituer les stocks en amont du barrage pour les restituer en fin de journée durant le pic de consommation. Cet intérêt renforcé commence à se traduire par l'annonce de nouveaux projets de barrages équipés de Step, projets qui restent conditionnés à la levée de certains freins comme le cadre réglementaire, l'acceptabilité locale, mais surtout la mise en place de rémunérations spécifiques de la flexibilité et de

financements via des fonds européens. Parmi eux, on peut citer le projet de la centrale de pompage-turbinage de Silvermines (360 MW) en Irlande, situé sur un site minier historique, qui en juin 2023, a bénéficié d'une subvention de l'Union européenne de 4,3 millions d'euros dans le cadre du mécanisme pour l'interconnexion en Europe du CEF (Connecting Europe Facility), une subvention permettant le financement d'études géologiques, environnementales et techniques. ■



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

1

Puissance installée et puissance nette* des centrales électriques géothermiques de l'Union européenne en 2021 et 2022 (en MW)

	2021		2022	
	Puissance installée	Puissance nette	Puissance installée	Puissance nette
Italie	915,5	771,8	915,5	771,8
Allemagne	54,0	46,0	59,0	50,0
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
Roumanie	0,05	0,05	0,05	0,00
Total UE 27	1 041,8	876,3	1 046,8	880,3

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

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.





2

Production brute d'électricité géothermique dans les pays de l'Union européenne en 2021 et 2022 (en GWh)

	2021	2022
Italie	5 913,8	5 836,9
Allemagne	244,0	206,0
Portugal	178,5	194,6
France	100,3	113,6
Croatie	89,7	72,7
Hongrie	12,0	4,0
Autriche	0,031	0,002
Roumanie	0,000	0,000
Total UE 27	6 538,4	6 427,8

Source: Eurostat.

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 a elle seule comptait 280 réseaux de chaleur géothermiques en opération en 2022, correspondant à une puissance cumulée de 2 254,2 MWth. Onze nouveaux systèmes géothermiques de chauffage et de refroidissement urbains ont été mis en service dans l'UE en 2022, soit le même nombre de nouveaux systèmes qu'en 2021. Cela a ajouté 90,7 MWth à la capacité existante (+ 134,2 MWth en 2021). Dans le détail, la France a ajouté 5 systèmes (+ 48,7 MWth), la Pologne en a ajouté 1 (+ 18 MWth), l'Italie 1 (+ 20 MWth), l'Espagne 1 (+ 1,5 MW), la Finlande 2 (+ 1,3 MW) et la Hongrie 1 (+ 1,2 MW). Pour plus d'infos, la répartition de la puissance des réseaux de chaleur géothermiques

par pays est disponible dans la publication payante «Geothermal market report 2022» de l'Egec, parue en août 2023. Parmi les principales réalisations de l'année 2022, le système de chauffage urbain de Torun, en Pologne, a été converti à la géothermie en 2022, après un très long processus, les premières études sur la géothermie ayant débuté en 2008. Ce projet de 18 MWth générera chaque année en moyenne 234 000 GJ d'énergie (équivalent 5,6 ktep). Torun est l'une des plus anciennes villes de Pologne, datant du VIII^e siècle. Il s'agit d'un site du patrimoine mondial de l'Unesco, ce qui signifie que la construction doit respecter des normes environnementales et esthétiques strictes pour lesquelles la géothermie, avec son empreinte environnementale limitée et son approvisionnement infini en ressources renouvelables, a été jugée idéale.

Plus récemment, la France a inauguré le 22 décembre 2023 le réseau de chaleur et de froid de la centrale géothermique de Saint-Denis, qui desservira le village des athlètes olympiques ainsi que de nombreux autres bâtiments du quartier Pleyel. Ce projet entre dans le cadre de l'extension de 10 kilomètres du réseau du Smirec (Syndicat mixte des réseaux d'énergie calorifique), qui s'étend sur le territoire de huit communes de Seine-Saint-Denis. Le projet, qui a nécessité un investissement de 29 millions d'euros, comprend la réalisation de deux forages dits «doublet géothermique» dans la nappe d'eau souterraine du Dogger, composés d'un puits de production et d'un puits de réinjection des eaux géothermales. Un système de pompes à chaleur sera associé aux échangeurs de chaleur pour augmenter la température. La puissance thermique moyenne prévisionnelle du nouveau doublet est d'environ 11,7 MW. Le projet permettra d'alimenter à terme des besoins estimés à 52,7 GWh/an. L'Egec précise que dans l'Union européenne, 276 centrales géothermiques de chauffage et de refroidissement urbain étaient en développement en 2023, l'Allemagne (102), la France (24), les Pays-Bas (22) et l'Italie (21) ayant les plus grandes réserves de projets. Cela représente potentiellement un doublement du nombre de projets en activité par rapport à 2022. Parmi eux figure la construction par l'entreprise danoise Innargi de la plus grande centrale géothermique d'Europe pour le chauffage urbain à Aarhus, d'une capacité de 110 MW. Une fois achevé, le projet permettra d'alimenter environ 20% de la ville en chauffage renouve-

lable. Les données de production de chaleur géothermique font l'objet d'un suivi statistique de la part d'Eurostat. Dans l'Union européenne à 27, 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 à 350,1 ktep en 2022 (336,3 ktep en 2021). S'ajoute la chaleur directement consommée par l'utilisateur final, estimée à 601,3 ktep en 2022 (575,9 ktep en 2021). Le total de la chaleur géothermique consommée dans l'UE à 27 s'établit donc à 951,4 ktep en 2022 (912,1 ktep en 2021).

LA PRODUCTION D'ELECTRICITÉ

La puissance électrique des centrales géothermiques des pays de l'Union européenne a peu évolué entre 2021 et 2022. Une fois encore, seule l'Allemagne a fait évoluer son compte. Selon Agee-Stat, la puissance officiellement recensée a augmenté de 5 MW par rapport à 2021, soit une puissance cumulée de 59 MW fin 2022. Selon EurObserv'ER, cette puissance supplémentaire ne correspond pas à la mise en service opérationnelle d'une treizième centrale géothermique sur le sol allemand, mais à une autorisation administrative permettant d'augmenter la puissance d'injection de la centrale géothermique de Kirchweidach, en Bavière, propriété de l'électricien E.ON. Cette centrale en cours d'extension dispose déjà d'un module de production d'électricité de type ORC (cycle organique de Rankine) d'1 MWe opérationnel depuis fin d'année 2021. Les travaux, réalisés par Turboden, une société italienne

spécialisée dans la construction de turbogénérateurs basés sur la technologie ORC, porteront prochainement la puissance de cette installation à 6 MWe. Toujours 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 4 500 mètres et bénéficiera des solutions tubulaires anti-écrasement produites par l'entreprise française Vallourec. Une exploitation commerciale partielle de la centrale Geretsried est attendue pour octobre 2024 avec l'achèvement de la première boucle, mais elle ne sera pleinement opérationnelle que fin 2026. Au cours de son cycle de vie initial de trente ans, elle produira 64 MW d'énergie thermique et 8,2 MW d'électricité et économisera l'émission de 44 000 tonnes de CO₂ par an. Ce projet a bénéficié d'une subvention européenne de 91,6 millions d'euros du Fonds européen pour l'innovation. L'Egec reste très 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 36 projets en cours

de développement et 111 en phase d'étude dans l'UE. En attendant, la puissance géothermique électrique installée de l'Union européenne est passée, selon EurObserv'ER, à 1 046,8 MWe, répartis au sein de 58 centrales. La puissance nette, qui est la puissance maximale présumée exploitable, est, elle, estimée par Eurostat à 880,3 MWe en 2022 (soit 4 MWe de plus qu'en 2021). Toujours selon Eurostat, la production brute d'électricité géothermique de l'Union européenne a une nouvelle fois légèrement diminué entre 2021 et 2022 à l'échelle de l'Union européenne à 6,4 TWh (-1,7%), avec des baisses de production mesurées en Italie, en Allemagne, en Hongrie et en Croatie et des hausses mesurées en France et au Portugal. Des variations annuelles qui peuvent s'expliquer par des opérations de maintenance.

UNE FILIÈRE GEOTHERMIQUE EUROPEENNE ENFIN ENTENDUE

«Les développements du marché de l'énergie géothermique ces derniers mois en Europe ont prouvé une fois de plus le rôle essentiel de la géothermie dans l'amélioration de la sécurité énergétique avec un chauffage, une climatisation et une électricité abordables, en plus de son efficacité bien établie en matière de réduction des émissions. L'hiver dernier, la géothermie a fourni un chauffage propre à plus de 10 millions de citoyens en Europe», a rapporté Philippe Dumas (secrétaire général de l'Egec) lors de parution de la dernière publication annuelle du «Geothermal market



3

Consommation de chaleur* provenant d'énergie géothermique dans les pays de l'Union européenne en 2021 et 2022 (en ktep)

	2021			2022		
	Total	Dont consommation d'énergie finale	Dont chaleur dérivée**	Total	Dont consommation d'énergie finale	Dont chaleur dérivée**
France	209,1	40,2	169,0	190,7	40,2	150,5
Allemagne	140,7	94,7	46,0	165,4	93,3	72,2
Pays-Bas	151,1	151,1	0,0	162,4	162,4	0,0
Hongrie	139,0	68,8	70,2	154,7	79,8	74,8
Italie	140,6	115,0	25,6	135,3	109,6	25,7
Bulgarie	36,1	36,1	0,0	36,6	36,6	0,0
Pologne	28,4	28,4	0,0	31,5	31,5	0,0
Autriche	23,4	10,2	13,2	22,0	8,6	13,4
Roumanie	15,3	9,0	6,2	17,6	11,3	6,4
Slovénie	11,3	10,8	0,5	13,2	12,7	0,5
Grèce	4,3	4,3	0,0	7,9	7,9	0,0
Slovaquie	4,0	0,7	3,2	4,9	0,7	4,2
Croatie	5,0	5,0	0,0	4,7	4,7	0,0
Portugal	1,4	1,4	0,0	1,8	1,8	0,0
Belgique	1,6	0,0	1,6	1,6	0,0	1,6
Danemark	0,6	0,0	0,6	1,0	0,0	1,0
Espagne	0,2	0,2	0,0	0,2	0,2	0,0
Total UE 27	912,1	575,9	336,3	951,4	601,3	350,1

* 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.

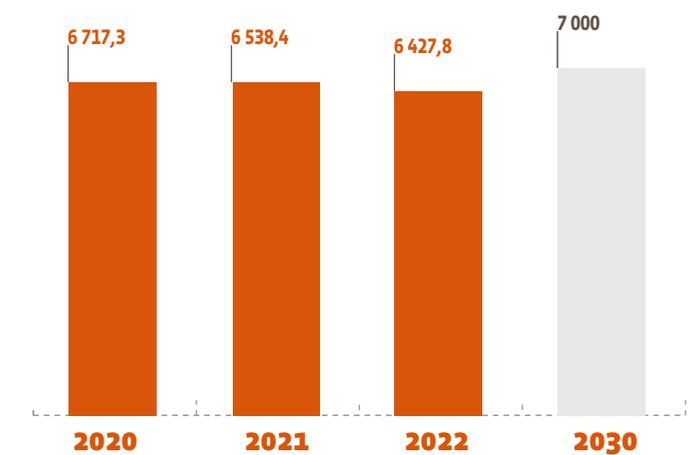
report 2022». Cette réalité est de mieux en mieux entendue par les décideurs publics nationaux et européens. Pour preuve, l'énergie géothermique figure parmi les technologies propres stratégiques dans le cadre du règlement pour

une industrie «zéro net» (NZIA act) au côté des PAC, au même titre que les panneaux solaires, les éoliennes, le biogaz biométhane durable et les technologies de stockage. Cette reconnaissance a été renouvelée le 17 janvier 2024

avec le vote par Parlement européen à une écrasante majorité d'une résolution visant à soutenir une stratégie européenne en matière d'énergie géothermique. La résolution fait le constat que des réglementations nationales

4

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

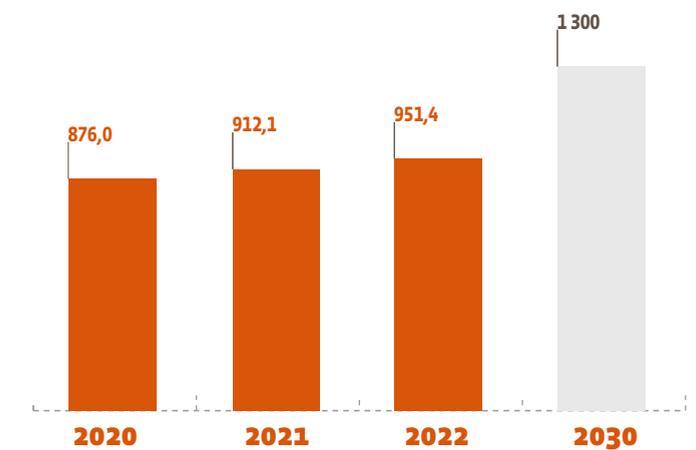


Source: EurObserv'ER.

complexes, associées à des processus d'autorisation longs, ralentissent le déploiement de l'énergie géothermique. Pour y remédier, les eurodéputés invitent à mettre en place une stratégie européenne sur l'énergie géothermique, en commençant par la cartographie des ressources géothermiques dans l'UE afin de s'assurer que toutes les données sur les sous-sols sont rassemblées en un seul endroit et rendues accessibles au public. Cette stratégie européenne viserait également à réduire les charges administratives et à soutenir les investissements dans les secteurs du bâtiment, de l'industrie et de l'agriculture dans toute l'Union, à mettre en place une alliance industrielle géothermique pour accélérer les meilleures pratiques et à mettre en œuvre efficacement la législation, à mettre en place un régime d'assurance harmonisé pour l'atténuation des risques financiers. Et enfin, la résolution vise à encourager les États membres à concevoir des stratégies nationales pour la géothermie, comme c'est déjà le cas en France, en Allemagne, en Pologne et en Autriche et à aider les régions en transition et les régions charbonnières à passer à la géothermie. La résolution votée par le Parlement européen est sans équivoque sur la place à accorder à l'énergie géothermique, jugeant que «la géothermie est essentielle non seulement pour la transition énergétique, mais aussi pour une transition juste».

5

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



* 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». Source: EurObserv'ER.



POMPES A 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) et de toute taille (de la maison individuelle aux grands immeubles du tertiaire). Elle répond aussi bien à des besoins de chauffage, de production d'eau chaude sanitaire que de rafraîchissement. Elle peut également servir dans des procédés industriels nécessitant de la chaleur, notamment dans le domaine agroalimentaire, le chauffage de serre, et peut également être utilisée pour relever la température des réseaux de chaleur. Les données de marché 2022 à l'échelle de l'Union européenne indiquent une croissance historique du marché de la pompe à chaleur sur le marché du chauffage, après plusieurs années de forte croissance. Ce dynamisme s'explique par une forte volonté des acteurs politiques européens et nationaux de promouvoir

l'électrification des besoins de chaleur aux dépens du chauffage au fioul et du gaz, en regard des objectifs climatiques européens et nationaux de réduction des gaz à effet de serre. Cette volonté a été renforcée en février 2022 par l'agression de l'Ukraine par la Russie et par l'urgence pour l'Union européenne de stopper sa dépendance à l'égard des combustibles fossiles russes.

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 systèmes. 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 « captée » 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, lac...). 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 de 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. Les PAC sont sur vecteur air quand 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 refroidissement est souvent le mode d'usage principal, voir quasi exclusif dans certains cas. Cette situation explique pourquoi certains marchés de la PAC air-air de pays de l'Union européenne ne sont pas directement comparables. La fonction d'utilisation des PAC et les gammes de puissance utilisées ne sont pas les mêmes selon la zone climatique dans laquelle elles sont

utilisées. 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 également très 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 extrait sur vecteur eau. Ce type d'installation peut être utilisé comme un appoint de chauffage selon les besoins du bâtiment.

LES PAC AÉROTHERMIQUES DOMINENT LE MARCHÉ

Selon EurObserv'ER, un peu plus de 6 millions de pompes à chaleur ont été vendues durant l'année 2022 dans l'Union européenne, toutes gammes de puissance et toutes technologies confondues, soit une augmentation de ↘





1

Marché de la pompe à chaleur aérothermique de l'Union européenne en 2021 et 2022 (nombre d'unités vendues)

	2021				2022			
	PAC aérothermiques	dont PAC air-air	dont PAC air-eau	donc PAC sur air extrait	PAC aérothermiques	dont PAC air-air	dont PAC air-eau	donc PAC sur air extrait
Italie	2 006 404	1 909 431	96 973	0	2 200 957	1 911 912	289 045	0
France	1 104 850	837 629	267 221	0	1 118 637	772 324	346 313	0
Espagne	438 000	385 290	52 710	0	497 541	423 463	74 078	0
Pays-Bas	346 350	296 584	49 766	0	398 011	304 031	93 980	0
Portugal	286 500	286 126	374	0	332 300	331 982	318	0
Allemagne	150 665	0	127 665	23 000	242 059	0	205 702	36 357
Finlande	119 859	103 136	12 416	4 307	184 587	161 920	19 035	3 632
Suède	152 003	114 000	17 865	20 138	187 213	150 000	19 162	18 051
Belgique	99 915	86 915	13 000	0	111 040	87 286	23 754	0
Pologne	90 383	11 018	79 350	15	208 574	20 374	188 160	40
Danemark	70 236	50 030	19 971	235	83 720	48 472	34 975	273
Malte	60 796	60 796	0	0	60 796	60 796	0	0
Slovaquie	43 778	38 961	4 626	191	50 774	39 219	11 555	0
Grèce	48 942	48 942	0	0	30 519	30 519	0	0
Tchéquie	28 542	0	28 380	162	57 644	0	57 524	120
Slovénie	28 400	18 900	9 500	0	28 750	18 650	10 100	0
Autriche	25 914	173	25 741	0	44 645	1 201	43 444	0
Irlande	25 288	6 397	17 554	1 337	25 288	6 397	17 554	1 337
Lituanie	24 420	15 180	9 240	0	14 866	8 907	5 959	0
Estonie	18 448	13 902	4 509	37	19 575	13 902	5 636	37
Hongrie	6 504	0	6 504	0	99 127	87 659	11 468	0
Luxembourg	281	0	281	0	303	0	303	0
Total UE 27	5 176 478	4 283 410	843 646	49 422	5 996 926	4 479 014	1 458 065	59 847

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. Source : EurObserv'ER.

2

Marché de la pompe à chaleur géothermique* de l'Union européenne en 2021 et 2022 (nombre d'unités vendues)

	2021	2022
Suède	25 499	28 160
Allemagne	24 542	25 320
Pays-Bas	21 792	22 693
Finlande	9 516	11 772
Pologne	5 650	7 521
Autriche	5 270	5 748
Danemark	4 033	5 113
Belgique	3 605	5 922
France	3 220	3 260
Estonie	2 191	2 191
Tchéquie	1 637	2 419
Slovénie	1 163	1 318
Italie	953	625
Lituanie	710	2 428
Hongrie	416	911
Espagne	326	246
Slovaquie	274	319
Irlande	190	190
Luxembourg	184	199
Grèce	178	356
Portugal	57	82
Total UE 27	111 406	126 793

* Pompes à chaleur hydrothermique 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. Source : EurObserv'ER.

15,9% par rapport à 2021 (5,3 millions d'unités vendues). Ce chiffre de marché est à prendre au sens large car il tient compte de 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 2022, en croissance de 39% (voir plus loin).

La prise en compte des PAC réversibles principalement utilisées pour le rafraîchissement 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 mais également pour le rafraîchissement, sous réserve de leur éligibilité compte tenu de leurs critères de performances. La production d'énergie renouvelable 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), 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.

Ces chiffres sont avant tout représentatifs des marchés résidentiels et tertiaires (représentant une gamme de puissance allant de quelques kilowatts à quelques

dizaines de kW), le marché des PAC de moyennes et de grandes puissances 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 aérothermiques de type air-air réversibles représentent toujours l'essentiel des ventes sur le marché européen, avec, selon EurObserv'ER, plus de 4,5 millions de pièces vendues en 2022, en hausse de 4,6% entre 2021 et 2022. Une part significative de cette croissance s'explique par un taux de renouvellement particulièrement important en Italie, principalement des petites pompes à chaleur mono-split (une unité extérieure couplée à une unité intérieure), surtout utilisées dans le pays à des fins de rafraîchissement. Selon l'Ehpa, dans sa dernière publication annuelle, «European heat pump market and statistics, report 2023», les ventes de PAC air-air réversibles en Italie étaient de l'ordre de 1,9 million d'unités en 2021 et 2022. L'association industrielle considère

cependant qu'en 2022, seules 178 775 PAC air-air avaient pour fonction essentielle le chauffage, auxquelles il faut ajouter 30 070 systèmes à détente directe de type VRF (systèmes à débit de réfrigérant variable).

Le marché des PAC aérothermiques sur vecteur eau (PAC air-eau) répond quant à lui spécifiquement aux besoins de chauffage. Les ventes sur ce segment de marché sont très dynamiques. Selon EurObserv'ER, près d'1,5 million d'unités air-eau ont été vendues à l'échelle de l'Union européenne, soit une augmentation de 72,8% par rapport à 2021. Cette forte croissance se mesure sur la plupart des grands marchés de l'Union européenne avec à chaque fois des taux de croissance à deux ou trois chiffres (+ 198,1% en Italie, + 137,1% en Pologne, + 88,8% aux Pays-Bas, + 82,7% en Belgique, + 61,1% en Allemagne, etc.).

À une moindre échelle, le marché des PAC géothermiques (et hydrothermiques), également sur vecteur eau, répond aussi spécifiquement aux besoins de chauffage. La croissance de ce marché est aussi positive à l'échelle de l'Union européenne. Entre 2021 et 2022, le nombre d'unités de PAC géothermiques a augmenté de l'ordre de 13,8% pour atteindre près de 127 000 unités vendues en 2022. La Suède, l'Allemagne, les Pays-Bas et la Finlande sont les plus gros marchés de l'Union européenne.

Dans l'ensemble, le volume de vente des PAC sur vecteur eau (aérothermique de type air-eau, géothermique et hydrothermique) était de l'ordre de 1,6 million d'unités vendues (1 584 858 systèmes), en croissance de 65,9% par rapport à 2021.

UN PARC EUROPÉEN DE PLUS DE 50 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 EurObserv'ER, le parc cumulé des PAC installées dans les pays de l'Union européenne serait de l'ordre de 50,8 millions de pièces (48,8 millions de PAC aérothermiques et 1,9 million de PAC géothermiques). 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. L'Ehpa a une approche plus restrictive et plus historique de la fonction de pompe à chaleur qui, selon elle, doit avoir pour fonction principale le chauffage, et donc essaie d'écarter de ses statistiques les systèmes dont la vocation essentielle est le rafraîchissement. Dans son rapport 2023 «European heat pump market and statistics», l'Ehpa estime que le parc européen total en opération des PAC assurant une fonction principale de chauffage (bâtiment et eau chaude sanitaire) était en 2022 de l'ordre de 19,79 millions (inclus Norvège et Suisse). L'Ehpa assume un marché 2022 de l'ordre de 3 millions d'unités (un peu moins de 2,7 millions dédiées au chauffage et 320 000 destinées à la seule production d'eau chaude sanitaire) consacrées spécifiquement au chauffage en croissance de 39%. Avec environ de 115 à 120 millions de bâtiments

en Europe, le taux d'équipement des PAC dans le parc immobilier dépasserait les 16%.

VOIE ROYALE POUR LE MARCHÉ DE LA PAC

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 16 479 ktep en 2022, soit 1 787,9 ktep de plus par rapport à 2021. En 2022, les PAC aérothermiques et hydrothermiques ont représenté une production d'énergie renouvelable de 13 782,3 ktep contre 2 696,8 ktep pour les PAC géothermiques. Fait marquant, en 2022 la production d'énergie issue des PAC a pour la première fois devancé la production d'énergie renouvelable injectée dans les réseaux de chaleur (chaleur dérivée). En 2022, elles représentaient 14,9% du total de la chaleur et du refroidissement renouvelables (13,2% en 2021). Quant à la production d'énergie renouvelable pour le froid et le rafraîchissement, elle est estimée par SHARES à 855,5 ktep en 2022 (690,7 ktep en 2021).

La forte augmentation du marché 2022 a certainement été renforcée par la réponse européenne à la guerre menée par la Russie en Ukraine en février, qui s'est traduit par un des objectifs du plan REPowerEU (plan visant à réduire rapidement la dépendance à l'égard des combustibles fossiles russes) d'installation de 60 millions de pompes à





3

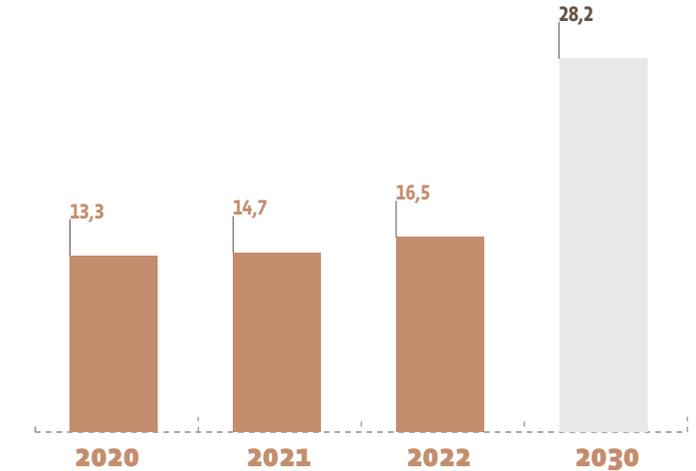
Nombre total de pompes à chaleur en fonctionnement en 2021 et 2022 dans l'Union européenne*

	2021			2022		
	PAC aérothermiques	PAC géothermiques	Total PAC	PAC aérothermiques	PAC géothermiques	Total PAC
Italie	20 706 000	17 098	20 723 098	20 831 000	17 723	20 848 723
France	8 600 000	172 000	8 772 000	9 500 000	170 000	9 670 000
Espagne	4 996 334	3 816	5 000 150	5 493 875	4 062	5 497 937
Suède	1 598 485	560 333	2 158 818	1 767 110	560 997	2 328 107
Portugal	2 133 800	1 105	2 134 905	2 326 400	1 187	2 327 587
Pays-Bas	1 364 349	106 264	1 470 613	1 760 665	125 374	1 886 039
Allemagne	989 241	427 391	1 416 632	1 216 249	449 742	1 665 991
Finlande	1 050 128	146 124	1 196 252	1 234 715	157 896	1 392 611
Danemark	511 528	77 798	589 326	585 783	82 316	668 099
Belgique	519 995	22 602	542 597	631 035	28 524	659 559
Grèce	576 497	3 878	580 375	607 017	4 234	611 251
Pologne	257 458	71 468	328 926	466 032	78 989	545 021
Malte	534 578	0	534 578	535 000	0	535 000
Bulgarie	349 667	4 695	354 362	349 667	4 695	354 362
Autriche	172 058	114 919	286 977	215 997	118 013	334 010
Slovénie	266 100	14 817	280 917	284 120	16 135	300 255
Tchéquie	209 164	29 393	238 557	266 808	31 812	298 620
Estonie	195 175	21 566	216 741	214 750	23 757	238 507
Slovaquie	180 638	4 454	185 092	231 412	4 773	236 185
Hongrie	25 124	3 508	28 632	124 251	4 419	128 670
Irlande	76 121	5 228	81 349	101 409	5 418	106 827
Lituanie	30 734	22 372	53 106	45 600	24 800	70 400
Luxembourg	2 792	1 514	4 306	3 095	1 596	4 691
Total UE 27	45 345 966	1 832 343	47 178 309	48 791 990	1 916 462	50 708 452

Remarque: Les données du marché 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: EurObserv'ER.

4

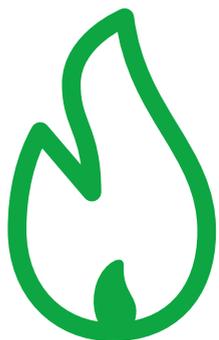
Projection EurObserv'ER de l'énergie renouvelable* provenant des PAC dans l'Union européenne à 27 (en Mtep)



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: EurObserv'ER.

chaleur résidentielles supplémentaires d'ici 2030. L'objectif, soutenu par l'Ehpa, est clairement de viser une très forte accélération de l'installation des PAC, notamment via une stimulation de l'industrie et des filières d'installation. Sur ce plan, l'Union européenne dispose enfin de son instrument pour accélérer le déploiement industriel des technologies décarbonées. Le Parlement, le Conseil et la Commission ont trouvé un accord le 6 février 2024 afin d'adopter la « loi sur l'industrie zéro net », la réponse européenne de l'Inflation Reduction Act lancé à l'été 2022 aux États-Unis pour financer leur transition énergétique. L'objectif de l'UE est de produire sur son sol d'ici à 2030 au moins 40 % des technologies décarbonées, comme l'éolien, le solaire, les batteries, le biométhane, certains composants du nucléaire mais aussi des PAC. Pour la partie PAC, l'Ehpa précise que 60 % des pompes à chaleur vendues en Europe sont fabriquées en Europe et, compte tenu des ventes records du secteur, l'Ehpa estime que ce niveau peut être maintenu, voire étendu, avec une bonne combinaison de mesures de soutien. Cette nouvelle loi devrait permettre avant tout aux États membres de réduire les délais de délivrance des autorisations de création d'usines et de favoriser le déploiement sur le sol européen des technologies les plus robustes et les plus durables « made in Europe » (et pas uniquement sur des critères de prix). Pour la décennie en cours, tout concourt à une accélération de la contribution des PAC aux objectifs climatiques, une accélération également rendue possible par une politique beaucoup plus offensive

en matière de rénovation énergétique des bâtiments. La politique énergétique est jusqu'en 2030 désormais tracée par la nouvelle directive énergies renouvelables (RED III) n° 2023/2413 du 18 octobre 2023, avec notamment la création d'un objectif indicatif d'intégration des énergies renouvelables dans le secteur des bâtiments de 49 % à l'échelle de l'Union européenne. « En vue de promouvoir la production et l'utilisation de l'énergie renouvelable dans le secteur du bâtiment, les États membres définissent une part nationale indicative d'énergie renouvelable produite sur site ou à proximité ainsi que d'énergie renouvelable soutirée du réseau dans la consommation finale d'énergie de leur secteur du bâtiment en 2030 qui soit cohérente avec l'objectif indicatif d'au moins 49 % d'énergie produite à partir de sources renouvelables dans le secteur du bâtiment dans la consommation finale d'énergie de l'Union dans les bâtiments en 2030. » La directive oblige également les États membres à accroître l'utilisation des énergies renouvelables dans le chauffage et le refroidissement d'au moins 0,8 point de pourcentage en moyenne annuelle calculée pour la période 2021-2025 et d'au moins 1,1 point de pourcentage en moyenne annuelle calculée pour la période 2026-2030, avec pour point de référence la part d'énergie renouvelable dans le secteur du chauffage et du refroidissement en 2020. ■



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...). Elle inclut également les unités de méthanisation de déchets ménagers et biodéchets qui méthanisent les biodéchets collectés sélectivement ou traitant 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 et 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. Il 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 produc-





1

Production d'énergie primaire de biogaz de l'Union européenne en 2021 et en 2022 (en ktep)

	2021					2022				
	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	112,8	478,6	7 610,0	0,0	8 201,4	111,6	472,2	7 540,9	0,0	8 124,7
Italie	267,0	49,8	1 754,0	7,3	2 078,1	242,8	42,1	1 610,1	4,2	1 899,3
France	336,1	42,2	998,6	0,0	1 376,9	370,5	49,0	1 222,2	0,0	1 641,7
Danemark	3,3	30,2	591,4	0,0	625,0	3,1	28,3	657,6	0,0	689,0
Tchéquie	19,6	41,5	529,8	0,0	590,8	19,0	43,7	535,7	0,0	598,4
Pays-Bas	9,4	67,9	356,7	0,0	434,0	11,0	63,1	359,1	0,0	433,2
Pologne	47,6	119,2	152,6	0,0	319,4	52,1	129,4	171,2	0,0	352,7
Espagne	147,3	98,5	77,3	2,8	325,9	154,5	98,9	78,8	1,1	333,3
Belgique	16,2	28,3	200,0	1,4	245,8	15,4	28,0	213,4	1,4	258,1
Suède	6,6	76,3	111,8	0,0	194,8	5,6	79,6	110,7	0,0	195,9
Autriche	1,7	35,2	124,1	0,0	161,1	2,2	41,2	140,8	0,0	184,2
Finlande	12,5	17,7	39,8	124,5	194,4	10,9	16,9	43,4	105,3	176,4
Grèce	47,0	20,4	59,8	0,0	127,2	45,2	18,3	81,8	0,0	145,3
Slovaquie	6,9	6,9	116,9	0,0	130,7	6,0	6,8	90,1	0,0	102,8
Hongrie	7,7	30,8	46,1	0,0	84,7	6,9	32,8	57,1	0,0	96,8
Croatie	7,1	3,5	88,6	0,0	99,2	7,0	3,8	80,0	0,0	90,7
Portugal	69,0	7,4	10,8	0,0	87,2	63,2	8,2	15,2	0,0	86,6
Lettonie	7,9	1,9	56,2	0,0	66,0	6,9	1,5	47,1	0,0	55,5
Irlande	29,4	7,7	15,0	0,0	52,0	25,8	9,5	17,7	0,0	53,0
Bulgarie	0,0	5,9	53,8	0,0	59,7	0,0	5,4	44,7	0,0	50,1
Lituanie	5,5	8,1	26,5	0,0	40,2	5,5	8,2	28,1	0,0	41,8
Roumanie	0,0	0,0	23,2	0,0	23,2	0,0	0,0	26,3	0,0	26,3
Slovénie	1,3	1,2	22,4	0,0	24,9	1,3	1,2	21,9	0,0	24,5
Luxembourg	0,0	1,0	16,6	0,0	17,6	0,0	1,8	17,3	0,0	19,1
Estonie	1,0	6,6	10,6	0,0	18,2	1,0	5,0	12,1	0,0	18,2
Chypre	0,1	0,8	12,4	0,0	13,4	0,3	0,9	11,2	0,0	12,4
Malte	0,0	0,0	1,9	0,0	1,9	0,0	0,0	2,0	0,0	2,0
Total UE 27	1 163,0	1 187,6	13 106,9	136,0	15 593,5	1 167,7	1 195,9	13 236,5	111,9	15 712,0

Source: Eurostat.

tion 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 véhicule. 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). 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), les ménages (chauffage, eau chaude sanitaire, cuisson...) ou encore de carburant pour les véhicules fonctionnant au gaz naturel.





2

Production brute d'électricité à partir de biogaz pur et à partir de biogaz mélangé dans le réseau de l'Union européenne en 2021 et en 2022 (en GWh)

	2021				2022			
	Électricité seule	Cogénération	Total biogaz pur	Biogaz mélangé au réseau	Électricité seule	Cogénération	Total biogaz pur	Biogaz mélangé au réseau
Allemagne	8 381,2	23 975,0	32 356,2	3 167,0	8 279,0	23 943,0	32 222,0	2 993,0
Italie	2 508,6	5 615,6	8 124,2	0,0	2 403,1	5 441,0	7 844,1	0,0
France	348,4	2 670,3	3 018,6	301,3	304,2	2 680,5	2 984,7	727,7
Tchéquie	37,2	2 555,6	2 592,8	0,9	37,2	2 579,3	2 616,5	0,7
Pologne	0,0	1 307,3	1 307,3	0,0	0,0	1 394,2	1 394,2	0,0
Belgique	59,2	917,1	976,3	9,9	56,7	956,3	1 013,0	20,8
Espagne	727,0	252,0	979,0	18,9	718,0	272,0	990,0	34,8
Pays-Bas	13,1	854,7	867,8	245,4	15,7	826,1	841,8	267,2
Autriche	557,2	44,4	601,6	14,4	542,1	51,5	593,5	16,7
Danemark	1,5	613,1	614,6	277,0	1,6	572,7	574,3	268,2
Grèce	80,4	376,5	456,8	0,0	68,6	449,2	517,8	0,0
Croatie	39,0	401,2	440,2	0,0	37,0	372,2	409,2	0,0
Slovaquie	85,0	402,0	487,0	0,0	74,0	317,0	391,0	0,0
Hongrie	52,0	243,0	295,0	4,6	37,0	278,0	315,0	4,9
Finlande	4,1	324,9	329,0	20,9	2,2	262,5	264,7	10,5
Portugal	248,6	19,0	267,6	0,0	238,4	21,3	259,8	0,0
Lettonie	0,0	291,9	291,9	0,0	0,0	249,6	249,6	0,0
Bulgarie	52,0	164,2	216,2	0,0	45,9	144,9	190,9	0,0
Irlande	118,8	54,0	172,8	1,3	100,5	58,3	158,8	7,7
Lituanie	0,0	156,7	156,7	0,0	0,0	158,7	158,7	0,0
Slovénie	1,5	101,1	102,6	0,0	1,1	99,1	100,2	0,0
Roumanie	20,6	52,3	72,9	0,0	24,1	66,1	90,2	0,0
Chypre	0,0	59,9	59,9	0,0	0,0	57,8	57,8	0,0
Luxembourg	0,0	60,9	60,9	1,1	0,0	48,8	48,8	0,7
Suède	0,0	12,0	12,0	8,7	0,0	12,0	12,0	5,9
Malte	0,0	7,2	7,2	0,0	0,0	7,4	7,4	0,0
Estonie	0,0	16,4	16,4	0,0	0,0	5,6	5,6	0,0
Total UE 27	13 335,4	41 548,4	54 883,9	4 071,4	12 986,4	41 325,2	54 311,7	4 358,7

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.
Source: Eurostat.

PRÈS DE 16 MTEP DE BIOGAZ PRODUITS DANS L'UNION EUROPÉENNE

Le conflit russo-ukrainien a renforcé l'urgence d'accélérer l'autonomie énergétique de l'Union européenne, conférant à la filière biogaz européenne un rôle de premier ordre. Les producteurs européens de 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 cette raison, la croissance de la production européenne de biogaz observée entre 2021 et 2022 est en premier lieu le reflet de décisions d'investissements postérieures à la mise en œuvre du plan REPowerEU, plan lancé en mai 2022 destiné à protéger les citoyens et les entreprises de l'UE des pénuries d'énergie, à accélérer la transition vers une énergie propre et à assécher les achats européens d'hydrocarbures russes. Selon Eurostat, la production d'énergie primaire issue de biogaz, à l'échelle de l'Union européenne a augmenté modestement de 0,8% entre 2021 et 2022 pour atteindre de 15,7 Mtep (15,6 Mtep en 2021). Selon Eurostat, la France et le Danemark ont été en 2022 les deux principaux contributeurs à l'augmentation de la production de biogaz de l'Union européenne. La production de biogaz française a ainsi gagné 264,9 ktep pour atteindre 1 641,7 ktep et la production biogaz danoise 64 ktep pour atteindre 689 ktep. La production de biogaz allemande, qui a fait l'objet d'une révision statistique à la hausse pour



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 2021 et en 2022 (en ktep)

	2021				2022			
	Chaleur seule	Cogénération	Total biogaz pur	Biogaz mélangé au réseau	Chaleur seule	Cogénération	Total biogaz pur	Biogaz mélangé au réseau
Allemagne	10,7	252,4	263,2	198,1	10,8	280,3	291,1	187,8
France	3,1	85,2	88,3	15,2	1,4	83,2	84,6	24,2
Danemark	2,0	47,4	49,4	61,2	2,0	42,3	44,3	56,3
Italie*	0,1	290,8	290,9	0,0	0,2	27,6	27,7	0,0
Pologne	0,9	22,0	22,9	0,0	1,6	20,3	22,0	0,0
Finlande	7,3	14,0	21,3	2,8	6,1	12,4	18,5	1,9
Belgique	0,0	21,4	21,4	0,2	0,0	19,9	19,9	0,3
Tchéquie	0,0	17,6	17,6	0,1	0,1	18,7	18,7	0,1
Lettonie	0,2	19,3	19,5	0,0	0,3	15,1	15,4	0,0
Croatie	0,0	16,9	16,9	0,0	0,0	14,5	14,5	0,0
Pays-Bas	0,0	7,7	7,7	5,6	0,0	7,4	7,4	6,5
Slovaquie	0,1	17,6	17,7	0,0	0,2	11,2	11,4	0,0
Suède	1,5	3,8	5,3	2,8	2,0	3,8	5,8	1,9
Autriche	1,2	3,6	4,8	1,1	1,0	3,3	4,3	1,0
Roumanie	1,8	2,9	4,6	0,0	1,3	3,4	4,6	0,0
Bulgarie	0,0	3,8	3,8	0,0	0,0	4,0	4,0	0,0
Slovénie	0,0	3,7	3,7	0,0	0,0	3,6	3,6	0,0
Hongrie	0,0	2,7	2,7	0,4	0,0	2,7	2,7	0,4
Luxembourg	0,0	2,8	2,8	0,2	0,0	2,5	2,5	0,2
Lituanie	0,0	2,4	2,4	0,0	0,0	2,6	2,6	0,0
Chypre	0,0	0,9	0,9	0,0	0,0	1,0	1,0	0,0
Estonie	0,3	1,3	1,6	0,0	0,2	0,2	0,4	0,0
Total UE 27	29,1	840,3	869,4	287,6	27,1	579,9	607,0	280,6

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.
 * L'Italie a changé sa méthodologie concernant le reporting de la chaleur dérivée. Au 28 janvier 2024, le changement de méthodologie avait uniquement été appliqué pour l'année 2022, une mise à jour sera réalisée plus tard qui rendra cohérentes les données 2021 avec celles de 2022. Source: Eurostat.

l'année 2021, a très légèrement diminuée entre 2021 et 2022 (-0,9%, -76,6 ktep). La baisse de la production italienne a été beaucoup plus franche (-8,6%), soit une baisse de 178,9 ktep. L'Allemagne reste cependant, et de loin, le premier producteur des pays de l'Union européenne avec 51,7% du total de l'Union européenne en 2022, devant l'Italie (12,1%) et la France (10,4%). En tenant compte cette fois d'un classement en fonction de la production de biogaz par habitant, c'est le Danemark qui assure le leadership avec 117,3 tep/1000 habitants, devant l'Allemagne (97,6 tep/1000 hab.) et la Tchéquie (56,9 tep/1000 hab.).

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 toute la production, la quantité de biométhane renouvelable injecté dans le réseau (et donc mélangé au gaz fossile) est ensuite transférée dans le suivi des 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 renouvelable une fois utilisé dans le secteur de la transformation (centrales électriques, de cogénération ou calogènes) ou dans la consommation d'énergie ↘



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 2021 et en 2022 (en ktep)

	2021		2022	
	Biogaz pur	Biogaz mélangé au réseau	Biogaz pur	Biogaz mélangé au réseau
Allemagne	1 251,8	185,2	1 258,9	195,2
France	263,4	258,8	283,4	387,7
Danemark	20,8	304,5	24,9	354,3
Pays-Bas	135,9	73,8	123,0	77,1
Tchéquie	152,6	0,6	152,7	0,7
Espagne	102,9	3,9	103,9	4,9
Pologne	87,7	0,0	105,7	0,0
Belgique	96,8	4,4	97,6	7,8
Finlande	97,9	4,1	89,2	6,5
Suède	38,9	13,8	51,3	17,9
Italie	35,5	0,0	56,2	0,0
Autriche	25,4	6,5	30,8	6,4
Grèce	34,5	0,0	35,1	0,0
Hongrie	14,4	2,9	22,7	2,9
Slovaquie	25,0	0,0	19,6	0,0
Irlande	12,4	0,2	13,4	0,8
Portugal	7,2	0,0	12,4	0,0
Lituanie	10,2	0,0	10,9	0,0
Bulgarie	10,3	0,0	9,9	0,0
Lettonie	6,9	0,0	7,3	0,0
Luxembourg	0,9	3,7	3,2	3,3
Chypre	5,4	0,0	4,8	0,0
Slovénie	2,7	0,0	3,2	0,0
Roumanie	2,6	0,0	2,5	0,0
Estonie	2,7	0,0	2,0	0,0
Malte	0,6	0,0	1,0	0,0
Croatie	0,5	0,0	0,6	0,0
Total UE 27	2 446,0	862,4	2 526,3	1 065,6

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. Source: Eurostat.

5

Production d'électricité biogaz (pur et mélangé au réseau) dans l'Union européenne en 2022 avec la part conforme à la directive (EU) 2018/2001* (en GWh)

	2022		
	Biogaz (pur et mélangé au réseau)	Dont conforme	% conforme
Allemagne	35 215,0	35 215,0	100,0 %
Italie	7 844,1	7 844,1	100,0 %
France	3 712,4	3 712,4	100,0 %
Tchéquie	2 617,2	2 617,2	100,0 %
Pologne	1 394,2	1 394,2	100,0 %
Belgique	1 033,8	1 032,4	99,9 %
Espagne	1 024,8	1 024,8	100,0 %
Pays-Bas	1 108,9	396,6	35,8 %
Autriche	610,2	130,0	21,3 %
Danemark	842,6	842,6	100,0 %
Grèce	517,8	517,8	100,0 %
Croatie	409,2	409,2	100,0 %
Slovaquie	391,0	391,0	100,0 %
Hongrie	319,9	133,9	41,9 %
Finlande	275,2	272,3	98,9 %
Portugal	259,8	259,8	100,0 %
Lettonie	249,6	249,6	100,0 %
Bulgarie	190,9	126,2	66,1 %
Irlande	166,5	21,4	12,9 %
Lituanie	158,7	158,7	100,0 %
Slovénie	100,2	100,2	100,0 %
Roumanie	90,2	25,9	28,7 %
Chypre	57,8	57,8	100,0 %
Luxembourg	49,5	49,5	100,0 %
Suède	17,9	17,7	99,1 %
Malte	7,4	7,4	100,0 %
Estonie	5,6	5,6	99,2 %
Total UE 27	58 670,4	57 013,2	97,2 %

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

finale totale dans le transport, l'industrie et les autres secteurs. Sauf indication 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 des États membres et de l'Union européenne, Eurostat, dans le cadre de son outil SHARES (« Brève évaluation des sources d'énergie renouvelables »), donne la possibilité aux États membres, dans une feuille de calcul dédiée, de répartir le biométhane mélangé dans le 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. Cette répartition permet ainsi aux États membres d'estimer la production afférente d'électricité, de chaleur (ou de froid) issue du secteur de la transformation (chaleur vendue) et de la chaleur (ou de froid) directement consommée par les utilisateurs finaux, ainsi que le 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.

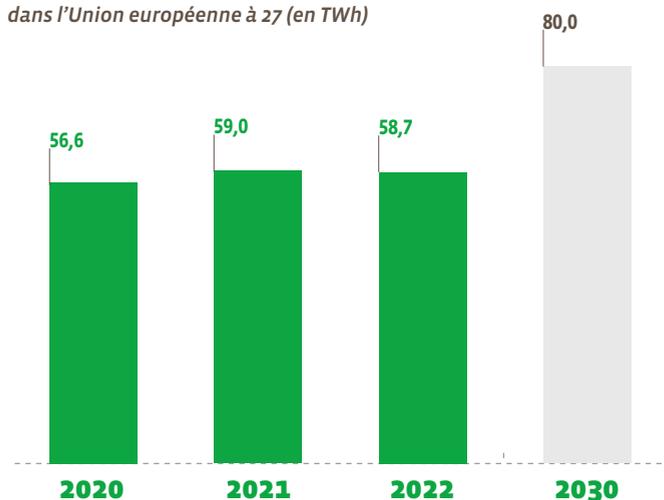
Consommation de chaleur * biogaz (pur et mélangé au réseau) avec la part conforme à la directive (EU) 2018/2001** dans l'Union européenne en 2022 (en ktep)

	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	478,9	478,9	100,0 %	1 454,1	1 454,1	100,0 %	1 932,9	1 932,9	100,0 %
France	108,7	108,7	100,0 %	671,0	671,0	100,0 %	779,8	779,8	100,0 %
Danemark	100,6	100,6	100,0 %	379,2	379,2	100,0 %	479,8	479,8	100,0 %
Pays-Bas	14,0	6,3	45,4 %	200,1	103,4	51,7 %	214,1	109,7	51,3 %
Tchéquie	18,9	18,9	100,0 %	153,5	153,5	100,0 %	172,4	172,4	100,0 %
Pologne	22,0	22,0	100,0 %	105,7	105,7	100,0 %	127,7	127,7	100,0 %
Belgique	20,2	20,2	99,9 %	105,4	104,9	99,5 %	125,6	125,1	99,6 %
Finlande	20,4	20,2	99,0 %	95,7	94,7	99,0 %	116,0	114,9	99,0 %
Espagne	0,0	0,0	-	108,8	108,8	100,0 %	108,8	108,8	100,0 %
Italie	27,7	27,7	100,0 %	56,2	56,2	100,0 %	83,9	83,9	100,0 %
Suède	7,7	7,6	99,1 %	69,2	69,1	99,8 %	76,9	76,7	99,8 %
Autriche	5,3	0,9	17,8 %	37,3	30,8	82,7 %	42,5	31,8	74,7 %
Grèce	0,0	0,0	-	35,1	35,1	100,0 %	35,1	35,1	100,0 %
Slovaquie	11,4	11,4	99,6 %	19,6	19,6	100,0 %	31,0	31,0	99,8 %
Hongrie	3,2	2,0	63,3 %	25,6	11,9	46,5 %	28,7	13,9	48,4 %
Lettonie	15,4	15,4	100,0 %	7,3	7,3	100,0 %	22,6	22,6	100,0 %
Croatie	14,5	14,5	100,0 %	0,6	0,0	0,0 %	15,1	14,5	96,1 %
Irlande	0,0	0,0	-	14,3	10,1	70,6 %	14,3	10,1	70,6 %
Bulgarie	4,0	2,0	50,8 %	9,9	7,5	75,5 %	13,9	9,5	68,5 %
Lituanie	2,6	2,6	100,0 %	10,9	10,9	100,0 %	13,5	13,5	100,0 %
Portugal	0,0	0,0	-	12,4	12,4	100,0 %	12,4	12,4	100,0 %
Luxembourg	2,8	2,8	100,0 %	6,5	6,5	100,0 %	9,3	9,3	100,0 %
Roumanie	4,6	4,6	99,4 %	2,5	2,5	98,2 %	7,2	7,1	98,9 %
Slovénie	3,6	3,6	100,0 %	3,2	3,2	100,0 %	6,8	6,8	100,0 %
Chypre	1,0	1,0	100,0 %	4,8	4,8	100,0 %	5,8	5,8	100,0 %
Estonie	0,4	0,4	100,0 %	2,0	2,0	100,0 %	2,3	2,3	100,0 %
Malte	0,0	0,0	-	1,0	1,0	100,0 %	1,0	1,0	100,0 %
Total UE 27	887,6	872,1	98,3 %	3 591,9	3 466,3	96,5 %	4 479,5	4 338,4	96,9 %

* 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 : Eurostat.

7

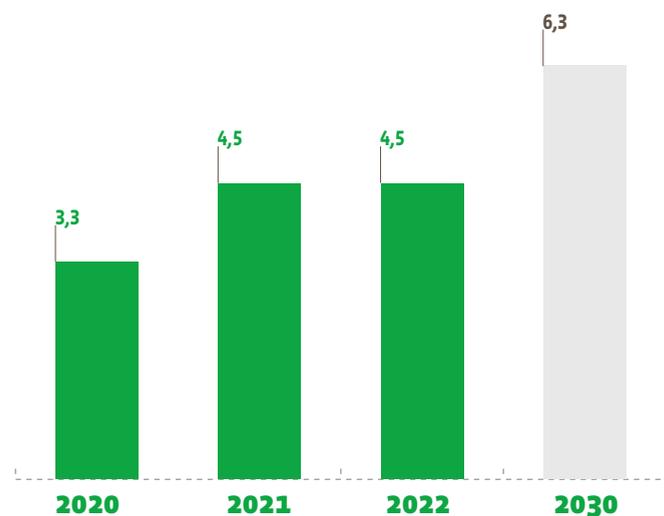
Projection EurObserv'ER de la production d'électricité issue de biogaz* dans l'Union européenne à 27 (en TWh)



* 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.

DES ÉVOLUTIONS CONTRASTÉES POUR L'ÉLECTRICITÉ ET LA CHALEUR

L'intérêt renforcé pour l'injection de biométhane dans le réseau et la conversion de certaines unités de production de biométhane existantes explique en partie la relative stabilisation et même la légère décroissance, 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. En effet, Eurostat estime la production d'électricité issue de centrales utilisant du biogaz pur (non mélangé au réseau), produit et utilisé localement, à 54,3 TWh en 2022, en légère baisse de 1%. La production d'électricité issue du biogaz mélangé au réseau est à l'inverse en croissance de 7,1% pour atteindre un peu moins de 4,4 TWh en 2022. En additionnant les deux, biogaz pur et mélangé au réseau, la production biogaz s'établit à 58,7 TWh en 2022, en légère baisse de 0,5% par rapport à 2021 (59 TWh en 2021).

Les données concernant la production de chaleur biogaz issue du secteur de la transformation souffrent d'un biais. En effet, l'Italie, qui était jusqu'alors le deuxième pays pour cet indicateur, a revu sa méthodologie de reporting concernant la chaleur dérivée avec un changement uniquement appliqué pour l'année 2022, en attendant une mise à jour prochaine qui devrait intervenir en début d'année 2024. Le nouvel indicateur, qui minore très fortement la chaleur dérivée biogaz de l'Italie et le total de l'Union européenne, n'est donc

pas significatif. En retirant l'Italie, la chaleur dérivée du biogaz pur et issue de biogaz mélangé au réseau est quasiment stable à l'échelle de l'Union européenne (- 0,7% entre 2021 et 2022) à 859,9 ktep. Aucun souci d'indicateur concernant l'utilisation directe de l'énergie biogaz pour la production de chaleur (et de froid). Concernant le biogaz « pur », il augmente de 3,1% pour atteindre 2,5 Mtep en 2022. Et concernant le biogaz mélangé au réseau, ce même indicateur augmente plus nettement de 23,6% pour atteindre 1,1 Mtep.

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 97,2% pour l'électricité, 98,3% pour la chaleur dérivée et 96,5% pour la consommation d'énergie finale (hors transport).

UN RÔLE DIFFÉRENT DE LA MÉTHANISATION SELON LES PAYS

LA FRANCE VISE LE LEADERSHIP EUROPÉEN DANS LA PRODUCTION DE BIOMÉTHANE

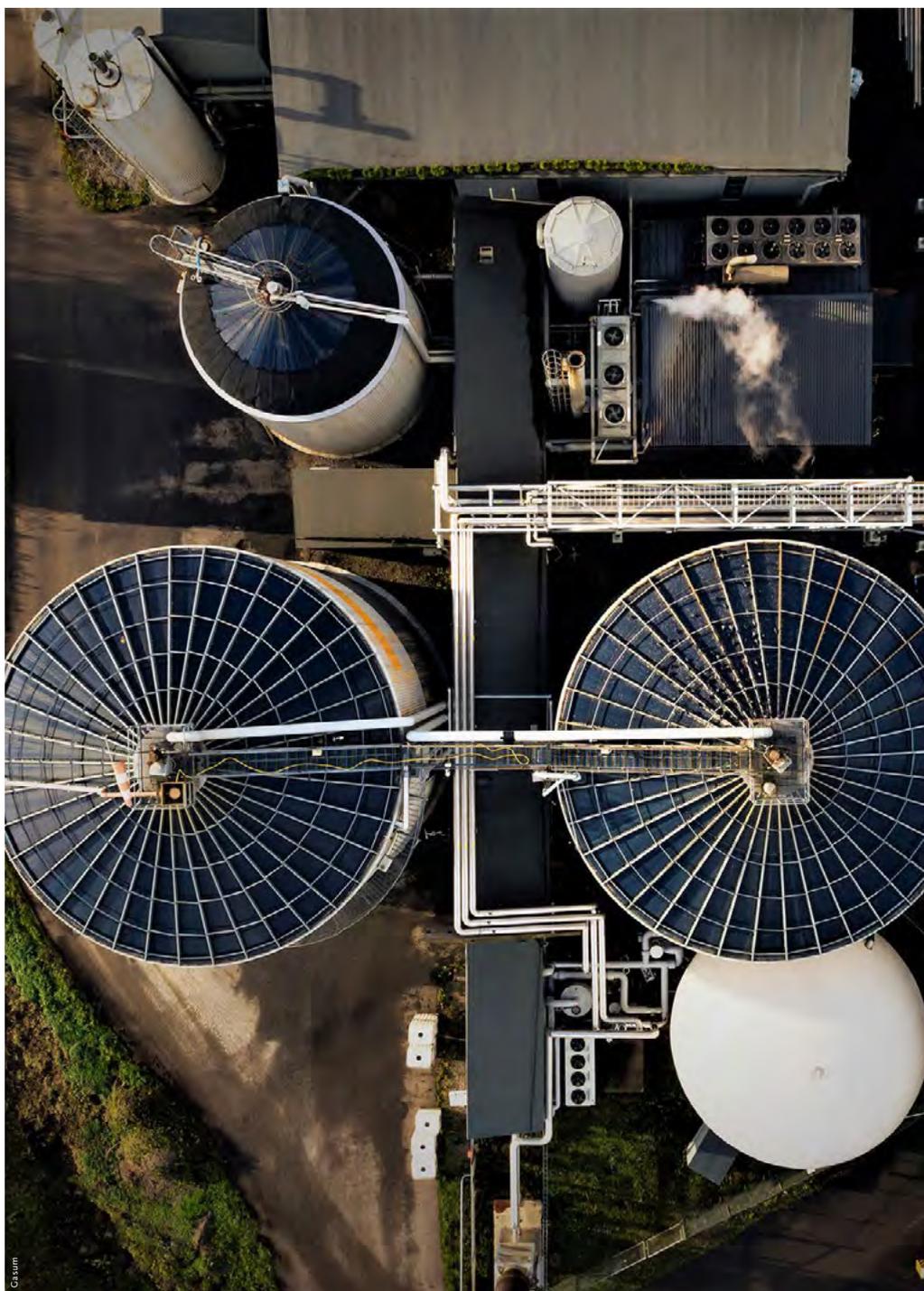
La France est actuellement le pays de l'Union européenne qui investit le plus dans sa filière biogaz, et plus spécifiquement dans sa filière biométhane. Selon Eurostat, le pays a augmenté sa production d'énergie primaire biogaz de 19,2% entre 2021 et 2022

pour atteindre 1641,7 ktep, soit 264,9 ktep de plus en un an. Selon la fiche expert méthanisation de l'Ademe, plus de 1450 installations de méthanisation étaient en fonctionnement en janvier 2023, dont 108 en industrie et 95 en stations d'épuration. Les installations à la ferme et les installations centralisées représentent 1238 sites en fonctionnement, avec une forte dynamique de croissance portée par le secteur agricole, parfois en codigestion avec des biodéchets. En 2022, la majorité des projets mis en service (environ 9 sur 10) valorise le biogaz par l'injection de biométhane sur le réseau. Selon le Service des données et études statistiques (Sdes), au 31 décembre 2022, 514 installations ont injecté du biométhane, après production et épuration de biogaz, dans les réseaux de gaz naturel, soit 149 de plus en 2022 (152 en 2021). Leur capacité s'élève désormais à 9,0 TWh/an fin 2022, en progression de 38% par rapport à fin 2021. Une capacité supplémentaire de 2 506 GWh/an a été installée au cours de l'année 2022, supérieure à celle installée au cours de l'année 2021 (2 359 GWh/an). Au total, la production de biométhane injecté s'élève à 7,0 TWh en 2022, en hausse de 61% par rapport à 2021.

LE BIOGAZ, OUTIL DE FLEXIBILITÉ EN ALLEMAGNE

Encore en 2022, plus de la moitié de la production de biogaz de l'Union européenne a été produite dans les digesteurs allemands, soit 8,1 Mtep sur un total de 15,7 Mtep pour l'ensemble de l'Union européenne. Il faut dire que l'Allemagne compte près de 10 000 installations biogaz, 9 876

selon l'association allemande du biogaz (Fachverband Biogas) fin 2022, dont 242 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). Depuis 2017, le marché allemand tourne autour d'une centaine de méthaniseurs nouveaux installés chaque année, dont un bon nombre de petites installations sur lisier (122 en 2017, 113 en 2018, 91 en 2019, 97 en 2020, 167 en 2021 et 77 en 2022). 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 5 895 MW en 2022 alors que la puissance installée utilisée n'a augmenté que de 3 723 MW en 2015 à 3 833 MW en 2022. L'Ofate (Office franco-allemand pour la transition énergétique) explique que la différence entre la « puissance totale » et la



«puissance utilisée» est liée à la prime de flexibilité introduite en 2012 par le gouvernement allemand et visant à augmenter la puissance électrique utilisable lors des périodes de pointe de demande. Pour pouvoir utiliser cette puissance supplémentaire à la pointe, les opérateurs de ces installations doivent réduire leur puissance injectée le reste du temps et sont obligés de conserver la même puissance injectée moyenne sur l'année qu'avant travaux. Cela explique cette différence entre la puissance totale de pointe et la puissance installée utilisable le reste du temps.

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 mètres cubes d'ici

à 2030, y compris dans le cadre de la politique agricole commune. Quelques mois plus tard, la Commission européenne et les leaders du secteur biométhane ont lancé le 28 septembre 2022 le Partenariat industriel pour le biométhane (BIP) visant à concrétiser les objectifs du plan REPowerEU à un coût raisonnable. Dans le même temps, il contribuera de manière substantielle à un système énergétique intégré à zéro émission nette, à la diversification des revenus des agriculteurs et à une approche circulaire. Les engagements financiers pour répondre à cet immense défi se précisent. L'EBA a présenté en juin 2023 sa première édition des « Perspectives d'investissement dans le biométhane », basées sur une réponse partielle des investisseurs et des développeurs de projets au sein de l'association. Elle montre que les investissements sont en bonne voie avec 18 milliards d'euros déjà réservés à l'investissement dans la production de biométhane. 4,1 milliards d'euros devraient être investis entre 2023 et 2025, tandis que 12,4 milliards d'euros supplémentaires seront débloqués entre 2026 et 2030, auxquels s'ajoute un milliard d'euros dont le calendrier n'a pas encore été précisé. ■



DÉCHETS MUNICIPAUX RENOUEVABLES

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 9 Mtep en 2022 (9 031,8 ktep exactement). Ce niveau de production est en baisse par rapport à 2021 (- 2,7%), équivalent à une diminution de 246,6 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 (8 854,3 ktep en 2022, - 2,5% entre 2021 et 2022). En pratique, du

fait de la difficulté à 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 4 864,5 ktep en 2022 (- 0,2% entre 2021 et 2022). Tandis que la partie renouvelable (biodégradable) des déchets industriels est par convention intégrée à la biomasse solide « 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 1 535,6 ktep en 2022 (- 8% entre 2021 et 2022).

PREMIÈRE BAISSÉ APRÈS TROIS ANNÉES DE HAUSSE

À l'inverse de 2021, une large majorité de pays de l'Union européenne ont vu durant l'année 2022 une diminution de leur production d'énergie primaire issue de déchets renouvelables. Les baisses de production les plus significatives sont le fait de l'Allemagne (- 126,8 ktep), des Pays-Bas (- 82,1 ktep), de la Belgique (- 32,9 ktep), de la Pologne (- 26,1 ktep) et de la Finlande (- 19,1 ktep). La France est un des rares pays à avoir enregistré une augmentation de sa production d'énergie primaire issue de déchets renouvelables (+ 61,8 ktep), de même que



Greiner Energie AG

1

Production d'énergie primaire à partir de déchets urbains renouvelables de l'Union européenne en 2021 et en 2022 (en ktep)

	2021	2022
Allemagne	3 150,4	3 023,6
France	1 242,6	1 304,3
Italie	829,8	818,1
Pays-Bas	863,0	780,9
Suède	737,3	743,9
Danemark	460,9	450,3
Belgique	397,8	364,9
Finlande	366,2	347,1
Espagne	283,2	284,2
Autriche	204,9	200,2
Irlande	143,8	151,7
Portugal	118,6	121,4
Pologne	140,1	114,0
Tchéquie	95,9	95,2
Hongrie	62,5	57,0
Lituanie	54,2	52,9
Bulgarie	42,5	42,4
Slovaquie	38,5	34,0
Estonie	21,2	22,0
Luxembourg	12,8	12,5
Lettonie	6,5	5,6
Chypre	3,8	4,0
Roumanie	2,1	1,6
Total UE 27	9 278,4	9 031,8

Source : Eurostat.



2

Production brute d'électricité à partir de déchets urbains renouvelables de l'Union européenne en 2021 et en 2022 (en GWh)

	2021			2022		
	Électricité seule	Cogénération	Total	Électricité seule	Cogénération	Total
Allemagne	3 590,0	2 202,0	5 792,0	3 299,0	2 263,0	5 562,0
Italie	1 094,4	1 213,9	2 308,3	1 004,6	1 321,1	2 325,7
Pays-Bas	0,0	2 208,1	2 208,1	0,0	2 223,7	2 223,7
France	896,2	1 228,4	2 124,6	863,3	1 250,5	2 113,7
Suède	0,0	1 813,0	1 813,0	0,0	1 761,0	1 761,0
Danemark	0,0	971,1	971,1	0,0	1 020,3	1 020,3
Belgique	367,0	569,6	936,6	230,3	778,7	1 009,0
Espagne	750,0	104,5	854,6	765,5	98,0	863,5
Finlande	0,0	581,9	581,9	0,0	587,9	587,9
Autriche	219,3	135,2	354,5	205,7	148,3	354,0
Irlande	351,4	0,0	351,4	346,8	0,0	346,8
Portugal	343,4	0,0	343,4	309,2	0,0	309,2
Pologne	0,0	353,8	353,8	0,0	301,6	301,6
Lituanie	0,0	142,1	142,1	0,0	155,7	155,7
Hongrie	13,0	148,0	161,0	9,0	121,0	130,0
Tchéquie	0,0	127,3	127,3	0,0	129,7	129,7
Slovaquie	0,0	32,0	32,0	0,0	50,0	50,0
Luxembourg	0,0	42,6	42,6	0,0	41,6	41,6
Estonie	25,8	32,6	58,4	20,5	20,0	40,5
Total UE 27	7 650,5	11 905,9	19 556,4	7 053,8	12 272,0	19 325,8

Source : Eurostat.

l'Irlande (+ 7,9 ktep) et la Suède (+ 6,6 ktep). Selon EurObserv'ER, cette baisse à l'échelle de l'Union européenne, après trois années consécutives de hausse (8,9 Mtep en 2018, 9,0 Mtep en 2019, 9,2 Mtep en 2020 et 9,3 Mtep en 2021), est à la fois conjoncturelle – directement

liée à la crise économique et à la baisse de 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 (bio-déchets, cartons...), qui réduisent structurellement 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

3

Production brute de chaleur dans le secteur de la transformation à partir de déchets municipaux renouvelables en 2021 et 2022 (en ktep)

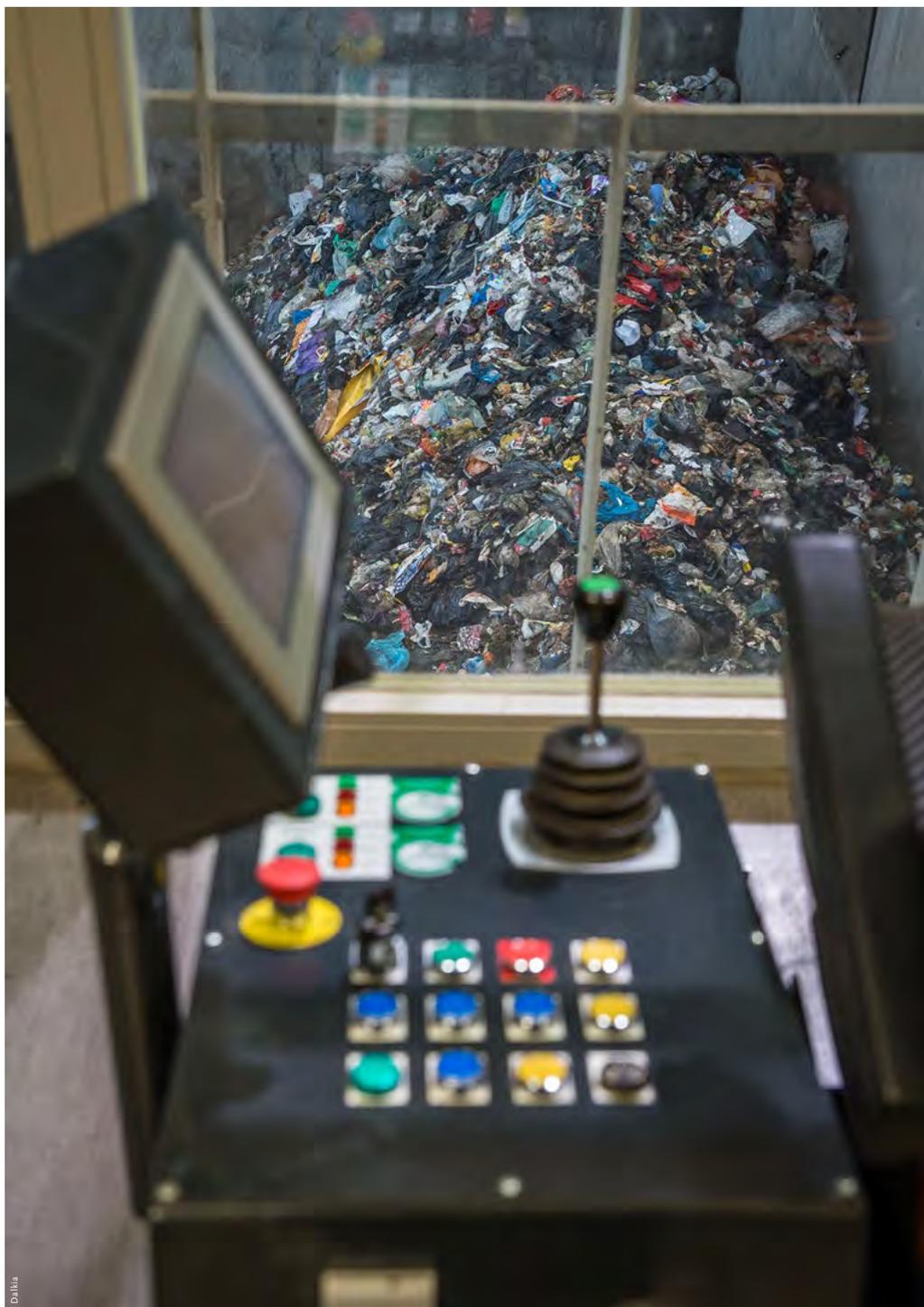
	2021			2022		
	Chaleur seule	Cogénération	Total	Chaleur seule	Cogénération	Total
Allemagne	262,9	643,4	906,4	249,3	616,7	866,0
Suède	82,2	565,7	647,9	79,2	542,0	621,2
France	108,8	289,1	397,8	110,8	299,6	410,4
Danemark	31,8	345,1	376,9	26,6	332,8	359,4
Pays-Bas	0,0	209,6	209,6	0,0	203,7	203,7
Finlande	54,2	135,6	189,8	60,1	123,5	183,7
Italie	0,0	123,1	123,1	0,0	102,5	102,5
Autriche	13,9	73,6	87,5	12,7	69,9	82,6
Pologne	0,7	37,5	38,2	0,6	37,0	37,6
Tchéquie	0,0	40,2	40,2	0,0	36,0	36,0
Lituanie	0,0	34,7	34,7	0,0	34,4	34,4
Belgique	0,4	40,8	41,2	0,0	33,8	33,8
Hongrie	0,0	18,8	18,8	0,0	20,2	20,2
Estonie	0,0	14,1	14,1	0,0	13,9	13,9
Slovaquie	0,0	2,0	2,0	0,0	2,4	2,4
Luxembourg	0,0	1,0	1,0	0,0	0,9	0,9
Total UE 27	554,8	2 574,3	3 129,1	539,4	2 469,2	3 008,6

Source : Eurostat.

de l'énergie, que ce soit sous forme de chaleur, d'électricité ou, le plus souvent, les 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 19,3 TWh en 2022, en légère diminution par rapport à 2021 (- 1,2%). La cogénération est le principal mode de valorisation de ces centrales avec pour l'électricité une part de 63,5% en 2022. En valeur, la Belgique et le Danemark sont les deux pays

où la production d'électricité renouvelable issue des déchets urbains a le plus progressé en 2022 (respectivement + 72,4 GWh, + 49,2 GWh). Les baisses les plus significatives ont été enregistrées en Allemagne (- 230 GWh), en Pologne (- 52,2 GWh) et en Suède (- 52 GWh). Selon Eurostat, dans l'Union européenne à 27, la puissance électrique



Dakota

partie des pays les plus actifs en matière d'investissement dans de nouvelles centrales de valorisation énergétique des déchets ménagers, épaulée dans ce sens par des financements de l'Union européenne. Quatre usines de valorisation énergétique d'une capacité de plus de 600 000 tonnes par an sont en cours de construction. L'un d'elles est situé à Olsztyn, au nord-est de la Pologne, et disposera d'une capacité de traitement de 110 000 tonnes. L'investissement à Olsztyn s'élève à 183,3 millions d'euros, la contribution du Fonds de cohésion de l'Union européenne s'élevant à 39,6 millions. La centrale, qui disposera d'une puissance thermique de 48 MWth, fournira également de l'électricité au réseau pour une puissance de 22 MWe. Une autre unité sera construite à Varsovie qui sera elle dotée d'une capacité de traitement de 265 200 tonnes, avec une mise en service prévue pour 2024. Cette nouvelle centrale, dont la construction a été commandée par la société de traitement des déchets de Varsovie, MPO, fournira 20 MW d'électricité et de chaleur en éliminant 730 tonnes de déchets quotidiens rejetés par les 850 000 habitants de Varsovie.

Cependant, la volonté de l'Union européenne est claire et 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 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. Dans ce sens, les États membres de l'UE doivent prendre des mesures pour soutenir 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 des déchets municipaux devront être recyclés. Cet objectif passera à 60 % d'ici à 2030 et à 65 % d'ici à 2035. Les États membres devront également 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 2023, les biodéchets soient collectés séparément ou recyclés à la source (par compostage, par exemple). ■



BIOMASSE SOLIDE

Après avoir atteint en 2021 un niveau de consommation record, la consommation d'énergie biomasse solide de l'année 2022, sous toutes ses formes (du bois rond aux granulés, jusqu'aux déchets et sous-produits du bois, résidus et déchets végétaux et autres déchets renouvelables industriels) a été mesurée par Eurostat à 100,2 Mtep dans l'Union européenne à 27, soit le deuxième niveau de consommation annuel le plus élevé jamais enregistré dans l'UE.

La baisse par rapport à 2021 s'explique en premier lieu par une année aux températures moyennes plus douces à l'échelle de l'Union européenne, ce qui a réduit les besoins de chauffage. En dehors des variations climatiques annuelles, l'évolution de la consommation d'énergie biomasse solide s'est effectuée dans un contexte différent de celui de 2021. Le principal événement est la crise géopolitique qu'a constituée fin février 2022 l'invasion de l'Ukraine par la Russie et qui a débouché sur la plus grave crise énergétique depuis le dernier choc pétrolier du début des années 1970. La conséquence a été un niveau record des

prix des énergies sur le marché, lié au chantage de la Russie concernant ses exportations de gaz naturel. Cette crise a notamment eu des implications sur le commerce des combustibles biomasse solide. Les autorités européennes ont décrété dès avril 2022 un embargo sur les importations de produits forestiers (dont les granulés de bois) à destination de l'Union européenne provenant de Russie et de Biélorussie, avec la suppression immédiate des certificats de durabilité et de traçabilité FSC (Forest Stewardship Council) et SBP (Sustainable Biomass Program) pour ces pays et un arrêt total des importations de granulés de bois effectif au 10 juillet 2022. Ces sanctions ont perturbé le flux traditionnel des granulés de bois russes et biélorusses vers les marchés européens (de l'ordre de 2 millions de tonnes rien que pour la Russie), créant un déficit d'approvisionnement sur les marchés des principaux pays importateurs de granulés que sont le Danemark, les Pays-Bas, la Belgique et l'Italie. Ces derniers ont été contraints de diversifier leurs sources d'approvisionnement en granulés de bois et d'établir des plans d'urgence

pour atténuer l'impact de la crise. Une autre contrainte à laquelle ont dû faire face les opérateurs de très grandes centrales (celles disposant d'une chaudière de 20 MWth et plus), que ce soit pour la production de chaleur et/ou d'électricité, a été la mise en œuvre des certifications permettant de démontrer que les combustibles biomasses respectent les critères de durabilité de la directive énergies renouvelables 2018/2001 (et plus précisément les critères de durabilité et de réduction des émissions de gaz à effet de serre ou les critères relatifs au faible risque de changement indirect dans l'affectation des sols). Ces certifications sont indispensables pour que la production de ces centrales soit éligible aux incitations à la production et pour les États membres, pour que cette production puisse être prise en compte dans les objectifs nationaux énergies renouvelables. Selon le relevé des États membres, la consommation d'énergie finale solide biomasse, que ce soit sous forme d'électricité ou de chaleur, est généralement conforme aux critères de la directive





1

Production d'énergie primaire et consommation intérieure brute de biomasse solide* dans les pays de l'Union européenne en 2021 et en 2022 (en Mtep)

	2021		2022	
	Production	Consommation	Production	Consommation
Allemagne	13,893	13,973	14,383	14,551
France	10,788	10,931	10,120	10,271
Suède	10,264	10,199	10,082	10,052
Pologne	8,859	9,081	8,675	8,745
Finlande	9,037	9,538	8,462	8,704
Italie	7,834	9,118	7,117	8,254
Espagne	5,278	5,278	5,297	5,297
Autriche	5,294	5,210	4,944	4,833
Tchéquie	3,913	3,689	3,727	3,512
Roumanie	3,625	3,639	3,471	3,419
Danemark	1,526	3,644	1,554	3,128
Portugal	2,922	2,700	2,971	2,800
Pays-Bas	1,752	2,760	1,742	2,481
Hongrie	2,187	2,187	2,091	2,116
Belgique	1,320	1,895	1,302	1,881
Bulgarie	1,821	1,792	1,589	1,605
Lettonie	2,314	1,505	2,514	1,535
Croatie	1,669	1,437	1,593	1,377
Slovaquie	1,496	1,484	1,383	1,362
Lituanie	1,396	1,419	1,297	1,292
Estonie	1,810	1,138	1,766	1,143
Grèce	0,787	0,816	0,797	0,824
Slovénie	0,604	0,604	0,528	0,528
Irlande	0,232	0,267	0,251	0,273
Luxembourg	0,183	0,180	0,187	0,178
Chypre	0,024	0,028	0,031	0,035
Malte	0,000	0,002	0,000	0,001
Total UE 27	100,830	104,514	97,874	100,198

* Hors charbon de bois. Source : Eurostat.

énergies renouvelables, avec des exceptions concernant des pays n'ayant pas encore mis en œuvre leurs mécanismes de certification (l'Autriche, l'Irlande et la Bulgarie). En prenant un peu de recul, l'utilisation de la biomasse solide pour répondre aux besoins énergétiques a nettement augmenté sur les deux dernières décennies, avec une consommation dans les pays de l'UE à 27 qui a pratiquement doublé par rapport à 2000 (53,6 Mtep en 2000, 89,3 Mtep en 2010, 100,2 Mtep en 2022), même si on peut préciser qu'un meilleur suivi statistique par les États membres des flux de consommation de la biomasse solide a aidé à ce résultat. Les associations professionnelles rappellent que cette augmentation s'est faite dans le même temps qu'une augmentation du potentiel de fourniture de l'énergie biomasse du fait d'une gestion améliorée du patrimoine forestier, à la fois via une augmentation de la superficie forestière (les forêts européennes se sont développées au cours des trois dernières décennies) et également par une augmentation du stock de carbone forestier à l'hectare (ha). En 1990, le stock forestier moyen était de 133 m³/ha et en 2020, ce nombre a augmenté de plus de 30% pour atteindre 173 m³/ha.

DES IMPORTATIONS HORS UE EN FORTE BAISSÉ

Selon Eurostat, la production de biomasse solide, qui correspond aux intrants prélevés sur le sol européen, s'est établie à environ 97,9 Mtep en 2022, soit une diminution de 2,9% par rapport à 2021 (équivalent à une réduction de la production de l'UE de 3 Mtep).

La différence entre les données de production nationale 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 relativement faibles et sont en diminution par rapport à 2021 (3,7 Mtep en 2021 et 2,3 Mtep en 2022). Elles s'expliquent principalement par les importations de combustibles biomasse (bois et granulés) en provenance d'États européens non membres de l'Union européenne et de granulés de bois nord-américains. Comme expliqué un peu plus haut, l'embargo concernant les granulés de bois russes et biélorusses explique, en partie, la baisse du niveau des importations en 2022, et il est probable que la législation européenne sur la durabilité de la biomasse, qui se met progressivement en place, ait un impact sur certains flux d'approvisionnement hors Union européenne, nord-américains notamment.

MOINS D'ÉLECTRICITÉ ET MOINS DE CHALEUR 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. Eurostat distingue les deux types d'utilisation de l'énergie finale issue de la biomasse solide, à savoir l'électricité (tableau 2) et la chaleur (ou le froid). 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 l'agriculture), hors secteur du transport (tableau 4). Dans l'Union européenne à 27, la production d'électricité biomasse solide, qu'elle soit conforme ou non conforme aux exigences de la RED II, a été mesurée à 88 TWh en 2022, issue à 76,1% d'unités fonctionnant en cogénération. C'est en dessous de son niveau de 2021 où la production d'électricité biomasse solide avait atteint un record de 92,7 TWh (soit une baisse de 5% entre 2021 et 2022). Elle reste cependant supérieure à son niveau de 2020 (83 TWh). La production d'électricité biomasse solide conforme a été mesurée dans les États membres à 80,0 TWh. 8 TWh ont donc été spécifiés non conformes et ne participent donc pas aux objectifs renouvelables des pays concernés.

Le classement des trois premiers pays producteurs d'électricité biomasse solide de l'Union européenne (conforme et non conforme) est resté le même qu'en 2021. Les deux grands pays forestiers que sont la Finlande et la Suède trident les deux premières places avec une production d'électricité biomasse solide respective de 11,9 TWh (- 6% par rapport à 2021) et de 11,3 TWh (+ 0,7% par rapport à 2021), la totalité de ces productions étant issue de centrales fonctionnant en cogénération. L'Allemagne est à la troisième place avec 10,3 TWh et une production en baisse de 4,5%. Les baisses les plus significatives sont le fait des deux plus grands importateurs de granulés de bois de l'Union européenne, ↘

Production brute d'électricité à partir de biomasse solide* de l'Union européenne en 2021 et en 2022** (en TWh)

	2021			2022			Conforme**	Conforme (%)
	Électricité seule	Cogénération	Total	Électricité seule	Cogénération	Total		
Finlande	0,000	12,668	12,668	0,000	11,908	11,908	11,726	98,5 %
Suède	0,000	11,174	11,174	0,000	11,257	11,257	11,239	99,8 %
Allemagne	4,974	5,764	10,738	4,806	5,448	10,254	10,254	100,0 %
Pays-Bas	2,385	5,457	7,842	1,882	4,838	6,720	5,739	85,4 %
Pologne	1,713	4,686	6,398	1,222	4,712	5,934	5,934	100,0 %
Danemark	0,000	7,133	7,133	0,000	5,679	5,679	5,622	99,0 %
Espagne	4,116	0,979	5,095	4,125	0,807	4,932	4,611	93,5 %
France	0,691	3,732	4,423	0,889	3,785	4,674	4,674	100,0 %
Italie	2,385	2,144	4,529	2,266	2,092	4,358	4,358	100,0 %
Autriche	0,709	2,815	3,523	0,764	2,979	3,743	0,820	21,9 %
Portugal	1,346	2,046	3,392	1,473	2,071	3,544	3,544	100,0 %
Belgique	1,458	1,306	2,763	1,464	1,379	2,843	2,489	87,6 %
Tchéquie	0,001	2,663	2,665	0,001	2,658	2,659	2,659	100,0 %
Bulgarie	0,372	2,001	2,373	0,409	1,644	2,053	0,001	0,1 %
Hongrie	0,610	1,165	1,775	0,620	1,073	1,693	1,463	86,4 %
Estonie	0,609	1,085	1,694	0,553	0,970	1,523	1,503	98,7 %
Slovaquie	0,000	1,325	1,325	0,006	1,043	1,049	1,049	100,0 %
Croatie	0,000	0,660	0,660	0,000	0,720	0,720	0,720	100,0 %
Roumanie	0,032	0,548	0,580	0,062	0,494	0,557	0,149	26,7 %
Lettonie	0,000	0,570	0,570	0,000	0,552	0,552	0,552	100,0 %
Irlande	0,447	0,024	0,471	0,482	0,026	0,508	0,022	4,2 %
Lituanie	0,000	0,387	0,387	0,000	0,394	0,394	0,394	100,0 %
Luxembourg	0,000	0,285	0,285	0,000	0,268	0,268	0,268	100,0 %
Slovénie	0,000	0,169	0,169	0,000	0,162	0,162	0,162	100,0 %
Grèce	0,016	0,026	0,042	0,009	0,043	0,052	0,052	100,0 %
Total UE 27	21,863	70,810	92,673	21,033	67,001	88,035	80,004	90,9 %

* 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.

Production brute de chaleur à partir de biomasse solide* de l'Union européenne en 2021 et en 2022** (en Mtep)
dans le secteur de la transformation

	2021			2022			Conforme**	Conforme (%)
	Chaleur seule	Cogénération	Total	Chaleur seule	Cogénération	Total		
Suède	0,761	1,982	2,743	0,709	1,902	2,611	2,587	99,1 %
Finlande	1,024	1,056	2,080	0,961	1,013	1,975	1,944	98,5 %
Danemark	0,538	1,178	1,716	0,507	1,032	1,540	1,525	99,0 %
France	0,682	0,615	1,297	0,659	0,622	1,281	1,281	100,0 %
Autriche	0,661	0,368	1,029	0,601	0,355	0,956	0,209	21,9 %
Allemagne	0,192	0,467	0,659	0,148	0,474	0,622	0,622	100,0 %
Lituanie	0,413	0,149	0,562	0,393	0,149	0,543	0,543	100,0 %
Pologne	0,148	0,352	0,500	0,145	0,353	0,498	0,498	100,0 %
Lettonie	0,230	0,172	0,402	0,244	0,165	0,408	0,408	100,0 %
Estonie	0,099	0,237	0,335	0,140	0,224	0,364	0,364	100,0 %
Pays-Bas	0,120	0,280	0,400	0,113	0,222	0,335	0,201	59,9 %
Tchéquie	0,051	0,200	0,251	0,044	0,178	0,222	0,222	100,0 %
Italie	0,089	0,295	0,385	0,087	0,121	0,208	0,208	100,0 %
Bulgarie	0,013	0,185	0,198	0,015	0,133	0,147	0,014	9,4 %
Slovaquie	0,053	0,099	0,152	0,052	0,087	0,139	0,139	100,0 %
Luxembourg	0,005	0,099	0,103	0,005	0,094	0,099	0,099	100,0 %
Hongrie	0,036	0,059	0,094	0,033	0,060	0,093	0,076	81,6 %
Croatie	0,000	0,095	0,096	0,000	0,091	0,091	0,091	100,0 %
Roumanie	0,018	0,067	0,085	0,011	0,060	0,071	0,071	99,9 %
Slovénie	0,013	0,030	0,044	0,015	0,031	0,046	0,046	100,0 %
Belgique	0,000	0,021	0,021	0,000	0,024	0,024	0,024	100,0 %
Total UE 27	5,146	8,006	13,152	4,884	7,390	12,274	11,173	91,0 %

* 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.



4

Consommation d'énergie finale issue de la biomasse solide* dans les pays de l'Union européenne en 2021 et 2022** (en Mtep)

	2021	2022	Conforme*** 2022	Conforme % 2022
Allemagne	10,656	11,459	11,459	100,0 %
France	8,458	7,673	7,673	100,0 %
Pologne	7,286	7,083	7,083	100,0 %
Italie	7,324	6,708	6,701	99,9 %
Suède	5,476	5,533	5,514	99,6 %
Finlande	5,491	4,910	4,858	98,9 %
Espagne	3,709	3,816	3,768	98,7 %
Roumanie	3,551	3,367	3,367	100,0 %
Autriche	3,522	3,176	3,095	97,4 %
Tchéquie	2,830	2,663	2,663	100,0 %
Portugal	1,766	1,821	1,821	100,0 %
Hongrie	1,623	1,570	1,563	99,6 %
Belgique	1,320	1,267	1,263	99,7 %
Croatie	1,146	1,040	1,040	100,0 %
Bulgarie	1,059	1,007	0,970	96,4 %
Lettonie	0,922	0,953	0,953	100,0 %
Slovaquie	1,024	0,940	0,940	100,0 %
Danemark	1,011	0,843	0,843	100,0 %
Grèce	0,789	0,804	0,804	100,0 %
Pays-Bas	0,710	0,686	0,634	92,4 %
Lituanie	0,637	0,610	0,610	100,0 %
Slovénie	0,533	0,454	0,454	100,0 %
Estonie	0,422	0,445	0,445	100,0 %
Irlande	0,170	0,175	0,100	56,9 %
Luxembourg	0,029	0,034	0,034	100,0 %
Chypre	0,026	0,031	0,031	100,0 %
Malte	0,002	0,001	0,001	100,0 %
Total UE 27	71,489	69,070	68,687	99,4 %

* 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 2021 et 2022 (en Mtep)

	2021	2022	Conforme*** 2022	Conforme % 2022
Allemagne	11,315	12,081	12,081	100,0 %
France	9,755	8,954	8,954	100,0 %
Suède	8,218	8,144	8,101	99,5 %
Pologne	7,787	7,581	7,581	100,0 %
Italie	7,708	6,917	6,909	99,9 %
Finlande	7,571	6,884	6,802	98,8 %
Autriche	4,551	4,133	3,304	80,0 %
Espagne	3,709	3,816	3,768	98,7 %
Roumanie	3,636	3,438	3,438	100,0 %
Tchéquie	3,080	2,885	2,885	100,0 %
Danemark	2,727	2,383	2,368	99,4 %
Portugal	1,766	1,821	1,821	100,0 %
Hongrie	1,717	1,663	1,639	98,6 %
Lettonie	1,324	1,361	1,361	100,0 %
Belgique	1,341	1,290	1,287	99,7 %
Bulgarie	1,257	1,154	0,984	85,3 %
Lituanie	1,199	1,153	1,153	100,0 %
Croatie	1,242	1,131	1,131	100,0 %
Slovaquie	1,176	1,080	1,080	100,0 %
Pays-Bas	1,110	1,022	0,835	81,7 %
Estonie	0,757	0,809	0,809	100,0 %
Grèce	0,789	0,804	0,804	100,0 %
Slovénie	0,577	0,500	0,500	100,0 %
Irlande	0,170	0,175	0,100	56,9 %
Luxembourg	0,132	0,133	0,133	100,0 %
Chypre	0,026	0,031	0,031	100,0 %
Malte	0,002	0,001	0,001	100,0 %
Total UE 27	84,641	81,344	79,861	98,2 %

* Hors charbon de bois. ** 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. Sources: Eurostat et SHARES pour la part conforme.



à savoir le Danemark, qui a vu sa production d'électricité biomasse solide diminuer de 20,4 % à 5,7 TWh (-1,5 TWh) entre 2021 et 2022, et les Pays-Bas, qui ont vu leur production baisser de 14,3 % à 6,7 TWh (-1,1 TWh) entre 2021 et 2022. Ces baisses sont directement à mettre en lien avec celle de la consommation de granulés de bois de ces deux pays, que ce soit dans les centrales électriques néerlandaises ou dans les centrales de cogénération danoises. Parmi les principaux pays producteurs, la Pologne a également vu une diminution de sa production d'électricité biomasse solide (-7,3 %, soit 0,5 TWh de moins entre 2021 et 2022). À contre-courant de ce qu'il se passe chez les principaux producteurs européens, la production d'électricité biomasse solide de la France (+5,7 % à 4,7 TWh), de l'Autriche (+6,2 % à 3,7 TWh) et du Portugal (+4,5 % à 3,5 TWh) est en augmentation. Après avoir fortement augmenté en 2021, le secteur production de chaleur est, à l'échelle de l'UE à 27, en retrait en 2022, essentiellement du fait de besoins de chauffage plus faibles, mais reste au-dessus de son niveau de 2020. Selon Eurostat, la consommation de chaleur biomasse solide directement utilisée par le consommateur final dans l'industrie et les autres secteurs (excepté le transport) a diminué de 3,4 % entre 2021 et 2022 pour atteindre 69,1 Mtep, soit 2,4 Mtep de moins qu'en 2021. L'Allemagne, qui était l'un des pays européens les plus exposés à la dépendance au gaz russe, est la seule à avoir enregistré une augmentation franche de sa consommation d'énergie finale biomasse solide, les consommateurs cherchant à substituer le

plus de gaz possible. Elle gagne 0,8 Mtep supplémentaire pour atteindre 11,5 Mtep. La consommation d'énergie finale est également en légère hausse en Espagne (+0,1 Mtep, soit 3,8 Mtep en 2022) et elle est stable en Suède (+57 ktep, soit 5,5 Mtep). Le maintien de la consommation d'énergie finale biomasse en Suède s'explique par une hausse des besoins industriels en chaleur biomasse solide (+2,3 %, soit 4,6 Mtep). La production brute de chaleur biomasse solide vendue dans les réseaux de chaleur (et donc issue du secteur de la transformation) est, quant à elle, en diminution de 0,9 Mtep entre 2021 et 2022 pour atteindre 12,3 Mtep (-6,7 %). Elle provient majoritairement d'unités fonctionnant en cogénération, soit une part de 60,2 % en 2022 (60,9 % en 2021). Cette baisse peut être relativisée car l'année 2022 fait suite à une saison de chauffe 2021 beaucoup plus longue que celles mesurées les années précédentes. Les trois pays ayant le plus développé les réseaux de chaleur biomasse solide ont tous vu leur production diminuer (Suède, Finlande, Danemark). La baisse la plus importante a été enregistrée au Danemark (-10,3 %, soit un total de 1,5 Mtep en 2022). En additionnant la production de chaleur issue du secteur de la transformation et celle directement employée par les utilisateurs finaux (consommation d'énergie finale de l'industrie et des « autres secteurs », excepté le transport), on peut estimer la consommation totale de chaleur biomasse solide. À l'échelle de l'Union européenne, elle devrait se situer aux alentours de 81,3 Mtep en 2022 comparé à 84,6 Mtep en 2021, soit une diminution de 3,9 %. Selon

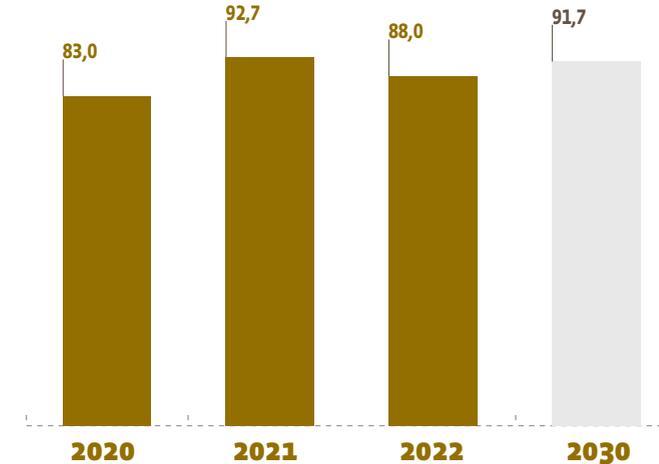
les données des pays membres détaillées dans l'outil statistique SHARES d'Eurostat, l'essentiel de cette consommation de chaleur est spécifié conforme aux exigences de la RED II (seul 1,5 Mtep était spécifié comme non conforme en 2022). En 2022, 98,2 % de la consommation de chaleur (production brute de chaleur dans le secteur de la transformation et consommation d'énergie finale dans l'industrie et les autres secteurs hors transports) participaient donc aux objectifs énergétiques renouvelables.

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 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 cela, l'Union européenne a mis en place des critères de durabilité

6

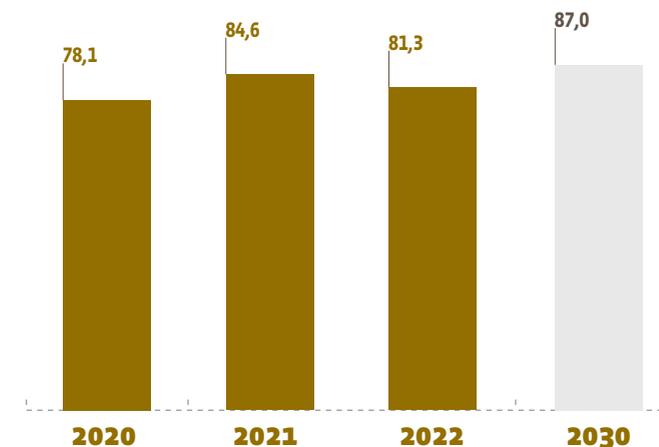
Projection EurObserv'ER de la production d'électricité issue de biomasse solide dans l'Union européenne à 27 (en TWh)



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.

renforcés une première fois dans le cadre de la directive énergies renouvelables 2018/2001 (dite RED II), 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 grume de sciage, 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 manière à réduire au minimum les effets de distorsion sur le marché des matières premières issues de la biomasse. Concernant la RED III, le texte est entré en vigueur le 20 novembre 2023 et les États membres ont dix-huit mois (soit jusqu'au 21 mai 2025) pour transposer un certain nombre de dispositions du texte, dont celles modifiant les articles 3, 29 et 30 traitant des bioénergies et du renforcement des critères de durabilité. L'article 3 apporte des restrictions aux aides publiques à la production d'électricité seule à partir de biomasse forestière. Il précise que les États membres n'accordent pas d'aide nouvelle ni ne renouvellent d'aide en faveur de la production d'électricité à partir de biomasse forestière dans les installations exclusivement électriques, sauf exception de l'électricité produite dans

une région ultrapériphérique (un territoire de l'Union européenne situé en dehors du continent européen) ou si l'électricité est produite par captage et stockage de CO₂. Les États membres n'accordent pas non plus d'aide financière directe à l'utilisation de grume de sciage et de placage, de bois rond de qualité industrielle, de souche et de racine

pour la production d'énergie, ni à la production d'énergie renouvelable provenant de l'incinération des déchets, à moins que les obligations de collecte séparée énoncées dans la directive 2008/98/CE aient été satisfaites. L'article 29 paragraphe 1 abaisse, quant à lui, le seuil d'application minimal des critères de durabilité applicables aux

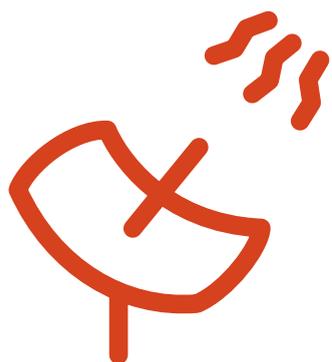
combustibles issus de la biomasse dans les installations produisant de la chaleur, de l'électricité et du froid de 20 MW actuellement à 7,5 MW. L'objectif est de garantir une plus grande efficacité environnementale des critères de durabilité et de réduction des émissions de gaz à effet de serre. L'article 29-3 ajoute les «forêts subnaturelles»

(c'est-à-dire les forêts anciennes semi-naturelles) et les landes dans les zones interdites d'extraction au titre de l'enjeu de biodiversité. Enfin, l'article 30, paragraphes 1 et 6, précise les obligations de recourir à des audits et de mettre en place des systèmes nationaux simplifiés pour les installations productrices d'électricité, de

chauffage et de refroidissement dont la puissance thermique nominale totale est comprise entre 7,5 MWth et 20 MWth. ■



Photo: Osvander/Karlingen



LE SOLAIRE THERMODYNAMIQUE

Les centrales solaires thermodynamiques ou solaires thermiques à concentration (abrégé 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 destinée à la production d'électricité. 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. Une des caractéristiques de la technologie des centrales thermodynamiques est de pouvoir lisser leur production d'électricité grâce à un stockage thermique tampon. Le plus souvent, ce stockage se fait sous la forme de sels fondus chauffés dans un réservoir qui les maintient à haute température.

2 333,1 MW DE PUISSANCE CSP DANS L'UE FIN 2022

Selon la base de données csp-guru, compilée par Richard Thonig et Alina Gilmanova en collaboration avec le secrétariat de SolarPaces (un réseau international de chercheurs sur le solaire à concentration), qui présente l'état du marché du solaire thermique à concentration au 1^{er} janvier 2023, 115 centrales solaires thermiques à concentration étaient officiellement en service dans le monde pour une puissance cumulée de 6 318,2 MW. 2022 est une année creuse pour les mises en service, avec un seul projet recensé. Il s'agit

de la centrale italienne Solinpar CSP de Partanna (Sicile) appartenant à l'entreprise italienne Sol.in.par SRL. Cette centrale solaire à concentration de type Fresnel de 4,26 MW de puissance électrique a été construite par l'entreprise Fata Spa du groupe Danieli. La superficie totale du champ solaire est de 83 000 m² (environ 10 terrains de football), où 126 capteurs solaires linéaires de type Fresnel ont été installés, disposés en 9 boucles. La centrale dispose d'un système de stockage de type sel fondu de 180 MWh thermiques, qui équivaut à environ 15 heures de fonctionnement à pleine charge, même en l'absence de rayonnement solaire. La centrale est capable de produire de l'électricité pour plus de 1 400 familles (environ 30% de la population de la zone municipale). Le projet prévoit également le couplage de la centrale avec un champ de capteurs photovoltaïques de 5,6 MW, soit une puissance électrique cumulée de 9,86 MW. Le projet Solinpar CSP porte la puissance 2022 du solaire à concentration de l'Italie à 12,4 MW et la puissance de l'Union européenne à 2 333,1 MW.

Selon EurObserv'ER, cinq pays de l'Union européenne disposent de capacité de production solaire thermodynamique. Cependant, dans la base de données Eurostat, seule la puissance installée en Espagne (2 304 MW) et en Allemagne (2 MW) est recensée dans l'Union européenne. Et concernant la production d'électricité, les seules données disponibles sont celles de l'Espagne. La production brute d'électricité CSP du pays a ainsi été mesurée à 4 536 GWh en 2022 (5 176 GWh en 2021), ce qui correspond à une année de production très moyenne. Selon les premières données disponibles, l'année 2023 a été bien meilleure et devrait être du même niveau que 2021.

UN AVENIR EUROPÉEN QUI PASSERA PAR L'HYBRIDATION ET LA RÉMUNÉRATION DU STOCKAGE

L'avenir du CSP en Europe passera par l'hybridation, voilà en substance le message lancé aux instances de l'Union européenne par les organisations industrielles de promotion de l'énergie solaire à concentration,

comme l'association espagnole Protermosolar. L'association invitait la Commission, lors de l'élaboration de la stratégie européenne pour l'énergie solaire, à mieux évaluer la possibilité d'hybrider les deux technologies solaires, photovoltaïque et solaire thermique, comme solution compétitive pour apporter de la flexibilité aux systèmes électriques. Un grand avantage du CSP est qu'il peut être le complément parfait du photovoltaïque. Certaines centrales, en Chine notamment, parient sur des conceptions hybrides où l'électricité est uniquement générée par du photovoltaïque en journée et avec l'énergie stockée par le CSP durant la nuit. En Espagne, pour maximiser la capacité actuelle du réseau existant, la nouvelle réglementation a introduit le concept d'hybridation du point de raccordement. Cette réglementation permet l'hybridation d'une centrale existante avec une autre centrale tant que la capacité de connexion est respectée. Parmi les projets hybrides CSP/PV les plus avancés du pays, celui de Solgest 1 a franchi une nouvelle étape. Le gouvernement central a en effet approuvé la déclara-





1

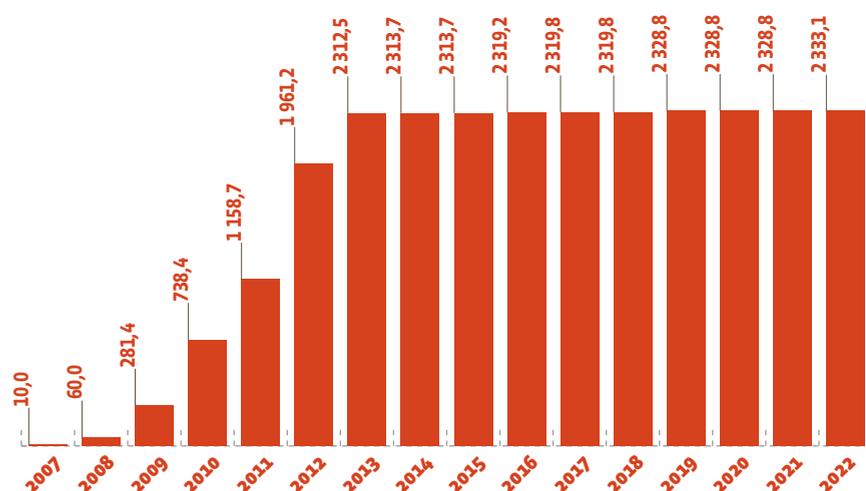
Centrales solaires héliothermodynamiques en service à la fin de l'année 2022 dans l'Union européenne (en MWe)

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
Sun Cnim (Ello project)	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	Linear Fresnel	4,26	2022
Total Italie		12,41	
Danemark			
Aalborg-Brønderslev CSP project		5,5	2016
Total Danemark		5,5	
Allemagne			
Jülich	Centrale à tour	1,5	2010
Total Allemagne		1,5	
Total UE 27		2 333,1	

HB (Hybride Biomasse). * Pilotes and prototypes inclus. Source: EurObserv'ER.

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

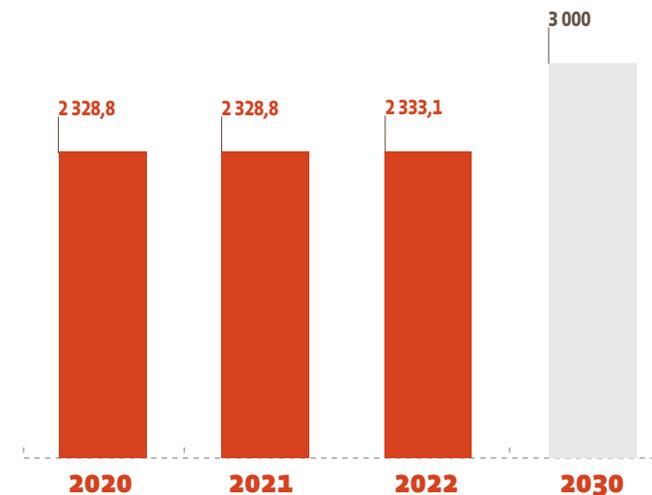


Source: EurObserv'ER.



ENERA

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



Source: EurObserv'ER.

tion d'impact environnemental du projet CSP Solgest-1. Cependant, début février 2024 aucune date de construction n'était encore avancée. Il s'agit d'un projet hybride où une centrale cylindro-parabolique de 110 MW sera couplée à une centrale photovoltaïque de 40 MW. La centrale CSP disposera d'un système de stockage thermique à sel fondu avec deux réservoirs d'une capacité de stockage de 1 900 MWh. Selon la société promotrice, cette centrale hybride pourra produire de l'électricité 24 heures sur 24, en l'injectant dans le réseau, via une ligne d'évacuation à haute tension (220 kV) jusqu'au poste de Carmona, à Séville. Le site sera situé dans un espace aménagé à Fuentes de Andalucía, où se trouve la centrale à tour Gemasolar réalisée par Sener, en fonctionnement depuis 2011. Une occasion a déjà été manquée pour le renouveau de la filière

CSP en Espagne. Avec un an de retard, en octobre 2022, le gouvernement avait organisé pour la première fois des enchères avec des quotas de puissance pour les technologies, réservant 200 MW au solaire thermique. Malheureusement, l'enchère a été désertée concernant le solaire thermique, les prix proposés étant supérieurs au prix de réserve. De nouvelles enchères d'un volume de 200 MW étaient normalement prévues pour 2023 mais n'ont finalement pas eu lieu. David Treballe, secrétaire général de Protermosolar, souligne que le grand défi des futures enchères est « de travailler sur un nouveau design qui permette d'ajuster les prix de réserve aux coûts réels de la technologie, car ces enchères peuvent être une magnifique opportunité pour diminuer l'usage d'énergie fossile. et doivent être

lues en ces termes. Le marché, à lui seul, n'offre pas d'incitations à l'investissement ni de stabilité des revenus permettant de couvrir les coûts des technologies renouvelables avec un stockage capable de fournir la sauvegarde dont le système électrique a besoin, en particulier la nuit». La filière regrettait également le manque d'incitation pour favoriser la recherche de technologies renouvelables complémentaires, et la rénovation des centrales solaires thermiques existantes par l'ajout du système de stockage dans celles qui n'en disposent pas. Selon Protermosolar, la capacité de stockage pourrait être doublée en Espagne car sur les 49 usines construites dans le pays, seules 19 disposent d'un stockage. Le stockage est d'ailleurs une priorité stratégique du gouvernement espagnol. Ce dernier a ainsi annoncé à la toute fin de l'année 2023 avoir accordé une aide d'État de 158 millions d'euros provenant des fonds NextGenEU pour soutenir 34 projets de stockage d'énergie co-implantés avec des installations d'énergies renouvelables dans toute l'Espagne. Attribués par appel d'offres, ces fonds subventionneront l'installation d'un total de 904 MW de systèmes de stockage d'énergie, principalement dans des parcs solaires photovoltaïques et éoliens à travers le pays. L'objectif du gouvernement du PNIEC est d'atteindre une puissance de stockage (toutes technologies, Step, batteries, stockage chimique et mécanique) de 22 GW à l'horizon 2030, comparé à 10,8 GW fin 2022. De quoi équiper la totalité des centrales CSP du pays. ■



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 retour 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

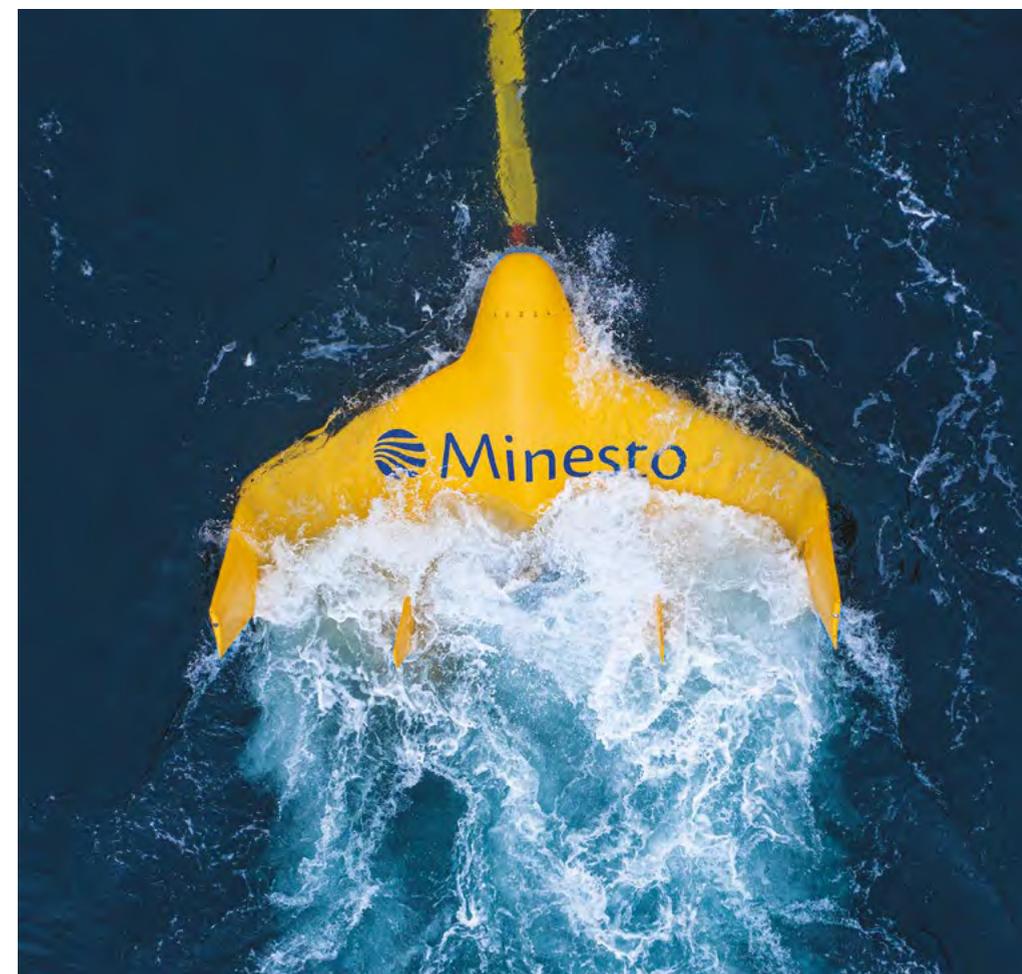
sont pas toutes au même niveau de développement : l'énergie des marées (ou énergie marémotrice), l'énergie des courants marins (ou énergie hydrolienne), l'énergie des vagues (énergie houlomotrice), l'énergie thermique des mers (ETC, qui exploite la différence de température entre le fond et la surface 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.

247,6 MW EN 2022 DANS L'UE

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 l'hydrolienne Sabella sur l'île d'Ouessant en Bretagne. La puissance maximale nette des énergies marines s'établissait à 212,1 MW pour une production de 490,5 GWh (483,8 GWh en 2021).

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 Mitriku de 296 kW, soit fin 2022 une puissance totale de 4,8 MW et une production de 23 GWh (19 GWh en 2021). 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, du fait des faibles niveaux de production et de règles afférentes au secret statistique. ↘





1

Liste des projets* utilisant les énergies océaniques ayant été en activité durant l'année 2022

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		2021	1,00
Bordeaux	Hydrokinetic	Evo25	Énergie des courants	Bordeaux	2022	0,025
Brest	EEL Energy	EEL	Énergie des courants	Brest	2022	0,03
Total France						241,07
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
Total Espagne						4,80
Pays-Bas						
Projet Oosterscheldedam	Tocado	T2	Énergie des courants	Oosterscheldedam	2015	1,25
100 kW VAWT Flessingue	Water2Energy	VAWT	Énergie des courants	Flessingue	2021	0,1
Total Pays-Bas						1,35
Danemark						
Centrale pilote d'Afsluitdijk	Redstack	TRL7	Salinity Gradient	Breezanddijk sur l'Afsluitdijk	2014	0,05
Projet commercial SEV (1 ^{re} machine)	Minesto	DG100	Énergie des courants	Vestmannasund (Îles Féroé)	2020	0,1
Projet commercial SEV (2 ^{de} machine)	Minesto	DG100	Énergie des courants	Vestmannasund (Îles Féroé)	2021	0,1
Total Danemark						0,25
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
Total Italie						0,07
Slovénie						
Adriatic	Sigma Energy	Sigma WEC	Vague	Mer Adriatique	2022	0,03
Total Slovénie						0,03
Total UE 27 27						247,6

* 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.



2

Puissance * et production d'électricité des énergies océaniques dans les pays de l'Union européenne en 2021 et 2022 (en GWh)

	2021		2022	
	MW	GWh	MW	GWh
France**	211,2	483,8	212,1	490,5
Espagne	4,8	19,0	4,8	23,0
Total UE 27	216,0	502,8	216,9	513,5

* Puissance électrique maximale nette. ** Production d'électricité excluant le pompage turbinage. Pour information, la production issue du pompage de l'usine marémotrice de La Rance était de 65 GWh en 2022 (66 GWh en 2021). 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.

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 européenne Ocean Energy Europe qui permet donc 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 2022 dans les pays de l'Union européenne et au Royaume-Uni. Les prototypes et démonstrateurs ayant été mis hors service ou déplacés sur des sites de test hors de l'Union européenne et hors d'Europe ont été retirés de cette liste. La puissance énergie océanique de l'Union européenne à 27 augmente ainsi à 247,6 MW en 2022, 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 gazéification d'Enagas en Espagne. S'y ajoutent 2,7 MW de projets d'énergie des courants et 0,4 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 une dizaine de mégawatts supplémentaires, dont 9,9 MW de projets utilisant l'énergie des courants.

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 types 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

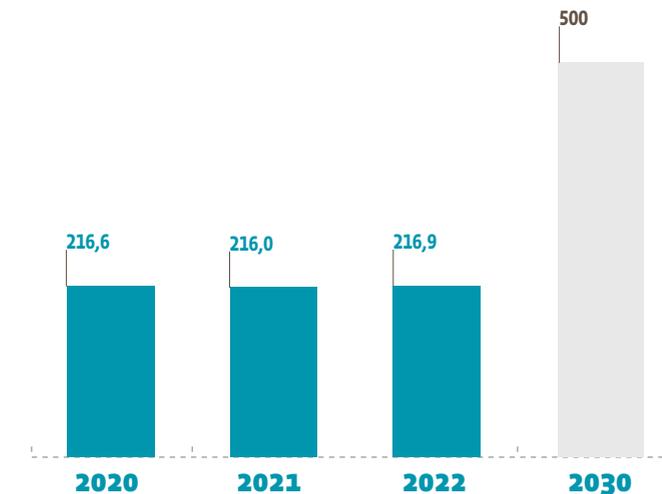
posées ou ancrées sur le fond marin et ne dépassant pas de la surface. Selon Ocean Energy Europe, dans sa publication «Ocean energy, key trend and statistics 2022», parue en mars 2023, l'Europe cumule depuis 2010 une puissance de 30,2 MW de projets hydroliens utilisant les courants marins, dont 13 MW étaient encore immergés dans les eaux européennes en 2022 (Union européenne, Royaume-Uni et Norvège). Très peu de nouvelles machines utilisant les courants marins ont été mises en service. Il s'agit en outre de petites machines destinées à être installées sur des fleuves, rivières ou estuaires. On en compte deux en France et une en Irlande du Nord. La première située en France a été développée par l'entreprise canadienne HPG (Hydrokinetic

Power Generation) et a été installée sur la Garonne dans la ville de Bordeaux. Cette machine, nommée Evo25, est une hydrolienne à axe verticale de puissance de 25 kW qui a la particularité d'être non immergée (seules les pales de l'hydrolienne sont dans l'eau). Elle est conçue pour être déployées dans les fleuves, rivières, canaux et les sites de marée en eaux peu profondes. La seconde a été installée dans le port de Brest et a été développée par EEL Energy. Il s'agit également d'une hydrolienne fluviale non immergée d'une puissance de 30 kW et fonctionnant à des vitesses de courant entre 1,2 et 3 mètres par seconde. La troisième a été installée à Strangford Lough en Irlande du Nord. Cette hydrolienne à axe vertical de 12 kW a été développée par Gkinetic.

Il existe une multitude de technologies pour convertir l'énergie des vagues (houlomotrice, wave energy) en électricité, comme l'utilisation de flotteurs ponctuels ou linéaires, de systèmes à déferlement ou encore de colonnes d'eau oscillantes. Selon les données 2022 de l'association Ocean Energy Europe, 12,7 MW de projets houlomoteurs ont déjà été installés en Europe (UE, Royaume-Uni, Norvège) depuis 2010. 400 kW sont actuellement dans l'eau et 12,3 MW ont été mis hors service après l'achèvement des programmes d'essais et de démonstration. Là aussi, très peu de prototypes ont été installés (3) en Europe en 2022. Le houlomoteur le plus puissant a été installé au Monténégro, au bord de la mer Adriatique, par la société slovène Sigma Energija. Le prototype de 30 kW a été déployé mi-juillet 2022 après deux et demi de développement. Il s'agit d'une bouée houlomotrice de type point absorber. Le déploiement est le résultat de la candidature réussie de Sigma Energy à l'appel public «Dopolnjevanje SME Instrumenta – Faza 2» (Supplément à l'instrument PME – Phase 2) pour le cofinancement du projet de développement du dispositif Sigma WEC à grande échelle. L'investissement est cofinancé par la République de Slovénie et l'Union européenne par le Fonds européen de développement régional. Un autre projet houlomoteur, développé par AWS, a été installé en Écosse sur le site de test Emec (European Marine Energy Centre) à Orkney. La machine nommée Archimedes Waveswing est un houlomoteur complètement immergé de type point absorber disposant d'une

3

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



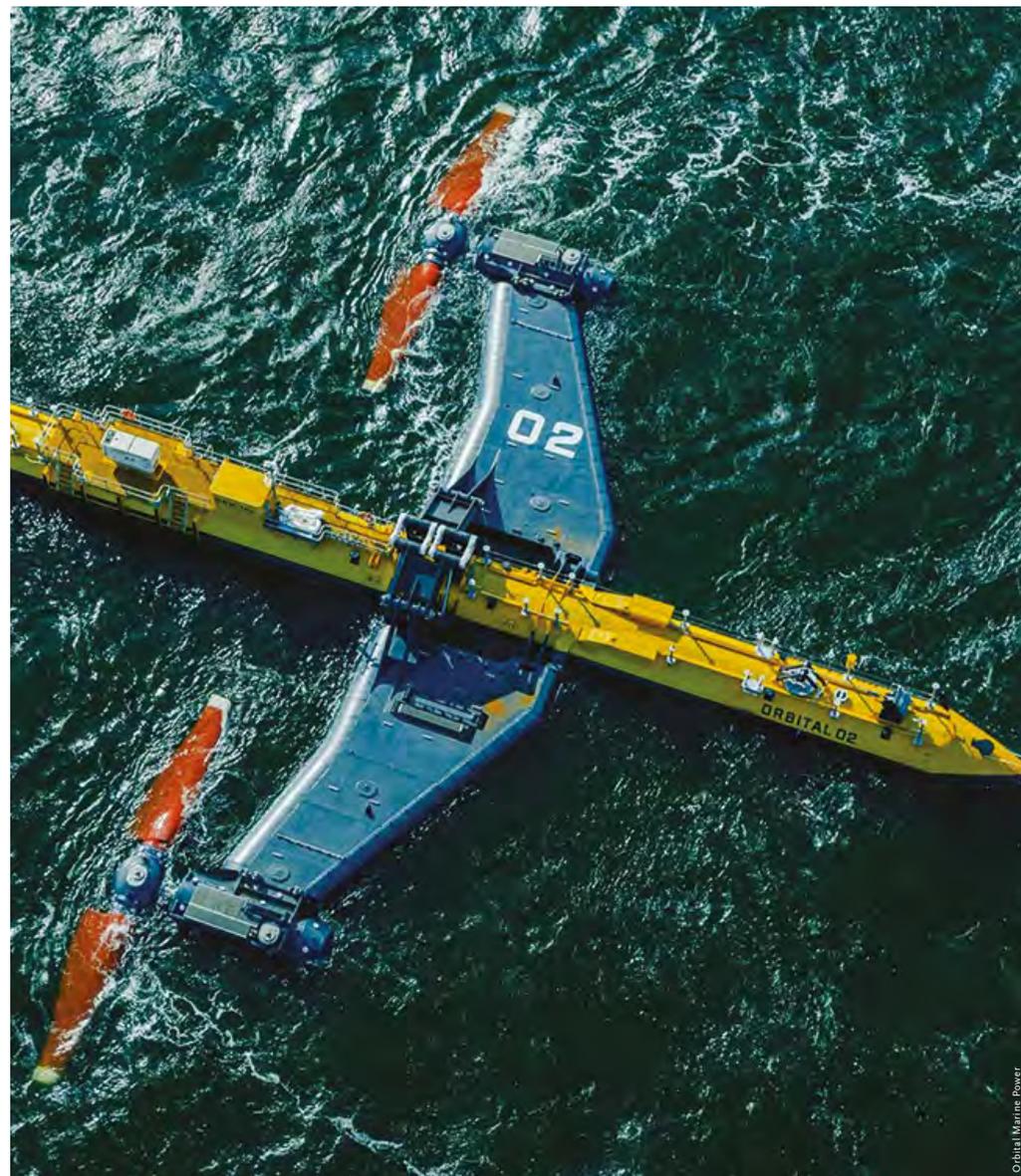
Note: La plupart des pays disposant de démonstrateurs ou de prototypes d'énergies marines ne les incluent pas officiellement dans les données de capacité et de production communiquées à Eurostat. Source: EurObserv'ER.



puissance de 16 kW. La dernière machine, plus petite (3,5 kW), a été installée sur la plateforme de test Blue Accelerator, située juste à côté du port d'Ostende en Belgique. Il s'agit du houlomoteur WEC10 développé par la start-up

danoise Exowave. La technologie d'énergie houlomotrice Exowave est basée sur le convertisseur de surtension oscillant qui extrait l'énergie cinétique des vagues océaniques à travers des volets articulés vers le bas.

En ce qui concerne la filière des courants marins, les déploiements en Europe devraient rester actifs en 2023 et 2024 avec la mise en service de machines de taille commerciale, mais la montée en puissance de la filière est atten-



Orbital Marine Power

due dans la seconde moitié de la décennie. Parmi les mises à l'eau les plus récentes et les plus attendues, Nova Innovation a au début de l'année 2023 agrandi son parc marémoteur dans les îles écossaises du Shetland en ajoutant deux turbines supplémentaires de 100 kW. Soit au total six turbines en fonctionnement. Le développeur suédois Minesto a prévu de déployer une unité à grande échelle de son cerf-volant de marée de classe Dragon, le D12, dans les îles Féroé. La machine a été produite et remorquée sur site fin 2023 et le système d'ancrage au sol a été réalisé avec succès début 2024.

2023 et 2024 devraient également voir la mise en œuvre de projets houlomoteurs de grande taille. CorPower Ocean a achevé en octobre 2023 les premières étapes du programme de mise en service de son convertisseur d'énergie houlomotrice à l'échelle commerciale, le CorPower C4, permettant à l'appareil de commencer à exporter de l'énergie vers le réseau portugais. Le convertisseur CorPower C4, qui dispose d'une puissance de 300 kW, a été développé dans le cadre du projet HiWave-5. Après un premier cycle d'exploitation, l'appareil sera déconnecté et remorqué vers le port voisin de Viana do Castelo pour contrôle à terre.

Le dispositif modulaire de Wavepiston était fin 2023 toujours en cours d'installation au large des îles Canaries en Espagne et devrait être pleinement opérationnel en 2024. Le système d'énergie houlomotrice de l'entreprise se compose d'une ligne de collecteurs d'énergie immergée dans l'océan. Ces collecteurs d'énergie sont assemblés en ligne sur un tuyau d'environ 200 mètres, et

fixés à chaque extrémité par des bouées ancrées au fond marin. Les collecteurs, par la théorie brevetée de l'annulation des forces et le mouvement circulaire répétitif des vagues de la mer, génèrent de l'eau sous pression qui est transportée jusqu'au rivage où se trouvent les unités de production d'électricité et d'osmose inverse pour le dessalement. Concernant les prototypes, la start-up française Seaturns a mis à l'eau son démonstrateur (échelle un quart), de type colonne d'eau oscillante, sur son site d'essai de Sainte-Anne du Portzic, près de Brest. Ce projet a été financé par l'État français dans le cadre de France 2030 et par l'Union européenne dans le cadre du programme Next Generation EU.

LA PHASE COMMERCIALE SE PRÉCISE

Après des années de tests et la multiplication des prototypes à l'échelle 1, la phase commerciale ne devrait plus tarder en Europe. Le Royaume-Uni, qui a pleinement profité et profite encore des fruits des politiques de l'Union européenne, a pris les devants en garantissant des revenus de rémunération des producteurs d'électricité susceptibles de déployer plus d'une quarantaine de mégawatts. Le projet Meygen devrait voir à lui seul sa puissance passer de 6 MW à 34 MW d'ici 2027. De l'autre côté de la Manche, la France ambitionne également de développer sa filière hydrolienne. Le président de la République a annoncé le 28 novembre 2023, lors des Assises de l'économie de la mer, que des appels d'offres commerciaux seraient intégrés

dans la future programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE). Le président a aussi évoqué le lancement rapide, au cap de La Hague, dans la Manche, d'un « projet pilote pour essayer de repartir sur la bataille de l'hydrolien », « avec un soutien inédit de l'État de 65 millions d'euros ». Il s'agit du projet FloWatt porté par les sociétés Hydroquest et Qair qui prévoit la mise en œuvre de sept hydroliennes de type HQ2,5 d'une puissance de 2,5 MW chacune (17,5 MW) dans le Raz Blanchard avec une mise à l'eau prévue pour 2025. Un autre projet pourrait rapidement lui succéder, prévu pour le dernier trimestre 2026. Le projet NH1 porté par Normandie Hydroliennes prévoit l'installation de quatre turbines de type AR3000 de 3 MW, l'hydrolienne actuellement la plus puissante au monde, également dans le Raz Blanchard.

Malgré ces annonces encourageantes, il convient de constater que la trajectoire actuelle s'écarte de la feuille de route définie dans le cadre de la stratégie sur les énergies renouvelables en mer de l'union européenne, rendue publique le 19 novembre 2020. Pour les énergies océaniques, les objectifs à moyen et long termes sont d'atteindre une capacité totale de 100 MW dans l'UE d'ici 2025 (non comprise l'usine marémotrice de La Rance) puis d'environ 1 GW d'ici 2030 et enfin de 40 GW pour 2050. La nouvelle directive énergies renouvelables (REDIII) offre également un cadre de développement à ces technologies car elle prévoit que 5% des capacités installées d'ici 2030 doivent être des technologies innovantes, ce qui inclut les énergies marines renouvelables. ■



ENR DANS LES TRANSPORTS

UNE PART ENR DANS LES TRANSPORTS DE 9,6% EN 2022 DANS L'UE

La part des énergies renouvelables dans les transports de l'Union européenne pour l'année 2022, définie selon les règles de calcul de la RED II, a été mesurée par Eurostat (via l'outil SHARES) à 9,6%, en augmentation de 0,5 point de pourcentage par rapport à 2021 (part de 9,1% en 2021). Pour rappel, la part d'énergie renouvelable dans les transports, calculée avec les règles définies par la précédente directive énergies renouvelables (2009/28/EC, dite RED I), avait été mesurée à 10,3% en 2020 à l'échelle de l'Union européenne. Cette baisse entre 2020 et 2021 pouvait largement s'expliquer par les changements des règles de calcul induits par la RED II. Les parts d'énergies renouvelables dans les transports calculées pour les années 2021 et 2022 sont comparables car reposant sur les mêmes règles de calcul. Parmi les États membres de l'Union européenne, la part des énergies renouvelables dans les transports variait en 2022 de 29,2% en Suède et de 18,8% en Finlande à moins de 5% en Croatie (2,4%), en Lettonie

(3,1%) et en Grèce (4,1%). En plus de La Suède et de la Finlande, seuls six autres pays disposent d'une part supérieure à 10%, soit l'Autriche (10,1%), l'Italie (10,1%), le Danemark (10,2%), la Belgique (10,4%), Malte (10,5%) et les Pays-Bas (10,8%). L'Allemagne suit de très près avec une part de 9,9% devant l'Espagne (9,7%) et la France (9%).

Si, à l'échelle de l'Union européenne, la part des énergies renouvelables dans les transports est en augmentation d'un demi-point de pourcentage, la situation est plus contrastée au niveau des pays membres avec une dizaine de pays présentant une part en diminution entre 2021 et 2022. Les baisses les plus franches concernent la Croatie (-4,6 pp), la Lettonie (-3,3 pp), la Slovaquie (-2,8 pp), l'Estonie (-2,6 pp) et la Finlande (-1,9 pp) et s'expliquent tous par une diminution de leur consommation de biocarburant. Les hausses les plus franches sont à mettre à l'actif de l'Allemagne (+1,9 pp), des Pays-Bas (+1,8 pp) et de la Hongrie (+1,6 pp). En Allemagne, cette hausse ne s'explique pas par une augmentation de la consommation de biocarburant (elle diminue même très

légèrement) mais par la mise sur le marché de davantage de biocarburants plus vertueux bénéficiant d'une double comptabilisation dans les objectifs transports (voir plus loin). L'Allemagne a également enregistré une augmentation significative de la consommation d'électricité renouvelable dans les transports, qui s'explique à la fois par la politique du pays en faveur de la mobilité électrique (véhicules électriques et infrastructures de recharge) et par l'augmentation de la part des énergies renouvelables dans la production brute d'électricité du pays. L'impact a été d'autant plus important que dans le cadre de la RED II, la mobilité électrique bénéficie de bonifications dans le calcul de l'objectif transport (voir plus loin). Aux Pays-Bas, l'augmentation de la part énergie renouvelable dans les transports entre 2021 et 2022 s'explique elle aussi exclusivement par la hausse de la consommation d'électricité renouvelable dans les transports routiers et ferroviaires. Exclusivement, car la consommation de biocarburant des Pays-Bas est en légère diminution entre 2021 et 2022. En Hongrie, ↘





1

Consommation de biocarburants destinés aux transports dans l'Union européenne en 2021 (en ktep)

	Biodiesel*	Bioessence	Biogaz**	Total	Biocarburants conformes***	Biocarburants conformes %
Allemagne	2 166,6	734,7	82,8	2 984,0	2 961,4	99,2 %
France	2 206,6	716,4	1,6	2 924,6	2 924,6	100,0 %
Italie	1 388,4	27,1	136,5	1 552,0	1 551,9	100,0 %
Espagne	1 410,1	140,6	0,0	1 550,6	1 549,9	100,0 %
Suède	1 221,8	117,3	112,6	1 451,8	1 451,8	100,0 %
Pologne	911,7	208,0	0,0	1 119,7	1 119,7	100,0 %
Belgique	606,8	118,7	0,0	725,5	725,5	100,0 %
Finlande	557,2	113,5	12,1	682,8	663,9	97,2 %
Pays-Bas	360,8	233,2	40,8	634,8	634,8	100,0 %
Roumanie	374,8	120,9	0,0	495,8	495,8	100,0 %
Autriche	370,4	52,1	0,4	422,9	422,9	100,0 %
Tchéquie	287,2	55,5	18,9	361,6	361,6	100,0 %
Portugal	323,1	17,1	0,0	340,2	340,2	100,0 %
Hongrie	196,7	87,0	0,0	283,7	283,7	100,0 %
Danemark	179,0	81,8	8,8	269,7	269,7	100,0 %
Grèce	148,7	67,9	0,0	216,5	160,8	74,2 %
Irlande	161,5	20,3	0,4	182,2	182,2	100,0 %
Bulgarie	148,8	20,8	0,0	169,6	166,8	98,4 %
Slovaquie	134,4	26,1	0,0	160,5	160,5	100,0 %
Luxembourg	118,6	17,9	0,0	136,5	136,5	100,0 %
Lituanie	110,4	16,5	0,0	126,9	126,9	100,0 %
Slovénie	94,0	8,6	0,0	102,6	102,5	99,9 %
Croatie	90,4	0,8	0,0	91,2	91,2	100,0 %
Estonie	41,4	4,2	11,8	57,5	57,5	100,0 %
Lettonie	34,0	11,7	0,0	45,8	45,8	100,0 %
Chypre	26,2	0,0	0,0	26,2	26,2	100,0 %
Malte	10,6	0,0	0,0	10,6	10,6	99,4 %
Total UE 27	13 680,3	3 018,8	426,8	17 125,9	17 024,7	99,4 %

* Incluant une consommation marginale d'autres biocarburants liquides. ** 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).

2

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

	Biodiesel	Bioessence	Biogaz*	Autres biocarburants liquides	Total	Biocarburants conformes**	Biocarburants conformes %
France	2 213,7	849,6	3,6	33,3	3 100,2	3 100,2	100,0 %
Allemagne	2 194,9	761,0	91,3	1,8	3 048,9	2 919,1	95,7 %
Suède	1 404,8	150,8	120,3	0,0	1 675,9	1 675,9	100,0 %
Italie	1 354,1	35,0	184,9	0,0	1 573,9	1 573,0	99,9 %
Espagne	1 327,6	118,6	0,0	0,0	1 446,2	1 445,5	100,0 %
Pologne	971,5	231,9	0,0	0,0	1 203,4	1 203,4	100,0 %
Belgique	629,2	133,8	0,0	0,0	763,0	763,0	100,0 %
Pays-Bas	301,2	251,1	40,7	21,0	613,9	613,9	100,0 %
Finlande	426,3	118,6	26,5	0,0	571,5	545,8	95,5 %
Roumanie	414,8	143,9	0,0	0,0	558,7	558,7	100,0 %
Autriche	351,2	51,6	0,4	0,0	403,2	403,2	100,0 %
Tchéquie	259,8	63,2	39,1	0,0	362,1	362,1	100,0 %
Portugal	315,4	25,7	0,0	0,0	341,1	341,1	100,0 %
Hongrie	212,7	90,2	0,0	0,0	302,9	302,9	100,0 %
Danemark	164,9	79,9	8,8	0,0	253,6	242,7	95,7 %
Irlande	206,3	23,3	0,9	0,0	230,6	230,6	100,0 %
Grèce	149,5	67,9	0,0	0,0	217,3	160,8	74,0 %
Bulgarie	165,2	20,9	0,0	0,0	186,1	183,1	98,4 %
Slovaquie	140,6	28,1	0,0	0,0	168,7	168,7	100,0 %
Luxembourg	107,8	19,9	0,0	0,0	127,7	127,7	100,0 %
Lituanie	99,9	19,7	0,0	0,0	119,6	119,6	100,0 %
Slovénie	73,3	6,5	0,0	0,0	79,7	78,6	98,6 %
Estonie	26,0	2,0	12,9	0,0	40,9	40,9	100,0 %
Chypre	24,9	0,0	0,0	0,0	24,9	24,9	100,0 %
Croatie	20,8	0,2	0,0	0,0	21,0	21,0	100,0 %
Lettonie	5,6	10,1	0,0	0,0	15,8	15,8	100,0 %
Malte	12,6	0,0	0,0	0,0	12,6	12,6	100,0 %
Total UE 27	13 574,5	3 303,3	529,4	56,1	17 463,3	17 234,3	98,7 %

* 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).



3

Consommation de biocarburants dont les matières premières utilisées sont considérées comme équivalentes à deux fois leur contenu énergétique en 2021 et 2022 (en ktep)

	2021			2022		
	Biocarburants avancés ¹	Huiles de cuisson usagées et graisses animales ²	Total	Biocarburants avancés ¹	Huiles de cuisson usagées et graisses animales ²	Total
Italie	538,3	800,1	1 338,4	612,9	857,6	1 470,5
Espagne	471,3	396,0	867,3	767,7	401,3	1 168,9
Allemagne	183,7	507,9	691,7	464,1	640,3	1 104,4
Suède	332,2	300,6	632,7	231,5	565,5	797,0
Pays-Bas	145,7	361,6	507,2	168,5	299,4	467,9
France	71,6	112,8	184,4	139,1	200,0	339,1
Portugal	83,8	172,4	256,2	96,3	172,0	268,3
Hongrie	0,2	163,8	164,0	36,8	127,3	164,1
Irlande	0,4	159,8	160,2	18,9	187,6	206,5
Tchéquie	19,2	67,8	87,1	48,5	47,0	95,4
Finlande	92,4	6,1	98,5	77,9	5,7	83,6
Slovénie	30,9	56,3	87,2	27,0	41,8	68,8
Belgique	27,6	39,8	67,4	28,4	55,3	83,7
Bulgarie	9,1	62,3	71,3	9,6	57,3	66,9
Luxembourg	0,0	55,3	55,3	3,3	49,8	53,0
Slovaquie	8,0	37,7	45,7	8,6	41,2	49,8
Estonie	34,1	4,2	38,3	30,1	0,9	31,0
Croatie	0,0	35,5	35,5	0,0	9,4	9,4
Grèce	0,0	34,9	34,9	0,0	34,9	34,9
Danemark	17,4	38,0	55,5	12,7	18,2	30,8
Chypre	2,1	20,1	22,2	3,6	19,6	23,1
Pologne	6,6	16,8	23,4	2,5	27,4	30,0
Lettonie	12,3	0,0	12,3	4,7	0,0	4,7
Malte	1,8	8,8	10,5	0,8	11,8	12,6
Autriche	0,0	0,5	0,5	0,0	18,0	18,0
Lituanie	0,0	0,0	0,0	5,6	2,9	8,5
Roumanie	18,3	0,0	18,3	0,0	0,0	0,0
Total UE 27	2 107,2	3 458,8	5 565,9	2 798,9	3 892,2	6 691,1

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.

contrairement à l'Allemagne et aux Pays-Bas, l'augmentation de la part énergies renouvelable s'explique essentiellement par une hausse de la consommation de biocarburant.

UNE CONSOMMATION EUROPÉENNE DE BIOCARBURANT DE PLUS EN PLUS VERTUEUSE

À l'échelle de l'Union européenne, l'augmentation de la part des énergies renouvelables consommées

dans les transports s'explique moins par la très légère augmentation de la consommation de biocarburant conforme (aux exigences de la directive), qui est passée de 17 Mtep en 2021 à 17,2 Mtep en 2022 (+ 1,2%), que par la forte hausse de la consommation des biocarburants les plus durables et non issus de cultures alimentaires, dont la contribution peut être considérée comme équivalant au double dans les objectifs, qui est passé

de 5,6 Mtep en 2021 à 6,7 Mtep en 2022 (+ 20,2%). Cette double compatibilité 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





Électricité renouvelable utilisée dans les transports (route, rail, autres modes de transport) en 2021 et en 2022 (en ktep)

	2021				2022			
	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	48,9	404,9	0,0	453,7	94,0	445,2	0,0	539,2
Italie	13,2	155,9	158,3	327,4	19,6	182,6	92,8	295,0
Suède	42,9	156,7	0,0	199,6	72,4	170,3	20,0	262,7
France	15,3	150,6	17,1	182,9	30,1	175,8	25,0	230,9
Autriche	17,6	120,9	74,1	212,5	18,2	125,1	83,2	226,5
Espagne	11,3	99,4	7,2	117,9	19,7	120,8	8,5	149,0
Pays-Bas	16,9	25,7	0,0	42,7	38,0	39,2	0,0	77,2
Roumanie	6,9	42,6	1,8	51,3	8,3	37,6	0,9	46,8
Danemark	12,9	25,7	0,0	38,6	22,0	28,0	0,0	50,0
Pologne	0,8	39,8	1,3	41,9	2,3	46,4	0,2	48,9
Belgique	4,6	27,6	0,7	32,9	10,5	32,7	3,8	47,0
Finlande	7,7	22,6	0,0	30,3	13,6	23,4	0,0	37,0
Portugal	0,8	20,8	0,2	21,8	2,0	22,6	0,3	24,9
Tchéquie	0,9	18,9	0,9	20,8	0,9	20,6	1,0	22,5
Hongrie	0,7	9,9	0,1	10,7	1,2	12,0	0,1	13,4
Croatie	0,3	10,2	1,6	12,2	0,6	11,2	1,6	13,4
Slovaquie	0,5	8,9	1,8	11,1	0,5	9,9	2,8	13,2
Bulgarie	0,8	8,3	0,2	9,3	0,9	8,2	0,3	9,4
Slovénie	0,1	6,3	0,2	6,6	0,8	7,3	0,2	8,3
Lettonie	1,3	3,0	0,1	4,5	1,6	3,0	0,1	4,6
Grèce	0,5	4,5	0,0	5,0	0,6	5,7	0,0	6,3
Irlande	3,1	1,5	0,0	4,7	5,3	1,6	0,0	7,0
Luxembourg	0,2	1,4	0,0	1,6	0,6	1,7	0,0	2,2
Lituanie	0,8	0,2	0,3	1,3	1,0	0,2	0,4	1,6
Estonie	0,3	0,2	0,0	0,6	0,5	0,3	0,0	0,8
Malte	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1
Chypre	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total UE 27	209,4	1366,3	266,1	1841,8	365,4	1531,5	241,0	2 137,9

Note: 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 transports ». Source: SHARES Eurostat.



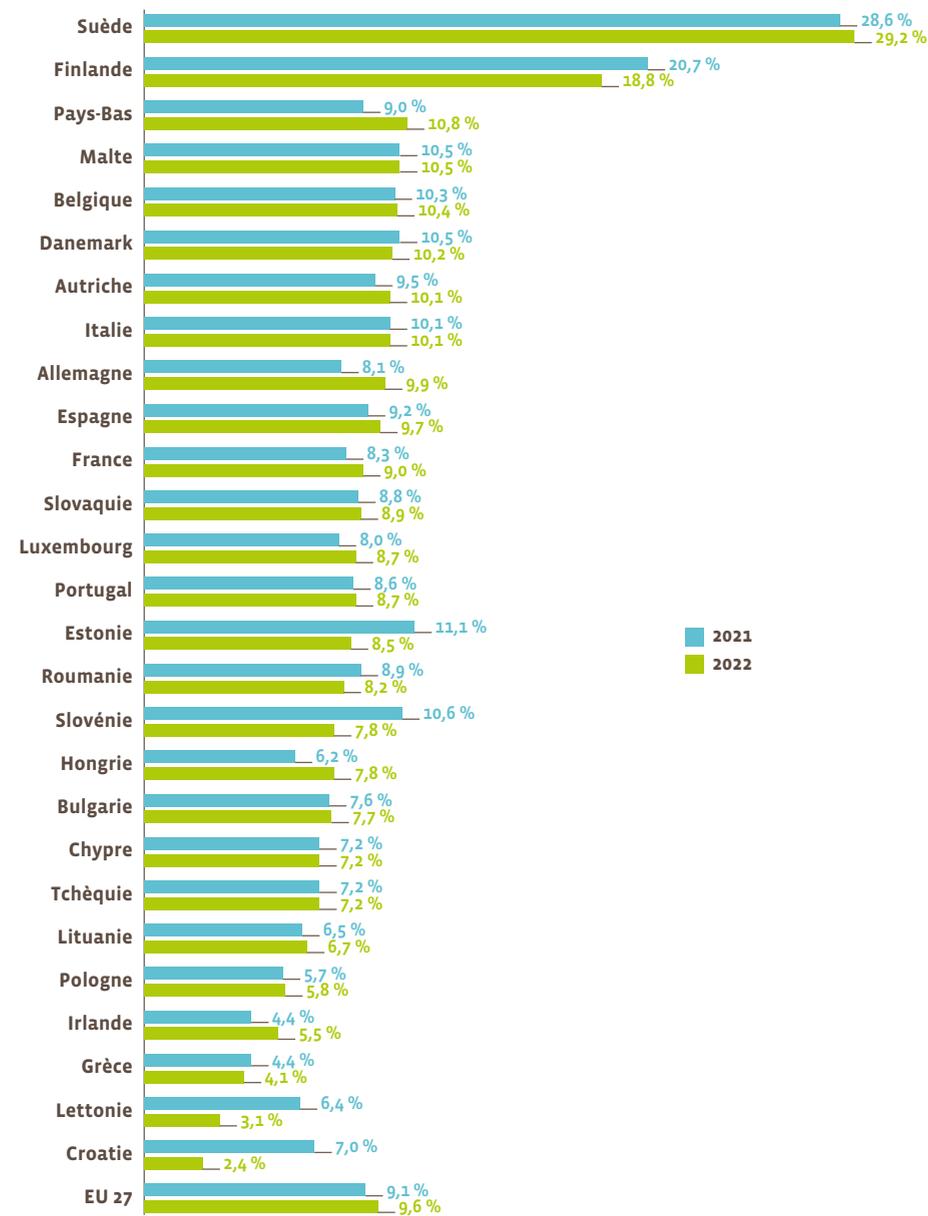
Les ENR dans les transports au cœur de la transition écologique de l'UE

Avec la mise en œuvre de la première directive énergies renouvelables 2009/28/CE (dite RED I), l'Union européenne avait réorienté sa politique énergie renouvelable dans les transports en imposant que les biocarburants consommés dans l'Union répondent à des critères conformes aux exigences du développement durable, les soumettant à des critères quantitatifs liés aux émissions de gaz à effet de serre et à des critères qualitatifs liés à l'utilisation des terres, empêchant, entre autres, leur production sur des terres riches en biodiversité et des terres présentant un important stock de carbone ou de tourbières. Les critères de durabilité pour l'utilisation de la biomasse et des biocarburants ont nettement été augmentés, une première fois en 2015, avec la mise en œuvre de la directive 2015/1513 dite Casi (changement d'affectation des sols indirects) actant la volonté des législateurs de prendre en compte les effets du changement d'affectation des sols en imposant des limites à l'utilisation des biocarburants issus des cultures alimentaires. Et encore plus avec l'adoption de la directive énergies renouvelables 2018/2001 (dite RED II), qui a de nouveau renforcé les critères de durabilité de la biomasse en identifiant les matières premières les plus à risque concernant l'effet Casi (comme l'huile de palme), en plafonnant leur incorporation puis en les éliminant progressivement d'ici à 2030. La politique européenne de décarbonation des transports axe désormais sa stratégie sur la consommation de biocarburants et biogaz « avancés », de carburants de synthèse renouvelables d'origine non biologique (RFNBO) produits à partir d'hydrogène et de carbone recyclés, de carburant hydrogène « vert », mais également sur une électrification massive des transports routiers parallèlement à la politique européenne de décarbonation du mix électrique via les énergies renouvelables. De nouvelles étapes

ont été franchies pour accélérer la transition énergétique. Le Green Deal européen (ou Pacte vert européen) présenté en décembre 2019 par la Commission européenne est la stratégie mise en œuvre par l'Union européenne pour réaliser l'objectif de neutralité climatique à l'horizon 2050. Pour parvenir à un système de mobilité plus durable, le Green Deal vise à réduire de 90% les émissions de gaz à effet de serre liées aux transports d'ici à 2050. Le lancement de la mise en œuvre du Pacte vert européen a eu lieu en juillet 2021 avec la présentation par la Commission des mesures détaillées visant la réduction des émissions nettes de gaz à effet de serre d'au moins 55% d'ici à 2030, par rapport aux niveaux de 1990. Ces mesures pour le climat sont regroupées sous l'appellation « Fit for 55 » ou « Ajustement à l'objectif 55 ». Après un long travail législatif, impliquant le Parlement européen et le Conseil européen, de nombreux textes législatifs (règlements et directives) ont été adoptés durant l'année 2023 concernant le volet transport, dont la très attendue nouvelle version de la directive énergies renouvelables, la directive 2023/2413 (dite RED III) formellement adoptée le 18 octobre 2023 et publiée au Journal officiel de l'Union européenne du 31 octobre 2023. Dans son volet transport, l'objectif de consommation d'énergie renouvelable transport, qui avait été fixé dans un premier temps à 14% par la RED II pour chaque État membre, a été modifié par la RED III. La RED III 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 d'émission de gaz à effet de serre dans les transports grâce à l'utilisation d'énergies renouvelables d'ici 2030, soit une part contraignante d'au moins 29% d'énergies renouvelables dans la consommation finale d'énergie du secteur des transports d'ici à 2030.

4

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



Source : Eurostat.

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 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 2,1 Mtep en 2021 à 2,8 Mtep en 2022 (+ 32,8%) et la consommation

de biocarburants produits à partir d'huiles de cuisson usagées et de graisses animales a augmenté de 3,5 Mtep à 3,9 Mtep (+ 12,5 %).

TOUJOURS PLUS D'ÉLECTRICITÉ RENOUELABLE 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 les transports. Cette hausse est liée à la fois à une augmentation des trafics routiers et ferroviaires, à la mise en circulation en 2022 de l'ordre de 2 millions de véhicules électriques supplémentaires dans l'UE (sur une flotte totale de 6 millions) et surtout à une augmentation de la part des énergies renouvelables dans la

production brute d'électricité de l'Union européenne.

Concernant ce dernier point, la consommation d'électricité renouvelable dans les transports de l'UE est, depuis 2021, calculée selon les règles de la directive énergies renouvelables 2018/2001. Désormais, la consommation d'électricité renouvelable utilisée dans les transports doit obligatoirement être calculée à partir du mix de production d'électricité nationale, la possibilité de la calculer au choix à partir du mix de production de l'Union européenne ayant été supprimée. Pour ce faire, les États membres doivent se référer à la période de deux ans précédant l'année au cours de laquelle l'électricité est fournie sur leur territoire (production d'électricité normalisée pour l'éolien et l'hydraulique), ce qui était également la règle avec la précédente directive.

Selon les données de l'outil SHARES d'Eurostat, la consommation de l'électricité renouvelable dans les transports (routiers, ferroviaires et autres modes de transports) a augmenté à l'échelle de l'Union européenne de 1,8 Mtep en 2021, à 2,1 Mtep en 2022 (+ 16,1%). Dans le détail, la consommation d'électricité renouvelable dans les transports routiers est passée de 209,4 ktep en 2021 à 365,4 ktep en 2022 (+ 74,5%), celle des transports ferroviaires de 1366,3 ktep à 1531,5 ktep (+ 12,1%) et celle des autres modes de transports de 266,1 ktep à 241 ktep (- 9,4%). 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 transports », une catégorie ne bénéficiant pas de bonification. Un meilleur suivi administratif de la consommation d'électricité dans les transports explique la diminution de cet indicateur. Dans le cadre de la RED II, des bonifications ont également été instaurées pour promouvoir la consommation d'électricité dans les transports. Ainsi, dans le calcul du numérateur de l'objectif transport, la part de l'électricité renouvelable est considérée comme équivalant 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. Au final, selon l'outil SHARES d'Eurostat, le calcul du numérateur de l'objectif énergie renouvelable dans les transports prenant en compte l'ensemble des bonifications indique une consommation d'énergie renouvelable dans les

transports de 24 Mtep en 2021 et de 26,1 Mtep en 2022 (+ 8,7%). Sans les bonifications, la consommation d'énergie renouvelable dans les transports passe à 18,9 Mtep en 2021 et à 19,4 Mtep en 2022 (+ 2,7%). Le système de bonification mis en place par le législateur joue donc pleinement son rôle incitatif en augmentant la consommation des biocarburants (et biogaz carburant) les plus vertueux et en accélérant la consommation d'électricité renouvelable dans les transports.

98,7% DES BIOCARBURANTS (ET BIOGAZ CARBURANT) DESTINÉS AUX TRANSPORTS CERTIFIÉS CONFORMES

La quasi-totalité des biocarburants (et biogaz carburant) mis à disposition sur le marché de l'Union européenne est conforme aux exigences de durabilité de la RED II (98,7% certifiés conformes en 2022). Selon l'outil SHARES d'Eurostat, à l'échelle de l'Union européenne, seuls 228,9 ktep de biocarburants n'ont pas été certifiés conforme en 2022 (101,2 ktep en 2021). La consommation de biocarburant totale utilisée dans les transports de l'Union européenne, conforme et non conforme aux exigences de la RED, a donc été mesurée à un peu moins de 17,5 Mtep en 2022 (17,1 Mtep en 2021). Au niveau de la répartition entre les grandes familles de biocarburant, l'avantage est toujours aux filières du biodiesel, Emag (ester méthylique d'acides gras) ou HVO (hydrotreated vegetable oil) (13,6 Mtep en 2022, soit une part de 77,7%), devant les bioessences (3,3 Mtep en 2022, soit une part de 18,9%), le biogaz carburant (529,4 ktep, soit une part de 3,0%) et les autres types de biocarburants

liquides (comme le biokérosène) (56,1 ktep en 2022, soit une part de 0,3%). Le biogaz carburant prend en compte le biométhane injecté dans le réseau de gaz naturel et alloué au secteur du transport avec des exigences de traçabilité appropriées.

FIT FOR 55: LE VOLET TRANSPORT ENTRE EN APPLICATION

Après un long travail législatif initié par le paquet « Fit for 55 », les premiers 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, d'autres sont sur le point de l'être. Ces textes législatifs concernent 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 couvert par le Seqe existant), des objectifs concernant les infrastructures pour les véhicules électriques et 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, des objectifs concernant 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, la directive 2023/2413 (dite RED III), a enfin été adoptée et publiée au *Journal officiel de l'Union européenne* le 31 octobre 2023. La RED III a nettement rehaussé les objectifs énergies renouvelables de l'Union européenne afin d'être en



phase avec le Pacte vert de l'Union européenne 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 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 ses objectifs de la part d'énergie renouvelable dans la consommation finale brute d'électricité de l'UE en 2030 de 32 à 42,5% au minimum et elle encourage les États à viser les 45%. Concernant le volet transport, 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 gCO₂eq/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 à 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 acces-

sible et devrait logiquement avoir la préférence de nombreux États membres. La Suède et la Finlande, qui disposent des parts ENR dans les transports les plus élevées, ne devraient, quant à elles, avoir aucune difficulté à atteindre les objectifs en part renouvelable. 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. Maintien également de la disposition limitant la part des biocarburants et du biogaz produit à partir des matières premières énumérées à l'annexe IX, partie B (soit les huiles de cuisson et 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. 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'agrocarburant. 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 membre 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 et un certain nombre de bonifications sont prises en compte. 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 bio-

gaz 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. ■





EN ORDRE DE BATAILLE

Durant toute la mandature européenne qui s'achève cette année (2019-2024), le Pacte vert présenté en décembre 2019 a été la feuille de route environnementale de la Commission européenne. Cette dernière a été mue par l'ambition non seulement de transformer les nombreux secteurs de la société mais également de changer la société en profondeur avec en ligne de mire l'atteinte de la neutralité climatique en 2050. Le Pacte vert engage ainsi les États membres vers la réduction des émissions nettes de gaz à effet de serre avec l'objectif de les réduire d'au moins 55% d'ici à 2030 par rapport aux niveaux de 1990, objectif définitivement adopté en juin 2021 avec la loi européenne sur le climat. L'action pour le climat et les transformations sociétales qu'elle nécessite ne sont pas optionnelles car le changement climatique constitue une menace existentielle, avec des conséquences funestes sur le bien-être des sociétés humaines et sur l'intégrité des écosystèmes et de la biodiversité, conséquences scientifiquement documentées dans les rapports du Giec (le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat). Pour les décideurs politiques, la gageure consiste à faire en sorte que ce Pacte vert serve également de boussole à la nouvelle stratégie de croissance de l'Union européenne pour réduire les émissions de gaz à effet de serre tout en créant des emplois et en améliorant notre qualité de vie. Cela implique que l'Union européenne soit en mesure de garder et de disposer dans la durée, sur son propre territoire, des technologies et des industries « net zéro » capables d'assurer sa propre croissance, son propre bien-être, sans dépendre technologiquement d'autres pays.

Le défi est immense si l'on veut limiter le réchauffement climatique à 1,5 °C d'ici la fin de ce siècle. Il s'agit non pas d'optimiser le système actuel, mais de créer une nouvelle civilisation entièrement basée sur les énergies décarbonées, en majorité renouvelables, qui constituent les énergies les plus économiques et les plus facilement déployables.

Les années 2022 et 2023 ont rendu encore plus urgente, voire vitale, une mise en œuvre accélérée de la transition énergétique, avec en premier lieu l'agression militaire de la Russie contre l'Ukraine, en février 2022. Elle a plongé l'Union européenne dans une grave crise énergétique résultant du chantage du Kremlin sur l'approvisionnement en gaz. La Commission a alors très rapidement publié son plan REPowerEU pour sortir de la dépendance européenne aux énergies fossiles russes, avec à la clé une accélération des filières énergies renouvelables, mais aussi une hausse des importations de GNL (gaz naturel liquéfié) issu de gaz de schiste nord-américain.

En second lieu, la guerre industrielle menée par la Chine et les États-Unis, ainsi que le Japon et la Corée du sud, sur les technologies de la transition énergétique a joué dans le même sens. C'est la loi américaine sur la réduction de l'inflation (Inflation Reduction Act) promulguée à l'été 2022, qui prévoit sur dix ans pas moins de 369 milliards de dollars pour soutenir l'industrie verte des États-Unis, qui a servi de catalyseur et d'accélérateur de prise de décision pour les instances européennes. La réponse de l'Union a été la publication en février 2023 d'une stratégie de long terme, un « plan industriel du Pacte vert » visant à renforcer la compétitivité

de l'industrie européenne à zéro émission nette. Ce plan a abouti, après de longs échanges entre le Parlement et le Conseil européen, à un accord politique le 6 février 2024 sur un texte commun de « loi sur l'industrie zéro net » (NZIA). La loi cible une dizaine de technologies stratégiques net zéro, qui font une large part aux énergies renouvelables, à savoir les technologies éoliennes terrestres et maritimes, le solaire photovoltaïque et le solaire thermique, la pompe à chaleur et la géothermie, le biogaz et le biométhane durables, les technologies de stockage et de batteries, les électrolyseurs et piles à combustibles, les technologies de stockage du carbone et l'infrastructure réseau, ainsi que les technologies nucléaires et les carburants de substitution durables. Dans les grandes lignes, cette loi doit apporter aux secteurs industriels concernés une simplification des procédures réglementaires, une accélération de l'accès au financement, des programmes de formation et des accords commerciaux. Une fois encore, rien n'est acquis, ce sera aux États membres de profiter des nouvelles facilités et des nouveaux instruments mis en place, afin d'être en mesure de livrer bataille pour que l'UE reste maîtresse de sa transition énergétique sans se créer de nouvelles dépendances. Il faut également que la prochaine mandature européenne renforce la politique mise en œuvre dans le cadre du Pacte vert. Un rapport¹ sur le déficit d'investissement climatique européen publié le 21 février 2024 par l'Institut de l'économie pour le climat (I4CE) pointe en effet un besoin supplémentaire annuel de 406 milliards d'euros en plus des 407 déjà investis.

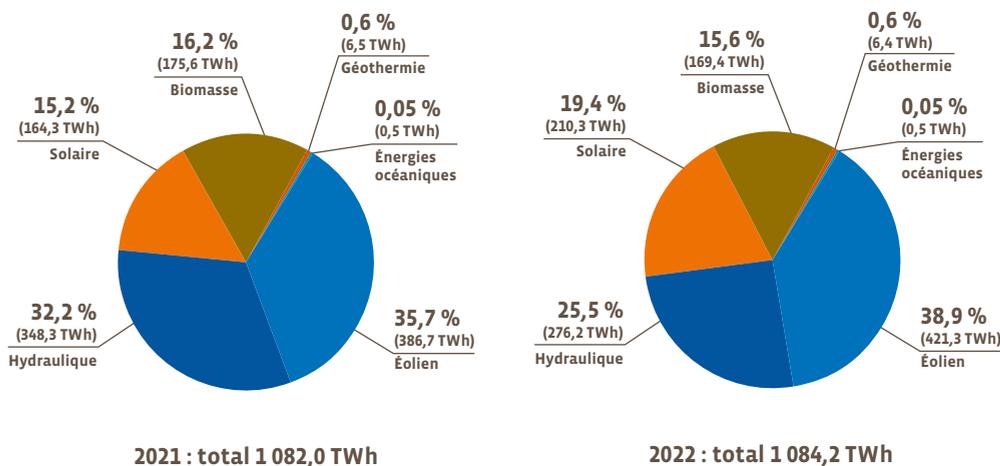
Sur les questions énergétiques et climatiques, beaucoup de textes de loi ont pu aboutir lors de cette mandature avec la Commission européenne comme force de proposition, et souvent de longues tractations entre le Parlement et le Conseil européen. Parmi eux, la nouvelle directive énergies renouvelables (dite « RED III ») a enfin été publiée au *Journal officiel de l'Union européenne* du 31 octobre 2023, pour une transposition par les États membres au cours des 18 prochains mois. Dans les grandes lignes, elle rehausse les objectifs européens en matière d'énergie renouvelable d'ici à 2030 afin d'être en ligne avec les objectifs de la loi européenne sur le climat en matière de réduction des gaz à effet de serre. À cette échéance, l'Union européenne devra avoir une part d'énergie produite à partir de sources renouvelables dans la consommation brute finale d'énergie de 42,5 %, voire 45 % si possible. Cette loi est aussi vitale qu'ambitieuse, car elle prévoit d'au moins doubler la part des énergies renouvelables entre 2021 et 2030, en faisant en sorte que cette croissance soit durable, notamment vis-à-vis de l'utilisation de la biomasse, de la protection de l'environnement et de la préservation de la biodiversité. Il n'est donc pas question de faire porter aux bioénergies l'essentiel de l'effort permettant d'atteindre l'objectif renforcé de l'Union européenne, même si celles-ci resteront un socle de la transition énergétique.

1. www.i4ce.org/publication/rapport-deficit-investissement-climatique-europeen-trajectoire-pour-avenir-europe-climat/



1

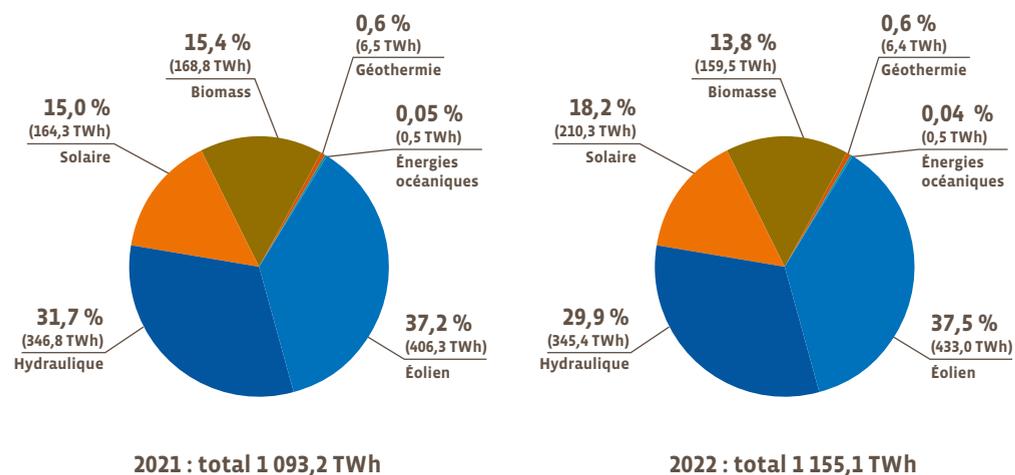
Part de chaque énergie dans la production d'électricité renouvelable pour l'Union européenne à 27 en 2021 et 2022 (en %)



Note pour le calcul : 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 2024).

2

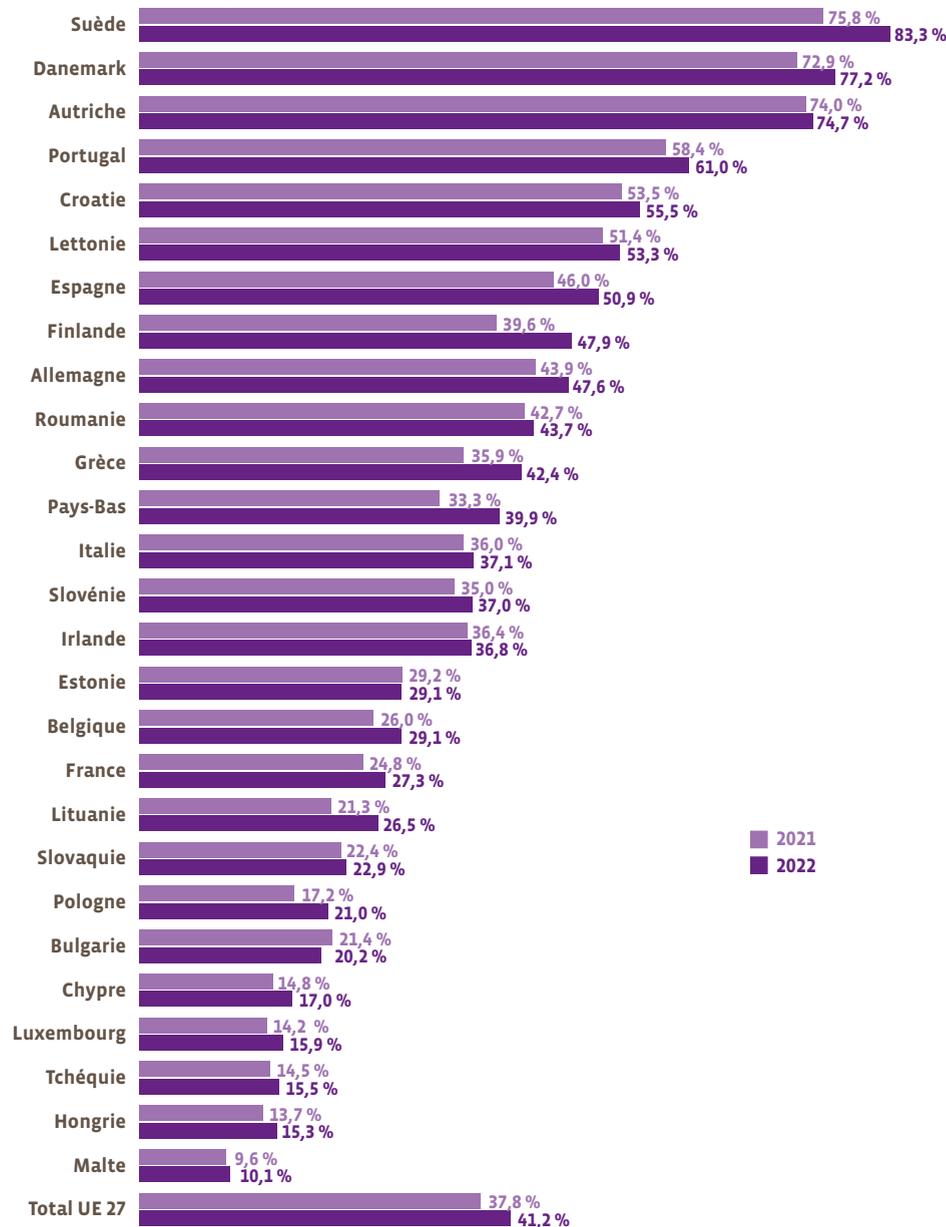
Part de chaque énergie dans la production d'électricité renouvelable pour l'Union européenne à 27 en 2021 et 2022 (en %) selon les spécifications de la directive (UE) 2018/2001.



Note pour le 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 2024) et d'après SHARES.

3

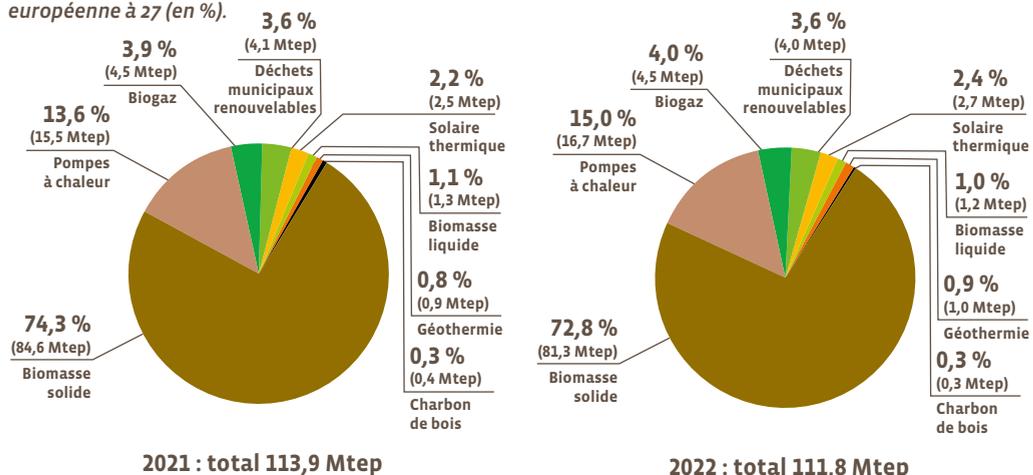
Part des énergies renouvelables dans la consommation brute d'électricité des pays de l'Union européenne (%) - selon la directive (EU) 2018/2001



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 le 6 février 2024).

4

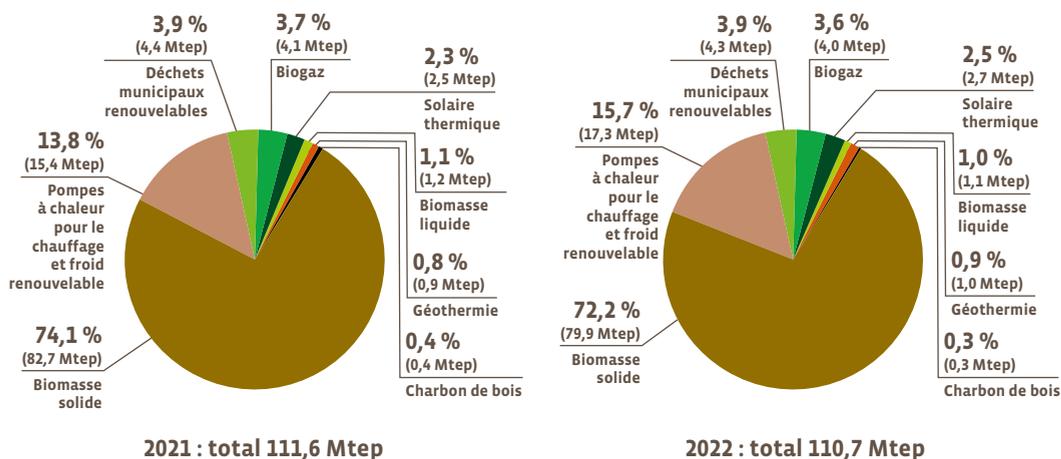
Part de chaque énergie dans la consommation de chaleur et de rafraîchissement renouvelable dans l'Union européenne à 27 (en %).



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) incluses, 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 2024).

5

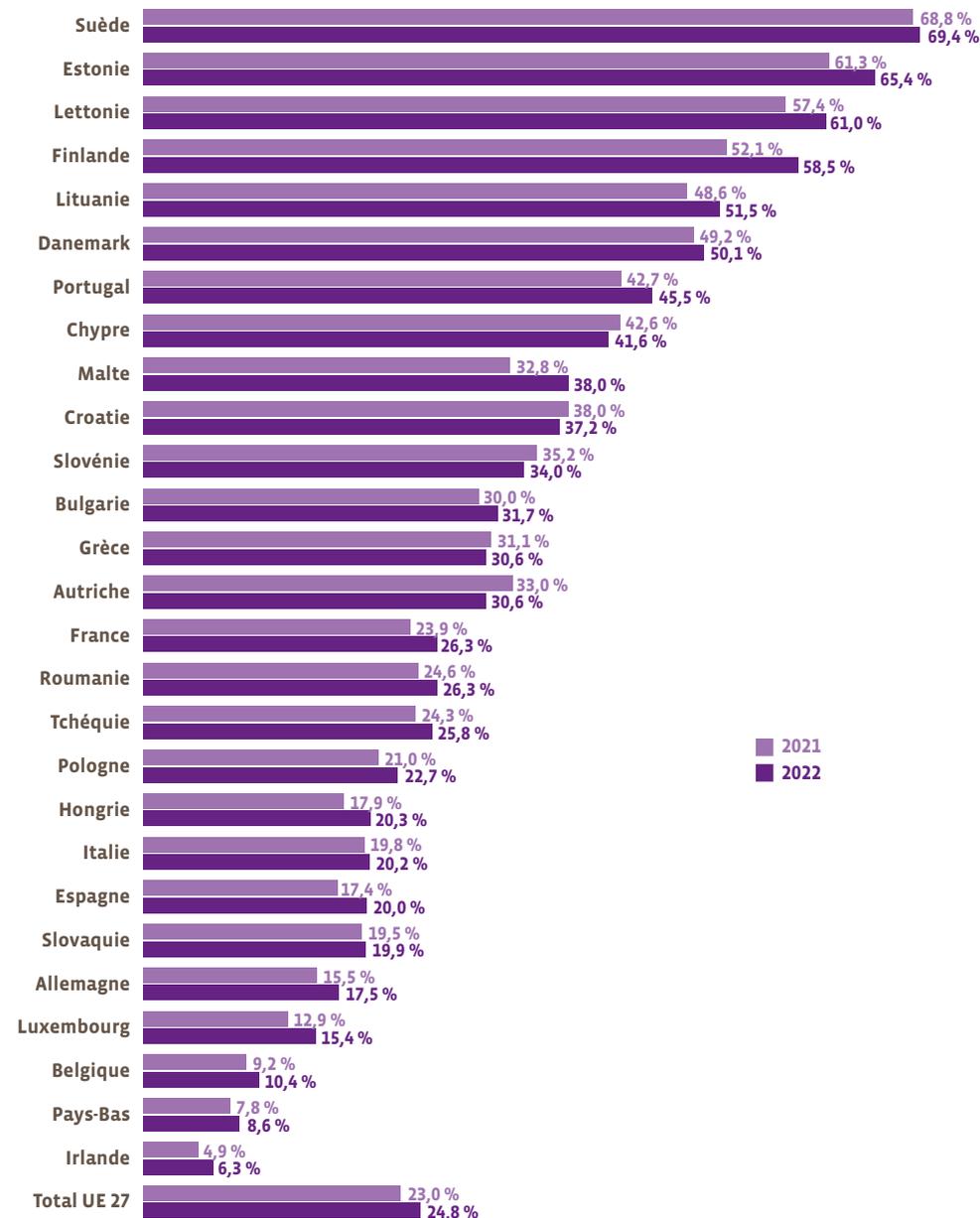
Part de chaque énergie dans la consommation de chaleur et de rafraîchissement renouvelable dans l'Union européenne à 27 (en %), selon les spécifications de la directive (UE) 2018/2001.



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 2024) et d'après SHARES.

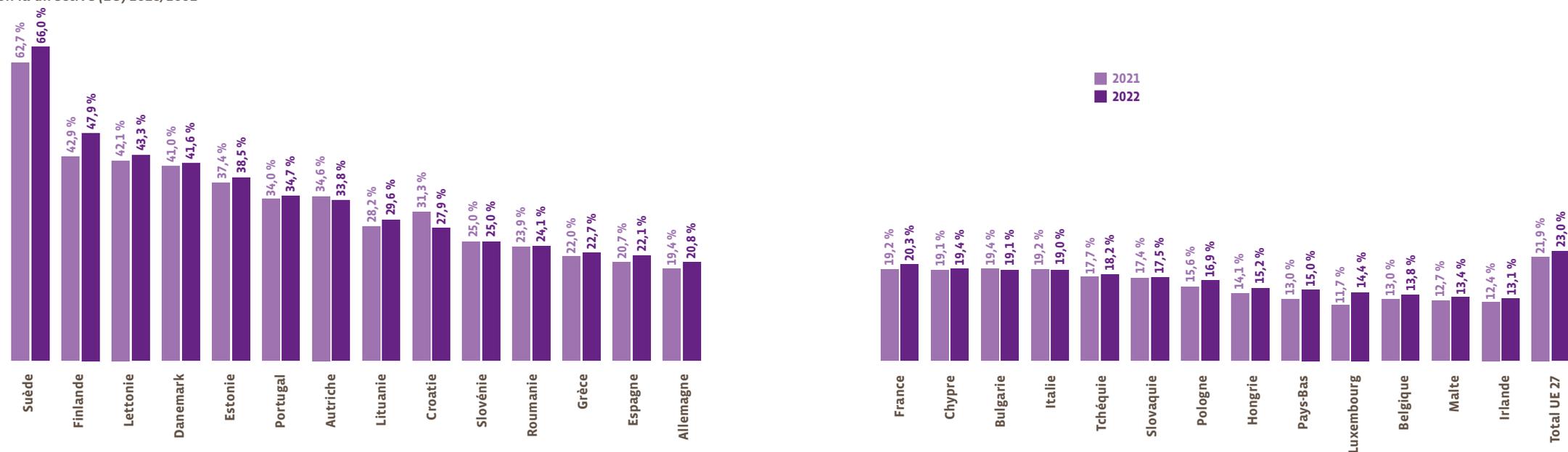
6

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 le 6 février 2024).

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



Source : Eurostat (mise à jour le 6 février 2024).

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 2022 de la production d'électricité renouvelable réelle, c'est-à-dire non normalisée, pour l'hydroélectricité 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 2024. 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.

LE SOLAIRE ET L'ÉOLIEN À LA RESCOURS DE L'HYDRAULIQUE

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 est restée à l'échelle de l'Union européenne globalement stable entre 2021 et 2022 (+ 0,2 %, soit une augmentation de 2,2 TWh) pour atteindre 1 084,2 TWh. Ce surplus de la production d'électricité renouvelable de l'Union européenne cache en fait un épisode climatique exceptionnel qui a touché une grande partie du continent européen : le manque de précipitations a créé un déficit hydraulique record dans de nombreux pays (France, Italie, Allemagne, Espagne, Portugal...). À l'échelle de l'Union européenne, la production hydroélectrique réelle et sans pompage a en effet diminué de 20,7 % pour atteindre 276,2 TWh. Un déficit de précipitations de cette importance sur le sol européen est rare et il faut remonter dans les années 1960 pour retrouver des niveaux comparables.

Heureusement, le manque de précipitations relevé en 2022 s'est accompagné d'un niveau d'ensoleillement record pour le continent européen cette même année. Associé à un niveau record de raccordement photovoltaïque, il a permis à la production d'électricité solaire (à 97,8 % d'origine photovoltaïque et 2,2 % issue des centrales thermodynamiques espagnoles) d'augmenter de 28 % à l'échelle de l'UE entre 2021 et 2022 (+ 46 TWh) à 210,3 TWh. La production d'électricité renouvelable a également pu compter en 2022 sur un redressement de la production d'électricité éolienne après une année 2021 marquée par un fort déficit de vent dans de nombreuses régions. Les conditions de vent, sans être exceptionnelles, et malgré des déficits de vent par rapport à une année normale encore mesurés dans certains pays comme l'Allemagne, ont permis une augmentation de 8,9 % de la production entre 2021 et 2022 (soit une augmentation de 34,6 TWh) pour atteindre 421,3 TWh dans l'Union européenne. L'électricité biomasse, dans toutes ses composantes (biomasse solide, bio-

gaz, déchets municipaux renouvelables, biomasse liquide), est, elle, en légère diminution (- 3,6 %, une baisse de 6,2 TWh), ce qui s'explique en partie par une diminution de la consommation de granulés de bois pour la production d'électricité aux Pays-Bas et au Danemark. Une baisse qui est consécutive à la forte hausse du prix des granulés et à la mise en place d'un embargo de l'UE sur des importations de granulés russes et biélorusses. Concernant la répartition de la production d'électricité biomasse de l'Union européenne, elle était issue en 2022 à 52,0 % de biomasse solide, à 34,6 % de biogaz (y compris le biométhane mélangé dans le réseau de gaz naturel), à 11,4 % des déchets municipaux renouvelables valorisés dans les centrales d'incinération et 2,0 % de biomasse liquide. Dans l'Union européenne, les filières de production d'électricité géothermique (essentiellement italienne) et énergies marines (essentiellement française) évoluent peu entre 2021 et 2022, avec des niveaux de production respectifs en 2022 de 6,4 TWh (- 0,1 TWh) et de 0,5 TWh (+ 0,0 TWh).

Transferts statistiques déclarés par pays pour l'année de référence 2022 (ktep)

		Montant ajouté à la part des énergies renouvelables			
		Belgique	Slovénie	Allemagne	Luxembourg
Montant déduit de la part des énergies renouvelables	Danemark	57,8	0	4,6	103,2
	Croatie	0	102,6	0	0

Source : Eurostat.

Les énergies renouvelables ont ainsi représenté en 2022 38,4 % de la production brute d'électricité totale de l'Union européenne à 27 (mesurée à 2 824,3 TWh en 2022 par Eurostat). C'est plus qu'en 2021, où cette même part avait été mesurée à 37,1 % (pour une production d'électricité totale de 2 915,7 TWh).

DEUXIÈME MEILLEURE ANNÉE POUR LA CHALEUR RENOUVELABLE

Selon les données Eurostat issues de la balance énergétique complète des pays membres et mise à jour du 28 janvier 2024, la consommation d'énergie renouvelable utilisée pour le chauffage et le refroidissement a un peu diminué entre 2021 et 2022, passant de 113,9 Mtep à 111,8 Mtep (- 1,8 %). Cette baisse est essentiellement imputable à une diminution de la consommation de biomasse solide liée à une saison de chauffe moins importante en 2022 qu'en 2021 (voir plus loin).

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 chauffage urbain produit à partir d'énergies renouvelables. 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) et 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 ». Une estimation de la consommation d'énergie finale 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 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 2022, environ 1,7 Mtep de chaleur renouvelable biomasse (dans toutes ses composantes) n'ont pas été jugés conformes et ont ainsi été écartés 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 énergétique conformes aux critères de la RED II.

Sur deux années consécutives, les variations climatiques annuelles et l'alternance entre des hivers plus ou moins rigoureux ne permettent pas de mesurer une tendance de fond concernant l'évolution de la consommation d'énergie renouvelable pour la production de chaleur et de froid. En l'occurrence, la légère baisse de la consommation d'énergie renouvelable pour le chauffage et le refroidissement mesurée dans l'Union européenne entre 2021 et 2022 s'explique en premier lieu par une saison de chauffe et des besoins de chauffage moins importants qu'en 2021.

Sur le long terme, la croissance de la consommation d'énergie renouvelable pour les besoins de chaleur et de froid est sans équivoque, franchissant le cap des 90 Mtep au début des années 2010, les 100 Mtep en 2018 et les 110 Mtep en 2021. Eurostat précise que les révisions statistiques des ensembles de données des pays déclarants ont joué un certain rôle dans l'évolution des données sur une période longue. En conséquence de la directive sur les énergies renouvelables et de l'exigence du règlement sur les statistiques énergétiques de communiquer des données détaillées sur la consommation d'énergie des ménages, les pays surveillent de plus près les flux de matières premières énergétiques renouvelables dans leurs économies. Un cas très significatif est celui de la consommation de biomasse, où les pays lancent de nouvelles enquêtes plus détaillées qui aboutissent généralement à des quantités plus élevées de biomasse et donc à une augmentation de la consommation énergétique finale de la biomasse. Suite à la révision de leurs données par plusieurs pays, des augmentations significatives ont été observées dans leur part d'énergie provenant de sources renouvelables, facilitant de fait l'atteinte de leurs objectifs 2020. Une meilleure prise en compte de l'énergie renouvelable produite par les pompes pour les besoins de chauffage et plus récemment la meilleure prise en compte du froid renouvelable a également fait bouger les lignes de certains pays. Sur les dernières années, la croissance de la chaleur renouvelable doit beaucoup aux pompes à chaleur. La dynamique de la filière est telle que la contribution énergie renouvelable 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 2022 avec une contribution supplémentaire de 1,3 Mtep par rapport à 2021 (+ 8,1 %), pour atteindre

16,7 Mtep. La contribution de la biomasse solide est quant à elle en retrait et diminue de 3,3 Mtep (- 3,9 %). 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 aussi dans les réseaux de chaleur solaire, est également positive et gagne 178 ktep (+ 7,0 %) pour atteindre 2,7 Mtep. Le niveau d'ensoleillement record de 2022 en Europe explique en partie ce résultat, de même qu'une bonne année sur le plan des installations à l'échelle de l'Union européenne, en Allemagne et en Grèce notamment. La contribution de la géothermie à la consommation de chaleur et de froid est également positive et gagne 39 ktep, ce qui lui permet de s'approcher du seuil du Mtep en jouant sur les arrondis (951 ktep en 2022). Une dynamique notamment poussée par les investissements allemands dans les centrales à cycle binaire, produisant à la fois de l'électricité et de la chaleur pour les réseaux.

Concernant la part respective des différentes filières renouvelables, la tendance reste la même que celle observée les dernières années, à savoir une surreprésentation de la biomasse solide qui représentait encore 72,8 % en 2022 (- 1,6 pp par rapport à 2021) de la chaleur et du froid renouvelables, mais aussi une filière pompes à chaleur qui grandit un peu plus chaque année pour atteindre en 2022 une part de 15 % (+ 1,4 pp par rapport à 2021). Par ordre d'importance, les autres contributeurs à la consommation de chaleur sont le biogaz (4 % en 2022), y compris le biométhane mélangé au réseau, les déchets municipaux renouvelables (3,6 %), le solaire thermique (2,4 %), la biomasse liquide (1 %), la géothermie (0,9 %) et le charbon de bois (0,3 %).

OBJECTIFS SPÉCIFIQUES DE LA DIRECTIVE RED II

UNE PART RENOUVELABLE DE 41,2 % DANS LA CONSOMMATION BRUTE D'ÉLECTRICITÉ

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 biomasse liquide, solide et gazeuse conforme aux critères de la RED II. La directive a également mis au point des règles de comptabilité spécifique de la contribution énergies renouvelables des pompes à chaleur pour la chaleur renouvelable et la contribution des énergies renouvelables pour le froid.

La production normalisée de l'hydraulique ainsi retenue pour l'Union européenne à 27 a été de 345,4 TWh en 2022 (346,8 TWh en 2021), et celle de l'éolien a été de 433,0 TWh en 2022 (406,3 TWh en 2021). Il est intéressant de noter qu'en 2022, l'utilisation de la production normalisée a eu un impact très positif sur le calcul des objectifs, à la fois pour la production hydroélectrique (sans pompage) mesurée réellement à 276,2 TWh, une année avec un aléa climatique fort, et pour la production d'électricité éolienne mesurée réellement à 421,3 TWh. Les colégislateurs n'ont pas jugé nécessaire de normaliser la production d'électricité solaire, qui profite donc pleinement de l'ensoleillement record de 2022 avec une production d'électricité mesurée à 210,3 TWh. 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 159,5 TWh, ce qui signifie que 9,9 TWh d'électricité biomasse ont été écartés. 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 37,5% (+ 0,3 pp), devant l'hydraulique avec 29,9% (- 1,8 pp). L'énergie solaire, essentiellement photovoltaïque, est troisième avec 18,2% (+ 3,2 pp), mais c'est elle qui croît le plus rapidement (+ 28% entre 2021 et 2022) avec un gain de 46 TWh. La production d'électricité biomasse, jugée conforme, est quatrième avec une part de 13,8% (- 1,6 pp), avec une contribution négative de 9,3 TWh entre 2021 et 2022. La contribution de la géothermie et des énergies marines reste marginale avec une part respective de 0,6% 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 1 155,1 TWh en 2022. La production d'électricité totale retenue (le dénominateur) est de 2 805,4 TWh en 2022. La part

renouvelable dans la consommation brute d'électricité est ainsi estimée à 41,2% en 2022 comparé à 37,8% en 2021 (+ 3,4 pp), selon les spécifications et modalités de calcul de la RED II ((EU) 2018/2001).

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 2022, c'est la Suède qui dispose de la part la plus élevée (83,3%) devant le Danemark (77,2%) et l'Autriche (74,7%). La part de l'électricité renouvelable est également majoritaire au Portugal (61,0%), en Croatie (55,5%), en Lettonie (53,3%) et en Espagne (50,9%). En 2022, seuls cinq pays disposaient d'une part d'électricité renouvelable inférieure à 20% : Chypre (17,0%), le Luxembourg (15,9%), la Tchéquie (15,5%), la Hongrie (15,3%) et Malte (10,1%).

UN QUART DE L'ÉNERGIE UTILISÉE POUR LE CHAUFFAGE ET LE REFROIDISSEMENT EST D'ORIGINE RENOUVELABLE

En 2022, les sources renouvelables ont représenté 24,8% de la consommation totale d'énergie finale pour le chauffage et le refroidissement dans l'Union européenne, soit 1,8 point de pourcentage de plus qu'en 2021. L'outil SHARES d'Eurostat a ainsi mesuré la quantité d'énergie renouvelable totale utilisée pour le chauffage et le froid renouvelable à 110,7 Mtep en 2022 comparé à 111,6 Mtep en 2021 (- 0,9% entre 2021 et 2022). Il convient de préciser que 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 énergie renouvelable (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 froid et les réseaux de froid. Les réseaux de froid sont susceptibles de mobiliser des sources d'énergies renouvelables 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 pour refroidir le réseau. Ce nouvel indicateur se met progressivement en place, ce qui explique la consolidation à la hausse de l'année 2021. Les énergies renouvelables utilisées pour le rafraîchissement ou le froid ont ainsi été mesurées à 690,7 ktep en 2021 et à 855,6 ktep en 2022. La contribution de l'énergie renouvelable provenant des pompes à chaleur aux seuls besoins de chauffage est quant à elle estimée à 14,7 Mtep en 2021 et à 16,5 Mtep en 2022. 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. Si on cumule pompe à chaleur pour le chauffage et froid renouvelable, leur part dans le total renouvelable passe de 13,8% en 2021 à 15,7% en 2022, un gain de 1,9 pp. La biomasse solide conforme aux exigences de la directive a contribué à hauteur de 72,2% en 2022 (74,1% en 2021), soit une perte de 1,9 pp par rapport à 2021. 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 (3,9% en 2022), y compris celui mélangé au réseau de gaz naturel, les déchets municipaux renouvelables (3,6%), la biomasse liquide conforme (1,0%) et le charbon de bois (0,3%), elle représente un total de 81% en 2022 (83,1% en 2021). Le solaire thermique et la géothermie complètent

l'ensemble avec une part respective de 2,5% et 0,9% en 2022 (2,3% et 0,8% en 2021).

Le dénominateur, à savoir la totalité des combustibles consommés pour le chauffage et le froid, de même que l'énergie renouvelable des pompes à chaleur (utilisant la chaleur ambiante) destinées au chauffage et l'énergie renouvelable utilisée pour la production de froid, a quant à lui été mesuré à 446,0 Mtep en 2022, en baisse de 8,1%. C'est la baisse plus importante du dénominateur qui explique que la part renouvelable est en augmentation. Ce résultat est très encourageant car il montre bien qu'il y a une substitution des énergies fossiles par les énergies renouvelables.

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 encore une fois la Suède qui est en haut du classement avec une part de 69,4% en 2022 (+ 0,6 pp par rapport à 2021), un pays qui exploite à la fois pleinement son potentiel forestier (industries et réseau de chaleur) et qui a généralisé l'utilisation des pompes à chaleur dans l'habitat. Elle est également majoritaire en Estonie (65,4%, + 4,1 pp), en Lettonie (61,0%, + 3,6 pp) et en Finlande (58,5%, + 6,5 pp), en Lituanie (51,5%, + 2,9 pp) et au Danemark (50,1%, + 0,9 pp).



Elle est en revanche fortement minoritaire dans au Luxembourg (15,4 %, + 2,5 pp), en Belgique (10,4 %, + 1,2 pp), aux Pays-Bas (8,6 %, + 0,8 pp) et en Irlande (6,3 %, + 1,4 pp).

LA PART DES ÉNERGIES RENOUVELABLES ATTEINT 23% EN 2022

Selon Eurostat, l'UE a atteint en 2022 une part de 23,0% de sa consommation finale brute d'énergie provenant de sources renouvelables, soit environ 1,1 point de pourcentage 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 20 points de pourcentage. Les efforts demandés sont à la mesure des enjeux. L'Union européenne à 27 a mis dix-huit ans pour augmenter sa part d'énergie renouvelable de 9,6% (2004) à 23,0% (2022), soit une augmentation de 13,4 pp. Il ne lui reste plus que huit ans pour atteindre entre 42,5% et 45,0%, soit au minimum une augmentation de 19,5 pp.

Certains pays sont déjà au-dessus de cette marque, comme la Suède (part de 66% en 2022), la Finlande (47,9%) 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 pompe à chaleur, investi dans des réseaux de chaleur majoritairement renouvelables et également investi dans une filière éolienne en pleine expansion, et plus récemment dans le solaire photovoltaïque.

Le Danemark, 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. Le Danemark construit actuellement la plus grande centrale géothermique d'Europe pour le chauffage urbain à Aarhus, d'une capacité de 110 mégawatts. Une fois achevé, le projet permettra d'alimenter environ 20% de la ville en chauffage renouvelable. Il est intéressant de prendre le Danemark en exemple car c'est un des pays de l'Union européenne qui a le plus augmenté sa part énergie renouvelable entre 2004 et 2022, partant d'une part relativement basse en 2004 (14,8%) jusqu'à atteindre une part de 41,6% en 2022 (+ 26,8 pp). Cette part aurait même pu augmenter à 42,7% (+ 27,9 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 continuer à respecter leur engagement énergie renouvelable de 2020. Dans l'Union européenne, seul son voisin suédois fait mieux avec une part énergie renouvelable qui est passée de 38,4% en 2004 à 66,0% en 2022 (+ 27,6 pp). Le Danemark est un exemple de transition énergétique très rapide et montre la voie aux pays disposant encore de faibles proportions d'énergie renouvelable comme l'Irlande (13,1%), Malte (13,4%), la Belgique (13,8%) et le Luxembourg (14,4%). Il convient de préciser que ces derniers n'ont pas été inactifs car ils disposaient d'une part énergie renouvelable marginale en 2004.

Si toutes les filières et technologies énergies renouvelables contribueront à leur mesure aux nouveaux objectifs de la RED III, il est également certain que dans les prochaines années la production d'électricité renouvelable, éolien et solaire en tête, jouera un rôle toujours plus important dans la transition énergétique de l'Union européenne. Associée au développement des technologies de stockage et au déploiement de nouvelles interconnexions entre pays européens, elle jouera un rôle de plus en plus important à la fois dans l'électrification des besoins de chaleur et de froid (via un développement massif des pompes à chaleur) et dans l'électrification des besoins de transport. Là aussi, la marge de progression est très importante. L'Union européenne est venue de fixer un objectif commun de 29% pour la part des énergies renouvelables utilisées dans les transports d'ici à 2030, contre une part mesurée à 9,6% en 2022 ou une réduction de l'intensité d'émission de gaz à effet de serre d'au moins 14,5% d'ici à 2030 par rapport à la valeur de référence fixée à l'article 27, paragraphe 1, point b). Ce

point est traité spécifiquement dans la fiche énergies renouvelables dans les transports. Si la RED III (directive 2023/2413), qui a amendé la RED II, a été adoptée, la période de transposition se terminera en 2025, les

calculs seront adaptés à ce moment-là avec notamment des incidences sur l'utilisation de la biomasse énergie qui sera soumise à des critères de durabilité renforcés pour pouvoir être prise en compte dans les objectifs. ■





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

La part des énergies renouvelables dans le parc de bâtiments a beaucoup progressé en Europe ces dernières années. Ces énergies sont en général particulièrement efficaces pour la production d'électricité. Leur consommation reste cependant un peu à la traîne dans le secteur du chauffage et du refroidissement. En 2021, les énergies renouvelables ont représenté environ 38 % de la production d'électricité, mais seulement 23 % de l'énergie totale utilisée pour le chauffage et le refroidissement dans l'UE (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 la cogénération biomasse, la géothermie profonde, les champs de capteurs solaires thermiques et les pompes à chaleur à grande échelle. 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 illustre le degré d'utilisation des différentes sources d'énergie renouvelable dans le secteur du bâtiment, ainsi que leur usage. 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 éner-

gétiques 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).

Est également détaillée la part des différentes technologies renouvelables installées dans le parc immobilier en matière de chauffage. 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 la part 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'électri-

cité 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.

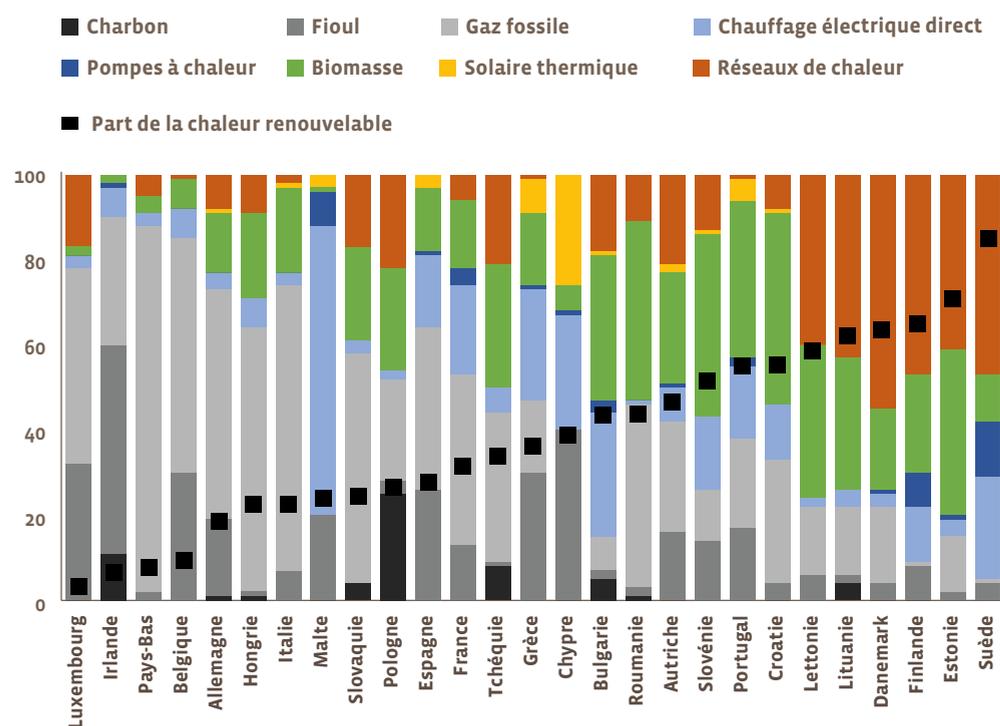
La part de l'intégration des technologies montre le degré d'association des secteurs du chauffage et de l'électricité dans les technologies décentralisées des bâtiments. La part totale des chaudières électriques directes et des pompes à chaleur décentralisées dans les bâtiments est décrite à cet effet.



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

1

Parts dans la consommation de chaleur en 2021



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.

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 2021, 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. En raison des

faibles taux de remplacement 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

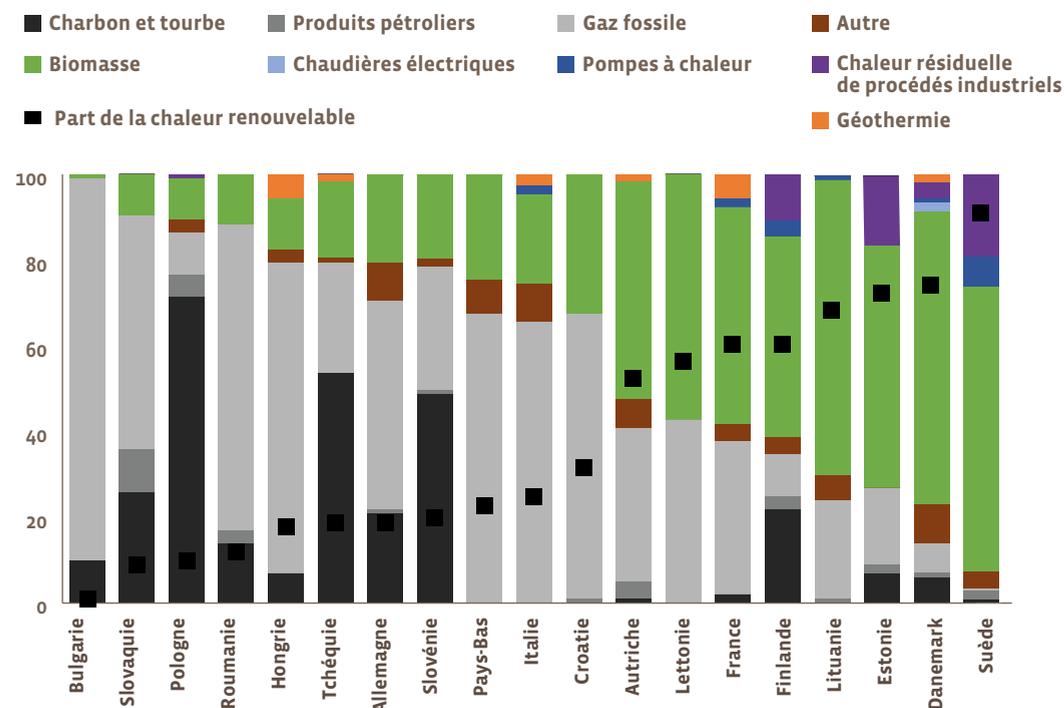


des pays, notamment les Pays-Bas, l'Italie, la Hongrie, la Belgique, l'Allemagne et la Slovaquie où il domine le secteur. Les chaudières au fioul connaissent quant à elles un recul constant sur le marché du chauffage, mais constituent toujours une source de chauffage importante en Irlande, à Chypre, au Luxembourg, en Grèce et en Belgique. En Pologne, le chauffage repose en grande partie sur le charbon, tandis que le chauffage électrique direct joue un rôle majeur à Malte. Plus du quart du chauffage de la Bulgarie, de Chypre, de la Grèce et de la Suède est 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 cette solution. 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 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 (85%), en Estonie (71%), en Finlande (65%), au Danemark (64%), en Lituanie (63%) et en Lettonie (59%). 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 (45%), la Slovénie (43%) et la Roumanie (42%) affichent des parts de mar-

ché 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 (39%), au Portugal (37%), en Lettonie (36%) et en Bulgarie (34%). Les pompes à chaleur décentralisées gagnent chaque année en importance. Des parts de marché plus importantes sont toutefois atteintes dans les pays scandinaves comme la Suède (13%) et la Finlande (8%), mais également à Malte (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 à Chypre (26%) ou en Grèce (8%).

Mix énergétique des réseaux de chaleur en 2021



Remarques : Basé sur les données de 2021 pour : BG, DE, AT, FI, SE, HR, RO, PO, CZ, SI, HU, IT, EE, FR, DK, LT; sur les données de 2018 pour : NL, SK. La catégorie « autre » inclut les énergies de type renouvelables 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 insights & trends 2023 » d'Euroheat & Power et données issues d'instituts nationaux de statistique des États membres.

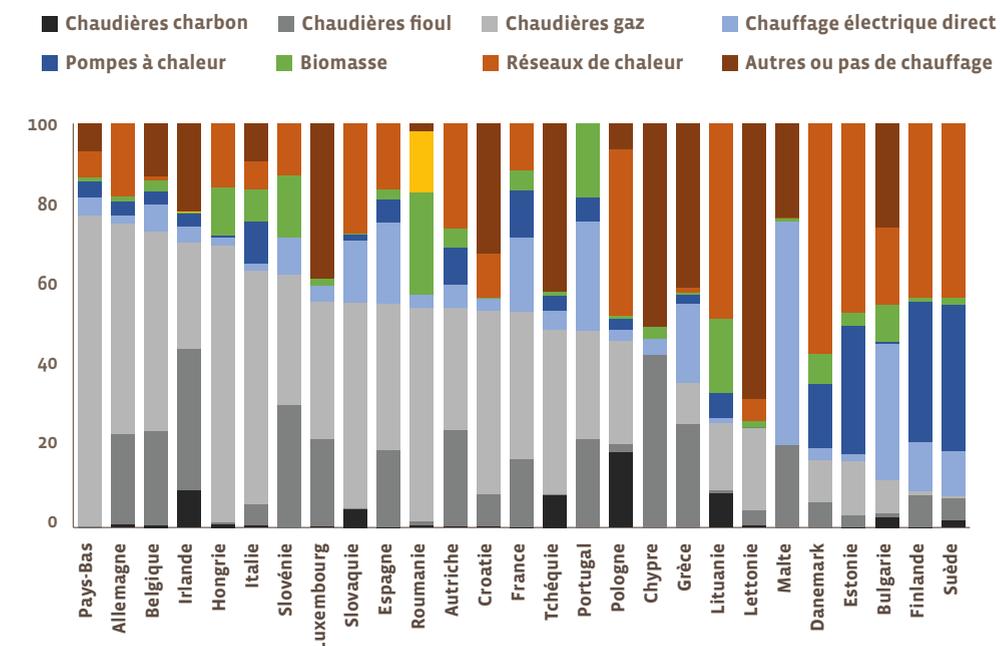
PART DES ÉNERGIES RENOUVELABLES DANS LES RÉSEAUX DE CHALEUR

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 et eau chaude, en 2020. 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 (72%), en République

tchèque (54%) et en Slovaquie (49%). L'utilisation du fioul pour alimenter les réseaux de chaleur joue toujours un rôle important dans le mix énergétique de la Slovaquie (10%). De leur côté, la Suède (92%), le Danemark (75%) et l'Estonie 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 au Danemark (69%), en Lituanie (68%), en Suède (67%), en Autriche (51%), en France (51%), en Lettonie (57%), en Estonie (57%) et en Finlande (47%). Les pompes à chaleur à grande échelle sont surtout utilisées en Suède (7%), en Finlande (4%) et au Danemark (1%). La chaleur résiduelle issue de procédés industriels représente une part de marché importante en Suède (18%) et en Estonie (16%). La géothermie

Part des systèmes de chauffage aux énergies renouvelables installés dans le parc immobilier en 2021



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 chaudières 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.

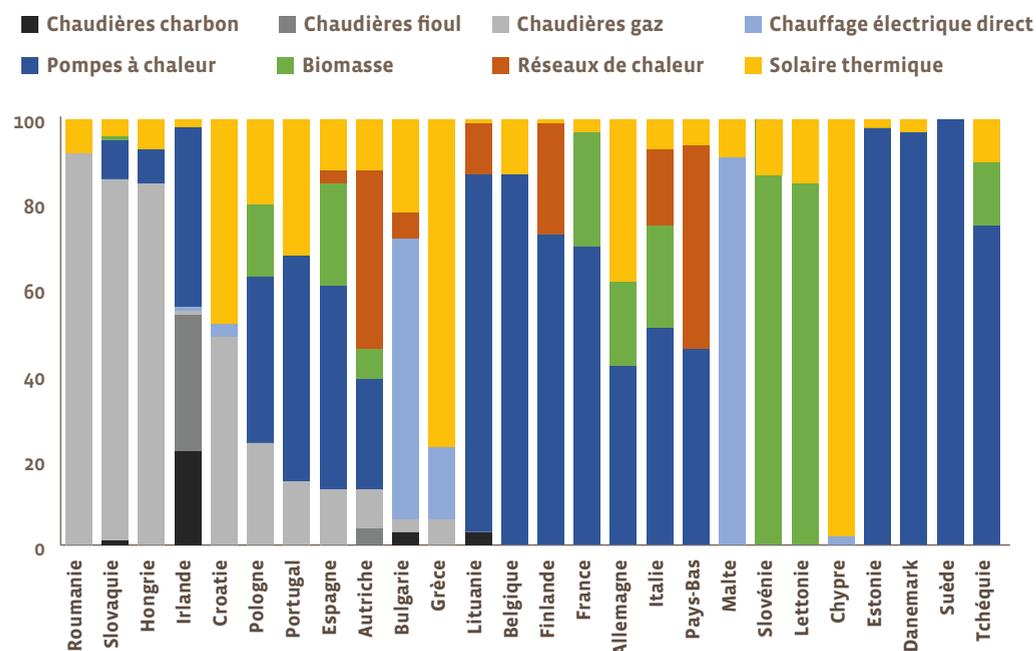
ne représente que des parts infimes dans une poignée de pays comme la Hongrie (6%) et la France (6%). Le solaire thermique joue un rôle pratiquement négligeable dans le mix des réseaux de chaleur de l'UE et figure donc dans la catégorie « autre ». Le Danemark fait figure d'exception avec une part d'énergie 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 « autre ou pas de chauffage ». Cette

catégorie est fortement représentée en Lettonie, à Chypre, en Estonie, en République tchèque, en Grèce et en Croatie. 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 pas inclus ici en tant que système distinct, les logements qui utilisent

Part des ventes de chauffage aux énergies renouvelables en 2021



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 représente 4 m² par ménage. Le Luxembourg est exclu par manque de données. Selon une association allemande (BDH), l'Allemagne a également enregistré des ventes de chaudières au fioul et à gaz en 2021, mais aucune vente nette n'a été observée (en raison de la méthodologie utilisée, qui s'intéresse au remplacement dans le parc existant). 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.

uniquement l'énergie solaire thermique pour le chauffage font également partie de ce groupe. Cette part est toutefois en recul dans la plupart des pays par rapport à l'année précédente, ce qui indique une meilleure disponibilité des données.

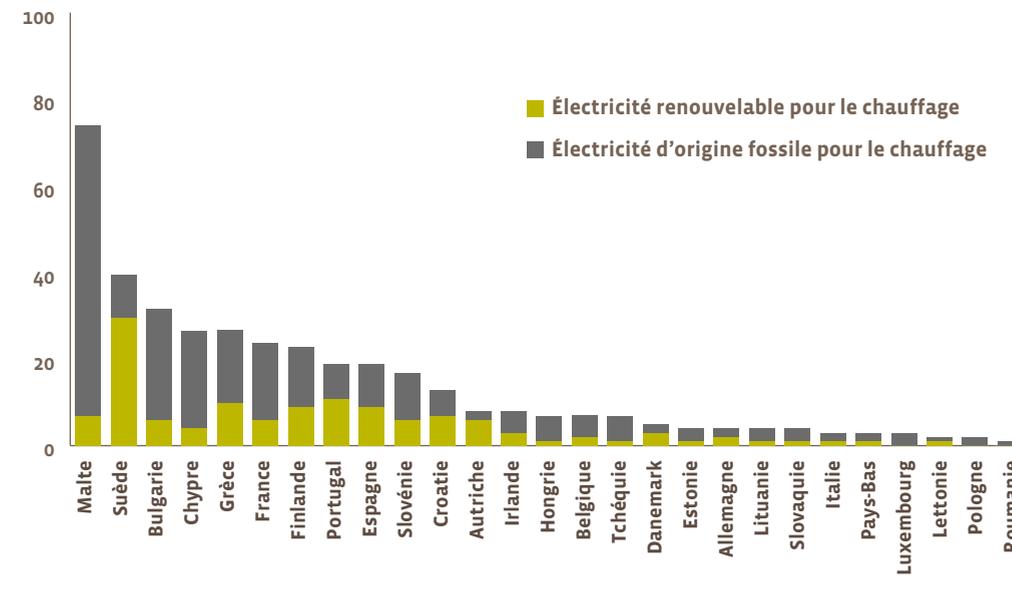
La figure 4 illustre la part (nette) des ventes des technologies utilisées pour le chauffage et le refroidissement des bâtiments. Contrairement à la figure 3, elle souligne la dynamique du marché du chauffage

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 Suède, en République tchèque, au Danemark

et en Estonie. 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. L'énergie solaire thermique représente une très grande part des ventes dans les pays où elle occupe déjà une place importante, comme à Chypre et en Grèce. Les chaudières à biomasse affichent une forte dynamique en Slovénie et en Lettonie. Les ventes de systèmes de chauffage fonctionnant à partir de combustibles fossiles

Part de l'électricité renouvelable et d'origine fossile dans le chauffage en 2021



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

sont toujours importantes dans des pays comme la Roumanie, la Slovaquie, la Hongrie, l'Irlande et la Croatie. 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 énergies 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 5% 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, Chypre, la Grèce, la France et la Finlande possèdent également une part d'électricité importante dans

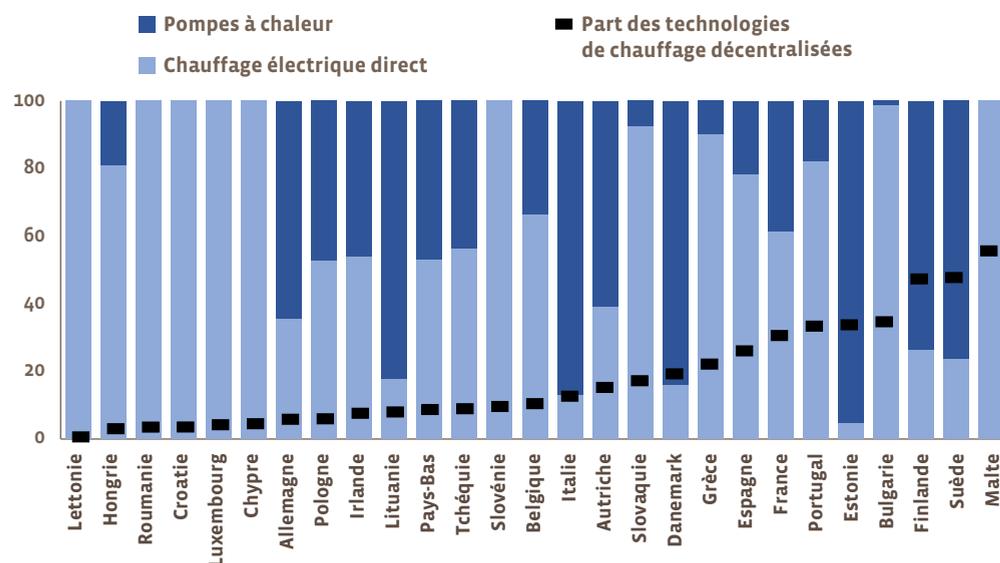
leur mix (plus de 20%). À Malte, en Bulgarie et à Chypre, l'électricité est toujours en grande partie produite à partir de combustibles fossiles. La demande de chauffage est plutôt faible à Malte et à Chypre, donc leur part importante d'électricité d'origine fossile n'est pas significative dans l'absolu. C'est en revanche l'inverse pour la Bulgarie.

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 dans

6

Parts de marché de l'intégration des technologies (décentralisées) dans le secteur en 2021



Source : d'après les indicateurs du marché.

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 et au Portugal, elles atteignent plus de 30%. Toutefois, dans la moitié des pays, les pompes à chaleur et chauffages électriques directs jouent encore un rôle mineur, avec des parts de marché inférieures à 10%.

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

En conclusion, les chaudières au gaz naturel restent la technologie de chauffage la plus 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 maintien de leur commercialisation, elles devraient continuer à jouer un rôle important au cours des prochaines années. Ceci est notamment vrai pour les chaudières à gaz, qui continuent d'être subventionnées dans plusieurs pays en raison du potentiel d'utilisation de combustibles synthétiques ou d'hydrogène vert.

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 les applications 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 énergies 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 RENOUELABLE (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 ou collective. L'autoconsommation individuelle est généralement produite et consommée sur place, tandis que l'autoconsommation collective, par exemple les communautés énergétiques, peut être 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 mis 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 RENOUELABLE

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 combler ce manque, au moins en partie, 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 obtenir 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 des systèmes photovoltaïques installés dans un pays.

1

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

Cas	Combinaisons	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 son 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.

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

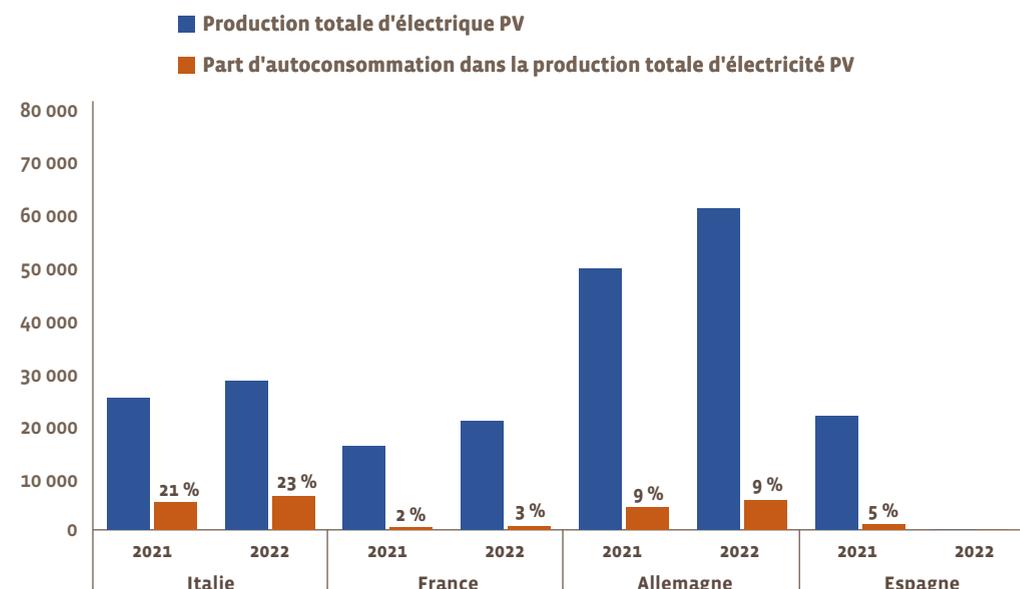
Pour la première étape, le déploiement du photovoltaïque sur les bâtiments ainsi que la part d'autoconsommation d'électricité photovoltaïque sont évalués de manière empirique, à l'aide de données d'étude compilées. Pour une question de présentation, la

production et l'autoconsommation d'électricité d'origine photovoltaïque sont illustrées dans deux figures : la figure 1 et la figure 2. 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 compare quant à elle des pays où la production totale est inférieure à 4 000 GWh par

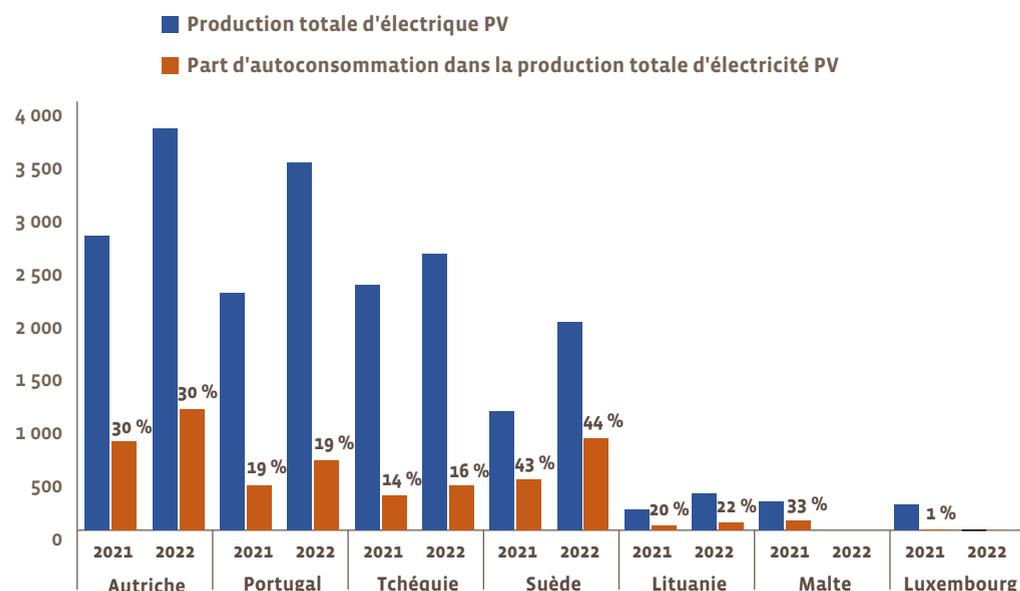
7

Production d'électricité d'origine photovoltaïque en 2021 et 2022 dans les plus grands États membres de l'UE



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 2021 et 2022 dans les plus petits États membres de l'UE



Sources : Office national autrichien des statistiques (Autriche); Direction générale de l'énergie et la géologie (DGEG) (Portugal); ministère de l'Industrie et du Commerce (République tchèque); Office suédois de la statistique (Suède); Département des statistiques de Lituanie (Lituanie); Point de contact national (Malte); Institut national de la statistique et des études économiques du Grand Duché de Luxembourg (Luxembourg); et calculs propres.

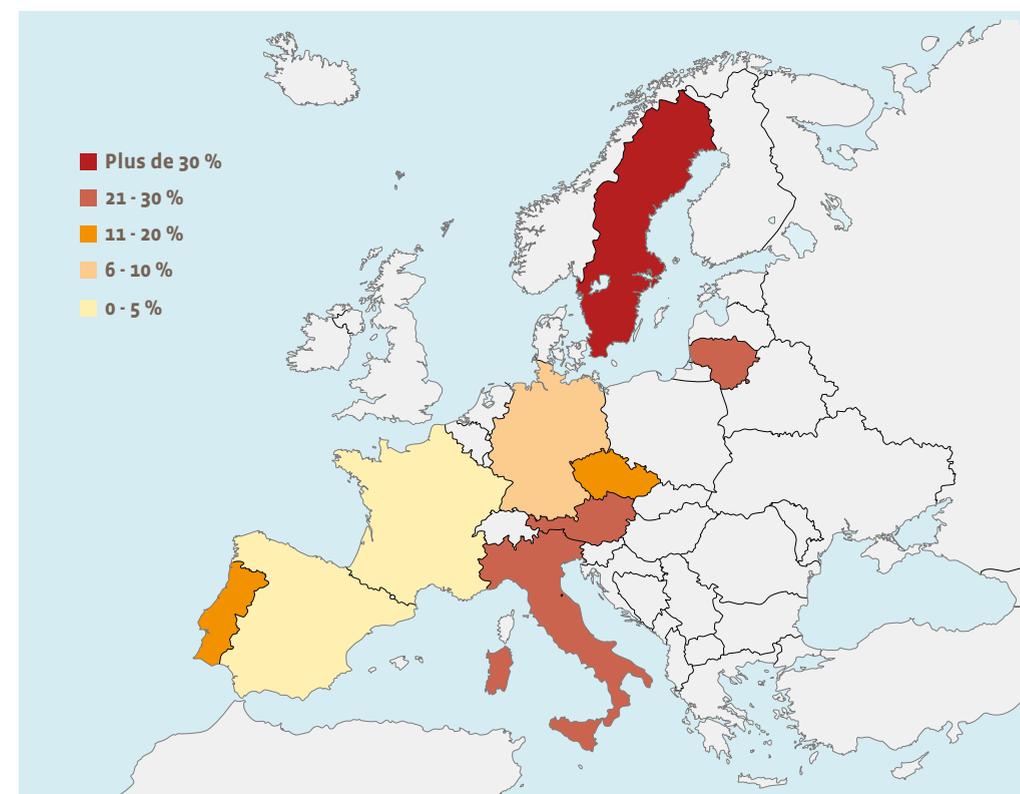
an (Autriche, Portugal, République tchèque, Suède, Lituanie, Malte, Luxembourg).

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 2021 et 2022. Dans le sous-ensemble de pays analysés, les parts d'autoconsommation sont les plus élevées en Suède où elles ont légèrement

augmenté entre 2021 et 2022. Des parts importantes d'autoconsommation peuvent aussi être observées à Malte et en Autriche. Pour Malte, la part d'autoconsommation en 2021 représentait 33%, mais aucune donnée n'a été fournie pour 2022. En Autriche, la part d'autoconsommation est restée constante à 30%, malgré une hausse notable dans la production globale d'électricité d'origine photovoltaïque entre 2021 et 2022. Une évolution similaire a été observée au Portugal, mais dans une moindre mesure. Au Portugal, la part d'autoconsommation est restée constante, autour de

19%, alors que la production globale d'électricité d'origine solaire photovoltaïque a augmenté. L'Italie et la Lituanie affichent également des parts d'autoconsommation autour de 20%. Dans ces deux pays, la part d'autoconsommation a augmenté entre 2021 et 2022. L'Allemagne affiche une part d'autoconsommation légèrement inférieure à 10%. La France et l'Espagne affichent quant à elles des parts d'autoconsommation inférieures ou proches de 5%. Les parts d'autoconsommation les plus basses de ce sous-ensemble de pays analysés sont toutefois observées au Luxembourg où

Part de l'autoconsommation en 2022



Source : Évaluation et calculs propres basés sur des données collectées par EuroObserv'ER.

seulement 1% environ de la production d'électricité photovoltaïque était autoconsommée en 2021. Aucune donnée n'a cependant été fournie pour 2022.

RÉSULTATS DE L'APPROCHE TECHNIQUE

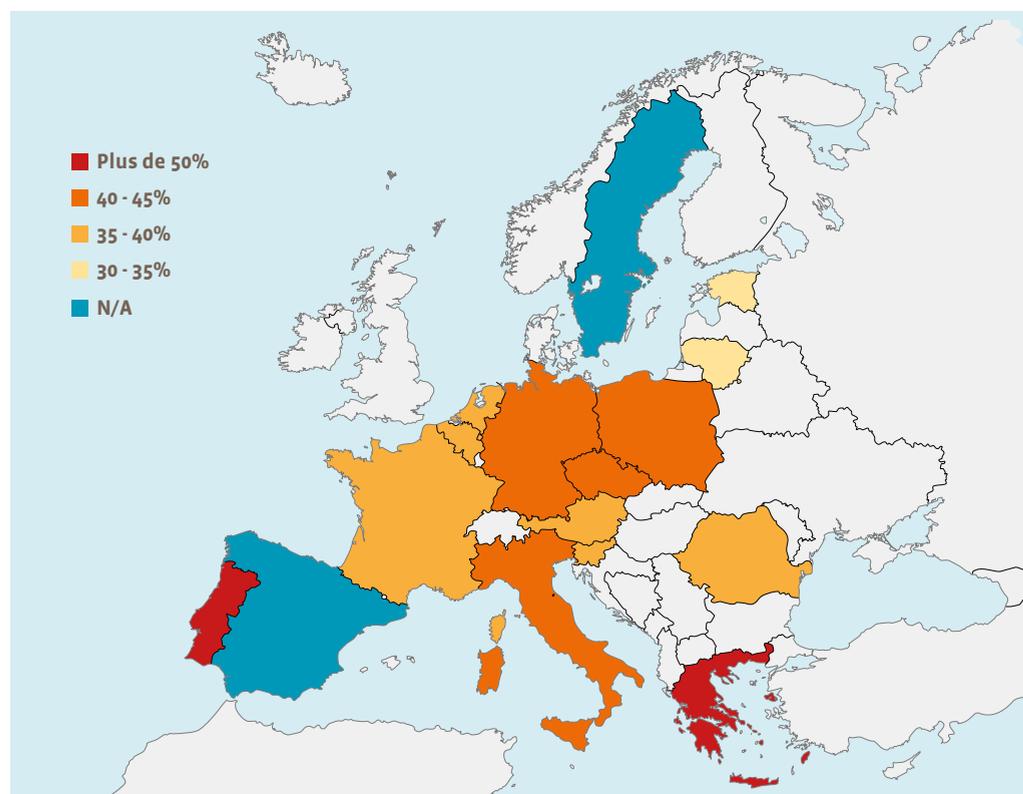
L'étude prend en compte les aspects techniques, à travers les profils de génération et de charge des ménages. Elle évalue la part théorique d'autoconsommation d'électricité d'origine photovoltaïque, sans tenir compte d'autres facteurs. Elle est définie comme

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 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. La figure 4 illustre les résultats de ces parts techniques maximum par pays pour 2021.

10

Parts d'autoconsommation maximum techniques



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

Cette année, 17 États membres de l'UE ont été étudiés et constituent un échantillon représentatif des différentes régions de l'Europe. L'ensemble des États membres de l'UE seront étudiés dans le prochain rapport.

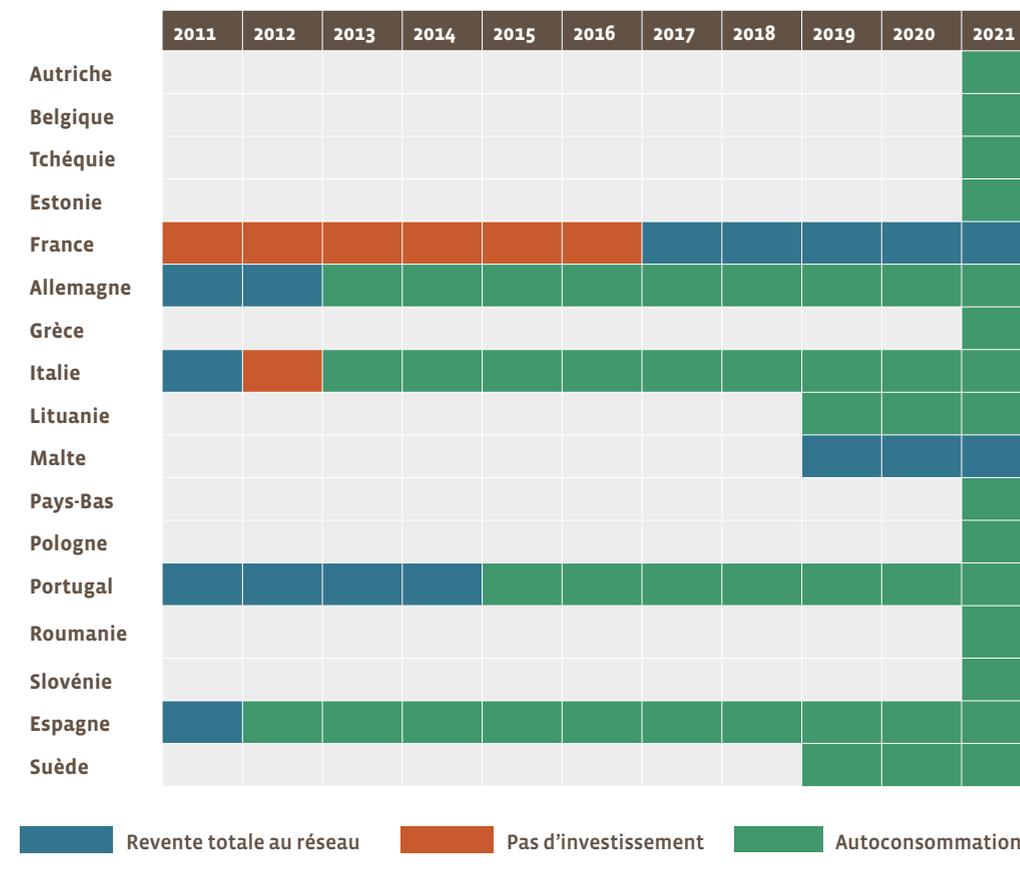
Les parts d'autoconsommation technique les plus élevées sont possibles au Portugal et en Grèce. La plupart des pays se situent dans la médiane de la distribution et possèdent des parts d'autoconsommation technique comprises entre 35 % et 45 %. Les parts d'autoconsommation technique les plus

basses sont observées en Estonie et en Lituanie. 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 42 %. 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 de l'absence de données correspondantes, cette approche n'envisage pas la possibilité d'une modification de la consommation à travers une

11

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



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

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 technique réalisable et 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 2 donne les résultats pour les dix-sept pays sélectionnés. 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 en 2021 la décision la plus rentable dans quinze des dix-sept pays analysés. 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. En France et à Malte, il était plus avantageux de consommer l'électricité du réseau ou de la revendre d'après l'analyse, ce qui peut s'expliquer par des FiT relativement élevés qui ont rendu l'injection sur le réseau plus attractive.

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 bénéficiant 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.

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.

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 son 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 dissua-

der 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 regardées de près, mais aussi 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. ■



FOCUS : LES COMMUNAUTÉS D'ÉNERGIES RENOUVELABLES

La crise du Covid en 2020 et le déclenchement du conflit en Ukraine en 2022 ont posé de manière brutale la question de la souveraineté énergétique des États et la nécessité de sortir de la dépendance aux énergies fossiles, tant pour des raisons géopolitiques que climatiques. Le défi est de taille et y répondre exige une mobilisation de l'économie et de la société sans précédent. Les énergies renouvelables y contribuent de manière non négligeable, notamment à travers des projets lancés, financés et pilotés par des particuliers ou des collectivités. C'est ce que l'on désigne par l'énergie citoyenne.

LES CITOYENS PRENNENT LE POUVOIR

L'expression « énergie citoyenne » désigne des opérations d'énergie renouvelable dans lesquelles les citoyens participent au financement des projets non seulement en étant détenteurs d'une partie du capital, mais aussi en étant 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'énergies renouvelables et les communautés d'énergies citoyennes,

Les communautés d'énergies renouvelables (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'énergies renouvelables.

qui sont relativement semblables par leur mode de gouvernance et leurs finalités, se différencient en premier lieu de par le type d'opérations sur lesquelles elles portent. Les communautés d'énergies renouvelables 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 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 citoyennes et les citoyens. 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 uniquement à un seul concept précis mais va davantage s'attacher à rendre compte des différentes approches nationales en

matière de développement des communautés d'énergies renouvelables, 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 de 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 issu 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 autour des 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 ainsi que la mise en place d'actions de soutien (objectifs de développement, organisme d'observation des communautés d'énergies, etc.) pour accompagner la dynamique. D'autres États n'ont mis en place qu'une réglementation a minima, voire trop ↘

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 à minima	Réglementation trop incomplète	Absence de réglementation	Pas d'information
	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

*Note: L'évaluation de Rescoop.eu 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.eu, 2023.

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.eu. Cet outil indique 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'énergies renouvelables. 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 a lancé deux initiatives: Energy Communities Repository et Rural Energy Communities Advisory Hub. Ces plateformes proposent une assistance technique à destination des communautés énergétiques urbaines et rurales en Europe, notamment à travers le partage de bonnes pratiques en matière de mise en œuvre d'une communauté d'énergies renouvelables. En 2024, un nouveau programme baptisé Energy Communities Facility devrait prendre le relais pour mission d'accroître le soutien aux communautés d'énergies renouvelables, notamment lors de leur phase de pré-développement. Une autre action récente est à souligner. La directive européenne RED III, adoptée en octobre 2023, comporte des dispositions relatives à la simplification des procédures d'autorisation de certains types d'opérations. Ainsi, les textes

État des projets citoyens en France

Technologies de production d'électricité renouvelables	Nombre de projets	Puissance (en MW)	Production annuelle (en GWh)
Photovoltaïque	638	118,7	144,8
Éolien	15	120,6	256,8
Hydroélectricité	5	1,5	6,0
Total	658	240,8	407,6
Production de chaleur renouvelable	Nombre de projets	Puissance (en MWth)	Production annuelle (en GWh)
Biomasse solide	16	17,5	32,2
Production de gaz renouvelable	Nombre de projets	Puissance (en MWth)	Production annuelle de biogaz (en GWh)
Biogaz	3	3,5	31,3

Sources : EurObserv'ER d'après chiffres Énergie partagée et centrales villageoises.

fixent à un mois maximum de délai pour l'autorisation d'équipements solaires de moins de 100 kW, et ce même si ce matériel est opéré par une communauté d'énergies renouvelables.

UN CADRE LÉGAL POSÉ EN FRANCE

Du fait de leurs importants besoins en capitaux, les projets d'énergies renouvelables sont développés traditionnellement par des grands acteurs, tels que des entreprises privées ou l'État. Pourtant, cet état de fait n'a pas empêché les citoyens de devenir eux-mêmes actifs dans la production de l'énergie qu'ils consomment, à la fois par une participation dans le capital de projets générateurs d'énergie renouvelable, et leur implication dans leur gouvernance. Portée par des fédérations telles que Centrales villageoises, l'énergie citoyenne franchit un cap en 2010 à l'occasion de la création de l'association Énergie partagée, dont la charte introduit pour la première fois la définition de « projet citoyen ». Ce type de projets prend majoritairement la forme de petites installations photovoltaïques, mais au cours des

dernières années, l'énergie citoyenne voit émerger des projets de plus en plus ambitieux, tels que le parc éolien citoyen Bégawatt à Béganne (Morbihan), mis en service en 2014 et d'une puissance de 8 MW. Ce mouvement continue de se développer aujourd'hui (cf. tableau). La majorité de l'énergie produite par les projets citoyens est électrique, avec une grande prédominance pour le photovoltaïque. Toutefois, les citoyens investissent aussi, certes dans une moindre mesure, le champ de la production de chaleur et de gaz renouvelable. L'émergence des communautés d'énergies renouvelables en France s'inscrit dans plus de trois décennies de structuration du mouvement de l'énergie citoyenne. Le processus de transposition de la directive RED II commence en 2021. Le gouvernement français introduit alors par voie d'ordonnance les notions de communauté d'énergies renouvelables et communauté d'énergies citoyennes. Un décret d'application de cette ordonnance, rédigé après consultation des parties prenantes, était prévu au printemps 2022, mais n'est finalement jamais passé auprès du Conseil d'Etat, ce qui a laissé incomplet le

cadre juridique régissant les communautés d'énergies renouvelables. Après près d'un an d'attente, c'est en mars 2023, avec la loi d'accélération des énergies renouvelables, que la législation autour des communautés énergétiques évolue. Les formes légales qu'elles peuvent revêtir ont été précisées, ainsi que certaines modalités relatives à leur gouvernance. Ainsi, le spectre de participants aux communautés d'énergies renouvelables a été élargi, notamment aux sociétés d'économie mixte locales. Des précisions sur les notions de contrôle effectif et d'autonomie, attributs essentiels d'une communauté d'énergies renouvelables, ont été introduites. Un décret d'application complétant la loi de mars 2023 est entré en vigueur en décembre 2023. La centrale solaire située à Pousse-Pisse, dans le Tarn, et mise en service en mars 2022 par la coopérative Enercoop est l'une des installations de plus grande envergure portée par les citoyens. Ce projet de 250 kW de puissance crée une boucle d'énergie locale, où près de la totalité des 330 MWh produits annuellement sont autoconsommés par ses bénéficiaires, situés à proximité du parc.

L'ESPAGNE VEUT DONNER UNE IMPULSION AUX PROJETS DE COMMUNAUTÉS RENEUVELABLES

En Espagne, la cogestion de projets renouvelables n'est pas un fait nouveau. Les personnes désireuses de s'engager dans cette activité peuvent le faire par des opérations en autoconsommation collective, dont le cadre réglementaire favorable ne prévoit ni frais de réseau ni taxes. Les communautés d'énergies renouvelables à proprement parler se sont insérées dans ce contexte et ont été introduites dans le droit espagnol en juin 2020. Cependant, la transcription qui en a été faite est peu satisfaisante, car il s'agit d'une transposition littérale de la directive européenne et peu élaborée de la définition des communautés de la directive européenne. Ainsi, sur le terrain, les communautés d'énergies renouvelables s'appuient davantage sur le cadre légal relatif à l'autoconsommation collective. En juin 2023, la législation autour des communautés d'énergies renouvelables s'est affinée. Ainsi, il leur est reconnu le droit de produire, partager, consommer, stocker et vendre de l'énergie renouvelable. Elles peuvent aussi accéder aux marchés de l'énergie. Les administrations publiques doivent leur accorder un traitement non discriminatoire et veiller à l'élimination des obstacles réglementaires

et bureaucratiques injustifiés. À travers ces nouvelles dispositions, l'Espagne semble vouloir fournir un appui financier pour ses communautés d'énergies renouvelables. Dans son plan national de relance et de résilience, le pays a fléchi 100 millions d'euros en soutien direct vers ces entités. L'allocation de ces fonds est prévue selon une stratégie cohérente, visant à financer les différentes étapes du cycle de vie des communautés énergétiques (mise en relation de membres potentiels, processus de constitution, subventionnement de certains projets). La mise en place de bureaux référents à travers le territoire est par ailleurs prévue pour informer et sensibiliser largement autour du concept. Leur rôle sera aussi d'accompagner les communautés énergétiques dans leur déploiement. Par ailleurs, certains programmes régionaux déployés dans le cadre du fonds européen de développement régional ciblent spécifiquement les communautés d'énergies renouvelables, entre autres par le biais de ressources financières qui leur sont dédiées. Enfin, dans son plan REPowerEU, l'Espagne a fléchi des investissements directement vers les communautés d'énergies renouvelables. La coopérative Som Energia illustre l'implication citoyenne dans la production d'énergie en possédant des projets solaires et de biogaz et en impliquant les membres dans la prise de décision. Cette coopérative fait partie de l'alliance Som Comunitats, qui a pour but de promouvoir les communautés énergétiques et de les soutenir en leur proposant divers guides pratiques.

VERS UNE EMBELLIE EN ITALIE

Au début des années 2020, un avant-goût des communautés énergétiques a fait son apparition dans le paysage juridique italien sous la forme d'une expérimentation. Mais c'est en 2021 que les dispositions relatives aux communautés d'énergies renouvelables ont été formellement transposées dans le droit du pays. Le législateur s'est attaché à retranscrire précisément les critères clés constitutifs de ces entités (participation ouverte et volontaire, contrôle par ses membres, autonomie), tout en offrant un cadre clair en ce qui concerne les détails pratiques liés à leur fonctionnement (par exemple, la capacité maximale des installations opérées par les communautés d'énergies renouvelables a été augmentée à 1 MW) et en étendant le périmètre géographique pour les communautés d'énergies renouvelables. Cepen-

dant, la législation demeure incomplète et l'essor des communautés d'énergies renouvelables demeure lent. Les principaux obstacles sont bureaucratiques : de longs délais d'octroi de licences et des coûts élevés de connexion au réseau.

La dynamique des communautés d'énergies renouvelables pourrait toutefois se renforcer suite à une évolution récente de la législation intervenue en novembre 2023. Après deux ans d'attente, un décret d'application portant sur des mesures d'incitations pour les communautés d'énergies renouvelables a été approuvé. Ce texte vise à mettre en œuvre un programme d'aides d'État d'un montant de 5,7 milliards d'euros, financé en partie par un plan de relance et de résilience énergétique national. Les mesures contenues dans ce programme se décomposent en deux volets de financement. Le premier consiste en un tarif avantageux, étalé sur une période de vingt ans, portant sur un quota d'électricité consommée dans le cadre de l'autoconsommation et par des communautés d'énergies renouvelables. Le second permet des subventions à l'investissement (allant jusqu'à 40 % des coûts éligibles) pour les projets situés dans des

villes de moins de 5 000 habitants. En parallèle, les autorités régionales se sont également lancées dans des politiques volontaristes en faveur des communautés d'énergies renouvelables. Typiquement, les régions proposent un accompagnement dans le développement de ce type de projets sur leur territoire en finançant une partie des études de faisabilité et des études technico-économiques. Ainsi, le ministère de l'Environnement de Lombardie alloue 22 millions d'euros jusqu'en 2024 pour soutenir les communautés énergétiques. En avril 2023, la Sardaigne a approuvé des fonds (2 millions d'euros pour 2023 et 2 millions d'euros pour 2024) pour des études de faisabilité technico-économiques pour les communautés énergétiques, en donnant la priorité aux communes non connectées au réseau de méthane. Deux réussites à Villanovaforru et Ussaramanna mettent en valeur l'énergie communautaire comme une valeur ajoutée pour la Sardaigne. Ces petites villes ont surmonté les problèmes de dépeuplement en finançant des installations de panneaux solaires avec des fonds publics, rendant ainsi l'énergie communautaire attrayante pour leurs membres. Dans la dernière édition de



GREENeTEC

3

Etat des lieux énergétique de ElektrizitätsWerke Schönau (EWS), 2022

Puissance électrique installée (éolien, photovoltaïque, cogénération, piles à combustible)	22,1 MW
Capacité thermique installée (cogénération, piles à combustible, chaudières à bois, solaire thermique)	6,5 MW
Production d'électricité par cogénération/piles à combustible	1 711,1 MWh
Production d'électricité photovoltaïque	8 085,9 MWh
Production d'électricité éolienne	37 565,2 MWh
Production de chaleur à partir de la biomasse, du solaire thermique et par cogénération	16 724,4 MWh

Source : Elektrizitätswerke Schönau, 2023.

son « Electricity market report », l'Université polytechnique de Milan a dénombré environ 84 « configurations en autoconsommation collective » (dont 24 communautés énergétiques) en opération dans le pays, auxquelles peut s'ajouter une centaine de projets en phase de développement. Selon ce rapport, le nombre de ces initiatives progresse, mais leur croissance demeure entravée par la lenteur en ce qui concerne l'adoption de la réglementation autour des communautés énergétiques. Le succès et le rythme du développement des communautés d'énergies renouvelables en Italie dépendront ainsi de la résolution des obstacles bureaucratiques, de la mise en œuvre cohérente de mesures de soutien et de la clarification des cadres réglementaires.

L'ALLEMAGNE, LE LABORATOIRE DE L'EUROPE

En Allemagne, les communautés d'énergies renouvelables et les communautés citoyennes existent déjà depuis quelques décennies, bien qu'aucun cadre réglementaire ne soit officiellement posé. Une définition juridique des entreprises énergétiques dites citoyennes (Bürgerenergiegesellschaften, BEG) avait été formulée pour la première fois dans la loi de 2017 sur les énergies renouvelables (EEG 2017). Avec l'amendement adopté par le Parle-

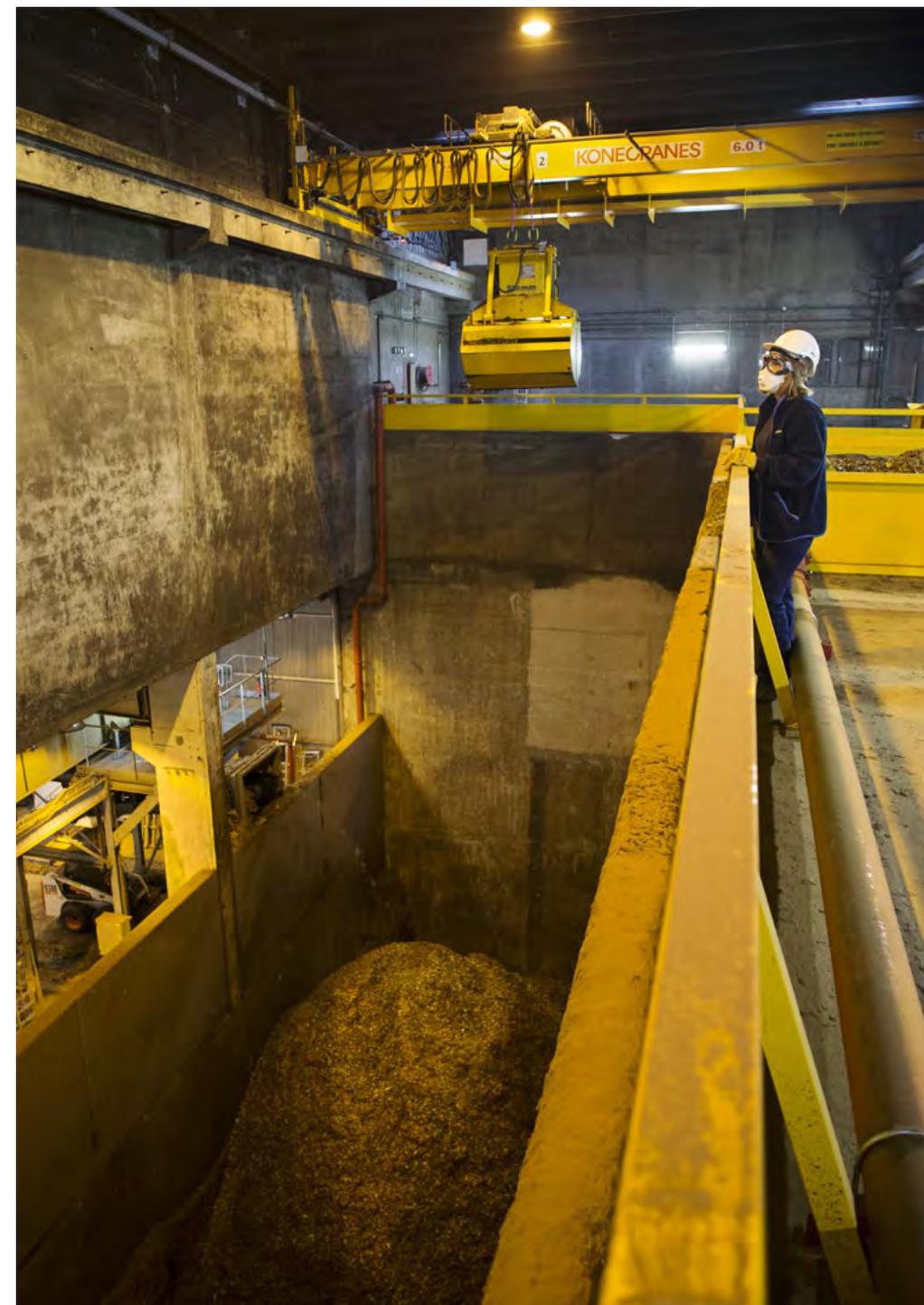
ment en juillet 2022, la définition juridique des BEG a été mise à jour pour être conforme à la législation européenne. Ainsi, ces entreprises citoyennes sont exemptées de la nécessité de participer à des appels d'offres, entre 1 et 6 MW pour les projets PV et entre 1 et 18 MW pour les projets éoliens. En outre, une BEG doit être composée d'au moins 50 personnes physiques en tant que membres votants ou actionnaires, tandis qu'au moins 75 % des droits de vote doivent être détenus par des personnes physiques résidant dans une zone de code postal située entièrement ou partiellement dans un rayon de 50 kilomètres autour du projet. Les 25 % restants des droits de vote peuvent être détenus par des petites et moyennes entreprises de moins de 250 employés et moins de 50 millions d'euros de chiffre d'affaires ou par des autorités locales. Malgré les progrès réalisés, des défis persistent pour aboutir à une législation des communautés d'énergies renouvelables pleinement alignée sur la RED II et établir un cadre réglementaire complet. La supervision réglementaire, assurée par le régulateur national de l'énergie, surveille la mise en œuvre du concept, garantissant la concurrence et facilitant les projets d'énergie communautaire. L'Allemagne soutient financièrement les initiatives d'énergie communautaire à travers divers

programmes, notamment la loi sur les énergies renouvelables (EEG), le programme Premium de l'agence de financement KfW pour les énergies renouvelables, l'Initiative nationale pour la protection du climat (NKI), le Programme d'incitation au marché (MAP) et la loi sur les taxes énergétiques (EnergieStG), offrant des incitations, des compensations, des prêts, des subventions et des aides. Bien que le modèle coopératif bénéficie d'une tradition bien établie et d'une acceptation sociale, des différences persistantes sont observées entre les zones urbaines et rurales en ce qui concerne leur forme légale. Les coopératives sont prédominantes dans les milieux ruraux, tandis que les sociétés privées sont plus courantes dans les villes, reflétant l'échelle des projets. Les récents ajustements juridiques montrent des progrès positifs dans l'alignement sur les directives de l'UE, mais des défis subsistent dans l'élaboration d'un cadre complet et facilitateur pour les RECs, notamment en ce qui concerne la facilitation du partage d'énergie. La communauté énergétique la plus renommée du pays est sans aucun doute ElektrizitätsWerke Schönau (EWS). Établie en 1994, EWS est une coopérative énergétique située à Schönau, dans le sud-ouest de l'Allemagne. Grâce à l'engagement de la communauté et à des référendums, EWS a pris le contrôle du réseau local et fournit désormais de l'énergie propre à plus de 185 000 consommateurs dans tout le pays. Comme le montre le tableau ci-dessus, les divers projets d'EWS comprennent des parcs solaires et éoliens, des réseaux de gaz et d'électricité, ainsi que des initiatives soutenant des projets d'énergie verte. Schönau abrite notamment la plus forte concentration d'énergie solaire d'Allemagne. Depuis 2015, EWS détient la quasi-totalité de la part du biogaz et utilise une partie du prix du gaz comme « centime solaire » pour promouvoir la production d'énergie propre. Promouvoir l'implication individuelle dans la distribution et la production d'énergie est l'un des objectifs principaux d'EWS. La coopérative facilite l'adhésion de nouveaux membres et renforce ses capacités opérationnelles. Les membres de la coopérative ont l'opportunité de participer aux processus décisionnels, d'assister aux réunions générales et d'influencer la direction de la coopérative. Outre la gouvernance, les membres contribuent financièrement à la coopérative en y achetant des parts, ce qui soutient les initiatives et projets entrepris par Elektrizitätswerke Schönau. Le parc éolien de Druiberg à Dardesheim est un

autre modèle exemplaire de projet énergétique communautaire. La propriété exclusive des actions du parc éolien est réservée aux résidents locaux, et environ 90 % des habitants de Dardesheim y participent depuis 2014. Comme prévu initialement, les bénéfices générés ont été réinvestis pour assurer une croissance continue des énergies renouvelables dans la région, pour développer les infrastructures locales et pour soutenir divers projets régionaux. Avec une capacité de 82 MW, le parc éolien produit 40 fois l'électricité nécessaire aux 800 résidents et entreprises de la ville. En plus des éoliennes, les habitants de Dardesheim peuvent également compter sur des toits photovoltaïques intégrés, qui ajoutent une capacité de 1,15 MW. Ainsi, les besoins énergétiques de tous les foyers de Dardesheim sont désormais plus que satisfaits. Le parc éolien, opérationnel depuis 2008, comprend la première station de recharge pour véhicules électriques de Saxe-Anhalt. Depuis 2010, le parc éolien a converti 12 Audi A2 en véhicules électriques. Ces initiatives sont regroupées sous le nom de « Energiepark Druiberg ».

QUELLES PERSPECTIVES POUR LES COMMUNAUTÉS D'ÉNERGIES RENOUVELABLES ?

Bien qu'une partie croissante des États membres de l'Union européenne aient commencé à transposer les dispositions européennes relatives aux communautés d'énergies renouvelables, 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. ■



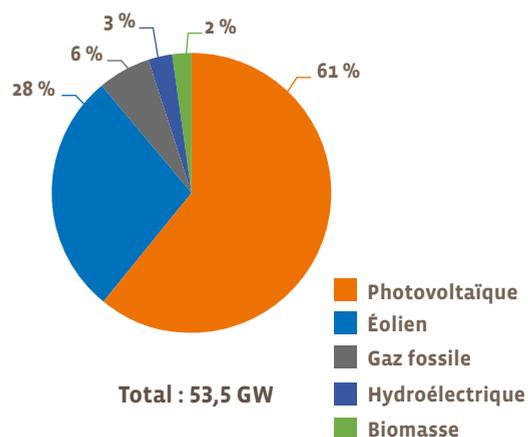
FOCUS SUR LES PARTS DE MARCHÉ DES DIFFÉRENTES TECHNOLOGIES DANS LES PUISSANCES ÉLECTRIQUES INSTALLÉES EN 2022

En 2022, 94 % 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 2022, 94 % des capacités électriques nouvellement raccordées au sein des pays de l'Union européenne provenaient de technologies renouvelables (contre 96 % en 2021), soit 50 125 MW sur un total 53 475 MW. Le photovoltaïque reste la filière la plus représentative avec 32 819 MW installés, soit 61 % des capacités électriques supplémentaires de 2022, légèrement en deçà de la performance enregistrée en 2021 (67 %). L'éolien se maintient autour de 30 % (28 % en 2022 contre 29 % en 2021). Du côté des énergies fossiles, le gaz a représenté 6 % des nouveaux raccordements. Aucune nouvelle centrale nucléaire ou au charbon n'a été recensée.

Le graphique n° 2 présente le détail de chacun des États membres dans l'ordre décroissant des puissances électriques supplémentaires raccordées en 2022. Au cours de cette année, sept pays ont mis en service des centrales électriques à combustibles fossiles et toutes au gaz. La plus grande centrale de gaz raccordée en 2022 se trouve en Allemagne et développe une puissance de 1 520 MW. Elle a représenté à elle seule 13 % de la capacité électrique supplémentaire totale connectée dans le pays. Cette proportion est assez similaire à celle de la Grèce (14 %), qui a installé 830 MW de nouvelles

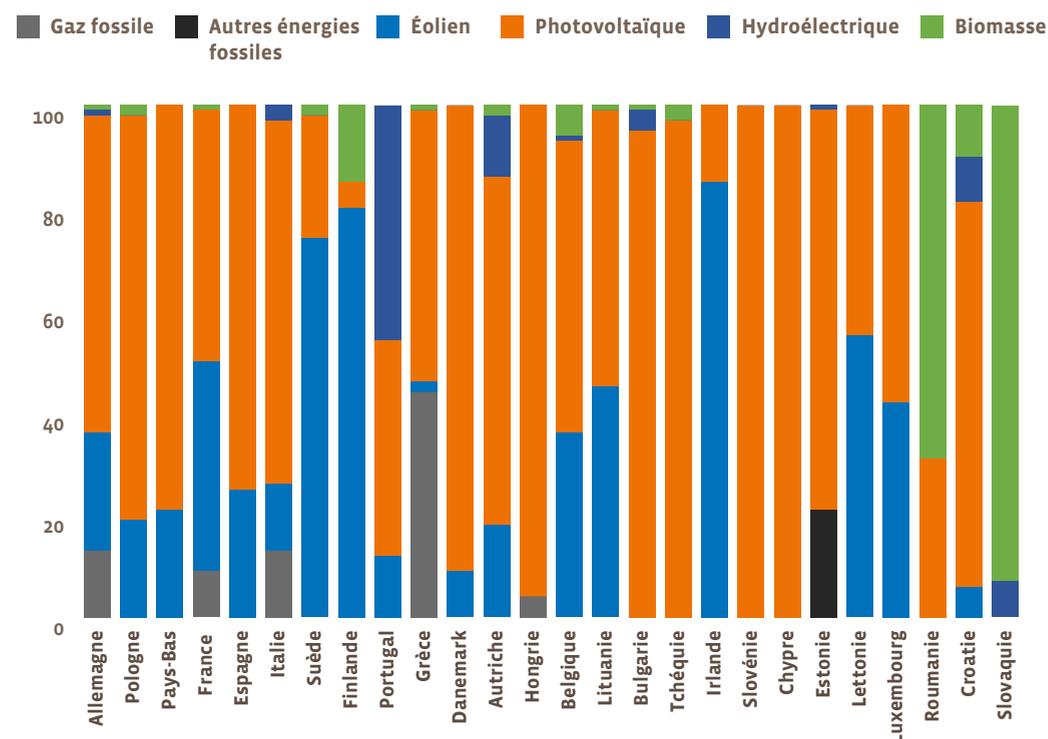
1
Répartition par technologie des capacités électriques supplémentaires raccordées en 2022 au sein de l'UE 27



Sources : EurObserv'ER, Ember.

centrales à gaz. L'Italie et la France ont toutes deux mis en service 450 MW de gaz, représentant 9 % de leurs nouvelles capacités électriques en 2022. La Hongrie et la Pologne ont également augmenté leurs installations de production électrique avec de nouvelles capacités fonctionnant au gaz fossile (respectivement 50 et 20 MW). Enfin, l'Estonie a mis en service 30 MW d'autres combustibles fossiles. ■

2
Capacités électriques supplémentaires installées en 2022 par pays et technologie (en pourcentage)



Sources : EurObserv'ER, Ember.

FOCUS : CAPACITÉ DE STOCKAGE DE L'ÉLECTRICITÉ

L'IMPORTANCE DU STOCKAGE D'ÉNERGIE

En matière de production et de consommation d'électricité, le paysage énergétique de l'Union européenne connaît de profondes mutations depuis plusieurs années. Face à l'urgence créée par le réchauffement climatique, mais aussi par des événements comme le conflit en Ukraine ou la crise du Covid-19, les pays européens ont modifié leurs priorités en matière de souveraineté et d'indépendance énergétiques. Dans l'ensemble, les efforts pour lutter contre le changement climatique conduisent à abandonner les combustibles fossiles, à travers l'accentuation d'habitudes de consommation plus sobres combinées à une utilisation plus intensive des technologies renouvelables. Le passage des combustibles fossiles à l'électricité pour une part croissante de nos besoins (mobilité, chauffage) illustre également l'amorce de cette transition environnementale. Il en découle une augmentation majeure prévue de la production et de la consommation d'électricité issue de sources renouvelables dans le mix énergétique des pays européens. L'éolien et le photovoltaïque sont les secteurs qui illustrent le mieux cette tendance, avec respectivement 15 GW et 33 GW de capacité additionnelle connectée pour la seule année 2022 dans l'ensemble des 27 États membres de l'UE. Cette évolution devrait beaucoup s'accélérer, car le programme RePowerEU prévoit la connexion de 320 GW supplémentaires d'énergie solaire photovoltaïque sur la période 2020-2025. Ces nouvelles technologies sont toutefois caractérisées par l'intermittence de leur production énergétique, qui est étroitement liée aux conditions météorologiques.

APPLICATIONS DU STOCKAGE D'ÉNERGIE

Les applications du stockage d'énergie se développent rapidement en Europe, car la quantité de courant d'ajustement générée à partir de combustibles fossiles diminue pour être de plus en plus remplacée par des sources d'énergies renouvelables intermittentes. Les systèmes de stockage de l'énergie produisent désormais des réserves de stabilisation de la fréquence (aussi appelées « FCR » ou « réserves primaires »), qui peuvent être à activation automatique (aFCR) ou manuelle (mFCR), et jouent un rôle de plus en plus important dans la gestion et la stabilité du réseau (cf. encadré). 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.

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.

UNE LARGE GAMME DE TECHNOLOGIES DISPONIBLES

Il existe beaucoup de technologies et de types d'installations de stockage de l'électricité différents. Ceux-ci 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 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 produire 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 lourd 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 appartiennent à des projets de stockage.

LA COMMISSION EUROPÉENNE S'IMPLIQUE

En mars 2023, la Commission européenne a adopté une liste de recommandations pour assurer un plus vaste déploiement du stockage de l'énergie qui s'est accompagnée d'un document de travail des services de la Commission fournissant un aperçu du cadre réglementaire, de marché et de financement de l'UE en la matière. Ce document identifiait également les obstacles, opportunités et bonnes pratiques pour le développement et déploiement du stockage d'énergie. La flexibilité du système est particulièrement nécessaire dans l'UE où l'on estime que la part de l'énergie renouvelable atteindra environ 69 % en 2030 et 80 % en 2050 (elle représentait 37 % en 2021). Différentes études analytiques ont tenté d'appréhender l'avenir du déploiement du stockage de l'énergie au sein de l'UE. Elles indiquent qu'entre 200 GW et 600 GW de capacité de stoc-

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 installées dans l'UE-27 (en MW) fin 2023

	Mécanique		Thermique		Électrochimique		P2G	Total
	Stations de pompage-turbinage	Autres technologies	Sels fondus	Autres technologies	Batteries Li-ion	Autres technologies	P2G	
Allemagne	6 703,2	321,0	0,0	1,5	1 406,9	85,8	15,0	8 533,3
Italie	7 464,1	0,0	4,7	0,4	17,9	36,3	0,0	7 523,4
Espagne	4 700,6	0,5	1 069,3	62,4	15,6	6,1	0,0	5 854,5
Autriche	5 701,3	0,0	0,0	0,0	20,8	0,0	0,0	5 722,1
France	5 137,3	0,0	9,0	12,0	115,6	350,8	5,0	5 594,7
Portugal	2 949,8	0,0	0,0	0,0	7,5	0,0	0,0	2 957,3
Pologne	1 733,0	0,0	0,0	0,0	2,3	5,0	0,0	1 740,3
Belgique	1 304,0	0,0	0,0	0,0	116,6	1,9	0,0	1 422,5
Bulgarie	1 399,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1 399,0
Luxembourg	1 294,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1 294,0
Tchéquie	1 149,8	0,0	0,0	0,0	12,0	0,0	0,0	1 161,8
Lituanie	900,0	0,0	0,0	0,0	200,0	0,0	0,0	1 100,0
Slovaquie	882,3	0,0	0,0	0,0	6,9	0,0	0,0	889,2
Irlande	292,0	0,0	0,0	4,6	121,8	314,6	0,0	733,0
Grèce	705,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	705,9
Slovénie	605,0	0,0	0,0	0,0	41,6	1,0	0,0	647,6
Croatie	621,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	621,2
Suède	425,0	0,0	0,0	10,0	14,0	0,0	0,0	449,0
Pays-Bas	0,0	2,8	0,0	0,0	165,7	3,0	0,0	171,5
Roumanie	154,5	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	155,5
Finlande	0,0	0,0	0,0	0,0	37,9	2,0	0,0	39,9
Hongrie	0,0	0,0	0,0	0,0	7,2	0,0	0,0	7,2
Danemark	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3	0,0	1,2	3,5
Lettonie	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
Chypre	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Estonie	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total EU 27	44 121,8	324,3	1 083,0	90,9	2 278,5	806,5	21,2	48 726,1

Source: EurObserv'ER, données basées sur une vérification continue et une surveillance active de la base de données des technologies et installations européennes de stockage de l'énergie.

Sites en développement à fin 2023 (en MW)

	Mécanique		Thermique		Électrochimique		P2G	Total
	Stations de pompage-turbinage	Autres technologies	Sels fondus	Autres technologies	Batteries Li-ion	Autres technologies	P2G	
Espagne	6 846,5	0,0	0,0	0,0	1 081,5	0,3	0,0	7 928,3
Allemagne	3 998,0	960,0	0,0	0,0	1 270,1	1,2	200,0	6 429,4
Irlande	1 260,0	27,5	0,0	0,0	464,5	1 674,9	0,0	3 426,9
Grèce	2 715,1	0,0	52,0	0,0	411,8	73,0	0,0	3 251,9
Autriche	1 539,5	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	1 639,5
Roumanie	1 448,8	0,0	0,0	0,0	6,0	0,0	0,0	1 454,8
Belgique	550,0	0,0	0,0	0,0	480,0	0,0	0,0	1 030,0
Croatie	889,7	0,0	0,0	0,0	53,0	0,0	0,0	942,7
Bulgarie	864,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	864,0
Estonie	600,0	0,0	0,0	0,0	225,0	0,0	0,0	825,0
Portugal	668,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	669,0
Italie	572,0	0,0	0,0	32,0	40,0	4,0	0,0	648,0
Pays-Bas	0,0	640,0	0,0	3,0	1,0	0,0	1,0	645,0
Slovaquie	0,0	0,0	0,0	0,0	454,6	0,0	0,0	454,6
Danemark	0,0	320,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	322,0
Pologne	0,0	0,0	0,0	0,0	260,0	0,0	0,0	260,0
Lituanie	225,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	225,0
Suède	0,0	0,0	0,0	0,0	185,4	20,0	0,0	205,4
Finlande	0,0	0,0	0,0	0,0	138,6	0,0	0,0	138,6
Lettonie	0,0	0,0	0,0	0,0	80,0	0,0	0,0	80,0
France	12,0	0,0	0,0	0,0	13,0	35,0	0,0	60,0
Slovénie	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	60,0	0,0	60,0
Chypre	0,0	0,0	0,0	0,0	46,0	0,0	0,0	46,0
Tchéquie	0,0	0,0	0,0	0,0	30,0	0,0	0,0	30,0
Hongrie	0,0	0,0	0,0	0,0	3,8	0,0	0,0	3,8
Malte	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total	22 188,6	1 947,5	53,0	35,0	5 245,5	1 968,3	202,0	31 639,9

Source: EurObserv'ER, données basées sur une vérification continue et une surveillance active de la base de données des technologies et installations européennes de stockage de l'énergie.

kage seront nécessaires respectivement d'ici 2030 et 2050 (contre environ 45 GW en 2022, principalement sous forme de PHS). L'UE a besoin d'une chaîne de valeurs industrielle solide, durable et résiliente pour les technologies de stockage de l'énergie. Il existe une demande croissante de transparence et de disponibilité des données, mais aussi pour une granularité plus fine, y compris en matière d'information sur la congestion du réseau, les réductions délibérées (« curtailment ») de la production d'énergie renouvelable, le prix du marché, les puissances de production renouvelable en place, les émissions de gaz à effet de serre et les installations de stockage de l'énergie existantes. Ces éléments doivent être mieux pris en considération pour les décisions concernant l'investissement dans de nouvelles installations de stockage de l'énergie, le choix de leur lieu d'implantation et leur évaluation.

PLUS DE 48 GW MIS EN ŒUVRE DANS L'UE-27

Le stockage opérationnel est passé d'environ 44,4 GW en 2022, à 48,7 GW en 2023. En Europe, il s'agit principalement de stations de pompage-turbinage (44 GW). La majeure partie des installations se trouve en Allemagne, en Italie, en France, en Espagne, en Autriche et au Portugal, pour une puissance cumulée de 32 GW. Il convient de remarquer l'importance de la capacité grandissante des projets électrochimiques qui a plus que doublé au cours de l'année dernière, passant d'environ 1 GW à 3 GW.

Le tableau 3 liste en détail les projets prévus dans l'Union européenne (autorisés, en cours de construction, etc.). La capacité totale identifiée s'élève à 31,6 GW. Si le stockage mécanique domine cette capacité (22,2 GW), le stockage électrochimique prévoit une augmentation de 7,2 GW dans les prochaines années.

EurObserv'ER a collecté des données des projets de stockage de l'énergie en 2022 et 2023 pour mettre à jour la base de données des technologies européennes de stockage de l'énergie commencée par la Commission européenne en 2020. La vérification des projets a été réalisée à l'aide de recherches poussées, à partir de données publiques sur le réseau, de communiqués de presse, d'actualités relayées par les médias, d'interviews et de données associées au stockage de l'énergie.

PLEINS FEUX SUR LES PRINCIPAUX ACTEURS ET EFFORTS NOTABLES

Le marché du stockage à grande échelle connaît une rapide expansion en **Allemagne**. Plusieurs applications à grande échelle y sont en plein essor, y compris les services comme les réserves de stabilisation de la fréquence (FCR, cf. encadré), l'intégration des énergies renouvelables, la fourniture d'énergie industrielle, les opérations polyvalentes qui incluent celles d'arbitrage, et les projets de « grid booster ». Le marché de la réserve de restauration de la fréquence avec activation automatique (aFRR) est particulièrement intéressant et représente environ trois à quatre fois celui des FCR, ce qui en fait une option attractive. Les projets de « grid booster » contribuent à l'amélioration de la capacité de transport du réseau et apportent une réponse au besoin d'investissements dans l'infrastructure coûteuse du réseau par les GRT. Une meilleure capacité de transport du réseau peut aider à limiter les réductions délibérées de production d'énergie renouvelable intermittente. Plusieurs projets illustrent le dynamisme du stockage énergétique en Allemagne. La société EnBW a reçu l'accord pour lancer un projet de stockage d'énergie par pompage-turbinage (PHES) en Allemagne. Ce projet ambitieux comprend la modernisation de la centrale hydroélectrique Rudolf Fettweis de Forbach en PHES. Il inclut l'installation d'une nouvelle turbine de décharge de 54 MW pour la centrale électrique de Schwarzenbach, des turbines Francis et un nouveau réservoir d'eau souterrain dans le flanc du coteau voisin. Le projet devrait s'achever d'ici fin 2027. L'intégrateur de systèmes Fluence est le fer de lance d'un autre projet pour déployer un système de stockage d'énergie sur batterie de type « grid booster » de 250 MW pour le gestionnaire de réseau de transport TransnetBW. Ce projet, qui devrait être achevé en 2025, aura une capacité de stockage d'une heure, soit 250 MWh. Sa mise en œuvre vise à optimiser l'infrastructure de transmission existante, en réduisant le besoin de mesures préventives de redispatching et de renforcement du réseau conventionnel, pour faire baisser les coûts d'exploitation. L'agence fédérale allemande des réseaux, la Bundesnetzagentur, a lancé son deuxième appel d'offres innovation en Allemagne, qui a donné lieu à 32 projets solaires avec stockage d'énergie, pour une capacité totale de 408 MW. Cet appel d'offres a suscité un vif intérêt, avec un total de 53 offres présentées pour une capacité totale proposée de 779 MW, soit près du double de la limite fixée à 400 MW. Encavis, un exploitant de

parcs éoliens et solaires, a acquis un projet solaire avec stockage d'énergie sur une batterie de 12 MW/24 MWh. Ce système de stockage d'énergie par batterie (BESS) devrait entrer en fonctionnement au premier semestre 2024. Il permettra un déplacement de la charge renouvelable et un arbitrage des prix sur les marchés « day ahead » (J-1) et « intra-day » (intra-journalier) de l'électricité. Il optimisera en outre la production de l'ensemble des parcs solaires et éoliens d'Encavis en Allemagne. Deutsche Telekom a dévoilé des plans pour l'installation d'un système de stockage d'énergie par batterie dans le cadre du déploiement de 300 MWh en Allemagne

avec l'entreprise norvégienne de technologie Pixii. Le système initial, une unité de 1 MW/6 MWh, servira pour l'écrêtement des pointes, l'arbitrage et la maximisation de l'énergie renouvelable utilisée, et participera à l'amélioration de la stabilité du réseau sur le marché allemand de l'électricité. La société d'énergie renouvelable ABO Wind et l'intégrateur de projets Tricera ont joint leurs forces pour fabriquer trois systèmes de stockage d'énergie par batterie (BESS) pour une capacité combinée de 25 MWh. Ces projets, prévus pour entrer en service fin 2023, cohabiteront avec des installations solaires photovoltaïques en



Bavière, en Rhénanie-du-Nord-Westphalie et en Hesse. Ces trois projets ont obtenu des contrats dans le cadre d'appels d'offres innovation allemands qui apportent des mesures incitatives en cas d'hybridation avec des énergies renouvelables. En outre, le marché allemand des systèmes résidentiels fixes de stockage d'énergie (HSS), le plus gros du pays, connaît une croissance remarquable ces dernières années. Fin 2022, on estime qu'il y avait environ 650 000 installations HSS pour une capacité installée combinée impressionnante d'environ 3,1 GW. On remarquera que la presque totalité de ces unités HSS installées (98%) est équipée de batteries lithium-ion, dans la droite ligne de la tendance prévalant les années précédentes.

En avance sur une bonne partie de l'UE, l'Irlande affiche une viabilité impressionnante pour le stockage d'énergie sur batterie à court terme. Ce pays relativement petit (5 millions d'habitants) exploite actuellement environ 670 MW de batteries, principalement lithium-ion, de stockage à court terme. L'Irish Energy Association estime que 4,3 GW de projets de stockage sont en préparation. La capacité de stockage du pays a évolué rapidement, étant donné que le premier projet (Kilathmoy, 11 MW) a été connecté au réseau en 2020. Le cadre sur lequel s'appuie la réussite de l'Irlande en tant que leader du stockage de l'énergie mérite d'être évoqué. Le programme DS3 (Delivering a Secure, Sustainable Electricity System) a été conçu par des gestionnaires de réseau de transport afin de sécuriser le réseau électrique irlandais, tout en répondant aux objectifs européens pris par l'Irlande d'augmentation de la consommation d'énergies renouvelables. Il a permis à l'Irlande d'atteindre ses objectifs, mais a également encouragé un marché prospère et rentable du stockage à court terme sur batterie. DS3 a été conçu pour s'occuper des services de réponse de fréquence et de puissance, et fonctionne en donnant des consignes de dispatching à des fournisseurs agréés qui font l'objet d'un paiement contractuel. Ce programme facilite la capacité des gestionnaires de réseau de transport sur l'île à augmenter les niveaux instantanés d'électricité injectée par milliseconde. C'est la rapidité de réponse du programme DS3 (d'une demi-heure à une heure) qui est à l'origine de ses recettes et il n'existe actuellement aucune incitation pour les batteries de stockage à long terme. Ce programme a été prolongé jusqu'en 2031. Les quelque 16 sites opérationnels de batteries de stockage à court terme en Irlande et en Irlande du Nord ont une capacité généralement comprise entre

2 MW et 100 MW, mais certains projets plus gros sont en préparation. Le groupe irlandais de planification nationale a récemment approuvé le plus gros projet de batterie de stockage à court terme. L'installation de stockage par batterie proposée fournira 200 MW près de Dunnstown, dans le comté de Kildare, ce qui en fera la plus grande batterie d'Irlande à l'échelle du réseau. Ce projet sera réalisé par Strategic Power Projects et la société d'investissement Gresham House.

La modélisation des exigences du marché futur en Irlande montre que des batteries à durée de stockage plus longue et d'autres technologies de stockage seront nécessaires pour éviter les réductions délibérées de production d'énergie renouvelable, tout en offrant des avantages supplémentaires, comme l'arbitrage énergétique, l'écrêtement des pointes, l'adéquation de la capacité, l'absorption du surplus d'énergie renouvelable et la gestion de la congestion du réseau. Cependant, l'attention se porte désormais sur des batteries avec des durées de stockage variables et plus longues. Nouveau venu sur le marché européen du stockage de l'énergie, Mitsubishi Power a annoncé avec Ion Renewables la mise en service en 2024 d'un projet de BESS de 185,5 MW/371 MWh, dans une zone industrielle désaffectée, qui offrira une durée de deux heures. Le premier projet de batterie de stockage d'énergie pendant quatre heures est aussi en cours de construction à Cushaling, dans le comté d'Offaly. Cohabitant avec le parc éolien de 55,8 MW de Cushaling, le BESS de 20 MW de Statkraft stockera l'énergie éolienne pendant les périodes de faible demande pour limiter les réductions délibérées de production et réduire le dispatching, puis redistribuera cette électricité lors des pics de demande. Le système est conçu pour fournir jusqu'à 20 MW pendant quatre heures maximum et doit aider à assurer la stabilité du réseau EirGrid. Il sera connecté au réseau en 2024 et sera une collaboration entre Fluence Energy Ireland et Statkraft.

Pour atteindre leurs objectifs ambitieux de réduction du CO₂ et diminuer leur dépendance aux combustibles fossiles importés, les Pays-Bas se concentrent résolument sur le développement de systèmes de stockage d'énergie par batterie. Ce changement de stratégie est essentiel pour répondre aux déficits de capacité du réseau et se mettre en conformité avec les objectifs mondiaux de développement durable. Lors d'une évolution politique majeure le 9 juin 2023, le ministre du Climat et de l'Énergie a présenté la feuille de route pour le stockage de l'énergie à la Chambre néerlandaise



des représentants. Celle-ci trace les grandes lignes des évolutions attendues dans le stockage de l'énergie aux Pays-Bas jusqu'en 2035 et au-delà, en donnant une vision à long terme de la stratégie énergétique du pays. Elle inclut diverses solutions de stockage d'énergie, notamment sous forme d'électricité, de molécules ou de chaleur. Ces différentes formes de stockage sont considérées comme essentielles pour assurer une flexibilité suffisante au système énergétique néerlandais, qui s'appuie de plus en plus sur des sources d'énergie intermittentes comme le solaire et l'éolien. Les principaux éléments de la feuille de route incluent une analyse de l'état actuel des solutions de stockage de l'énergie aux Pays-Bas, un inventaire des actions nécessaires à la réussite du déploiement des technologies de stockage de l'énergie jusqu'en 2035, et une analyse détaillée des choix politiques opérés pour le Plan national pour le système énergétique (NPE). Le

gouvernement néerlandais a engagé la somme considérable de 416,6 millions d'euros pour la construction de batteries à l'échelle industrielle. Le gestionnaire de réseau de transport néerlandais TenneT a souligné le besoin de BESS à grande échelle pour fournir 9 GW de capacité d'ici 2030. Ce besoin est né de plusieurs défis rencontrés par le réseau électrique où des projets de BESS allant de 70 MW à 500 MW pourraient servir de réserves FRR et FCR (cf. encadré). Ces systèmes pourraient, en outre, aider au transport de l'électricité sur le réseau et offrir de la flexibilité à travers divers contrats et une gestion de la congestion du réseau qui s'appuie sur le marché.

En parallèle, TenneT a introduit un nouveau contrat proposant des frais réduits de transmission sur le réseau aux exploitants de batteries, avec des remises allant jusqu'à 65%, pour les encourager à contribuer à limiter la congestion du réseau.

En modélisant la quantité des diverses applications des BESS, TenneT prévoit que d'ici 2030, 2,2 GW de batteries de VE, 4,2 GW de batteries résidentielles et 3,7 GW de batteries solaires photovoltaïques seront installés pour améliorer la flexibilité du réseau, en plus des 9 GW des systèmes de stockage à l'échelle du réseau. SemperPower avance à grands pas avec le projet Pollux, son troisième projet de stockage énergétique à grande échelle prévu pour entrer en service en 2023. Les projets Pollux et Castor, tous deux en construction, afficheront une capacité de 30 MW chacun. Ils comptent parmi les plus gros du nord-ouest de l'Europe et sont directement connectés au réseau Stedin. Ce sont des projets centraux pour la stabilité à long terme et l'intégration plus rapide des énergies renouvelables sur le marché néerlandais de l'électricité.

RWE, une entreprise d'énergie renouvelable allemande, a donné son feu vert à un important projet de stockage d'énergie de 35 MW à Eemshaven, avec un investissement d'environ 24 millions d'euros. La construction de ce projet qui inclut l'installation de 110 supports de batteries lithium-ion devrait démarrer fin 2023. Le système devrait ensuite commencer à fournir de l'énergie de réglage à partir de 2025. Cette installation de stockage sur batterie, qui peut fonctionner à sa capacité installée pendant plus d'une heure, constitue une composante clé de la stratégie de RWE pour intégrer le profil de génération intermittente d'énergie du parc éolien offshore OranjeWind dans le système énergétique néerlandais. Les projets néerlandais utilisent non seulement la technologie des batteries, mais aussi la technologie de stockage d'énergie à air comprimé éprouvée par le projet de Caes de 320 MW de Groningue. La Caes de Groningue, entreprise commune entre Eneco et Corre Energy, marque une avancée significative pour le stockage d'énergie de longue durée. Le projet a obtenu un financement de l'Italian Efficiency Fund en juin 2023 et devrait être achevé d'ici 2026. Il représente une approche innovante pour stocker l'électricité excédentaire sous forme d'air comprimé qui peut ensuite être utilisé pour générer de l'électricité lors des pics de demande, avec la possibilité de se décharger à pleine capacité pendant une durée maximum de 84 heures. Le développement et la diversification des technologies de stockage aux Pays-Bas sont également illustrés par le projet de stockage par batterie Giga Buffalo installé en 2022 près du centre de recherche et d'essai de l'université de Wageningen à Lelystad. Avec une capacité

de 25 MW et 48 MWh, ce projet fait partie du réseau intelligent (« smart grid ») Windnet et est directement connecté aux parcs éoliens de la zone. Il s'agit du premier projet de stockage de l'énergie à grande échelle en Europe reposant sur une solution de batterie lithium fer phosphate (LFP) connue pour ses caractéristiques de sécurité et son utilisation durable des ressources. La batterie de Giga Buffalo utilise l'apprentissage machine (« machine learning ») et l'analyse de données pour optimiser ses performances. Elle peut être activée rapidement, ce qui en fait un élément agile de la stabilisation du réseau.

En République tchèque, les projets de stockage d'énergie en batterie jouent un rôle charnière pour l'amélioration de la stabilité du réseau et le soutien à la transition du pays vers des sources d'énergie propres. Le présent article regroupe des informations sur les principaux projets de stockage d'énergie en batterie entrepris par différents organismes, comme Cez Esco, le groupe Suas et le groupe Decci. Ces projets représentent des étapes importantes pour le paysage énergétique de la République tchèque et sont mus par l'objectif commun de renforcer la stabilité du réseau énergétique en anticipant la réduction de la production d'électricité par des moyens conventionnels et en accroissant la génération d'énergie renouvelable intermittente. Cez Esco, une filiale du groupe Cez, se lance dans un projet ambitieux pour construire une batterie de 10 MW à Vítkovice. Cette batterie se composera de six conteneurs et participera à la stabilisation du réseau national en offrant des services d'équilibrage du courant, principalement en tant que réserve primaire de stabilisation de la fréquence. Les prestataires du projet incluent Cez Energetické služby et IBG Cesko : deux acteurs expérimentés en matière de systèmes de batteries. Cette initiative suit la stratégie « Clean Energy Tomorrow » (une énergie propre pour demain) de Cez, qui vise à construire des installations de stockage de l'énergie pour une capacité cumulée de 300 MW d'ici 2030.

Le groupe Suas, fort de son expérience avec la centrale au charbon de Sokolovská, a terminé une grosse installation de stockage d'énergie en batterie en République tchèque, près de Královský Porčí et Sokolov. Cette installation se divise en deux branches identiques, chacune certifiée pour fournir 2,5 MW pour des services d'équilibrage du courant. L'ensemble du projet, de la sélection jusqu'au branchement sur le réseau, s'est déroulé en seulement sept mois. Ce projet innovant illustre l'implication du groupe Decci pour atteindre

les objectifs climatiques nationaux et faire avancer le pays en matière d'énergie propre. Le groupe Decci, connu pour son engagement en faveur des ressources renouvelables, a lancé la construction d'une source d'énergie hybride de 30 MW à Vracnany. Cette ressource hybride combinera un système de stockage d'énergie par batterie de 20 MW et des turbines à combustion de 30 MW issues d'aéronefs ayant la possibilité d'utiliser de l'hydrogène vert comme futur carburant.

Le projet de stockage Elsea (European Large Scale Energy Accumulation) vise à créer une installation de stockage de l'énergie par batterie en Slovaquie, avec une capacité maximale de 384 MW qui permette une génération annuelle d'électricité de 252 GWh. Comprenant un réseau de 12 sites interconnectés, il devrait devenir l'une des plus grandes installations à batterie d'Europe. Sa conception s'adapte aux besoins du marché de l'énergie régionale, participe significativement au fonctionnement du système, réduit la congestion du réseau et améliore la fiabilité de la fourniture d'électricité. En Slovaquie, ZSE Energia, a. s., sert de promoteur au projet, avec une mise en service prévue pour le dernier trimestre 2035. Le projet de stockage d'énergie de Cierny Váh prévoit la modernisation d'une station de pompage-turbinage (PHS) existante en Slovaquie et l'ajout d'une solution de stockage électrochimique à l'infrastructure. La PHS existante, mise en service en 1982, comprend six générateurs avec des capacités limitées de régulation du réseau. Leur modernisation avec des turbogénérateurs améliorera l'efficacité, tandis que l'ajout d'au moins 70 MW et 105 MWh (net) de stockage en batterie créera un système hybride en combinant des solutions électrochimiques et de pompage-turbinage pour une flexibilité rapide (de - 670 MW à + 730 MW). Slovenské Elektrárne est le promoteur du projet.

Les deux projets sont conçus pour fournir un soutien critique au réseau. Elsea vise à réduire la congestion du réseau, à équilibrer la fourniture d'électricité et à améliorer la fiabilité, tandis que la modernisation de l'installation de Cierny Váh apporte de la flexibilité à travers des services annexes comme la régulation de la fréquence et de la tension, et la possibilité de démarrer de manière autonome. Tous deux partagent aussi l'objectif de réduire l'impact environnemental de la génération d'électricité, très émettrice de CO₂, et soutiennent la transition vers des sources d'énergie plus propres. Ils ont, en outre, le potentiel pour stabiliser les réseaux des pays voisins, avec l'influence positive

d'Elsea pour endiguer les réductions délibérées de production d'énergies renouvelables et la modernisation de l'installation de Cierny Váh qui profitera à la Hongrie, la Pologne et la République tchèque. Elsea possède un Capex estimé à 190 millions d'euros, avec un Opex de 5,8 millions d'euros. Le projet de modernisation de l'installation de Cierny Váh possède en revanche un Capex estimé à 148,8 millions d'euros et un Opex estimé à 0,63 million d'euros par an. Elsea devrait être mis en service au dernier trimestre 2035 alors que l'installation de Cierny Váh devrait quant à elle entrer en service en 2031.

Le stockage d'énergie en batterie ne joue pas un rôle important dans le secteur énergétique de la Pologne, principalement en raison de ses coûts élevés par rapport à des unités conventionnelles. On prévoit toutefois une hausse de la rentabilité des projets de stockage de l'énergie proportionnelle à la volatilité des prix de l'électricité. Le groupe PGE, une compagnie d'électricité, a reçu un accord réglementaire pour construire un système de stockage d'énergie par batterie conséquent de 200 MW/820 MWh appelé Chest (Commercial Hybrid Energy Storage) qui utilisera des batteries lithium-ion. PGE a pour objectif de terminer ce projet d'ici à 2030. Le projet Chest s'intégrera facilement à la station de pompage-turbinage (PHES) de 716 MW/3 600 MWh située à Zarnowiec. Cette installation intégrée aidera à stabiliser la génération d'électricité issue des parcs éoliens voisins et le groupe PGE aura l'autorisation de développer de grands parcs éoliens à proximité de ces deux sites. Un projet de démonstration de réseau intelligent (« smart grid ») sur le parc éolien de 24 MW de Bystra combinera des batteries lithium-ion à haute puissance avec des batteries au plomb de grande capacité. Ce système atténuera non seulement le caractère intermittent de la production des éoliennes, mais protégera également le réseau électrique contre des problèmes de surcharge des lignes de transmission et de distribution lors des pannes de réseau. Il pourrait assumer plusieurs fonctions, comme assurer l'arbitrage énergétique, s'adapter aux variations de la demande en électricité et faire office de réserve de fréquence. Pour mettre en œuvre le projet de démonstration de réseau intelligent (« smart grid »), Nedo, l'organisation japonaise pour le développement des énergies nouvelles et des technologies industrielles, a réuni un consortium d'entreprises. Showa Denko Materials a fourni une batterie au lithium (1 MW/0,47 MWh) et 5 batteries au plomb (5 MW/26,9 MWh), tandis qu'Hitachi a

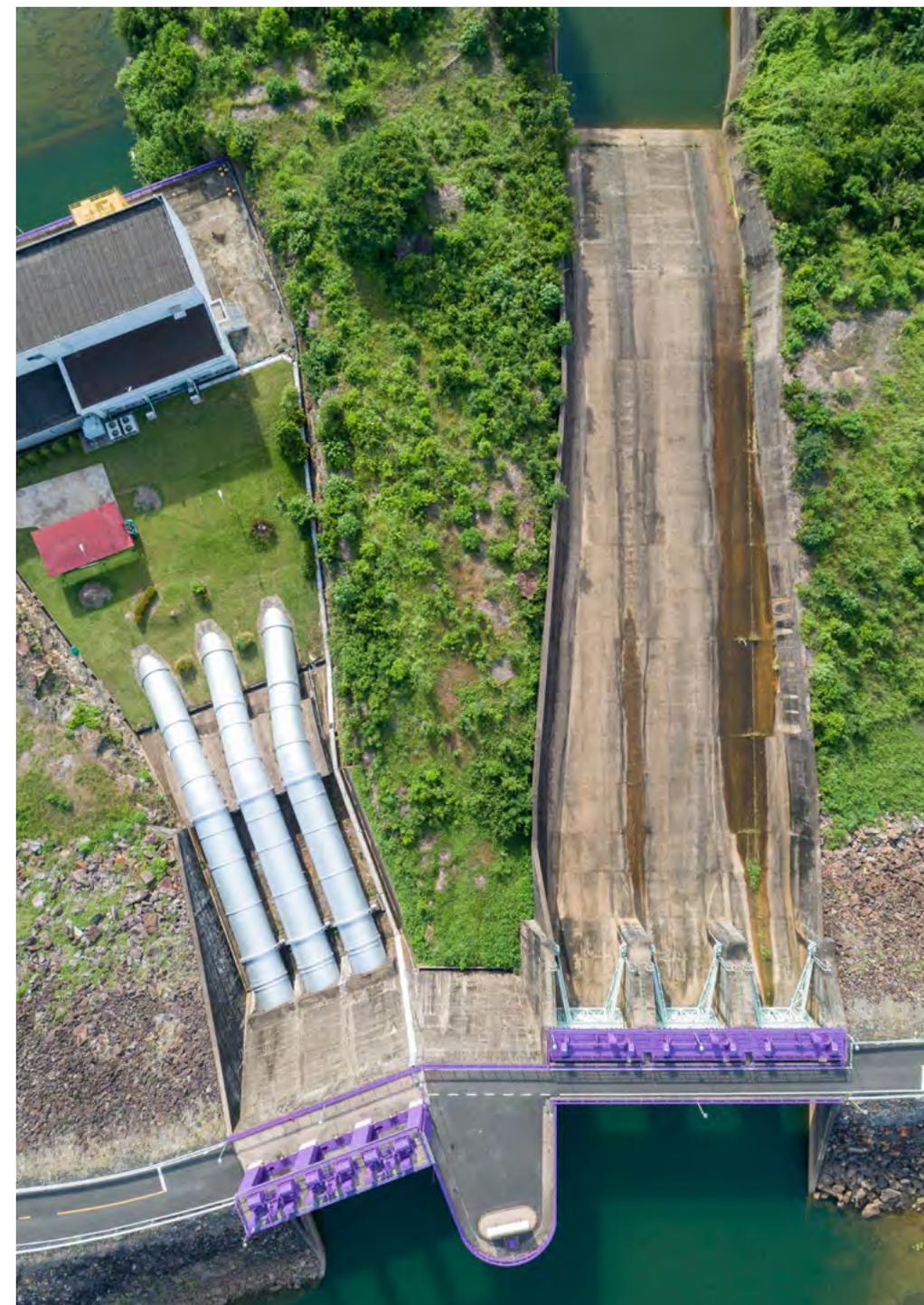
fourni le système de régulation de la distribution pour le système de stockage d'énergie par batterie. Hitachi ABB Power Grids a fourni des équipements pour le système de conversion de puissance de 6 MW. En outre, des partenaires locaux du projet, comme le gestionnaire de réseau de transport Polskie Sieci Elektroenergetyczne (PSE) et la compagnie de distribution d'électricité Energa, s'impliquent activement et PSE supervise le système hybride.

Des contrats à long terme ont été attribués pour des ressources énergétiques lors d'enchères sur le marché de capacité pour 2027 lancées par PSE. Des projets de stockage sur batterie d'Hynfra Energy Storage et d'OX₂ ont par exemple décroché des contrats grâce à ces enchères. Les contrats attribués suite à ces enchères concordent avec les conclusions d'un nouveau rapport publié par EY et la Polish Electricity Association intitulé « Polish Energy Transition Path ». Ce texte souligne que, comme la Pologne a pour objectif d'ajouter plus de solutions de stockage d'énergie en ligne, il est crucial d'équilibrer l'offre et la demande d'énergie tout en maintenant la stabilité du réseau, en particulier avec l'intégration croissante de ressources en énergies renouvelables intermittentes. Il recommande d'attribuer des contrats pour le stockage de l'énergie dans le marché de capacité de manière à soutenir le secteur.

La France reste l'un des plus gros acteurs de l'Union européenne en matière de stockage de l'énergie. Elle dispose d'une capacité de 5,6 GW de stockage opérationnel d'énergie, la majeure partie provenant du pompage-turbinage (5,1 GW, soit 91%). Cependant, au moins 431 MW de stockage électrochimique, principalement des batteries Li-ion, ont été mis en ligne au cours des deux dernières années. En 2022, RTE (le gestionnaire de réseau de transport français) a terminé Ringo, le premier système de gestion automatique à grande échelle qui connecte trois sites de stockage: Vingeanne-Jalacourt dans l'est de la France (capacité de stockage de 12 MW), Bellac dans l'ouest de la France (10 MW) et Ventavon dans les Alpes (10 MW). Ce projet est innovant du fait de sa capacité à capturer des données numériques en temps réel pour un pilotage à distance, mais aussi de sa capacité à absorber le surplus de production et à injecter de l'électricité si nécessaire. Pour le poste électrique de Ventavon dans les Hautes-Alpes, Equans et Blue Solutions collaborent afin d'utiliser des batteries lithium métal polymère (LMP) de nouvelle génération, aussi appelées

batteries « tout solide », dans le cadre du projet Ringo. Avec une capacité de 10 MW pour deux heures, cette batterie non inflammable réduit les risques d'incendie et constitue donc une solution plus sûre que le stockage électrochimique. Les sites sont des points de convergence de plusieurs lignes électriques qui fonctionnent comme un entonnoir pour concentrer les productions hydroélectriques, éoliennes et photovoltaïques locales. Le cadre expérimental requiert une stricte neutralité sur le fonctionnement du marché de l'électricité, ce qui signifie que lorsqu'un ou deux sites sont en charge, les autres doivent déstocker la capacité équivalente pour ne pas affecter l'équilibre national entre l'offre et la demande. Ce projet est conçu de manière à gérer la production de manière intelligente et flexible sur le réseau.

TotalEnergies collabore avec Saft pour installer l'un des plus gros projets de batterie en France, à Dunkerque. Cette batterie composée de 27 conteneurs peut stocker une puissance de 61 MW et possède une capacité de stockage de 61 MWh. Elle fonctionne comme une réserve FCR pour maintenir la stabilité du réseau et stabiliser le caractère intermittent des renouvelables, notamment pour un nouveau parc éolien offshore prévu pour 2026. Par une approche d'ensemble, NW Groupe a installé environ 185 conteneurs Jbox en France au cours des deux dernières années. Chacun d'eux fournit 1 MW de stockage en réserve primaire capable de s'activer sous 15 à 30 secondes en cas de déséquilibre ou de fluctuations de fréquence sur le réseau. Ces conteneurs de 12 mètres de long sont connectés au réseau, certifiés par RTE et contiennent des batteries Li-ion recyclées ou en fin de vie. Le cumul des installations combiné à leur dissémination dans tout le pays permet d'offrir des réserves régionales. Le groupe Renault, par l'intermédiaire de son projet Advanced Battery Storage, a connecté un système de stockage d'énergie par batterie de 70 MW à Douai, en utilisant des batteries de véhicules d'occasion. À la fin de sa vie dans l'automobile, la batterie garde de la valeur et peut servir de solution de stockage fixe. Ce projet offre une approche innovante de réemploi et de recyclage des batteries. ■



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 2021 et 2022

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;

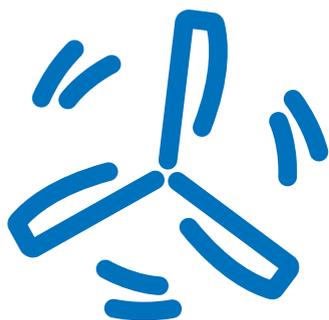
- les données relatives à l'emploi présentées dans les différents chapitres se réfèrent à l'emploi brut. Les évolutions dans les secteurs des énergies non renouvelables ou la réduction des dépenses dans d'autres secteurs ne sont pas prises en compte;
- les données relatives à l'emploi comprennent à la 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 2022, la capacité éolienne nette raccordée dans l'Union européenne a augmenté d'environ 15 GW (14 900 MW), principalement grâce à l'activité à terre. La capacité éolienne offshore a augmenté à 963 MW, marquant ainsi une progression de 6,4 % par rapport à 2021. Ces chiffres expliquent la hausse notable du nombre d'emplois dans tout le secteur. Avec un total de 273 500 emplois identifiés, EurObserv'ER estime que l'emploi a significativement progressé dans l'Union européenne en 2022 (62 000 emplois de plus qu'en 2021). Ce phénomène s'accompagne d'une augmentation du chiffre d'affaires (9,2 milliards d'euros) et de la valeur ajoutée brute (3,9 milliards d'euros). Alors que l'éolien a connu une baisse importante de son chiffre d'affaires dans nos estimations pour 2021, l'inversion de cette tendance en 2022 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 Finlande, la France et la Suède se distinguent par la croissance relative importante de

leur capacité installée. La Finlande a enregistré une augmentation remarquable de 74 % de sa capacité éolienne terrestre installée en 2022 et se place désormais dans le top 10 des pays de l'UE pour la capacité installée. Cette hausse s'explique par l'engagement ferme de la Finlande en faveur des énergies propres, activement soutenu par des mesures incitatives et des politiques gouvernementales¹. La France et la Suède ont également connu une croissance significative, avec une augmentation respective de 12 % et 21 % de leur capacité installée en 2022, principalement dans de nouvelles installations à terre. Dans le même temps, l'Allemagne, leader européen de l'industrie éolienne, est passée de 69 200 emplois en 2021 à 85 600 en 2022, 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 23 000 emplois en 2021 à 37 100 en 2022. Dans l'ensemble, aucun des États membres n'a enregistré de baisse

considérable dans sa capacité installée en 2022.

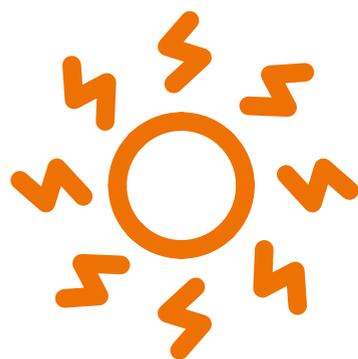
Cette hausse de la capacité éolienne souligne l'engagement collectif de l'Europe pour une transition vers des sources d'énergie renouvelable qui stimule la croissance économique et réduit les émissions de carbone. Il est important de noter que ces chiffres positifs arrivent après le déclin général constaté en 2021 et illustrent la résilience et la capacité à rebondir de la filière en Europe. ■

1. A. Symons. (12 janvier 2023). «Finland: Wind power increased by 75% last year, boosting energy security and climate goals». Euronews. <https://www.euronews.com/green/2023/01/12/finland-wind-power-increased-by-75-last-year-boosting-energy-security-and-climate-goals>

Emploi et chiffre d'affaires

	Emplois (directs et indirects)		Chiffre d'affaires (en millions d'euros)		Valeur ajoutée brute directe (en millions d'euros)	
	2021	2022	2021	2022	2021	2022
Allemagne	69 200	85 600	11 710	14 180	5 110	6 220
Espagne	23 000	37 100	3 320	4 970	1 440	2 120
France	14 500	36 500	2 460	5 910	970	2 400
Danemark	31 900	22 600	6 670	5 030	2 760	1 990
Suède	14 100	16 800	2 700	3 220	1 360	1 620
Finlande	4 400	13 800	780	2 360	340	1 020
Pologne	8 600	13 700	690	1 050	300	460
Pays-Bas	10 500	11 400	1 670	1 840	680	760
Italie	6 100	9 100	1 050	1 470	450	620
Lituanie	2 200	4 400	110	200	50	100
Portugal	7 200	4 200	570	380	230	160
Belgique	2 000	4 000	440	860	170	330
Irlande	1 600	2 800	310	480	130	200
Autriche	2 000	2 600	380	490	160	210
Grèce	6 600	2 500	630	290	280	140
Roumanie	2 000	2 200	170	190	80	80
Tchéquie	600	800	60	70	20	30
Hongrie	700	800	40	60	20	20
Lettonie	200	700	10	40	< 10	10
Bulgarie	700	600	50	40	20	20
Croatie	2 600	600	160	50	70	20
Estonie	300	200	30	20	10	10
Chypre	100	100	10	10	< 10	< 10
Luxembourg	100	100	10	20	< 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	211 500	273 500	34 060	43 260	14 710	18 590

Source: EurObserv'ER.



PHOTOVOLTAÏQUE

Dans l'ensemble, EurObserv'ER souligne des retombées socio-économiques importantes de la filière photovoltaïque en 2022, avec 40,8 milliards d'euros de chiffre d'affaires (contre 27,6 milliards d'euros en 2021), 17 180 millions d'euros de valeur ajoutée brute (contre 11 480 millions d'euros en 2021) et 346 900 équivalents temps plein (une hausse significative de 48% par rapport à 2021). Cette croissance est corrélée à la hausse de 19% de la capacité photovoltaïque totale installée dans l'UE (195 GW). Les 36,5 GW de capacité supplémentaire installée en 2022 dépassent les 22 GW d'augmentation observés en 2021 et contribuent aussi à la hausse des chiffres de l'emploi. Le suivi réalisé par EurObserv'ER indique une croissance remarquable du photovoltaïque et des indicateurs socio-économiques dans la plupart des États membres en 2021, avec une augmentation significative du chiffre d'affaires (13,2 milliards d'euros) et de la valeur ajoutée brute (5,5 milliards d'euros) prévue pour 2022. L'Allemagne reste au premier rang des employeurs dans la filière photovoltaïque de l'Union européenne

avec 87 100 emplois (contre 56 000 en 2021) découlant d'une augmentation importante de 36,5 GWc de capacité nouvelle installée en 2022 (plus de sept fois les 5 GWc installés en 2021). La Pologne se place à la deuxième place des employeurs du secteur en 2022 avec 33 400 emplois et enregistre une augmentation remarquable de 59% de la capacité installée (12,2 GWc) grâce à des changements politiques et à la dynamique du marché. Le passage de la Pologne au système de comptage et de facturation nette en avril 2022 associé aux prix élevés de l'électricité et à l'émergence d'un segment industriel du marché a généré un chiffre d'affaires de 3,1 milliards d'euros¹. D'autres pays ont aussi beaucoup augmenté leur capacité de production, avec le Portugal qui a notamment atteint le GW de production pour la première fois et enregistré une croissance de 54% de la filière qui a créé quelque 12 000 emplois. Par ailleurs, des pays comme le Danemark, la Hongrie et la Suède ont enregistré une croissance de plus de 50% de leur capacité de production pour un total combiné de 34 900 nouveaux emplois.

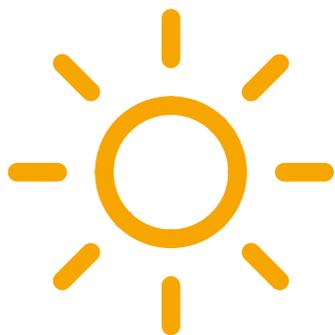
Cette croissance exponentielle de la capacité photovoltaïque montre que l'Europe s'appuie de plus en plus sur l'énergie solaire pour traverser les crises énergétique et climatique, et souligne le rôle central de l'énergie solaire pour promouvoir une Europe plus sûre, plus écologique et plus prospère. ■

1. E. Bellini (13 juillet 2022). « Poland's transition from net metering to net billing ». PV Magazine International. <https://www.pv-magazine.com/2022/07/13/polands-transition-from-net-metering-to-net-billing/>

Emploi et chiffre d'affaires

	Emplois (directs et indirects)		Chiffre d'affaires (en millions d'euros)		Valeur ajoutée brute directe (en millions d'euros)	
	2021	2022	2021	2022	2021	2022
Allemagne	56 000	87 100	8 440	13 070	3 750	5 810
Pologne	35 200	44 100	2 470	3 100	1 000	1 260
Espagne	25 400	36 300	2 680	3 830	1 170	1 670
Pays-Bas	21 700	30 000	3 150	4 340	1 190	1 640
Italie	15 100	26 500	2 170	3 740	830	1 460
France	23 300	20 500	3 350	2 930	1 380	1 200
Hongrie	2 300	19 500	140	1 100	50	460
Grèce	7 000	12 700	570	1 030	230	410
Portugal	7 200	12 000	390	640	150	250
Danemark	3 500	10 500	700	2 000	280	810
Tchéquie	2 200	7 700	180	560	60	200
Bulgarie	1 800	7 600	100	380	30	140
Autriche	5 000	6 600	880	1 170	380	500
Lituanie	1 500	5 100	70	220	30	110
Suède	3 100	4 900	530	850	250	400
Finlande	2 000	3 500	410	690	160	270
Roumanie	1 900	2 900	130	200	50	70
Belgique	4 300	2 200	840	430	300	150
Slovénie	100	2 200	10	160	< 10	60
Estonie	2 500	1 600	180	120	70	40
Chypre	600	1 000	50	90	20	30
Croatie	< 100	1 000	< 10	60	< 10	20
Lettonie	100	500	< 10	30	< 10	10
Irlande	300	300	50	40	20	20
Luxembourg	500	300	70	40	30	20
Slovaquie	200	200	20	20	10	10
Malte	200	100	10	10	10	< 10
Total UE 27	223 100	346 900	27 610	40 850	11 480	17 030

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 3,4 milliards d'euros le chiffre d'affaires du secteur, avec 26 700 emplois concernés en 2022. Une baisse considérable du chiffre d'affaires du secteur (1,8 milliard d'euros) est prévue pour 2022, ce qui contraste avec l'augmentation enregistrée en 2021. Les niveaux d'emploi devraient également baisser à 11 600, ce qui contraste également avec les chiffres de 2021.

La majeure partie de la chute importante du nombre d'emplois provient du ralentissement de la croissance de la capacité installée en Allemagne qui a connu une augmentation relativement faible (3 %) en 2022 par rapport à l'augmentation de 12 % enregistrée en 2021. Cette baisse a fortement affecté l'emploi en Allemagne, avec près de 10 500 emplois en moins par rapport aux estimations, même si le pays arrive toujours en tête 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 1,8 milliard d'euros par rapport à 2021) et la valeur ajoutée brute (moins 790 millions d'euros). Le Danemark a enregistré une croissance significative en 2021 et a aussi connu un ralentissement en 2022 avec 1 200 emplois en moins.

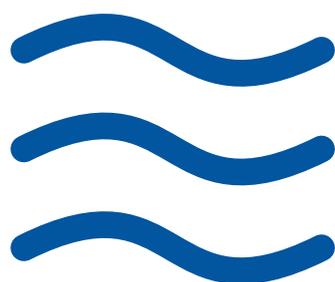
Parmi les pays qui ont développé leur capacité solaire thermique en 2022, la Grèce est celui avec la plus grosse croissance relative du nombre d'emplois dans le solaire thermique, avec une augmentation de 26 % par rapport à 2021, pour un total de 2 900 emplois créés. L'Espagne reste le deuxième plus gros acteur européen du secteur, avec un total de 6 000 emplois et des revenus atteignant 900 millions d'euros, légèrement au-dessus des niveaux de 2021. Cette augmentation s'appuie sur un marché du solaire thermique national qui a repris sa croissance en 2022 après s'être fortement contracté en 2021. 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 d'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. En 2022, aucun nouveau déploiement héliothermodynamique n'a été enregistré dans l'UE. ■

Emploi et chiffre d'affaires

	Emplois (directs et indirects)		Chiffre d'affaires (en millions d'euros)		Valeur ajoutée brute directe (en millions d'euros)	
	2021	2022	2021	2022	2021	2022
Allemagne	17 000	6 500	2 590	960	1 130	420
Espagne	5 400	6 000	840	900	410	430
Grèce	2 300	2 900	210	260	80	90
Pologne	2 800	2 000	200	140	70	50
Autriche	1 900	1 800	360	340	150	150
Italie	1 500	1 800	200	240	80	90
Bulgarie	1 300	1 400	60	70	20	20
France	1 500	1 400	220	210	90	80
Portugal	800	700	40	30	10	10
Danemark	1 500	300	290	60	110	20
Chypre	300	200	20	20	10	10
Tchéquie	200	200	10	10	< 10	10
Belgique	100	100	10	10	< 10	< 10
Croatie	100	100	< 10	10	< 10	< 10
Hongrie	400	100	20	< 10	10	< 10
Pays-Bas	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
Roumanie	< 100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 10
Slovénie	< 100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 10
Total UE 27	38 300	26 700	5 200	3 390	2 320	1 530

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. En outre, la variation annuelle de la capacité installée dépend du raccordement de nouvelles unités, mais aussi de l'augmentation de la puissance moyenne mise en service en fonction des conditions climatiques ou des besoins énergétiques d'un pays. Comme les données relatives uniquement

aux nouvelles capacités ne sont pas disponibles, il est possible d'avoir une surestimation pour certains pays.

Le Portugal a enregistré la plus grosse capacité nouvellement installée en 2021 (environ 965 MW). Cette augmentation substantielle s'explique par la finalisation de l'une des plus grosses centrales hydroélectriques du pays. L'achèvement de la station de pompage-turbinage de 880 MW d'Iberdrola sur le complexe de stockage d'énergie de Tâmega, dans le nord du Portugal, a joué un rôle clé dans cette augmentation. Le complexe de Tâmega, en construction depuis 2014, a récemment atteint une étape importante avec le raccordement des premières turbines en 2022¹. Au vu de l'échelle et de la durée du projet, il est raisonnable d'estimer que le pic du nombre d'emplois (+ 37 300 en 2021) devrait s'étaler sur les huit dernières années de construction et développement. Cela est également vrai pour le pic du chiffre d'affaires (2,2 milliards d'euros) et de valeur ajoutée brute (900 millions d'euros) de l'hydroélectricité portugaise.

Les estimations pour l'Autriche, la Belgique, l'Italie et la Bulgarie affichent également une augmentation de capacité et du nombre d'emplois. La France a, en revanche, enregistré une baisse considérable de 11 700 emplois en 2022, en raison du fort ralentissement de sa capacité installée en 2022 (baisse de 328 MW par rapport à 2021). Cela s'explique par la chute de 22 % de la production d'hydroélectricité principalement due à une sécheresse prononcée, comme indiqué dans les résultats préliminaires de 2022².

Le niveau d'emploi global a gagné 29 800 ETP dans l'Union européenne, pour atteindre 78 600 emplois dans l'hydroélectricité. Une hausse similaire est observée pour le chiffre d'affaires total, estimé à 7,5 milliards d'euros. Le chiffre d'affaires

1. A. Colthorpe (2022, February 3). « Iberdrola's 880 MW pumped hydro plant in Portugal to go online in mid-2022 ». *Energy-Storage.News*.
2. « EDF's power generation in France reached a record low in 2022 » (2023, January 17). *Enerdata*.

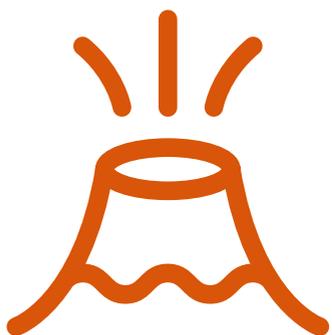
Emploi et chiffre d'affaires

	Emplois (directs et indirects)		Chiffre d'affaires (en millions d'euros)		Valeur ajoutée brute directe (en millions d'euros)	
	2021	2022	2021	2022	2021	2022
Portugal	2 700	40 000	160	2 210	60	900
Allemagne	4 700	7 300	720	1 110	320	490
Italie	6 300	6 700	910	950	350	370
Autriche	4 500	6 200	810	1 100	340	470
France	15 500	3 800	2 220	560	920	220
Espagne	4 000	3 600	460	420	210	190
Suède	2 100	2 000	380	380	180	180
Bulgarie	800	1 600	50	90	20	30
Roumanie	1 400	1 200	110	100	40	30
Grèce	900	800	80	80	30	30
Tchéquie	1 400	700	100	50	40	20
Croatie	600	700	40	50	10	20
Pologne	500	700	40	60	20	20
Lettonie	500	500	30	30	10	10
Slovaquie	500	500	40	40	20	10
Finlande	500	400	90	70	40	30
Slovénie	400	400	30	30	10	10
Belgique	200	300	40	70	10	20
Lituanie	300	300	10	10	10	10
Luxembourg	200	200	30	30	10	10
Estonie	< 100	100	< 10	10	< 10	< 10
Hongrie	200	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
Malte	< 100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 10
Pays-Bas	< 100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 10
Total UE 27	48 800	78 600	6 420	7 510	2 720	3 140

Source : EurObserv'ER.

le plus élevé peut être observé au Portugal, en Autriche, en Allemagne et en Italie. Dans les pays où aucune nouvelle capacité n'a été ajoutée en 2021, les estimations de chiffre d'affaires et d'emploi découlent des activités d'exploitation et de maintenance et centrales hydroélectriques existantes. Celles-ci sont les plus élevées dans les pays possédant les plus gros parcs hydroélectriques. ■





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 140 millions d'euros pour atteindre 770 millions d'euros et le nombre d'emplois a également chuté à 6 200 en 2022 (contre 7 300 auparavant).

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 2022, la plus grande augmentation de capacité en géothermie de chauffage a été observée en France (de 670 MWth à 719 MWth), en Italie (de 180 MWth à 200 MWth) et en Pologne (de 137 MWth à 155 MWth). La France est le premier employeur de la filière géothermie, avec un chiffre d'affaires de 190 millions d'euros et 1 200 emplois en 2022. L'Italie arrive juste derrière, en tant qu'acteur historiquement important de la filière, avec 1 200 emplois et un chiffre d'affaires de 180 millions d'euros qui s'expliquent par sa capacité existante significative en matière de génération d'électricité et de chauffage.

L'Allemagne et les Pays-Bas se classent en troisième et quatrième positions en Europe, avec un chiffre d'affaires de 60 millions d'euros pour tous les deux et respectivement 400 et 300 emplois. En 2022, le secteur polonais de la géothermie a toutefois enregistré la perte de 800 emplois, soit une baisse de 66 % par rapport à 2021. ■



Emploi et chiffre d'affaires

	Emplois (directs et indirects)		Chiffre d'affaires (en millions d'euros)		Valeur ajoutée brute directe (en millions d'euros)	
	2021	2022	2021	2022	2021	2022
France	800	1 200	130	190	50	70
Italie	1 000	1 200	160	180	60	70
Hongrie	500	500	30	30	10	10
Allemagne	700	400	110	60	50	30
Pologne	1 200	400	90	30	30	10
Pays-Bas	1 000	300	170	60	60	20
Portugal	< 100	200	< 10	10	< 10	< 10
Autriche	100	100	20	20	10	10
Roumanie	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
Slovénie	< 100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 10
Slovaquie	< 100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 10
Total UE 27	7 300	6 200	910	770	470	420

Source : EurObserv'ER.



POMPES À CHALEUR

Après une baisse du chiffre d'affaires industriel et de l'emploi dans toute l'UE en 2021, le secteur des pompes à chaleur devrait connaître une hausse importante de ces deux indicateurs en 2022. La modélisation se traduit par un chiffre d'affaires global estimé à 57 milliards d'euros (en hausse de 5,2 milliards d'euros) et un niveau d'emploi de 416 200 personnes (+ 38 900 emplois par rapport à 2021). Avec ces résultats, les pompes à chaleur sont devenues la première filiale d'énergie renouvelable de l'Union européenne en matière d'emploi, devant le 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.

Bien qu'une grande partie des pompes à chaleur vendues et installées en Europe soit toujours fabriquée dans l'UE, la demande pour ces équipements semble

avoir augmenté plus rapidement en 2022 que la capacité de production, ce qui a entraîné une augmentation des importations de pompes à chaleur et de pièces détachées en provenance de pays extérieurs. L'augmentation moyenne de 14% du nombre de pompes à chaleur en service dans l'Union européenne justifie cependant une telle augmentation des importations et a stimulé le marché en 2022. Les résultats de la modélisation reflètent cela dans les niveaux d'emploi et de chiffre d'affaires locaux. La chaîne de valeur et la création de pompes à chaleur restent un exemple positif de la manière dont les énergies renouvelables contribuent non seulement à réduire les émissions et la dépendance à l'égard des combustibles fossiles importés (voir le chapitre sur l'utilisation évitée des combustibles fossiles), mais également à promouvoir la prospérité économique dans les États membres.

La plus forte hausse dans l'estimation du nombre de personnes employées par le secteur a été observée en France (2,5 milliards d'euros et 15 700 emplois),

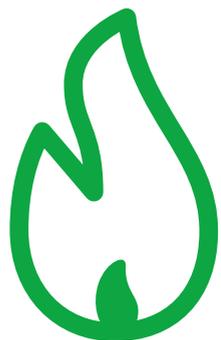
principalement du fait de l'augmentation du nombre de pompes à chaleur installées en France en 2022 par rapport à 2021. Les Pays-Bas (1,1 milliard d'euros et 7 000 emplois), l'Allemagne (0,7 milliard d'euros et 4 500 emplois) et la Suède (0,7 milliard d'euros et 3 400 emplois) sont d'autres pays qui enregistrent une hausse notable de l'emploi et du chiffre d'affaires estimé.

La forte augmentation de ses estimations pour 2022 renforce la place de numéro un de l'Italie en matière d'emploi (135 400 emplois) et de chiffre d'affaires (19,5 milliards d'euros) dans la filière des pompes à chaleur (refroidissement et chauffage). La France, l'Espagne, le Portugal et l'Allemagne, désormais rejoints par les Pays-Bas, restent des acteurs importants avec plus de 20 000 personnes employées dans le secteur. ■

Emploi et chiffre d'affaires

	Emplois (directs et indirects)		Chiffre d'affaires (en millions d'euros)		Valeur ajoutée brute directe (en millions d'euros)	
	2021	2022	2021	2022	2021	2022
Italie	141 300	135 400	20 650	19 530	7 900	7 530
France	64 600	80 300	9 760	12 250	3 950	4 960
Espagne	33 600	32 200	3 860	3 720	1 600	1 540
Allemagne	27 400	31 900	4 370	5 090	1 890	2 200
Pays-Bas	20 100	27 100	3 230	4 340	1 180	1 580
Portugal	22 500	24 900	1 290	1 430	480	530
Suède	15 000	18 300	2 850	3 520	1 260	1 540
Pologne	8 200	11 700	580	820	220	320
Finlande	7 700	8 900	1 380	1 600	560	640
Grèce	5 500	6 000	570	630	220	240
Belgique	4 200	5 100	870	1 050	310	380
Lituanie	2 500	4 500	110	200	60	100
Tchéquie	1 900	4 200	160	350	50	120
Danemark	3 700	4 200	710	800	290	330
Slovaquie	3 100	3 600	240	300	90	110
Autriche	2 600	3 100	480	570	200	240
Malte	3 100	3 100	250	250	100	100
Slovénie	2 800	2 600	230	210	90	80
Hongrie	1 800	2 500	110	150	40	50
Estonie	2 300	2 400	170	180	60	60
Irlande	1 200	1 700	170	240	70	100
Roumanie	1 100	1 300	70	80	30	30
Bulgarie	700	800	40	40	10	10
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	377 300	416 200	52 190	57 390	20 700	22 830

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 2022, la production d'énergie primaire issue du biogaz dans l'Union européenne est restée relativement stable par rapport à 2021. La main-d'œuvre employée dans le biogaz a légèrement augmenté, totalisant 49 300 emplois en

2022, soit un gain de 2 200 emplois à plein temps par rapport à 2021. Le secteur a réalisé un chiffre d'affaires de 5,8 milliards d'euros, en légère hausse par rapport aux 5,5 milliards d'euros enregistrés l'année précédente. La valeur ajoutée brute a augmenté dans l'Union européenne en parallèle à la hausse de chiffre d'affaires dans la filière. Les niveaux d'emploi estimés pour l'Italie, la Grèce et la France ont

tous augmenté de 900 à 1 400 équivalents temps plein par rapport à 2021, mais la main-d'œuvre en Allemagne reste la plus importante du secteur avec 23 200 emplois. Le chiffre d'affaires de la filière affiche également une hausse dans tous ces pays. L'Italie arrive en deuxième place, avec un chiffre d'affaires de 890 millions d'euros et 7 700 emplois. ■



Nature Energy Biogas

Emploi et chiffre d'affaires

	Emplois (directs et indirects)		Chiffre d'affaires (en millions d'euros)		Valeur ajoutée brute directe (en millions d'euros)	
	2021	2022	2021	2022	2021	2022
Allemagne	24 200	23 200	3 320	3 180	1 500	1 440
Italie	6 300	7 700	690	890	360	440
Tchéquie	3 400	3 600	230	240	90	100
France	2 600	3 500	350	470	140	200
Pologne	2 600	2 300	140	110	50	40
Grèce	700	2 000	40	150	20	60
Espagne	1 300	1 200	130	130	60	60
Hongrie	400	600	20	30	10	10
Croatie	800	500	50	40	20	20
Pays-Bas	500	500	90	80	40	30
Roumanie	< 100	500	< 10	30	< 10	10
Autriche	400	400	60	60	30	30
Belgique	400	400	100	110	30	40
Lettonie	500	400	20	20	10	10
Portugal	500	400	30	20	10	10
Slovaquie	500	400	40	40	20	20
Bulgarie	300	300	20	20	10	10
Danemark	300	300	60	60	20	20
Lituanie	300	300	20	10	10	10
Chypre	100	100	10	10	< 10	< 10
Finlande	300	100	30	20	10	10
Irlande	100	100	20	20	10	10
Luxembourg	100	100	10	< 10	< 10	< 10
Suède	100	100	10	10	10	< 10
Slovénie	100	100	10	10	< 10	< 10
Estonie	< 100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 10
Malte	< 100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 10
Total UE 27	47 100	49 300	5 530	5 790	2 520	2 640

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 le secteur agricole. Le secteur européen des biocarburants a vu sa croissance ralentir légèrement en 2022 (EurObserv'ER y englobe le biodiesel, le bioéthanol et le biogaz pour les transports). Malgré ce ralentissement, le secteur est toutefois parvenu à augmenter modérément sa capacité. La consommation globale de biocarburants a augmenté de 5,2% entre 2021 et 2022, atteignant 17 900 ktep (+ 878 ktep). 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 européenne a atteint 11,9 milliards d'euros (140 millions d'euros de moins qu'en 2021), tandis que le niveau d'emploi a baissé, passant de 148 300 à 145 700 emplois en 2022. Les biocarburants restent le cinquième plus gros créateur d'emploi dans les énergies renouvelables au sein de l'UE, derrière les pompes à

chaleur, le solaire photovoltaïque, la biomasse solide et l'éolien. 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 Pologne (22 100 emplois pour un chiffre d'affaires de 1,01 milliard d'euros) arrive numéro un en matière d'emploi dans les biocarburants, tandis que la Roumanie (16 900 emplois pour un chiffre d'affaires de 700 millions d'euros) et la Hongrie (16 100 emplois et 960 millions d'euros) se classent troisième et quatrième, juste derrière la France, en deuxième position pour le nombre d'emplois dans l'Union européenne en 2022. En revanche, la majeure partie de la création de valeur intervient dans la production, ce qui explique pourquoi le chiffre d'affaires est si élevé dans les États membres disposant

de très grosses installations de biocarburant (par exemple la France, avec 2,3 milliards d'euros). En 2022, la France était aussi le deuxième consommateur de biocarburants en Europe, derrière l'Allemagne. Elle se classe aussi deuxième en matière d'emploi dans le secteur avec 19 000 personnes employées, et associe une base agricole vitale à 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 1,3 milliard d'euros, avec un niveau d'emploi en légère baisse qui occupe 13 100 personnes. Le chiffre d'affaires généré par les biocarburants est resté stable en Allemagne (1,8 milliard d'euros) et le niveau d'emploi n'a en conséquence pas évolué avec 12 400 personnes employées en 2022. ■

Emploi et chiffre d'affaires

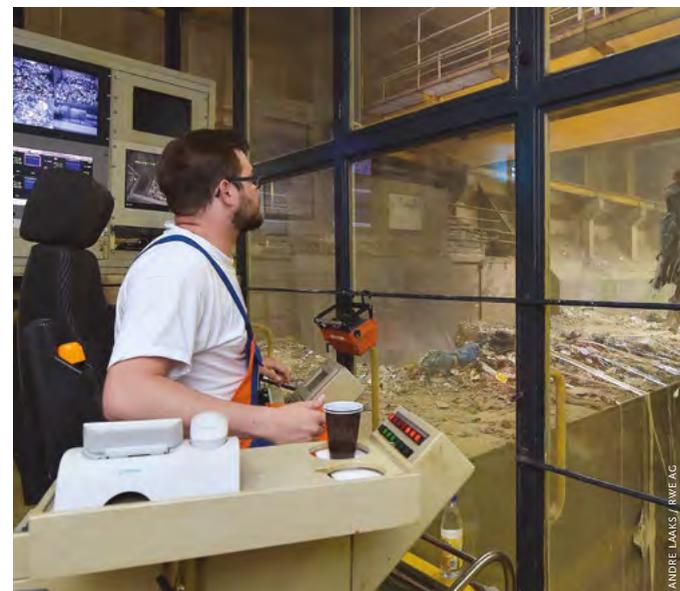
	Emplois (directs et indirects)		Chiffre d'affaires (en millions d'euros)		Valeur ajoutée brute directe (en millions d'euros)	
	2021	2022	2021	2022	2021	2022
Pologne	21 400	21 500	970	980	370	370
Hongrie	17 000	20 400	980	1 180	470	570
France	18 800	19 000	2 250	2 290	950	970
Roumanie	17 800	16 600	740	690	340	320
Espagne	13 500	13 100	1 340	1 300	700	680
Allemagne	12 400	12 800	1 770	1 820	790	810
Suède	7 300	7 300	450	450	190	200
Lituanie	7 200	6 800	350	330	150	140
Italie	5 700	5 700	590	590	300	300
Slovaquie	4 400	4 300	360	350	160	160
Tchéquie	4 300	4 200	280	270	110	110
Lettonie	3 300	3 100	170	150	50	50
Bulgarie	3 100	3 000	200	190	70	70
Autriche	2 600	2 500	390	380	180	170
Grèce	2 600	2 300	130	110	60	60
Belgique	1 600	1 700	430	450	160	170
Croatie	1 600	1 500	100	90	50	40
Pays-Bas	1 200	1 200	270	260	110	110
Finlande	1 000	1 000	150	150	60	60
Irlande	300	600	40	90	20	40
Estonie	400	300	20	10	10	< 10
Portugal	300	300	40	40	10	10
Chypre	< 100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 10
Danemark	< 100	< 100	10	10	< 10	< 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	148 300	149 700	12 070	12 220	5 360	5 470

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 les secteurs des énergies renouvelables de l'Union européenne. EurObserv'ER estime son chiffre d'affaires à 2,4 milliards d'euros en 2021, avec une valeur ajoutée brute de 1,1 milliard d'euros. Avec 13 300 équivalents temps plein directs et indirects, on constate une perte de 1 200 emplois par rapport à 2021. Celle-ci s'explique par un ralentissement de la croissance de la filière qui n'a pratiquement enregistré aucune évolution de sa capacité entre 2021 et 2022. En outre, une baisse de la capacité a été observée dans plusieurs pays leaders, comme en Allemagne et en Italie, qui s'est traduite par une stagnation de l'emploi en Allemagne et la perte de 400 emplois en Italie.



Par rapport à 2021, les baisses les plus importantes ont été enregistrées en Pologne (- 1 800 emplois) et en Autriche (- 1 100 emplois), et s'expliquent par le ralentissement de la croissance de leur capacité qui avait considérablement augmenté en 2021. En parallèle, on observe une hausse significative dans les estimations de la Belgique: 130 millions d'euros et 600 emplois

en plus. Selon la modélisation d'EurObserv'ER, l'Allemagne est le premier acteur en termes de retombées socio-économiques, avec 760 millions d'euros de chiffre d'affaires et 3 900 emplois dans le secteur. L'Italie arrive en deuxième position avec une main-d'œuvre estimée à 1 300 personnes et un chiffre d'affaires de 230 millions d'euros pour ce secteur en 2022. ■

Emploi et chiffre d'affaires

	Emplois (directs et indirects)		Chiffre d'affaires (en millions d'euros)		Valeur ajoutée brute directe (en millions d'euros)	
	2021	2022	2021	2022	2021	2022
Allemagne	3 900	3 900	750	760	330	340
Italie	1 700	1 300	300	230	120	90
France	1 300	1 200	240	230	90	90
Suède	800	1 100	200	270	90	130
Belgique	300	900	70	200	30	80
Pays-Bas	800	900	160	180	70	80
Portugal	200	600	20	50	10	20
Danemark	300	400	90	100	40	40
Espagne	300	400	50	60	20	30
Hongrie	100	400	10	30	< 10	10
Estonie	< 100	300	10	20	< 10	10
Autriche	1 300	200	240	40	100	20
Finlande	200	200	50	60	20	30
Irlande	100	200	20	30	10	20
Lituanie	100	100	< 10	10	< 10	< 10
Pologne	1 900	100	130	10	60	10
Bulgarie	< 100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 10
Chypre	< 100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 10
Tchéquie	100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 10
Grèce	< 100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 10
Croatie	< 100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 10
Luxembourg	100	< 100	30	< 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	14 500	13 300	2 480	2 390	1 130	1 120

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 essentiellement canalisée vers la production de chaleur.

La consommation d'énergie issue de biocarburants solides a enregistré une légère baisse dans l'Union européenne en 2022, après avoir connu une croissance record en 2021. Cette baisse correspond à une chute de la consommation de 3,9 Mtep (de 104,2 à 100,3 Mtep). Les chiffres de 2021 s'expliquent par un hiver plus rude en 2021 et par l'augmentation du prix des combustibles fossiles au cours du deuxième semestre, qui a rendu la biomasse combustible plus compétitive. Une légère baisse de la consommation était donc attendue mais, même ainsi, les chiffres de 2022 sont bien supérieurs à ceux de 2020 (94,2 Mtep). Suivant la même logique, la production d'électricité et de chaleur à partir de biocarburants solides a significativement progressé en 2021, pour passer respectivement en 2022 de 90 GWh à 87,6 GWh (- 2,6%) et de 13,1 Mtep à 12,2 Mtep (- 7%). Ces diminutions ont eu un impact sur les résultats socio-économiques de la filière, avec une estimation de 331 700 personnes employées en

2022 (baisse de 22 100 par rapport à 2021) et un chiffre d'affaires de 36,1 milliards d'euros (baisse de 2,3 milliards d'euros par rapport à 2021). Après la forte hausse enregistrée par les filières des pompes à chaleur et du solaire en 2022, les biocarburants solides ont perdu leur place de leader et constituent la troisième plus grosse source d'énergie renouvelable en 2021 d'après les indicateurs socio-économiques. En termes de chiffre d'affaires, la biomasse est désormais la quatrième filière, derrière les pompes à chaleur, l'éolien et le solaire photovoltaïque. 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, en particulier quand environ 98% de la biomasse combustible utilisée par la filière provient de pays de l'UE. En 2022, les importations hors UE ne représentaient que 2,2% de la consommation totale. Concernant les pays, la Suède arrive en tête avec le chiffre

Emploi et chiffre d'affaires

	Emplois (directs et indirects)		Chiffre d'affaires (en millions d'euros)		Valeur ajoutée brute directe (en millions d'euros)	
	2021	2022	2021	2022	2021	2022
Allemagne	41 300	40 300	5 990	5 650	3 100	2 980
Pologne	46 900	33 400	2 160	1 350	910	590
France	24 900	30 500	3 840	4 620	1 810	2 120
Suède	22 900	29 600	4 590	5 840	1 940	2 490
Espagne	17 400	26 400	1 060	2 060	520	930
Italie	21 100	23 600	1 670	2 160	910	1 080
Tchéquie	15 900	16 400	940	990	340	360
Lettonie	17 700	15 000	890	760	340	290
Finlande	19 200	14 300	4 560	3 660	2 750	2 310
Portugal	8 700	13 300	790	1 040	460	560
Hongrie	12 100	12 300	480	500	190	190
Croatie	10 400	10 100	380	370	190	180
Roumanie	8 700	10 000	420	520	180	220
Autriche	9 800	9 800	2 070	2 080	950	950
Lituanie	9 200	7 900	320	270	150	130
Estonie	8 300	7 700	780	750	300	290
Slovaquie	5 400	7 600	340	500	170	230
Pays-Bas	23 300	6 200	3 610	890	1 440	430
Bulgarie	12 200	6 100	530	250	210	100
Danemark	12 900	5 400	2 180	880	900	360
Belgique	1 000	2 400	400	690	120	230
Irlande	2 100	1 600	200	140	90	60
Slovénie	1 100	900	90	80	50	40
Grèce	800	600	90	70	30	30
Chypre	100	100	< 10	< 10	< 10	< 10
Luxembourg	300	100	50	20	20	10
Malte	< 100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 10
Total UE 27	353 800	331 700	38 450	36 160	18 090	17 180

Source : EurObserv'ER.

d'affaires le plus élevé (5,8 milliards d'euros) mais arrive en quatrième place des employeurs de la filière biomasse avec 29 600 emplois. L'Allemagne, auparavant première en matière de chiffre d'affaires, occupe désormais la deuxième place avec 5,8 milliards d'euros, mais reste en tête pour l'emploi (40 300 emplois). La Pologne, l'un des pays les plus agricoles de l'UE, emploie 33 400 personnes, alors que le chiffre d'affaires du secteur est significativement inférieur (1,3 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. ■



CONCLUSION

L'équipe 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 1,69 million de personnes sont directement ou indirectement employées dans le secteur des énergies renouvelables de l'Union européenne. Cela représente une augmentation brute de 222 100 emplois (15 %) entre 2021 et 2022.
- 20 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 (299 000 emplois, 18 % des emplois de l'UE dans les énergies renouvelables), l'Italie (219 000 emplois, 13 %), la France (197 900 emplois, 12 %), l'Espagne (156 400 emplois, 9 %) et la Pologne (129 900 emplois, 8 %).
- Les plus fortes croissances estimées de l'emploi ont été observées au Portugal (+ 46 400 nouveaux emplois, soit + 92 % comme précédemment expliqué, principalement en raison de la mise en service d'une grosse centrale hydroélectrique en 2022), en Allemagne (+ 42 200 emplois, soit + 16 %) et en Espagne (+ 32 400 emplois, soit + 26 %). Les plus fortes baisses ont été observées au Danemark (- 10 400 emplois, soit - 19 %), en Lettonie (- 2 100 emplois, soit - 9 %) et en Croatie (- 1 700 emplois, soit - 10 %).

- Le secteur des pompes à chaleur (416 200 emplois, 25 % du total de l'UE) a une nouvelle fois décroché le titre de premier employeur, devant le solaire photovoltaïque (346 900 emplois, 20 %) et la biomasse solide (331 700 emplois, 20 %). La plus forte hausse de l'emploi a été enregistrée dans le secteur du solaire photovoltaïque, avec 123 800 emplois supplémentaires (+ 55 %), suivi de l'éolien, qui a vu la création de 62 000 emplois (+ 29 %). Des augmentations ont également été enregistrées dans l'hydroélectricité, les biocarburants, les pompes à chaleur et le biogaz. Elles contrebalancent le déclin du solaire thermique, de la géothermie, des déchets urbains renouvelables et des biocarburants solides.

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 2022 à 210 milliards d'euros, ce qui représente une croissance brute d'environ 24,8 milliards d'euros par rapport à 2021 (+ 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 (45,9 milliards d'euros), l'Italie (30 milliards d'euros), la France (29,6 milliards d'euros), l'Espagne (17,4 milliards d'euros) et la Suède (14,6 milliards d'euros). Les quatre premiers sont également ceux qui ont les meilleures valeurs ajoutées, devant les Pays-Bas.
- Les plus fortes hausses de chiffre d'affaires, selon la modélisation d'EurObserv'ER, ont été observées en Allemagne (+ 6,1 milliards d'euros), en France (+ 4,8 milliards d'euros) et en Espagne (+ 3,6 milliards d'euros). Les plus fortes baisses ont été enregistrées

au Danemark (- 1,8 milliard d'euros) et aux Pays-Bas (- 0,4 milliard d'euros).

- Les principales filières renouvelables en termes de chiffre d'affaires sont les pompes à chaleur avec 57,4 milliards d'euros, suivies de l'éolien avec 43,3 milliards d'euros et du solaire photovoltaïque avec 40,8 milliards d'euros. Ces secteurs sont aussi ceux qui ont les meilleures valeurs ajoutées brutes : 22,8 milliards d'euros pour les pompes à chaleur, 18,6 milliards d'euros pour l'éolien et 17,2 milliards d'euros pour le photovoltaïque. ■

EMPLOIS 2021

	Total	Pompes à chaleur	Biomasse solide	Photovoltaïque	Éolien	Biocarburants	Hydro-électricité	Biogaz	Solaire thermique	Déchets renouvelables	Géothermie
Allemagne	256 800	27 400	41 300	56 000	69 200	12 400	4 700	24 200	17 000	3 900	700
Italie	206 100	141 300	21 100	15 100	6 100	5 700	6 300	6 300	1 500	1 700	1 000
France	167 800	64 600	24 900	23 300	14 500	18 800	15 500	2 600	1 500	1 300	800
Pologne	129 300	8 200	46 900	35 200	8 600	21 400	500	2 600	2 800	1 900	1 200
Espagne	124 000	33 600	17 400	25 400	23 000	13 500	4 000	1 300	5 400	300	< 100
Pays-Bas	79 300	20 100	23 300	21 700	10 500	1 200	< 100	500	100	800	1 000
Suède	65 600	15 000	22 900	3 100	14 100	7 300	2 100	100	100	800	< 100
Danemark	54 400	3 700	12 900	3 500	31 900	< 100	< 100	300	1 500	300	< 100
Portugal	50 200	22 500	8 700	7 200	7 200	300	2 700	500	800	200	< 100
Finlande	35 500	7 700	19 200	2 000	4 400	1 000	500	300	100	200	< 100
Hongrie	35 500	1 800	12 100	2 300	700	17 000	200	400	400	100	500
Roumanie	33 300	1 100	8 700	1 900	2 000	17 800	1 400	< 100	100	< 100	100
Autriche	30 200	2 600	9 800	5 000	2 000	2 600	4 500	400	1 900	1 300	100
Tchéquie	30 100	1 900	15 900	2 200	600	4 300	1 400	3 400	200	100	< 100
Grèce	26 600	5 500	800	7 000	6 600	2 600	900	700	2 300	< 100	< 100
Lituanie	23 500	2 500	9 200	1 500	2 200	7 200	300	300	< 100	100	< 100
Lettonie	22 700	< 100	17 700	100	200	3 300	500	500	< 100	< 100	< 100
Bulgarie	21 100	700	12 200	1 800	700	3 100	800	300	1 300	< 100	< 100
Croatie	16 500	< 100	10 400	< 100	2 600	1 600	600	800	100	< 100	< 100
Slovaquie	14 500	3 100	5 400	200	< 100	4 400	500	500	100	< 100	< 100
Estonie	14 300	2 300	8 300	2 500	300	400	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100
Belgique	14 200	4 200	1 000	4 300	2 000	1 600	200	400	100	300	< 100
Irlande	6 000	1 200	2 100	300	1 600	300	100	100	100	100	< 100
Slovénie	5 000	2 800	1 100	100	< 100	< 100	400	100	< 100	< 100	< 100
Malte	4 100	3 100	< 100	200	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100
Chypre	1 700	< 100	100	600	100	< 100	< 100	100	300	< 100	< 100
Luxembourg	1 700	< 100	300	500	100	< 100	200	100	< 100	100	< 100
Total UE 27	1 470 000	377 300	353 800	223 100	211 500	148 300	48 800	47 100	38 300	14 500	7 300

Source: EurObserv'ER.

EMPLOIS 2022

	Total	Pompes à chaleur	Biomasse solide	Photovoltaïque	Éolien	Biocarburants	Hydro-électricité	Biogaz	Solaire thermique	Déchets renouvelables	Géothermie
Allemagne	299 000	31 900	87 100	40 300	85 600	12 800	7 300	23 200	6 500	3 900	400
Italie	219 000	135 400	26 500	23 600	9 100	5 700	6 700	7 700	1 800	1 300	1 200
France	197 900	80 300	20 500	30 500	36 500	19 000	3 800	3 500	1 400	1 200	1 200
Espagne	156 400	32 200	36 300	26 400	37 100	13 100	3 600	1 200	6 000	400	< 100
Pologne	129 900	11 700	44 100	33 400	13 700	21 500	700	2 300	2 000	100	400
Portugal	96 600	24 900	12 000	13 300	4 200	300	40 000	400	700	600	200
Suède	80 300	18 300	4 900	29 600	16 800	7 300	2 000	100	100	1 100	< 100
Pays-Bas	77 800	27 100	30 000	6 200	11 400	1 200	< 100	500	100	900	300
Hongrie	57 200	2 500	19 500	12 300	800	20 400	100	600	100	400	500
Danemark	44 000	4 200	10 500	5 400	22 600	< 100	< 100	300	300	400	< 100
Finlande	42 400	8 900	3 500	14 300	13 800	1 000	400	100	< 100	200	< 100
Tchéquie	38 000	4 200	7 700	16 400	800	4 200	700	3 600	200	< 100	< 100
Roumanie	35 000	1 300	2 900	10 000	2 200	16 600	1 200	500	< 100	< 100	100
Autriche	33 300	3 100	6 600	9 800	2 600	2 500	6 200	400	1 800	200	100
Grèce	30 000	6 000	12 700	600	2 500	2 300	800	2 000	2 900	< 100	< 100
Lituanie	29 600	4 500	5 100	7 900	4 400	6 800	300	300	< 100	100	< 100
Bulgarie	21 600	800	7 600	6 100	600	3 000	1 600	300	1 400	< 100	< 100
Lettonie	20 600	< 100	500	15 000	700	3 100	500	400	< 100	< 100	< 100
Belgique	17 200	5 100	2 200	2 400	4 000	1 700	300	400	100	900	< 100
Slovaquie	17 000	3 600	200	7 600	< 100	4 300	500	400	100	< 100	< 100
Croatie	14 800	< 100	1 000	10 100	600	1 500	700	500	100	< 100	< 100
Estonie	12 900	2 400	1 600	7 700	200	300	100	< 100	< 100	300	< 100
Irlande	7 600	1 700	300	1 600	2 800	600	100	100	< 100	200	< 100
Slovénie	6 700	2 600	2 200	900	< 100	< 100	400	100	< 100	< 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	100	200	< 100	< 100
Luxembourg	1 300	< 100	300	100	100	< 100	200	100	< 100	< 100	< 100
Total UE 27	1 692 100	416 200	346 900	331 700	273 500	149 700	78 600	49 300	26 700	13 300	6 200

Source : EurObserv'ER.

CHIFFRE D'AFFAIRES 2021 (EN M€)

	Total	Pompes à chaleur	Biomasse solide	Éolien	Photovoltaïque	Biocarburants	Hydro-électricité	Biogaz	Solaire thermique	Déchets renouvelables	Géothermie
Allemagne	39 770	4 370	5 990	11 710	8 440	1 770	720	3 320	2 590	750	110
Italie	28 390	20 650	1 670	1 050	2 170	590	910	690	200	300	160
France	24 820	9 760	3 840	2 460	3 350	2 250	2 220	350	220	240	130
Espagne	13 750	3 860	1 060	3 320	2 680	1 340	460	130	840	50	< 10
Pays-Bas	12 370	3 230	3 610	1 670	3 150	270	< 10	90	10	160	170
Suède	11 730	2 850	4 590	2 700	530	450	380	10	10	200	10
Danemark	10 730	710	2 180	6 670	700	10	< 10	60	290	90	10
Finlande	7 470	1 380	4 560	780	410	150	90	30	10	50	< 10
Pologne	7 470	580	2 160	690	2 470	970	40	140	200	130	90
Autriche	5 690	480	2 070	380	880	390	810	60	360	240	20
Portugal	3 340	1 290	790	570	390	40	160	30	40	20	< 10
Belgique	3 210	870	400	440	840	430	40	100	10	70	< 10
Grèce	2 340	570	90	630	570	130	80	40	210	< 10	< 10
Tchéquie	1 980	160	940	60	180	280	100	230	10	< 10	< 10
Hongrie	1 840	110	480	40	140	980	10	20	20	10	30
Roumanie	1 680	70	420	170	130	740	110	< 10	10	< 10	10
Estonie	1 230	170	780	30	180	20	< 10	< 10	< 10	10	< 10
Lettonie	1 170	< 10	890	10	< 10	170	30	20	< 10	< 10	< 10
Slovaquie	1 080	240	340	< 10	20	360	40	40	10	< 10	< 10
Bulgarie	1 070	40	530	50	100	200	50	20	60	< 10	< 10
Lituanie	1 020	110	320	110	70	350	10	20	< 10	< 10	< 10
Irlande	840	170	200	310	50	40	10	20	10	20	< 10
Croatie	780	< 10	380	160	< 10	100	40	50	< 10	< 10	< 10
Slovénie	420	230	90	< 10	10	< 10	30	10	< 10	< 10	< 10
Malte	340	250	< 10	< 10	10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Luxembourg	240	< 10	50	10	70	< 10	30	10	< 10	30	< 10
Chypre	150	< 10	< 10	10	50	< 10	< 10	10	20	< 10	< 10
Total UE 27	184 920	52 190	38 450	34 060	27 610	12 070	6 420	5 530	5 200	2 480	910

Source: EurObserv'ER.

CHIFFRE D'AFFAIRES 2022 (EN M€)

	Total	Pompes à chaleur	Biomasse solide	Éolien	Photovoltaïque	Biocarburants	Hydro-électricité	Biogaz	Solaire thermique	Déchets renouvelables	Géothermie
Allemagne	45 880	5 090	14 180	13 070	5 650	1 820	1 110	3 180	960	760	60
Italie	29 980	19 530	1 470	3 740	2 160	590	950	890	240	230	180
France	29 660	12 250	5 910	2 930	4 620	2 290	560	470	210	230	190
Espagne	17 400	3 720	4 970	3 830	2 060	1 300	420	130	900	60	< 10
Suède	14 560	3 520	3 220	850	5 840	450	380	10	10	270	10
Pays-Bas	12 010	4 340	1 840	4 340	890	260	< 10	80	10	180	60
Danemark	8 960	800	5 030	2 000	880	10	< 10	60	60	100	10
Finlande	8 630	1 600	2 360	690	3 660	150	70	20	10	60	< 10
Pologne	7 650	820	1 050	3 100	1 350	980	60	110	140	10	30
Autriche	6 250	570	490	1 170	2 080	380	1 100	60	340	40	20
Portugal	5 850	1 430	380	640	1 040	40	2 210	20	30	50	10
Belgique	3 880	1 050	860	430	690	450	70	110	10	200	< 10
Hongrie	3 100	150	60	1 100	500	1 180	< 10	30	< 10	30	30
Grèce	2 640	630	290	1 030	70	110	80	150	260	< 10	< 10
Tchéquie	2 560	350	70	560	990	270	50	240	10	< 10	< 10
Roumanie	1 840	80	190	200	520	690	100	30	< 10	< 10	10
Slovaquie	1 290	300	< 10	20	500	350	40	40	10	< 10	< 10
Lituanie	1 270	200	200	220	270	330	10	10	< 10	10	< 10
Estonie	1 140	180	20	120	750	10	10	< 10	< 10	20	< 10
Bulgarie	1 100	40	40	380	250	190	90	20	70	< 10	< 10
Irlande	1 070	240	480	40	140	90	10	20	10	30	< 10
Lettonie	1 070	< 10	40	30	760	150	30	20	< 10	< 10	< 10
Croatie	700	< 10	50	60	370	90	50	40	10	< 10	< 10
Slovénie	540	210	< 10	160	80	< 10	30	10	< 10	< 10	< 10
Malte	340	250	< 10	10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Chypre	190	< 10	10	90	< 10	< 10	< 10	10	20	< 10	< 10
Luxembourg	170	10	20	40	20	< 10	30	< 10	< 10	< 10	< 10
Total UE 27	209 730	57 390	43 260	40 850	36 160	12 220	7 510	5 790	3 390	2 390	770

Source: EurObserv'ER.

VALEUR AJOUTÉE BRUTE DIRECTE 2021 (EN M€)

	Total	Pompes à chaleur	Biomasse solide	Éolien	Photovoltaïque	Biocarburants	Hydro-électricité	Biogaz	Solaire thermique	Déchets renouvelables	Géothermie
Allemagne	17 970	1 890	3 100	5 110	3 750	790	320	1 500	1 130	330	50
Italie	11 360	7 900	910	450	830	300	350	360	80	120	60
France	10 350	3 950	1 810	970	1 380	950	920	140	90	90	50
Espagne	6 140	1 600	520	1 440	1 170	700	210	60	410	20	< 10
Suède	5 300	1 260	1 940	1 360	250	190	180	10	10	90	< 10
Pays-Bas	4 790	1 180	1 440	680	1 190	110	< 10	40	< 10	70	60
Danemark	4 430	290	900	2 760	280	< 10	< 10	20	110	40	< 10
Finlande	3 960	560	2 750	340	160	60	40	10	< 10	20	< 10
Pologne	3 030	220	910	300	1 000	370	20	50	70	60	30
Autriche	2 500	200	950	160	380	180	340	30	150	100	10
Portugal	1 430	480	460	230	150	10	60	10	10	10	< 10
Belgique	1 150	310	120	170	300	160	10	30	< 10	30	< 10
Grèce	970	220	30	280	230	60	30	20	80	< 10	< 10
Hongrie	820	40	190	20	50	470	< 10	10	10	< 10	10
Roumanie	760	30	180	80	50	340	40	< 10	< 10	< 10	< 10
Tchéquie	740	50	340	20	60	110	40	90	< 10	< 10	< 10
Slovaquie	510	90	170	< 10	10	160	20	20	< 10	< 10	< 10
Estonie	500	60	300	10	70	10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Lituanie	490	60	150	50	30	150	10	10	< 10	< 10	< 10
Lettonie	470	< 10	340	< 10	< 10	50	10	10	< 10	< 10	< 10
Bulgarie	410	10	210	20	30	70	20	10	20	< 10	< 10
Croatie	390	< 10	190	70	< 10	50	10	20	< 10	< 10	< 10
Irlande	380	70	90	130	20	20	< 10	10	< 10	10	< 10
Slovénie	220	90	50	< 10	< 10	< 10	10	< 10	< 10	< 10	< 10
Malte	190	100	< 10	< 10	10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Luxembourg	130	< 10	20	< 10	30	< 10	10	< 10	< 10	10	< 10
Chypre	110	< 10	< 10	< 10	20	< 10	< 10	< 10	10	< 10	< 10
Total UE 27	79 500	20 700	18 090	14 710	11 480	5 360	2 720	2 520	2 320	1 130	470

Source: EurObserv'ER.

VALEUR AJOUTÉE BRUTE DIRECTE 2022 (EN M€)

	Total	Pompes à chaleur	Biomasse solide	Éolien	Photovoltaïque	Biocarburants	Hydro-électricité	Biogaz	Solaire thermique	Déchets renouvelables	Géothermie
Allemagne	20 740	2 200	6 220	2 980	5 810	810	490	1 440	420	340	30
France	12 310	4 960	2 400	2 120	1 200	970	220	200	80	90	70
Italie	12 050	7 530	620	1 080	1 460	300	370	440	90	90	70
Espagne	7 660	1 540	2 120	930	1 670	680	190	60	430	30	< 10
Suède	6 590	1 540	1 620	2 490	400	200	180	< 10	< 10	130	< 10
Pays-Bas	4 670	1 580	760	430	1 640	110	< 10	30	< 10	80	20
Finlande	4 390	640	1 020	2 310	270	60	30	10	< 10	30	< 10
Danemark	3 600	330	1 990	360	810	< 10	< 10	20	20	40	< 10
Pologne	3 130	320	460	590	1 260	370	20	40	50	10	10
Autriche	2 750	240	210	950	500	170	470	30	150	20	10
Portugal	2 460	530	160	560	250	10	900	10	10	20	< 10
Belgique	1 420	380	330	230	150	170	20	40	< 10	80	< 10
Hongrie	1 340	50	20	190	460	570	< 10	10	< 10	10	10
Grèce	1 080	240	140	30	410	60	30	60	90	< 10	< 10
Tchéquie	970	120	30	360	200	110	20	100	10	< 10	< 10
Roumanie	790	30	80	220	70	320	30	10	< 10	< 10	< 10
Lituanie	630	100	100	130	110	140	10	10	< 10	< 10	< 10
Slovaquie	580	110	< 10	230	10	160	10	20	< 10	< 10	< 10
Irlande	480	100	200	60	20	40	< 10	10	< 10	20	< 10
Estonie	460	60	10	290	40	< 10	< 10	< 10	< 10	10	< 10
Bulgarie	420	10	20	100	140	70	30	10	20	< 10	< 10
Lettonie	420	< 10	10	290	10	50	10	10	< 10	< 10	< 10
Croatie	340	< 10	20	180	20	40	20	20	< 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	89 950	22 830	18 590	17 180	17 030	5 470	3 140	2 640	1 530	1 120	420

Source: EurObserv'ER.

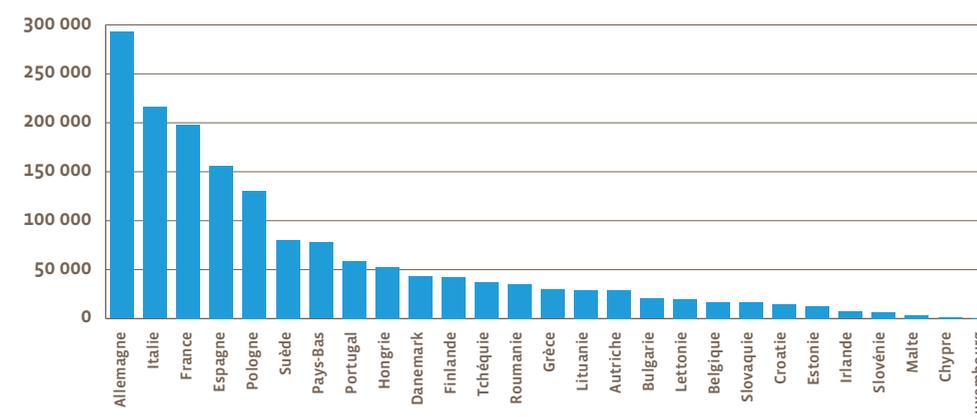
LE DÉVELOPPEMENT DES ÉNERGIES RENOUVELABLES ET SON INFLUENCE SUR LE SECTEUR DES COMBUSTIBLES FOSSILES

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 2023 de « The state of renewable energy in Europe » couvre l'indicateur de l'emploi fossile équivalent remplacé pour tous les États membres de l'Union européenne, pour l'année 2022. 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 effets. Les

graphiques montrent que les effets 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 déployée. 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 déployée 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

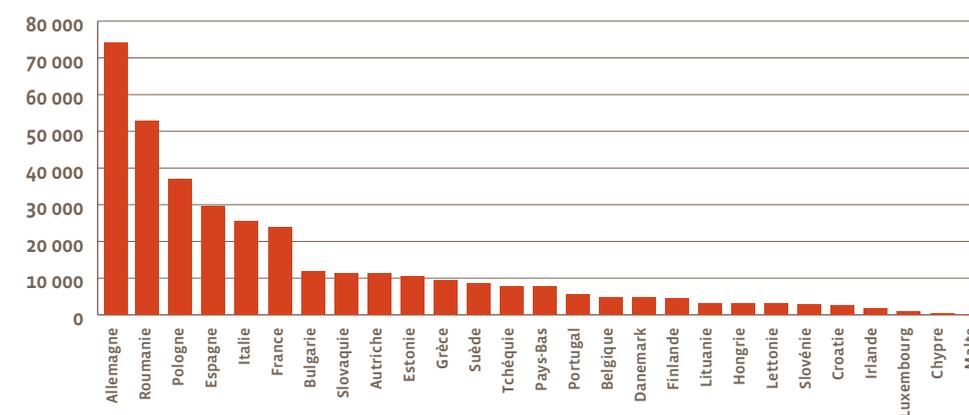
Emplois dans les énergies renouvelables tels que reportés dans les tableaux précédents (données pour 2022)



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 (données pour 2022)



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. C'est sur ces indicateurs d'investissement que s'est concentré EurObserv'ER. 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 le rapport 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. 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. Dans le présent baromètre, les données ont été collectées de différentes manières, en fonction de leurs sources.

Pour les investissements dans l'éolien, le financement d'actifs est tiré de la publication annuelle « Financing and investment trends » de WindEurope qui couvre 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 ne donnent 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 les années suivantes.



Investissement dans les énergies renouvelables

Le rapport «Energy transition investment trends 2023» de Bloomberg indique un investissement dans la transition énergétique de 180 milliards de dollars dans les États membres de l'UE en 2022, en deuxième place derrière la Chine et devant les États-Unis. L'investissement dans la transition énergétique comprend l'investissement 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 et l'Espagne ont respectivement investi 55, 29 et 16 milliards de dollars dans ces technologies bas carbone. Une forte dynamique a été observée sur le marché des véhicules électriques qui a compensé le ralentissement subit

par les renouvelables. En Allemagne et en France, plus de la moitié des investissements ont notamment été dépensés dans la mobilité électrique. L'Allemagne a toutefois massivement investi dans les énergies renouvelables, tandis que la France s'est plus concentrée sur le chauffage électrique. En Italie, le volume d'investissement s'est réparti équitablement entre la mobilité électrique, les énergies renouvelables et le chauffage électrique, 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 2021 et 2022.



ÉOLIEN

Les investissements dans l'éolien ont été fortement affectés par des conditions macroéconomiques défavorables, ce qui a conduit à une augmentation des coûts et a créé un contexte d'investissement incertain. Les investissements dans de nouvelles capacités ont sensiblement chuté en 2022, à la fois dans l'éolien terrestre et offshore, pour atteindre

leur plus bas niveau depuis 2009. Le total des investissements dans la capacité éolienne au sein de l'UE a baissé de 48% : de 28,2 milliards d'euros en 2021 à 14,7 milliards d'euros en 2022. La capacité additionnelle associée a proportionnellement chuté de 18 GW à 11 GW.

La plupart des États membres ont réduit leurs investissements dans

la capacité éolienne en 2022 par rapport à 2021. Malgré une réduction de 70% de ses investissements en 2022, l'Allemagne arrive toujours en tête des investissements dans l'éolien avec 2,4 milliards d'euros. La Finlande est le deuxième plus gros investisseur de la filière avec 2,1 milliards d'euros investis en 2022, tandis que

1

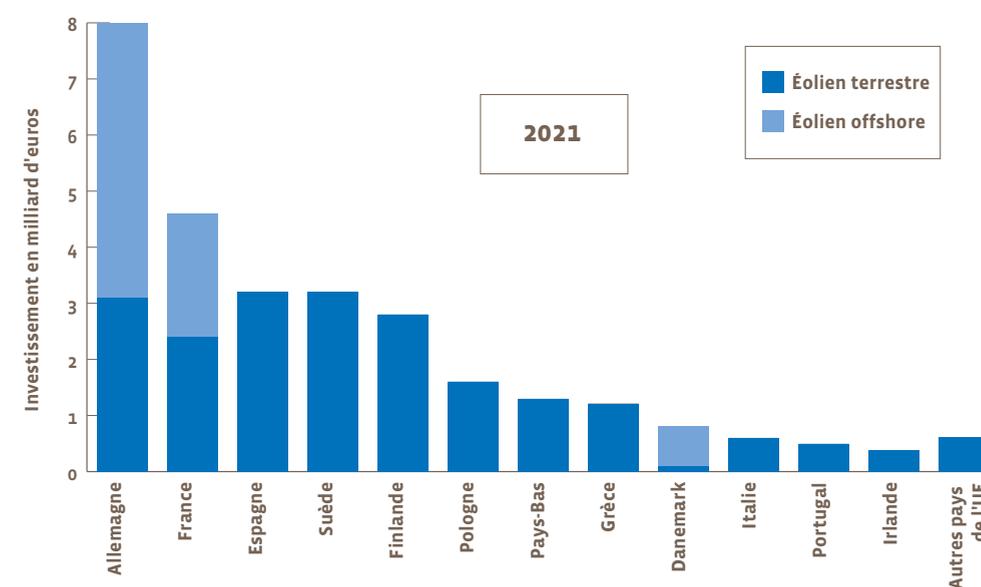
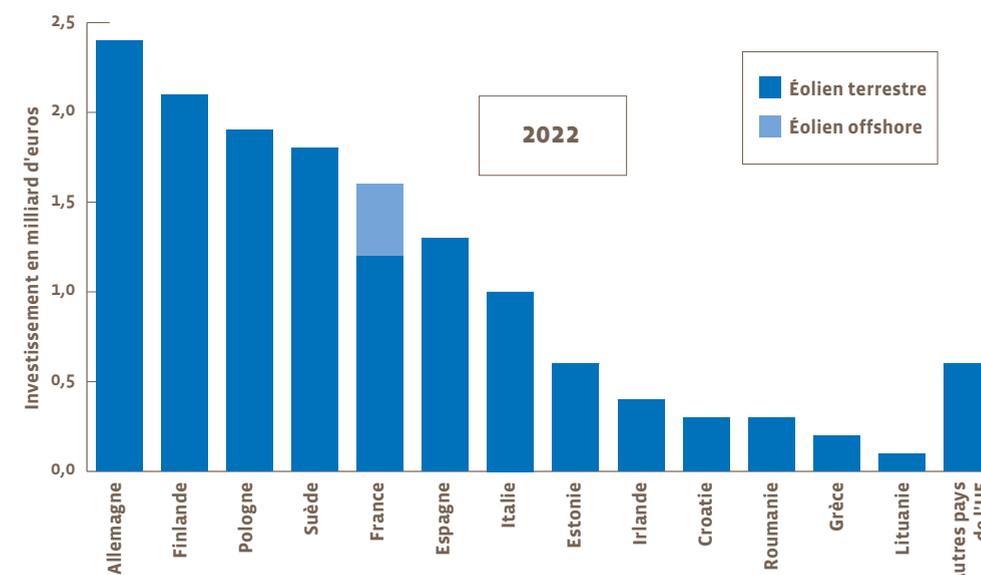
Financement d'actifs dans le secteur éolien (terrestre et offshore) dans les États membres de l'UE en 2021 et 2022

	2021		2022	
	Financement d'actifs - Nouvelles capacités (Mds €)	Capacités associées (GW)	Financement d'actifs - Nouvelles capacités (Mds €)	Capacités associées (GW)
Allemagne	8,0	3,5	2,4	1,7
Finlande	2,8	2,5	2,1	1,5
Pologne	1,6	1,3	1,9	1,5
Suède	3,2	2,6	1,8	1,4
France	4,6	2,2	1,6	0,9
Espagne	3,2	2,9	1,3	1,1
Italie	0,6	0,5	1,0	0,7
Estonie	NA	NA	0,6	0,4
Irlande	0,4	0,3	0,4	0,3
Croatie	NA	NA	0,3	0,2
Roumanie	NA	NA	0,3	0,3
Grèce	1,2	0,7	0,2	0,2
Lituanie	NA	NA	0,1	0,1
Autres pays de l'UE	2,6	1,8	0,6	0,3
Total UE 27	28,2	18,3	14,7	10,5

Source : calculs propres basés sur WindEurope et Eurostat.

1

Financement d'actifs dans le secteur de l'éolien pour les membres de l'UE en 2021 et en 2022



Source : calculs propres basés sur WindEurope et Eurostat.

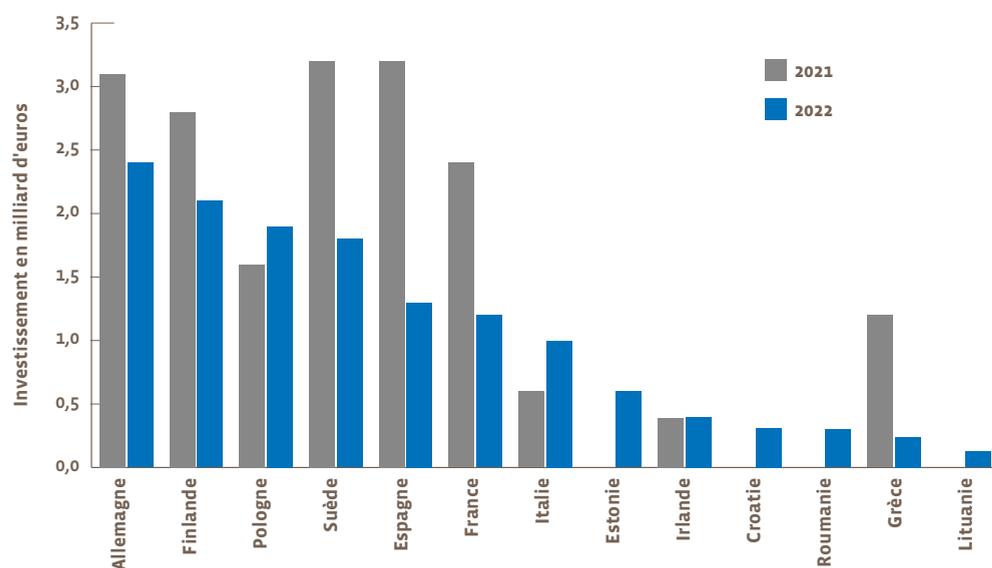
la France est passée de la deuxième à la cinquième place entre 2021 et 2022 avec 1,6 milliard d'euros. Seules la Pologne et l'Italie ont légèrement augmenté leurs investissements et capacités associées dans l'éolien entre 2021 et 2022, tandis que l'Irlande a conservé un niveau d'investissement similaire sur la période.

INVESTISSEMENTS EN BAISSÉ DANS L'ÉOLIEN, CONCENTRÉS SUR L'ÉOLIEN TERRESTRE

Les investissements qui privilégiaient auparavant l'éolien offshore se concentrent désormais sur l'éolien terrestre depuis 2021.

2

Financement d'actifs dans le secteur de l'éolien terrestre pour les membres de l'UE en 2021 et en 2022



Source : calculs propres basés sur WindEurope et Eurostat.

Cette tendance s'est renforcée en 2022. Les investissements dans la capacité éolienne ont par ailleurs baissé en 2022, en particulier dans le secteur de l'éolien offshore. Les investissements dans l'éolien terrestre ont toutefois aussi baissé de 32% au sein de l'UE : de 21 milliards d'euros en 2021 à 14,3 milliards d'euros (représentant 97% du total des investissements dans la filière éolienne) en 2022. Concernant l'éolien offshore, les investissements à grande échelle font défaut et seuls deux projets flottants de démonstration en ont bénéficié en 2022. Les investissements offshore ont reculé de 95% (de 7,8 milliards

d'euros en 2021 à seulement 0,4 milliard d'euros en 2022).

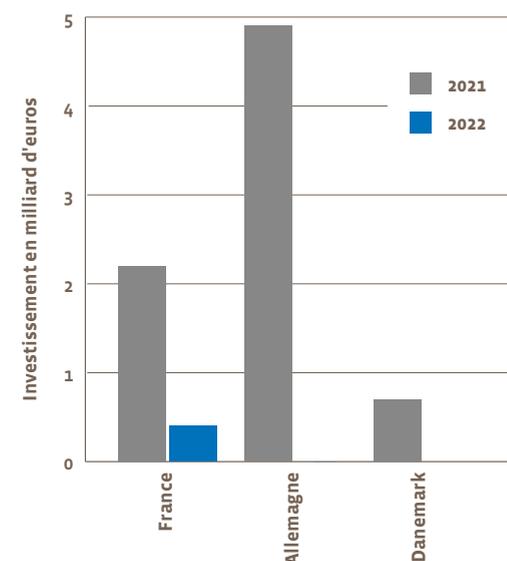
Par conséquent, la capacité associée à ces investissements a diminué. La capacité éolienne terrestre associée aux investissements a baissé de 35% en 2022 (de 16,1 GW en 2021 à 10,4 GW), tandis que la capacité éolienne offshore associée a baissé de 97% sur la même période (de 2,2 GW en 2021 à 0,1 GW).

L'ALLEMAGNE EN TÊTE DE L'ÉOLIEN TERRESTRE

De même que pour la tendance observée sur le total des investissements dans l'éolien, la plupart des États membres ont moins

3

Financement d'actifs éoliens offshore dans les pays membres de l'UE en 2021 et 2022



Source : calculs propres basés sur WindEurope et Eurostat.

investi dans la capacité éolienne terrestre. L'Allemagne arrive en tête avec encore près de 2,4 milliards d'euros investis dans l'éolien terrestre en 2022, même si elle avait investi plus de 3,1 milliards d'euros en 2021. La Finlande est le seul autre État membre à avoir investi plus de 2 milliards d'euros en 2022. L'Espagne et la Suède, les États membres qui avaient le plus investi en 2021, ont réduit environ de moitié leurs investissements dans les installations éoliennes terrestres en 2022 et sont donc relégués aux quatrième et cinquième places des États membres ayant le plus investi dans le secteur éolien terrestre en 2022.

Parmi les 27 États membres de l'UE, 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. Concernant la capacité additionnelle associée, l'Espagne arrivait en tête en 2021 avec 2,9 GW, mais a été détrônée en 2022 par l'Allemagne avec 1,7 GW. La Finlande et la Pologne occupaient la deuxième place du classement en 2022 avec 1,5 GW chacune, alors qu'elles

étaient respectivement troisième avec 2,5 GW et sixième avec 1,3 GW en 2021. La capacité additionnelle associée a baissé dans la même mesure que le financement d'actifs dans la plupart des États membres entre 2021 et 2022 et seules la Pologne et l'Italie ont affiché des capacités associées supérieures. Dans l'ensemble, une légère augmentation des coûts d'investissement dans l'éolien terrestre a été observée entre 2021 (1,3 million d'euros par MW) et 2022 (1,4 million d'euros par MW). Ils ont toutefois baissé si l'on tient compte de l'inflation.

DES INVESTISSEMENTS DANS L'ÉOLIEN OFFSHORE UNIQUEMENT EN FRANCE

Le secteur de l'éolien offshore ne compte que quelques acteurs. Les Pays-Bas n'en font plus partie depuis leurs investissements massifs en 2020, de même que l'Allemagne et le Danemark après avoir respectivement investi dans le secteur 4,9 milliards d'euros et 0,7 milliard d'euros en 2021. Le contexte macroéconomique particulier a aussi affecté l'éolien offshore dans lequel seule la France a décidé d'investir en 2022 avec deux projets offshore de démonstration pour un total de 7 millions d'euros et une capacité 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. L'augmentation substantielle des coûts d'investissement en France, de 3,7 millions

2

État des lieux du financement d'actifs éoliens terrestres dans les pays membres de l'UE en 2021 et 2022

	2021		2022	
	Financement d'actifs - Nouvelles capacités (Mds €)	Capacités associées (GW)	Financement d'actifs - Nouvelles capacités (Mds €)	Capacités associées (GW)
Allemagne	3,1	2,1	2,4	1,7
Finlande	2,8	2,5	2,1	1,5
Pologne	1,6	1,3	1,9	1,5
Suède	3,2	2,6	1,8	1,4
Espagne	3,2	2,9	1,3	1,1
France	2,4	1,6	1,2	0,8
Italie	0,6	0,5	1,0	0,7
Estonie	NA	NA	0,6	0,4
Irlande	0,4	0,3	0,4	0,3
Croatie	NA	NA	0,3	0,2
Roumanie	NA	NA	0,3	0,3
Grèce	1,2	0,7	0,2	0,2
Lituanie	NA	NA	0,1	0,1
Autres pays de l'UE	2,5	1,6	0,6	0,3
Total UE 27	21,0	16,1	14,3	10,4

Source : calculs propres basés sur WindEurope et Eurostat.

d'euros par MW en 2021 à 6,7 millions d'euros par MW en 2022, n'est pas représentative de leur évolution dans l'ensemble de l'UE. Des coûts d'investissement en hausse pour la technologie éolienne offshore ont toutefois été observés à l'échelle mondiale d'après le rapport « Renewable power generation costs in 2022 » de l'Agence internationale pour les énergies renouvelables (Irena). ■

3

État des lieux du financement d'actifs éoliens offshore dans les pays membres de l'UE en 2021 et 2022

	2021		2022	
	Financement d'actifs - Nouvelles capacités (Mds €)	Capacités associées (GW)	Financement d'actifs - Nouvelles capacités (Mds €)	Capacités associées (GW)
France	2,2	0,6	0,4	0,1
Allemagne	4,9	1,4	-	-
Danemark	0,7	0,2	-	-
Total UE 27	7,8	2,2	0,4	0,1

Source : calculs propres basés sur WindEurope et Eurostat.



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'EurObserv'ER ne contient que les investissements à grande échelle. À partir de l'édition 2022 du rapport d'EurObserv'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 36,8 milliards d'euros en 2021, soit le double des investissements réalisés en 2020. Le volume d'investissement estimé en 2021 était associé à une capacité nouvelle de 27 GW. Un peu moins de la moitié des investissements était destinée à des installations de 20 kW à 1 MW, tandis qu'un peu plus du tiers a été investi dans des installations à grande échelle de plus de 1 MW. En raison de la disponibilité limitée des informations d'investissement en 2022, il n'a pas été possible d'estimer l'investissement total de tous les États membres. Une analyse détaillée



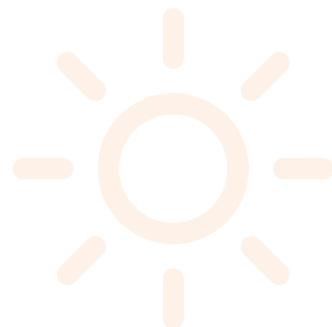
Borja Iba

des États membres est toutefois donnée dans les sections suivantes, avec les informations disponibles pour 2022.

L'ALLEMAGNE ET L'ESPAGNE DOMINENT LE MARCHÉ DU PHOTOVOLTAÏQUE

Parmi tous les États membres de l'UE, l'Allemagne affiche toujours les investissements les plus élevés dans le solaire photovoltaïque avec 8,5 milliards d'euros investis en 2021 et 9,4 milliards d'euros en 2022. Avec un volume d'investissement de 6,4 milliards d'euros en 2022, l'Espagne a ravi la deuxième

position aux Pays-Bas, qui avaient investi 5,4 milliards d'euros en 2021. Concernant la capacité associée, l'Allemagne arrivait en tête en 2021 avec 5,8 GW, devant l'Espagne et ses 4,9 GW. Grâce à une forte compétitivité des coûts, 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 qui ne compte comparativement que 7,2 GW de capacité associée à ses investissements. Les Pays-Bas, deuxième plus gros investisseur en 2021, arrivent troisième en 2022 en matière de volume d'investissement



1

État des lieux des investissements dans les installations photovoltaïques (commercial et résidentiel) pour l'ensemble de l'UE en 2021

2021		
	Investissements estimés (Mds €)	Capacités associées (MW)
Allemagne	8,5	5 760
Espagne	3,6	4 900
Pays-Bas	5,4	3 632
Pologne	4,3	2 900
France	3,3	3 351
Hongrie	1,1	837
Danemark	1,1	718
Italie	1,1	938
Grèce	1,0	990
Portugal	0,8	571
Belgique	0,7	440
Suède	0,6	500
Autriche	0,3	740
Bulgarie	0,3	175
Estonie	0,2	187
Lituanie	0,2	91
Finlande	0,1	100
Luxembourg	0,1	91
Chypre	0,1	85
Irlande	0,1	45
Autres pays de l'UE	0,3	228,5
Total UE 27	33,2	27 278

Source : calculs propres basés sur IEA et Eurostat.



Eriif Productions

2

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

2022		
	Investissements estimés (Mds €)	Capacités associées (MW)
Allemagne	9,4	7 193
Espagne	6,4	8 621
Pays-Bas	5,1	3 900
Pologne	4,7	3 630
Italie	2,9	2 490
France	2,6	2 966
Danemark	2,1	1 573
Autriche	1,8	1 009
Portugal	1,2	890
Suède	1,1	798
Finlande	0,4	274

Source : calculs propres basés sur IEA et Eurostat.

(5,1 milliards d'euros) et de capacité associée (3,9 GW). L'Autriche devrait enregistrer la hausse relative la plus élevée entre 2021 et 2022, avec des investissements pratiquement multipliés par 5 : de 0,2 milliard d'euros à 1,8 milliard d'euros.

Dans l'ensemble, l'observation suggère que les coûts d'investissement dans le photovoltaïque ont légèrement baissé entre 2021 et 2022. Le contexte macroéconomique particulier a toutefois affecté différemment chaque État membre. L'Italie et la Suède ont par exemple enregistré des coûts d'investissement supérieurs dans la filière en 2022 par rapport à 2021.

CROISSANCE DU MARCHÉ DES SYSTÈMES PHOTOVOLTAÏQUES DÉCENTRALISÉS DANS DE NOMBREUX ÉTATS MEMBRES

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 a modifié son investissement qui se concentrait, en 2020, sur les installations centralisées connectées au réseau, pour le répartir équitablement en 2022 entre les installations décentralisées et centralisées connectées au réseau. La France a par exemple

investi à 62% dans des installations décentralisées en 2022. La Suède va encore plus loin dans la ventilation de ses investissements, avec des systèmes photovoltaïques décentralisés qui représentent une grosse part de marché, en croissance constante : en 2022, les systèmes photovoltaïques décentralisés représentaient jusqu'à 97% du total des investissements de la Suède dans le photovoltaïque, avec une taille moyenne des installations qui a baissé de 18,7 kW en 2021 à 14,4 kW en 2022. ■

COÛTS DES ÉNERGIES RENOUVELABLES ET PRIX DE L'ÉNERGIE

L'un des principaux moteurs de déploiement des technologies renouvelables est leur compétitivité. L'énergie issue de technologies renouvelables est vendue au même prix que celle générée par des vecteurs énergétiques conventionnels : combustibles fossiles et électricité qu'ils produisent. Grâce au déploiement et à la maîtrise de la technologie, le coût des renouvelables peut baisser. À l'inverse, le prix des combustibles fossiles a augmenté du fait des évolutions géopolitiques qui affectent la sécurité des approvisionnements, et donc le prix de l'énergie. Nous observons, en outre, des fluctuations dans le prix des énergies conventionnelles causées par les effets de marché (offre et demande). Cette partie s'intéresse au coût des énergies renouvelables et aux prix des énergies conventionnelles.

Pour calculer le coût actualisé des énergies renouvelables (LCOE), nous présentons les coûts d'investissement dans les technologies renouvelables documentés, une approche pour estimer le coût moyen pondéré du capital (CMPC), puis les valeurs de LCOE en résultant.

Enfin, les prix moyens (pondérés) de l'UE pour l'électricité et le gaz seront présentés pour les ménages et les professionnels, avec leur répartition par fourchettes de prix. Les coûts des énergies renouvelables comparés aux prix réels de l'énergie de la partie finale viennent compléter ce panorama de la compétitivité.

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. 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. 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. Le contexte macroéconomique difficile des années 2021 et 2022 empêche toutefois de généraliser une situation de baisse continue des coûts ou, à l'inverse, de leur augmentation.

Du fait de cette situation incertaine, la précédente édition du baromètre d'EurObserv'ER (2022) avait adopté une méthodologie qui conservait des estimations des coûts d'investissement similaires à celles de l'année précédente. Par conséquent, les estimations de 2021 de ce baromètre reprenaient les mêmes coûts que ceux figurant dans l'édition précédente

pour 2020. Dans l'édition actuelle, nous basons l'estimation des coûts d'investissement sur les données de la littérature (source: JRC, 2018), en prenant 2023 comme année de référence.

Dans le rapport de l'Irena (2023) «Renewable power generation costs in 2022», les coûts des renouvelables ont été estimés et enregistrent une baisse entre 2021 et 2022 pour la plupart des technologies (solaire photovoltaïque à l'échelle industrielle, éolien terrestre, bioénergie et géothermie). Le rapport a identifié deux technologies pour lesquelles les coûts d'investissement avaient augmenté: l'éolien offshore et l'hydroélectricité.

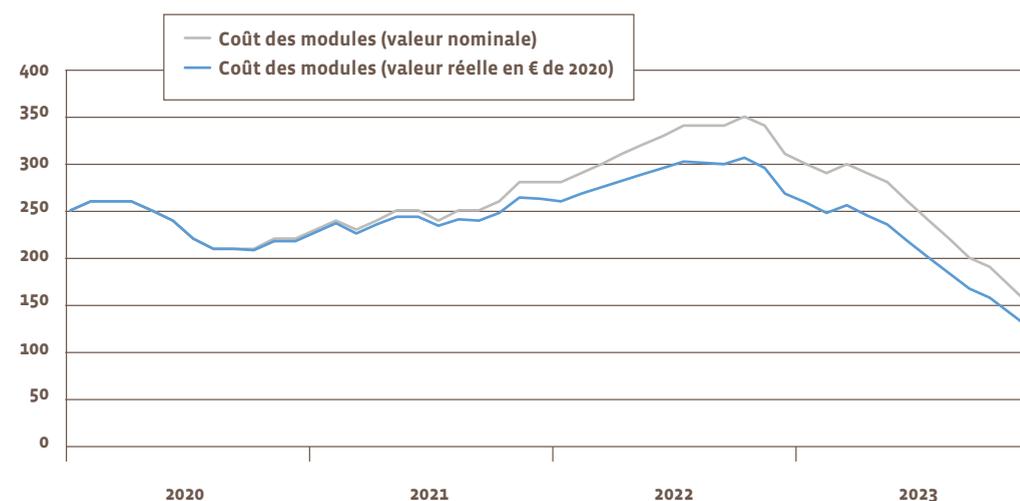
L'Irena a enregistré un déclin de 4% des coûts d'investissement dans le solaire photovoltaïque industriel entre 2021 et 2022, mais souligne dans le même temps qu'il n'existe pas de tendance stable entre tous les marchés. Certains marchés (France, Allemagne, Grèce) ont vu leurs coûts fortement augmenter, en partie du fait de la disparité des coûts observés, comme chaque projet est différent. Par ailleurs, ceci est dans une large mesure le résultat de l'inflation du coût des matériaux et de la main-d'œuvre. Dans d'autres marchés, les coûts d'investissement ont baissé et ces tendances combinées sont à l'origine du déclin susmentionné. Les coûts d'investissement du

solaire photovoltaïque résidentiel n'ont quant à eux pas été estimés et aucune tendance n'a donc pu en être tirée. Cependant, comme le coût des composants du photovoltaïque résidentiel est le même pour le solaire photovoltaïque industriel, une tendance similaire peut être applicable, à quelques différences près de pondération des divers composants.

Pour illustrer le pic tarifaire observé en 2022, nous nous concentrons sur le coût du module solaire photovoltaïque. Ce module constitue une composante importante du coût total d'une centrale solaire photovoltaïque. Les composantes de coût restantes (onduleur, construction, installation, raccordement au réseau) jouent également un rôle majeur, mais aucune donnée détaillée n'est disponible pour elles. Pour les modules, nous nous appuyons sur l'indice de prix publié chaque mois par la plateforme Internet Pvxchange.com et les données sont présentées dans la figure 1. En 2020, le prix observé du module a d'abord chuté d'environ 250 à 200 €/kWc en été, pour remonter ensuite légèrement vers la fin de l'année. En 2021 et 2022, les prix ont augmenté de manière linéaire pour atteindre une valeur maximum nominale de 350 €/kWc (autour de 300 €/kWc réel) en octobre 2022. Après ce pic fin 2022, les prix ont repris une forte tendance à la baisse qui se poursuit toujours en décembre 2023.

1

Indice mensuel des prix des modules solaires photovoltaïques grand public pour la période 2020-2023



Source : Pvxchange.com avec les valeurs nominales et réelles.

Nous pouvons en conclure qu'au second semestre 2023, les prix des modules ont rompu avec leur pic pour reprendre leur tendance à la baisse observée au premier semestre 2020.

Cet effet permet de comprendre les marchés technologiques, mais ne peut pas facilement s'adapter à d'autres composantes de coût des installations solaires photovoltaïques ni à d'autres technologies comme l'éolien ou la bioénergie. Nous pouvons toutefois considérer que les facteurs déterminants, comme l'augmentation mondiale du coût des matériaux et de la main-d'œuvre, affectent aussi le marché d'autres secteurs. Pour

la bioénergie, l'Irena observe une baisse des coûts d'investissement, principalement en raison de centrales de bioénergie à bas coût au Brésil et en Chine. Elle signale aussi une augmentation du coût d'investissement de 13% dans l'éolien offshore entre 2021 et 2022 qui pourrait découler de coûts relativement élevés de la construction, des matériaux et de l'énergie en 2022. Le coût d'investissement dans l'éolien terrestre a quant à lui baissé de 10%, principalement sous l'impulsion des évolutions en Chine. Dans l'approche des coûts d'investissement s'appuyant sur les données du JRC (2015), des fourchettes de données sont définies

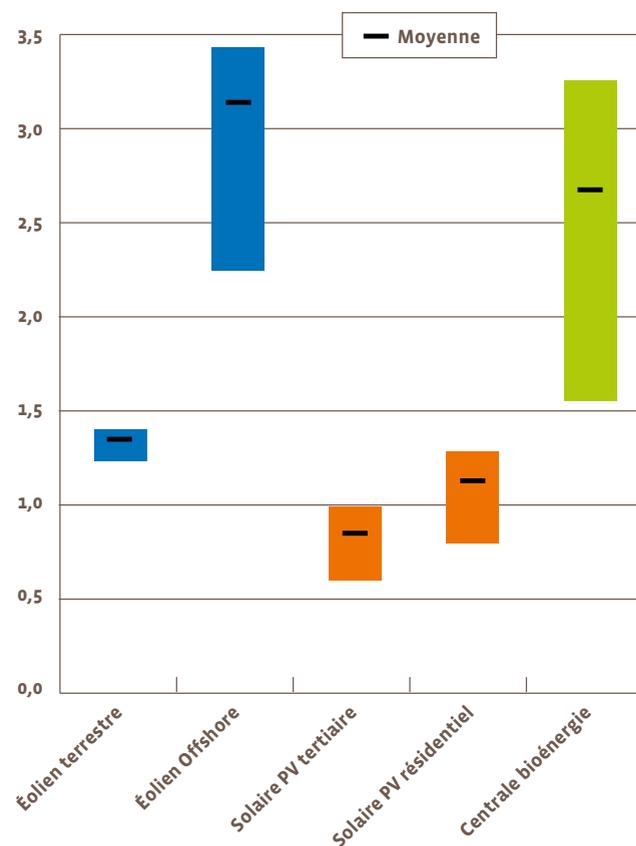
et injectées dans une simulation de Monte-Carlo (informations complémentaires dans la partie sur le coût actualisé des énergies renouvelables). Nous avons réalisé une analyse dans laquelle les nouvelles estimations de 2022 de l'Irena étaient comparées aux estimations de coût d'investissement extrapolé du JRC, et nous en avons conclu que les fourchettes utilisées dans notre approche englobaient entièrement les quatre estimations de l'Irena susmentionnées, à l'exception de l'électricité éolienne terrestre. Toutefois, comme la baisse du coût de l'électricité éolienne terrestre découle principalement de

la chute des coûts observée en Chine, nous estimons que les fourchettes de données du JRC restent applicables et peuvent être utilisées pour les besoins de l'analyse d'EurObserv'ER. Dans l'analyse de la présente partie, nous choisissons les projections de coûts d'investissement pour l'année 2023, à partir des données du JRC (2018). Ce choix vise à éviter toute confusion vis-à-vis de l'année 2022, pour laquelle les évolutions sont difficiles à généraliser. Pour les coûts d'exploitation-maintenance, nous nous basons également sur les données du JRC (2018).

Dans la figure 2, 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

2

Coûts d'investissement dans les énergies renouvelables pour l'année 2023 (M€/MW)



Source : Les estimations sont basées sur JRC (2018) et sont utilisées dans la section LCoE.

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 (LCOE), 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. Cependant, 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.

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 multipliés en tant que pourcentages pour déterminer 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 risque des Pays-Bas du coût des capitaux 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++ 2023, PBL, 2023, <https://www.pbl.nl/publicaties/eindadvies-basisbedragen-sde-plus-plus-2023>. Coût des capitaux propres des technologies à risque faible, moyen et élevé.

6. Organe des régulateurs européens des communications électroniques (Orece), 2023. Rapport «Berec report on WACC parameter calculations according to the European Commission's WACC notice of 6th November 2019» (rapport 2023 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. 2023. Statistiques de la zone euro. Taux de prêt moyens pratiqués par les banques pour des petits et grands montants.

2. PWC. 2023. Worldwide tax summaries. <https://taxsummaries.pwc.com>

3. Source: Eindadvies basisbedragen SDE++ 2023, PBL, 2023, <https://www.pbl.nl/publicaties/eindadvies-basisbedragen-sde-plus-plus-2023>. Part de dette des technologies à risque faible, moyen et élevé.

Précisions sur les distinctions de risques du SDE++

Dans le 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, la fermentation de biomasse, ou la capture et le stockage du carbone 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

opérationnels 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 car 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	Hydro-électricité	Bioénergie et autres technologies
Risque technologique	Faible	Faible	Moyen	Moyen à élevé	Élevé
Coût du capital	8 %	8 %	9 %	10 %	11,5 %
Part de la dette					
<i>minimum</i>	70/30	75/25	65/35	60/40	50/50
<i>moyenne</i>	80/20	85/15	75/25	70/30	60/40
<i>maximum</i>	90/10	95/5	85/15	80/20	70/30

Source : EurObserv'ER.

COMMENTAIRES SUR LA MÉTHODOLOGIE

La méthodologie actuelle 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 actuelle impliquent des risques par technologie similaire entre les différents États membres. Pour de prochaines recherches, il conviendra de revoir ces hypothèses simplistes.

ACTUALISATION DES PARAMÈTRES DE CMPC

Le niveau des taux d'intérêt et leur volatilité ont nettement augmenté au cours des douze derniers mois. Le taux d'intérêt moyen sur les cinq dernières années n'est donc pas représentatif des taux auxquels les promoteurs de projets ont emprunté en 2022. Par conséquent, le coût des capitaux propres et celui de la dette ont également bondi en 2022. Pour refléter ces conditions mouvantes du marché financier, les valeurs de coût moyen pondéré du capital (CMPC) figurant dans le présent rapport sont calculées à partir des données les plus actuelles disponibles. La méthodologie utilise des données et calculs homogènes, et fournit un aperçu représentatif plus actualisé du CMPC pour les États membres de l'UE. Le rendement sur fonds propres a augmenté en raison de plus fortes attentes de rentabilité des

investisseurs et d'une hausse du taux sans risque. Les projets à risque moyen ont désormais un rendement sur fonds propres de 10 %. Cela inclut les catégories technologiques de CCU et les pompes à chaleur industrielles depuis 2022, en raison de taux de déploiement supérieurs et d'une meilleure expérience dans ces technologies. Pour les technologies avec un risque opérationnel ou politique supérieur, le rendement sur fonds propres reste inchangé, à 11,5 %. Ce résultat reste cohérent avec les calculs des années précédentes où le taux sans risque n'avait pas été ajusté. Cela s'explique par une forte dépendance aux tiers conjuguée à une pénurie d'approvisionnement, notamment pour l'achat de matières premières comme la biomasse. Les technologies innovantes comme la réduction des émissions de CO₂ de la chaleur résiduelle, l'hydrogène produit

par électrolyse et la capture et le stockage du carbone font face à des risques supérieurs, car elles ne sont pas encore déployées à grande échelle.

A contrario, l'éolien et le solaire photovoltaïque sont plus en avance que d'autres technologies et déployés à plus grande échelle. Ils peuvent être considérés comme des technologies courantes, avec des risques opérationnels et politiques significativement inférieurs à ceux des autres technologies. Cela est partiellement mis en évidence par les garanties disponibles, proposées par les fournisseurs de technologie éolienne et solaire photovoltaïque. Le rendement sur fonds propres du solaire photovoltaïque et de l'éolien est respectivement passé à 8 % et 9 %. Il est légèrement supérieur pour l'éolien offshore par rapport au solaire photovoltaïque, car les coûts de préparation dans les projets éoliens offshore sont supérieurs et ne sont pas inclus dans les liquidités générées. Au cours de l'année écoulée, en raison de la hausse des taux d'intérêt, les promoteurs de projets ont dû verser des intérêts et rembourser des prêts plus élevés. Ils ne peuvent donc plus respecter les exigences du ratio de couverture du service de la dette (DSCR) des banques. Pour corriger cela, les promoteurs de projets essaient d'allonger la durée de leurs prêts, par exemple sur 20 ans. Certains promoteurs tirent parti du prix plus élevé de l'électricité lors des premières années suivant l'achèvement d'un projet, avant d'autoriser l'entrée en vigueur de la décision du SDE++. Toutefois, pour les nouveaux projets solaires photovoltaïques, une proportion

de dette par rapport aux capitaux propres de 90 % à 10 % n'est typiquement plus faisable. Les promoteurs ont donc été contraints d'amener plus de capitaux propres et le degré d'endettement a été ajusté à 85 %. Pour les autres technologies financées par une proportion d'emprunt inférieure, le ratio dette/capitaux propres est adéquat et n'a pas été modifié. 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 ou le Danemark) à plus de 5 % dans d'autres (par exemple la Grèce, la Roumanie ou 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 ou 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 l'Allemagne, le Danemark, la Belgique et les Pays-Bas. À l'inverse, les États membres

situés à l'est, notamment la Grèce, la Pologne et la Roumanie, 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 de coût moyen pondéré du capital ont augmenté pour toutes les technologies et tous les États membres en 2023. Le coût des capitaux propres et celui de la dette ont également augmenté. Cet effet peut principalement s'expliquer du fait que les banques centrales ont revu à la hausse leurs taux d'intérêt de base pour atténuer les pressions inflationnistes, et les taux d'intérêt d'emprunts commerciaux ont suivi. En outre, les attentes en matière de rendement des investisseurs en fonds propres ont bondi, tirant de ce fait le coût des capitaux propres vers le haut pour les promoteurs. Les valeurs de CMPC sont utilisées, conjointement aux hypothèses sur les coûts d'investissement 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, décomposé par technologie et pays membre

	Éolien terrestre			Éolien offshore			Solaire PV			Hydroélectricité			Bioénergie et autres technologies*		
	Estimation basse	Estimation moyenne	Estimation élevée	Estimation basse	Estimation moyenne	Estimation élevée	Estimation basse	Estimation moyenne	Estimation élevée	Estimation basse	Estimation moyenne	Estimation haute	Estimation basse	Estimation moyenne	Estimation haute
Autriche	4,2 %	4,6 %	5,1 %	n.d.**	n.d.	n.d.	4,0 %	4,4 %	4,8 %	5,0 %	5,7 %	6,3 %	6,1 %	6,9 %	7,7 %
Belgique	4,4 %	4,8 %	5,3 %	4,8 %	5,3 %	5,8 %	4,2 %	4,6 %	5,0 %	5,2 %	5,9 %	6,5 %	6,3 %	7,1 %	7,9 %
Bulgarie	5,5 %	5,8 %	6,2 %	n.d.	n.d.	n.d.	5,3 %	5,7 %	6,0 %	6,2 %	6,8 %	7,3 %	7,2 %	7,9 %	8,6 %
Croatie	4,5 %	5,1 %	5,6 %	n.d.	n.d.	n.d.	4,3 %	4,8 %	5,3 %	5,5 %	6,2 %	6,9 %	6,6 %	7,5 %	8,4 %
Chypre	5,3 %	5,7 %	6,2 %	n.d.	n.d.	n.d.	5,1 %	5,5 %	5,9 %	6,1 %	6,8 %	7,4 %	7,2 %	8,0 %	8,8 %
Tchéquie	5,2 %	5,7 %	6,3 %	n.d.	n.d.	n.d.	4,9 %	5,5 %	6,0 %	6,1 %	6,9 %	7,6 %	7,3 %	8,2 %	9,1 %
Danemark	4,4 %	4,8 %	5,2 %	4,8 %	5,3 %	5,8 %	4,2 %	4,6 %	5,0 %	5,2 %	5,8 %	6,4 %	6,3 %	7,0 %	7,8 %
Estonie	5,3 %	5,7 %	6,0 %	n.d.	n.d.	n.d.	5,1 %	5,5 %	5,9 %	6,1 %	6,6 %	7,2 %	7,1 %	7,8 %	8,5 %
Finlande	4,7 %	5,1 %	5,5 %	5,0 %	5,5 %	6,0 %	4,5 %	4,9 %	5,3 %	5,5 %	6,1 %	6,6 %	6,5 %	7,2 %	8,0 %
France	3,9 %	4,4 %	4,9 %	4,3 %	4,9 %	5,5 %	3,7 %	4,2 %	4,6 %	4,8 %	5,5 %	6,2 %	5,9 %	6,8 %	7,6 %
Allemagne	4,0 %	4,5 %	4,9 %	4,4 %	4,9 %	5,4 %	3,8 %	4,2 %	4,7 %	4,9 %	5,5 %	6,1 %	5,9 %	6,7 %	7,5 %
Grèce	5,2 %	5,8 %	6,3 %	n.d.	n.d.	n.d.	5,0 %	5,5 %	6,1 %	6,2 %	6,9 %	7,7 %	7,4 %	8,3 %	9,2 %
Hongrie	5,9 %	6,5 %	7,2 %	n.d.	n.d.	n.d.	5,6 %	6,2 %	6,8 %	6,9 %	7,8 %	8,6 %	8,2 %	9,2 %	10,2 %
Irlande	5,3 %	5,6 %	6,0 %	5,6 %	6,1 %	6,5 %	5,1 %	5,5 %	5,8 %	6,0 %	6,6 %	7,1 %	7,0 %	7,7 %	8,4 %
Italie	4,6 %	5,2 %	5,8 %	5,1 %	5,7 %	6,4 %	4,3 %	4,9 %	5,5 %	5,6 %	6,4 %	7,1 %	6,8 %	7,7 %	8,6 %
Lettonie	5,3 %	5,6 %	6,0 %	n.d.	n.d.	n.d.	5,1 %	5,4 %	5,8 %	6,0 %	6,6 %	7,1 %	7,0 %	7,7 %	8,5 %
Lituanie	5,7 %	6,0 %	6,3 %	n.d.	n.d.	n.d.	5,6 %	5,9 %	6,1 %	6,4 %	6,9 %	7,3 %	7,3 %	7,9 %	8,5 %
Luxembourg	3,3 %	3,9 %	4,4 %	n.d.	n.d.	n.d.	3,1 %	3,6 %	4,1 %	4,3 %	5,0 %	5,7 %	5,4 %	6,3 %	7,2 %
Malte	3,0 %	3,7 %	4,3 %	n.d.	n.d.	n.d.	2,7 %	3,4 %	4,0 %	4,1 %	4,9 %	5,8 %	5,4 %	6,4 %	7,4 %
Pays-Bas	3,7 %	4,2 %	4,7 %	4,1 %	4,7 %	5,2 %	3,5 %	3,9 %	4,4 %	4,6 %	5,3 %	5,9 %	5,7 %	6,5 %	7,4 %
Pologne	5,3 %	5,9 %	6,5 %	n.d.	n.d.	n.d.	5,0 %	5,6 %	6,2 %	6,3 %	7,1 %	7,9 %	7,6 %	8,5 %	9,5 %
Portugal	5,0 %	5,4 %	5,9 %	5,4 %	5,9 %	6,4 %	4,8 %	5,2 %	5,6 %	5,8 %	6,5 %	7,1 %	6,9 %	7,7 %	8,5 %
Roumanie	5,2 %	6,0 %	6,9 %	n.d.	n.d.	n.d.	4,8 %	5,6 %	6,5 %	6,4 %	7,5 %	8,5 %	7,9 %	9,1 %	10,3 %
Slovaquie	4,9 %	5,3 %	5,7 %	n.d.	n.d.	n.d.	4,7 %	5,1 %	5,5 %	5,7 %	6,3 %	6,9 %	6,8 %	7,5 %	8,2 %
Slovénie	4,7 %	5,1 %	5,5 %	n.d.	n.d.	n.d.	4,4 %	4,9 %	5,3 %	5,5 %	6,1 %	6,7 %	6,5 %	7,3 %	8,1 %
Espagne	4,2 %	4,7 %	5,2 %	4,6 %	5,2 %	5,8 %	4,0 %	4,5 %	5,0 %	5,1 %	5,8 %	6,5 %	6,3 %	7,1 %	8,0 %
Suède	4,6 %	5,0 %	5,4 %	5,0 %	5,5 %	6,0 %	4,4 %	4,8 %	5,2 %	5,4 %	6,0 %	6,6 %	6,5 %	7,2 %	8,0 %

* Les autres technologies comprennent la géothermie, le biogaz et la biomasse solide. ** 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. Une attention particulière est accordée à la valeur réelle des coûts: le LCOE est exprimé en euros pour 2020. 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.

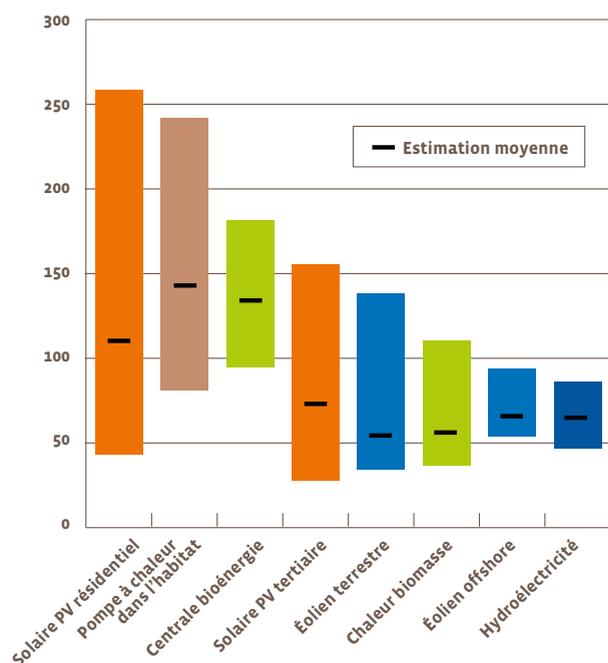
C'est pourquoi les valeurs de LCOE sont présentées sous forme de fourchettes. À titre d'exemple: l'électricité provenant de l'éolien est généralement meilleur marché dans les zones possédant des ressources en vent moyennes à élevées, car les éoliennes y produisent plus d'électricité que dans les zones 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.

Les technologies prises en compte sont le chauffage résidentiel généré par les pompes à chaleur (moyenne des PAC géothermiques, aérothermiques et

1

Estimation des coûts actualisés des énergies renouvelables dans l'Union européenne (EUR/MWh) en 2023



Note: Basé sur des estimations des coûts d'investissement pour 2023 et des données WACC pour 2023. Source: EurObserv'ER.

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 pour

faciliter la comparaison des LCOE. 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, et les changements macroéconomiques, qui modifient la valeur du coût moyen pondéré du capital.

Les modifications des estimations de coûts d'investissement et l'actualisation des valeurs du CMPC produisent deux effets: des coûts d'investissement inférieurs produisent un LCOE plus bas, tandis que des estimations plus hautes du CMPC font augmenter le LCOE. Ces deux résultats opposés ont un effet combiné sur les estimations de LCOE, avec pour conséquence l'augmentation de certaines

valeurs et la diminution d'autres. Lorsque les nouvelles estimations de coûts d'investissement baissent radicalement (pour toutes les technologies en dessous de 5%), cela tire les valeurs de LCOE vers le bas (c'est le cas pour les nouvelles estimations moyennes pour le solaire photovoltaïque résidentiel, le chauffage résidentiel par pompe à chaleur et les centrales biomasse), tandis que des réductions modérées des investissements ne peuvent pas compenser des coûts d'investissement supérieurs (applicables au solaire photovoltaïque commercial, à l'éolien terrestre, à la chaleur issue de la biomasse, à l'éolien offshore et à l'hydroélectricité). En termes relatifs, les valeurs de LCOE produites peuvent varier de plus ou moins 10%.

ÉLECTRICITÉ RENOUVELABLE

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 ». Dans les données actualisées (voir figure 1), le solaire photovoltaïque résidentiel affiche des valeurs inférieures de LCOE, tandis que le solaire photovoltaïque commercial présente, à l'inverse, des valeurs en hausse. Les systèmes photovoltaïques résidentiels sont de petite taille (ils doivent s'adapter aux toitures) 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, cela reste la technologie renouvelable la plus chère, bien que cela varie beaucoup d'un pays à l'autre. Le niveau de coût moyen estimé est de 110 €/MWh pour le solaire photovoltaïque résidentiel et de 72 €/MWh pour le solaire photovoltaïque commercial. D'après les calculs, la génération d'électricité à partir de la bioénergie se situe approximativement entre 95 €/MWh et 181 €/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. Le Danemark apparaît indiscutablement comme le pays affichant les coûts les plus bas pour l'électricité issue de

l'éolien terrestre. La fourchette de coûts de l'éolien offshore est plus restreinte, car ces projets ne sont pas représentés dans l'ensemble des 27 États membres. Traditionnellement, l'hydroélectricité est une technologie concurrentielle depuis de nombreuses années dans beaucoup de pays. C'est une technologie à forte intensité de capital, donc les CMPC plus élevés produisent une augmentation du LCOE. Toutefois, en raison du nombre d'heures de fonctionnement généralement élevé, l'électricité produite peut se trouver à des niveaux compris entre 48 €/MWh et 87 €/MWh dans nos estimations. 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 27) dans son ensemble.

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 passage aux systèmes collectifs, éventuellement en combinaison avec le chauffage urbain, pourrait permettre de réduire encore les coûts. ■



Prix de l'énergie

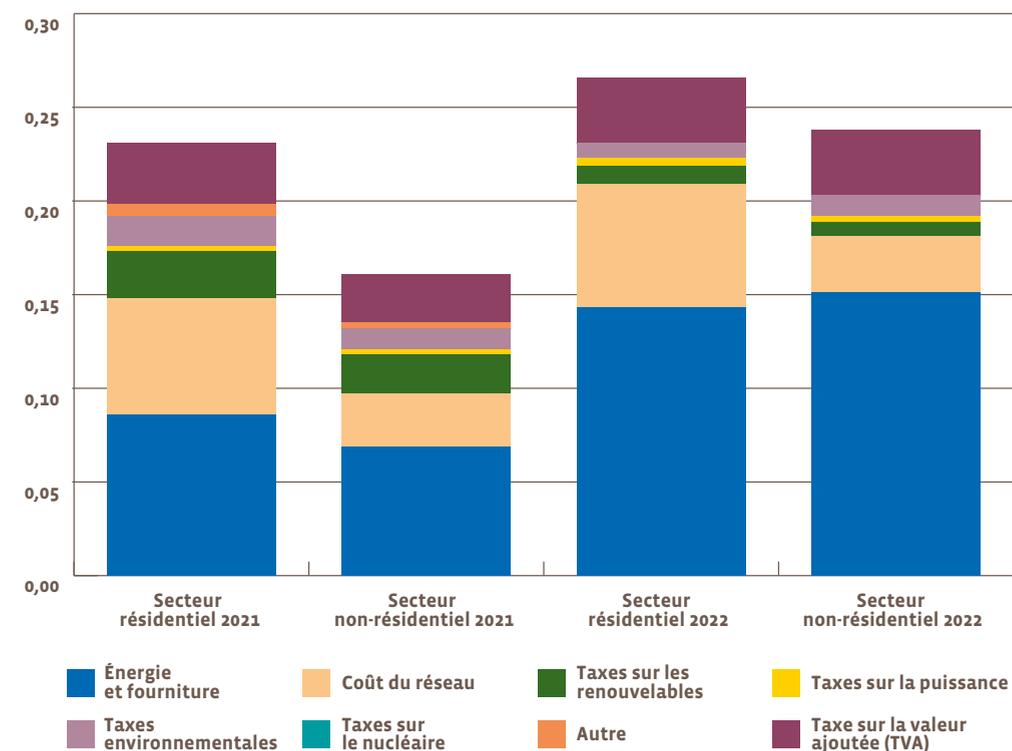
Eurostat surveille les prix de l'électricité et du gaz naturel pour les États membres de l'Union européenne. Ces prix sont indiqués dans les figures 1 et 2 pour 2021 et 2022. Les évolutions géopolitiques, notamment l'invasion de l'Ukraine par la Russie et la réduction des importations d'énergie de la Russie qui en découle, ont influencé les marchés énergétiques

en 2022 et le prix du gaz naturel a fortement augmenté. 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 divers frais, taxes, impôts et charges. En 2022, plusieurs pays ont introduit des mesures politiques pour atténuer les effets de

la hausse des prix de l'énergie, principalement pour les ménages. En moyenne, dans les États membres de l'Union européenne, le coût de fourniture du gaz naturel a pratiquement doublé pour les ménages (+ 95 %). Toutefois, avec les réductions de taxes et les aides énergétiques introduites, la hausse globale du prix du gaz naturel pour les ménages a été

1

Prix de l'électricité moyen dans l'Union européenne en 2021 et 2022 (€/kWh)



Note : Les éléments du prix de l'électricité (€/kWh) sont basés sur une moyenne de toutes les tranches de consommation d'électricité. Source : Eurostat, 2023.

limitée à 40%. Le prix moyen de l'électricité a également augmenté pour les ménages (+67%), mais des mesures compensatoires, principalement appliquées à la facture d'électricité, ont permis de limiter la hausse à 13% en moyenne dans l'UE. Évidemment, cet effet a pu être plus ou moins prononcé dans chaque pays. Pour les vecteurs énergétiques non résidentiels, l'effet de la hausse des prix a été plus prononcé: +141% pour le coût du gaz naturel, conduisant à une augmentation de 101% du prix du gaz naturel pour les clients. Pour l'électricité, les coûts de fourniture des clients non résidentiels ont augmenté de 120%, avec une hausse de 47% pour les clients.

MULTIPLES COMPOSANTES DES PRIX DE L'ÉNERGIE

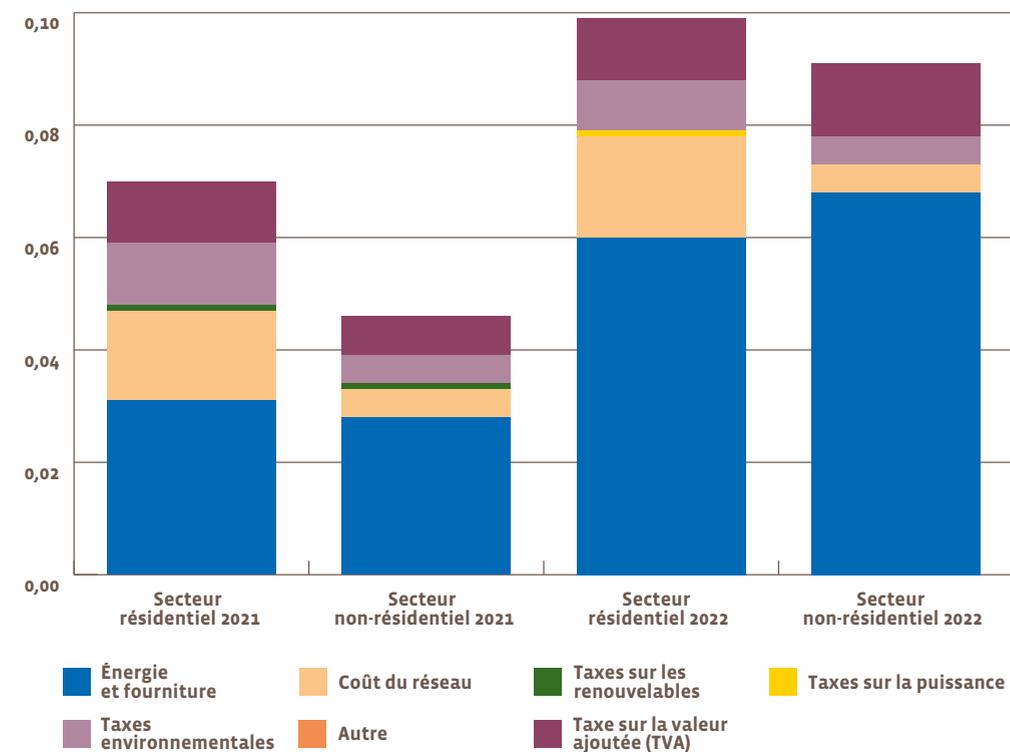
Pour l'électricité et le gaz naturel, plusieurs coûts supplémentaires sont imposés sur le prix de l'énergie. Des frais liés à l'utilisation et à l'entretien du réseau sont imposés aux clients par les entreprises de transmission et de distribution de l'électricité et du gaz naturel. Des taxes, frais, 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 modes d'utilisation de l'énergie par les consommateurs et alimentent essentiellement le budget général. 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 que dans quelques pays. Les taxes environnementales et sur les énergies renouvelables sont les plus importantes et sont comparables à la valeur moyenne de la taxe sur la valeur ajoutée (TVA) qui 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 2021 et 2022 sont respectivement indiquées dans les figures 1 et 2. ■



2

Prix du gaz fossile moyen dans l'Union européenne en 2021 et 2022 (€/kWh)



Note: Les composantes du prix du gaz (€/kWh) sont basées sur une moyenne de toutes les tranches de consommation de gaz.
Source: Eurostat.



CONSOMMATION DE COMBUSTIBLES FOSSILES ÉVITÉE, ET COÛTS ET ÉMISSIONS DE GES ÉVITÉS EN RÉSULTANT

PLUS D'ÉNERGIE RENOUVELABLE IMPLIQUE UNE DIMINUTION DES COMBUSTIBLES FOSSILES ET DES COÛTS ASSOCIÉS

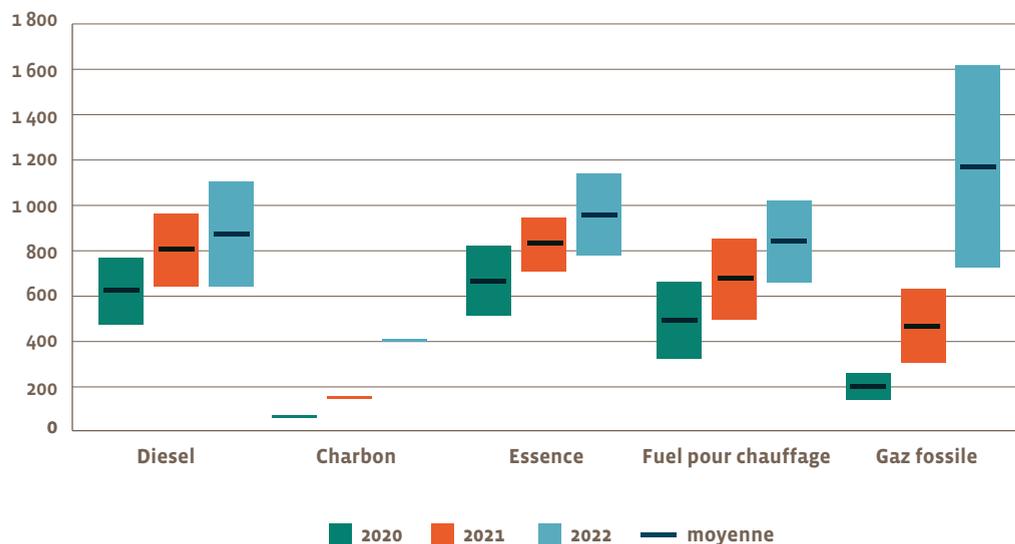
Les progrès réalisés dans toute l'Union européenne en matière de déploiement des énergies renouvelables depuis 2005 s'expliquent principalement par l'existence d'objectifs nationaux contraignants pour 2020, d'abord fixés par la directive 2009/28/CE relative aux énergies renouvelables, ou « directive EnR », qui a ensuite été refondue dans le paquet « Énergie propre pour tous les Européens » : directive (UE) 2018/2001 (RED II), entrée en vigueur en décembre 2018. 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.

À l'horizon 2030, la directive RED II 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

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) (M€/Mtep)



Sources : Eurostat, Commission européenne, Nasdaq.

18 octobre 2023. La plupart des dispositions de cette directive seront transposées dans le droit national des pays membres au cours des dix-huit mois suivants, à l'exception de certaines dispositions liées à l'octroi de permis pour des projets en matière d'énergie renouvelable qui devront être transposées d'ici juillet 2024. Cette directive 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.

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 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 2022 — Recent growth and knock-on effects », AEE 2022). 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-dessus présente les fourchettes de prix des combustibles observées dans les 27 États membres de l'Union européenne en 2020, 2021 et



2022, 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 15² 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, 2022). 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.

Si l'on examine les différents vecteurs énergétiques et leurs ratios, on constate que les prix des combustibles fossiles pour les clients finaux ont considérablement augmenté en 2021 en raison de la reprise économique consécutive à la crise du Covid de 2020. La reprise a contracté les marchés des produits et appliqué une pression à la hausse sur l'ensemble des prix. En 2022, les prix ont encore augmenté du fait de l'invasion de l'Ukraine par la Russie. Les prix observés pour le diesel, l'essence et le fioul diffèrent considérablement d'un État membre à l'autre et tout au long de l'année. Pour le gaz, l'écart de prix entre les pays était traditionnellement plus faible, mais a significativement augmenté depuis 2021³.

2. Tranche de consommation 15: 1 000 000 GJ < consommation < 4 000 000 GJ, prix du gaz pour les clients non résidentiels, nrg_pc_203, Eurostat.

3. « World Energy Outlook 2021 », IEA, <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2021/prices-and-affordability>.

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, 2023).
- 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 2009/28/CE.
- 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 2021 sont des approximations, empruntées à l'AEE (2022).
- 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 (tCO₂/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.

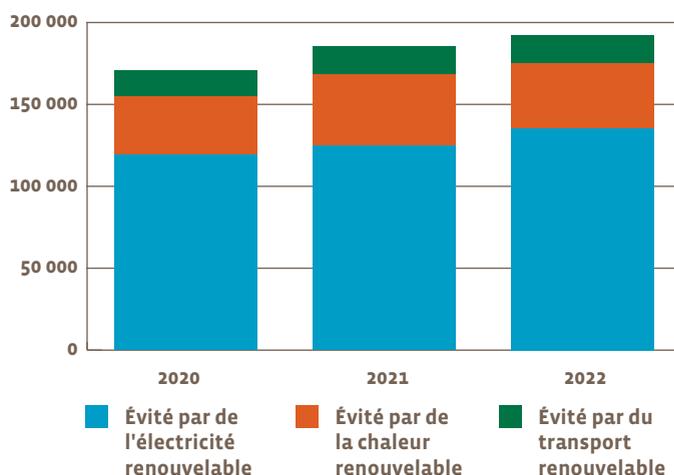
- On considère que les contributions des vecteurs énergétiques renouvelables (RES-E, RES-H/C et RES-T) au mix énergétique global ont remplacé les contributions qui auraient sinon été obtenues par les vecteurs énergétiques initiaux (combustibles pour l'électricité, le chauffage et les transports) :
 - 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 à 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 N° 1/2015, Agence européenne pour l'environnement (europa.eu).

En 2022 et 2021, l'utilisation d'énergie renouvelable a respectivement remplacé environ 192 Mtep et 185 Mtep de combustibles fossiles par rapport au niveau d'utilisation des renouvelables en 2005. Ces chiffres correspondent à un coût annuel évité de 91 milliards d'euros en 2021, pour les 27 États membres de l'UE, et 220 milliards d'euros en 2022. En 2021, les contributions financières les plus importantes proviennent de l'électricité et de la chaleur renouvelables (avec des parts à peu près égales représentant environ 91 % des dépenses évitées). Le constat est le même en 2022.

2

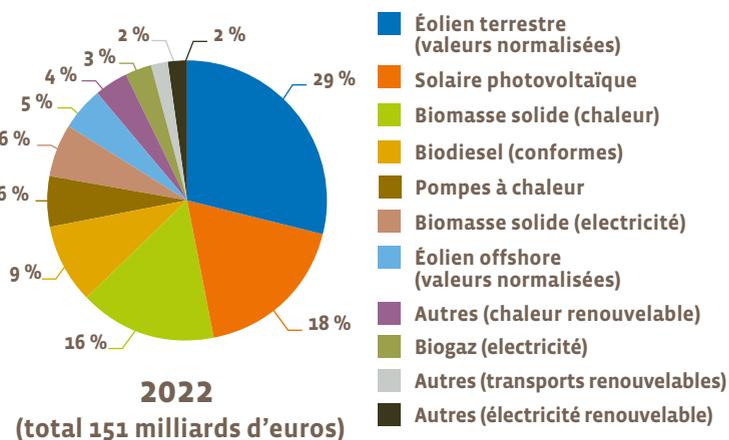
Combustibles fossiles évités par secteur (ktep)



Note : année de référence 2005. Note : pour 2022, des données estimatives ont été utilisées. Source : EurObserv'ER sur la base des données de l'AEE

3

Dépenses évitées dans l'UE 27 grâce aux énergies renouvelables



Note : année de référence 2005. Note : pour 2022, des données estimatives ont été utilisées. Source : EurObserv'ER sur la base des données de l'AEE

CONSUMMATION DE COMBUSTIBLES FOSSILES ÉVITÉE ET COÛTS ÉVITÉS PAR TECHNOLOGIE

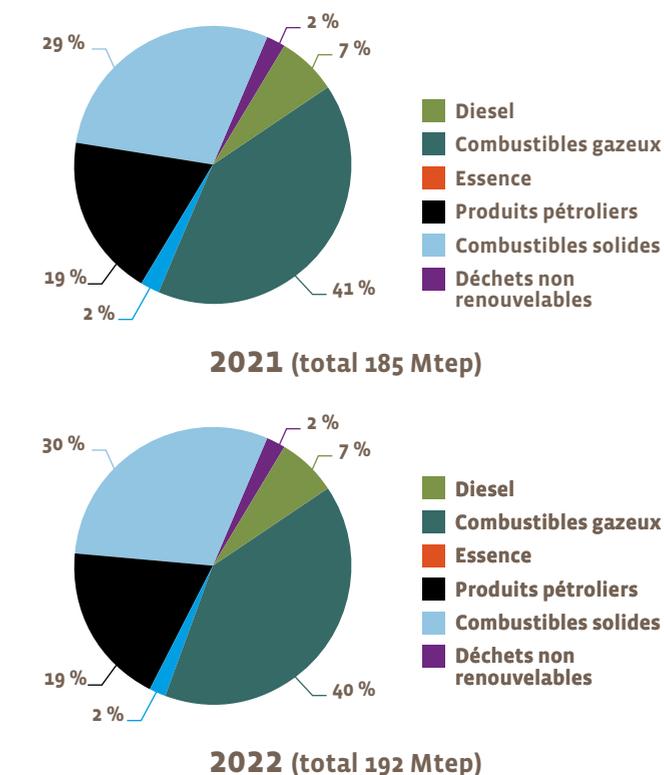
La consommation d'électricité renouvelable a contribué à hauteur de 70 % au total des combustibles fossiles évités en 2022 (en matière d'énergie). Les énergies renouvelables dans le secteur du chauffage et du refroidissement y ont contribué à hauteur de 21 % et les carburants renouvelables ont constitué la part restante, soit environ 9 % (seuls sont inclus les carburants conformes à la directive 2009/28/CE). Les coûts évités dans le secteur de l'électricité représentaient, en termes monétaires, 40,3 milliards d'euros en 2021 et 95,1 milliards d'euros en 2022. Dans le chauffage renouvelable, les coûts évités atteignaient 20,6 milliards d'euros en 2021 et 39,1 milliards d'euros en 2022. Enfin, pour le transport renouvelable, le coût évité s'élevait à 13,1 milliards d'euros en 2021 et 16,9 milliards d'euros en 2022. 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 4 % entre 2021 et 2022, l'effet sur les dépenses évitées a été immensément plus prononcé que la croissance des énergies renouvelables, avec une hausse de 204 % (de 74 milliards d'euros à 151 milliards d'euros). Cela s'explique par la forte hausse des prix des combustibles fossiles entre 2021 et 2022.

Parmi les technologies énergétiques renouvelables, l'éolien terrestre a évité l'achat de combustibles fossiles à hauteur de

4

Énergies fossiles substituées dans l'UE 27 en 2021 et 2022



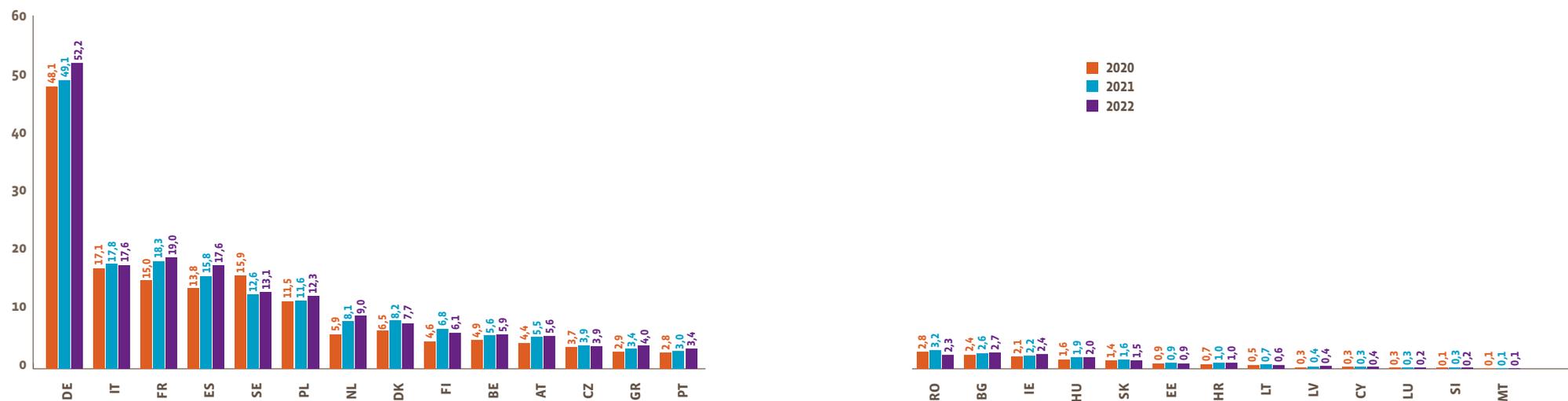
Note : Année de référence 2005. Note : Pour 2022, des données estimatives ont été utilisées. Source : EurObserv'ER sur la base des données de l'AEE.

44,3 milliards d'euros en 2022 (19,6 milliards d'euros en 2021, production normalisée pour les deux années) par rapport à 2005. Quant au solaire photovoltaïque, il a permis d'économiser 44,2 milliards d'euros en 2022 (13,5 milliards en 2021). La biomasse solide destinée à la production de chaleur arrive en troisième position avec 28,5 milliards d'euros de coûts évités en 2022 (14,3 milliards d'euros en 2021).

Le camembert illustre la part de chaque technologie dans le total des dépenses évitées en 2022.

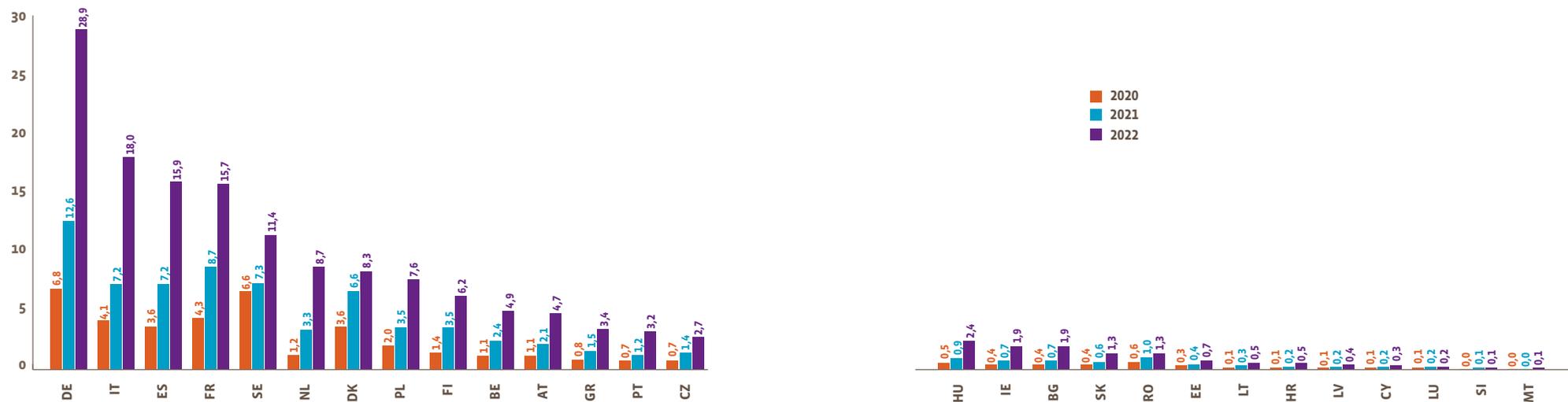
Les combustibles fossiles évités sont majoritairement le gaz naturel (41 % en 2021 et 40 % en 2022), suivi des combustibles solides (principalement le charbon, 29 % en 2021 et 30 % en 2022). Les produits pétroliers évités représentent 20 % en 2021 comme en 2022. Les autres combustibles (carburants pour le transport et déchets non renouvelables) couvrent la partie restante (11 % en 2021 et en 2022).

Énergies fossiles évitées (ktep)



Note: Année de référence 2005. Note: Pour 2022, des données estimatives ont été utilisées. Source: EurObserv'ER sur la base des données de l'AE.

Dépenses évitées (Md€)



Note: Année de référence 2005. Note: Pour 2022, des données estimatives ont été utilisées. Source: EurObserv'ER sur la base des données de l'AE.

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.

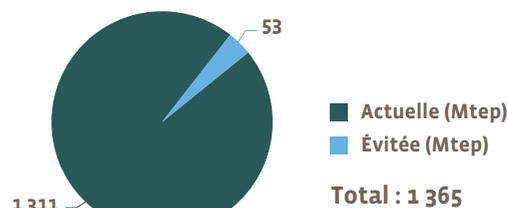
Comme on peut s'y attendre, les coûts évités suivent l'évolution des prix des combustibles fossiles: les prix de 2022 étant supérieurs à ceux de 2021.

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 6 et 7.

Ensuite, les figures 8 et 9 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

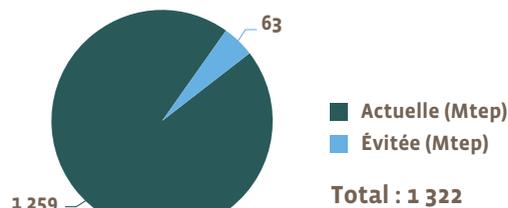
Effet sur la consommation d'énergie primaire (Mtoe) en 2021



Note: Année de référence 2005. Source: EurObserv'ER sur la base des données de l'AEE.

8

Effet sur la consommation d'énergie primaire (Mtoe) en 2022



Note: Année de référence 2005. Source: EurObserv'ER sur la base des données de l'AEE.

ÉMISSIONS DE GES ÉVITÉES DANS L'UE ET PAR ÉTAT MEMBRE

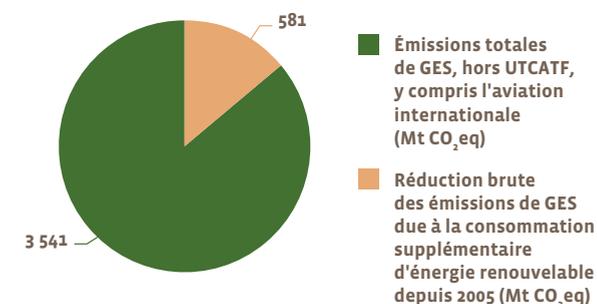
Enfin, les figures 10 à 12 indiquent les économies d'émissions des GES estimées en 2021 et 2022 grâce à l'augmentation de la consommation d'énergies renouvelables depuis 2005, pour l'Union européenne dans son ensemble et par État membre.

Pour l'UE en 2022, les émissions brutes de gaz à effet de serre ont baissé de 604 Mt de CO₂eq grâce à la consommation d'énergie renouvelable additionnelle. Alors que les émissions totales de GES de l'UE étaient d'environ 3 491 Mt de CO₂eq en 2021, l'adoption d'énergie renouvelable additionnelle a permis une réduction des émissions brutes de GES de 14,8% en 2021 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 581 Mt de CO₂eq en 2021 à environ 604 Mt de CO₂eq en 2022.

9

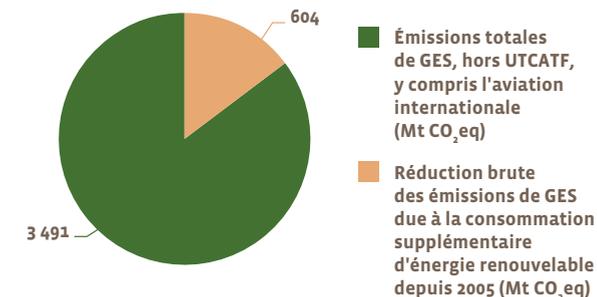
Effet sur les émissions de GES (Mt CO₂) en 2021



Note: Année de référence 2005. Note: Pour 2022, des données estimatives ont été utilisées. Source: EurObserv'ER sur la base des données de l'AEE.

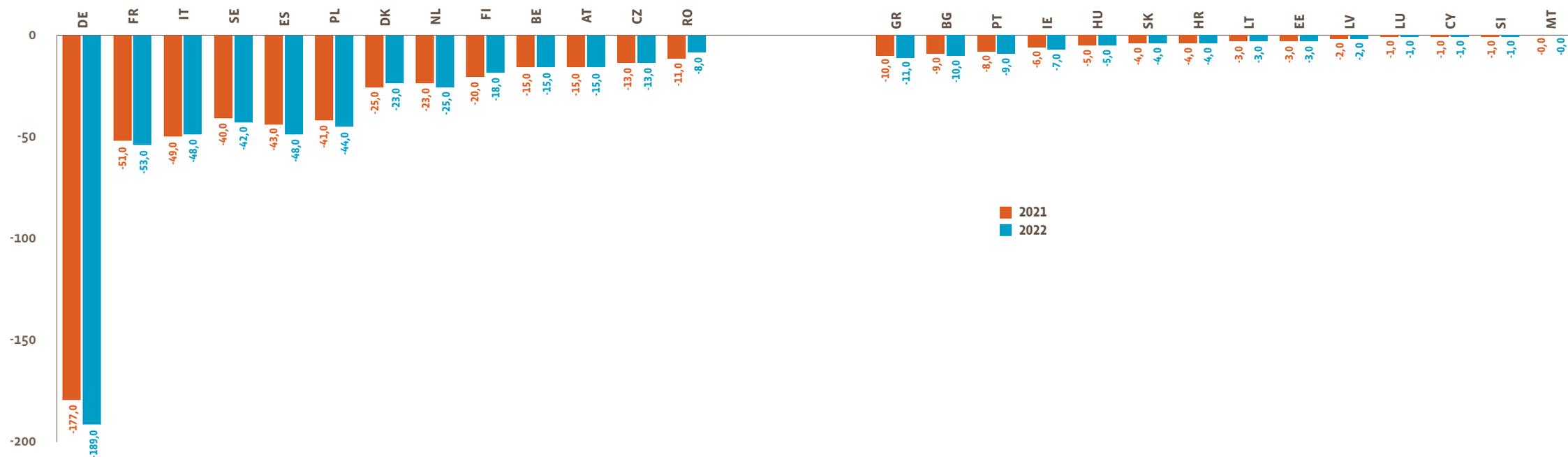
10

Effet sur les émissions de GES (Mt CO₂) en 2022



Note: Année de référence 2005. Note: Pour 2022, des données estimatives ont été utilisées. Source: EurObserv'ER sur la base des données de l'AEE.

Estimation de la réduction brute d'émission de GES, due à l'adoption des SER, par pays (Mt CO₂)



Note: Année de référence 2005. Note: Pour 2022, des données estimatives ont été utilisées. Source: EurObserv'ER sur la base des données de l'AEE.

En matière d'émissions brutes de GES évitées en 2022, les pays affichant les réductions estimées les plus importantes sont l'Allemagne (189 Mt de CO₂eq), la France (53 Mt de CO₂eq), l'Italie et la Suède (respectivement 48 Mt de CO₂eq et 42 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 donnés, 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.

1

Financement et exécution de la R&D par secteur

	Dépenses R&D totales		
Financement	Entreprises	Gouvernement	
Mise en œuvre	Entreprises	Gouvernement	Enseignement supérieur

Pour l'élaboration du présent rapport, les données relatives aux investissements publics et privés ont été fournies par le Centre commun de recherche/Setis (CCR ou JRC en anglais). Elles se fondent sur les statistiques de l'IEA¹, 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 2020, mais celles de 2021 restent pour le moment incomplètes. Pour les chiffres de la recherche privée, les délais sont encore plus longs (2018 et 2019), 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 ». ² 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 2020 et 2021 pour la R&D publique, et 2019 et 2020 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 (euros), la part des dépenses publiques de R&D est calculée par rapport au PIB des pays concernés (%), 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. Base de données en ligne sur la R&D de l'AIE, Agence Internationale de l'Énergie
2. F. Pasimeni, E. Tzimas, « Monitoring R&I in low-carbon energy technologies », EUR 28446 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 2020 et 2021.

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 2019 et 2020 sont disponibles.

INDICATEURS PUBLICS DE R&D

SOLAIRE

		Dépenses publiques de R&D (en millions d'euros)		Part des dépenses publiques de R&D dans le PIB	
		2020	2021	2020	2021
UE 27	Allemagne	107,98	109,51	0,00 %	0,00 %
	France	80,98	78,79	0,00 %	0,00 %
	Espagne	12,74	41,95	0,00 %	0,00 %
	Pays-Bas	19,68	22,4	0,00 %	0,00 %
	Suède	9,33	11,9	0,00 %	0,00 %
	Pologne	7,32	9,18	0,00 %	0,00 %
	Hongrie	0,27	7,27	0,00 %	0,00 %
	Autriche	6,47	5,05	0,00 %	0,00 %
	Finlande	5,5	4,68	0,00 %	0,00 %
	Danemark	2,07	3,31	0,00 %	0,00 %
	Lituanie	0,44	1,2	0,00 %	0,00 %
	Tchéquie	1,36	1,07	0,00 %	0,00 %
	Irlande	0,41	0,72	0,00 %	0,00 %
	Belgique	10,35	0,38	0,00 %	0,00 %
	Slovaquie	0,24	0,32	0,00 %	0,00 %
	Estonie	0,05	0,3	0,00 %	0,00 %
	Italie	29,59	n.d.	0,00 %	n.d.
Total UE 27	294,78	298,02	0,00 %	0,00 %	
Commission européenne	67,69	118,71	0,00 %	0,00 %	
Autres Pays	États-Unis	245,5	236,88	0,00 %	0,00 %
	Corée du Sud	57,48	64,05	0,00 %	0,00 %
	Suisse	39,96	38,68	0,01 %	0,01 %
	Canada	19,8	35,91	0,00 %	0,00 %
	Royaume-Uni	46,31	29,63	0,00 %	0,00 %
	Japon	30,21	27,66	0,00 %	0,00 %
	Australie	13,18	25,8	0,00 %	0,00 %
	Norvège	10,33	13,73	0,00 %	0,00 %
	Turquie	4,14	10,71	0,00 %	0,00 %
	Nouvelle-Zélande	0,54	0,44	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 2020 et 2021. 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 2020 et 2021 sont relativement proches, à quelques exceptions près pour l'Espagne, la Hongrie, le Canada, la Commission européenne et l'Australie qui enregistrent les plus fortes augmentations, et la Belgique et le Royaume-Uni qui affichent les plus fortes baisses.

En matière d'investissement public exprimé en fonction du PIB, la Suisse arrive en tête, devant la Hongrie et la Corée en 2021, alors qu'elle était talonnée par la Corée et la France en 2020. 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

GÉOTHERMIE

		Dépenses publiques de R&D (en millions d'euros)		Part des dépenses publiques de R&D dans le PIB	
		2020	2021	2020	2021
UE 27	Allemagne	16,68	26,24	0,00 %	0,00 %
	France	13,74	10,57	0,00 %	0,00 %
	Pays-Bas	3,89	4,97	0,00 %	0,00 %
	Irlande	0,39	1,24	0,00 %	0,00 %
	Tchéquie	0,18	0,81	0,00 %	0,00 %
	Finlande	n.d.	0,7	n.d.	0,00 %
	Autriche	0,56	0,6	0,00 %	0,00 %
	Pologne	0,36	0,58	0,00 %	0,00 %
	Hongrie	1,4	0,35	0,00 %	0,00 %
	Espagne	0,3	0,33	0,00 %	0,00 %
	Suède	2,6	0,25	0,00 %	0,00 %
	Belgique	0,41	0	0,00 %	0,00 %
	Danemark	n.d.	0	n.d.	0,00 %
	Estonie	0	0	0,00 %	0,00 %
	Italie	6,88	n.d.	0,00 %	n.d.
	Slovaquie	0,23	n.d.	0,00 %	n.d.
	Total UE 27	47,63	46,66	0,00 %	0,00 %
Commission européenne	17,49	13,8	0,00 %	0,00 %	
Autres Pays	États-Unis	96,45	89,68	0,00 %	0,00 %
	Japon	17,41	16,37	0,00 %	0,00 %
	Suisse	18,53	8,7	0,00 %	0,00 %
	Canada	6,78	4,6	0,00 %	0,00 %
	Nouvelle-Zélande	3,6	3,74	0,00 %	0,00 %
	Corée du Sud	1,63	3,28	0,00 %	0,00 %
	Norvège	1,79	1,71	0,00 %	0,00 %
	Royaume-Uni	1,88	1,09	0,00 %	0,00 %
	Turquie	0	0,16	0,00 %	0,00 %
	Australie	0,09	0,07	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), à la fois en 2020 et en 2021. Pour la troisième place, les choses ont changé entre 2020 et 2021, avec la Suisse arrivant juste devant la Commission européenne et le Japon en 2020. En 2021, c'est l'Allemagne qui arrive en troisième position, devant le Japon et la Commission européenne.

Pour la plupart des pays, les chiffres de 2020 et 2021 sont relativement proches, à quelques exceptions près pour l'Allemagne, qui enregistre les augmentations les plus notables, et la Suisse, ainsi que la Suède et le Canada dans une moindre mesure, qui enregistrent les plus fortes baisses. En matière d'investissement public exprimé en fonction du PIB, la Nouvelle-Zélande devance la Suisse et l'Allemagne en 2021, alors que la Suisse arrive devant la Nouvelle-Zélande et la Hongrie en 2020. Les valeurs relatives par rapport au PIB montrent également que la géothermie 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

HYDROÉLECTRICITÉ

		Dépenses publiques de R&D (en millions d'euros)		Part des dépenses publiques de R&D dans le PIB	
		2020	2021	2020	2021
UE 27	France	3,53	3,7	0,00 %	0,00 %
	Suède	2,47	3,68	0,00 %	0,00 %
	Autriche	3,4	2,5	0,00 %	0,00 %
	Espagne	0,44	2,36	0,00 %	0,00 %
	Allemagne	2,45	0,98	0,00 %	0,00 %
	Pologne	0,27	0,77	0,00 %	0,00 %
	Tchéquie	0,07	0,66	0,00 %	0,00 %
	Finlande	0,06	0,24	0,00 %	0,00 %
	Belgique	0	0	0,00 %	0,00 %
	Danemark	n.d.	0	n.d.	0,00 %
	Estonie	0	0	0,00 %	0,00 %
	Pays-Bas	0	0	0,00 %	0,00 %
	Hongrie	0	n.d.	0,00 %	n.d.
	Slovaquie	0	n.d.	0,00 %	n.d.
Total UE 27		12,69	14,9	0,00 %	0,00 %
Commission européenne		10,8	1,02	0,00 %	0,00 %
Autres Pays	États-Unis	134,24	115,83	0,00 %	0,00 %
	Canada	15,01	15,97	0,00 %	0,00 %
	Suisse	15,56	12,48	0,00 %	0,00 %
	Norvège	7,9	10,04	0,00 %	0,00 %
	Turquie	13,19	7,04	0,00 %	0,00 %
	Corée du Sud	0,6	4,33	0,00 %	0,00 %
	Royaume-Uni	0,28	0,12	0,00 %	0,00 %
Australie	0,13	0,07	0,00 %	0,00 %	
Nouvelle-Zélande	0,01	0,03	0,00 %	0,00 %	

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. Ils étaient suivis par le Canada et l'Union européenne en 2020, et par la Suisse et le Canada en 2021. Au sein de l'UE, la France reste le pays aux dépenses publiques les plus élevées dans l'hydroélectricité, devant la Suède. Pour la plupart des pays, les chiffres de 2020 et 2021 sont relativement proches, à quelques exceptions près pour l'Espagne, la Norvège et la Corée qui enregistrent les plus fortes augmentations, et la Commission européenne, l'Allemagne et la Turquie qui affichent les plus fortes baisses. En matière d'investissement public exprimé en fonction du PIB, la Norvège arrive en tête, devant la Suisse et la Turquie en 2020 comme en 2021. 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

BIOCARBURANTS

		Dépenses publiques de R&D (en millions d'euros)		Part des dépenses publiques de R&D dans le PIB	
		2020	2021	2020	2021
UE 27	Allemagne	53,58	68,46	0,00 %	0,00 %
	France	67,73	64,54	0,00 %	0,00 %
	Danemark	13,87	24,97	0,00 %	0,01 %
	Suède	19,63	23,23	0,00 %	0,00 %
	Espagne	7,35	16,71	0,00 %	0,00 %
	Pays-Bas	7,8	14,03	0,00 %	0,00 %
	Finlande	11,83	9,89	0,01 %	0,00 %
	Autriche	10,97	8,97	0,00 %	0,00 %
	Tchéquie	8,14	6,77	0,00 %	0,00 %
	Hongrie	0,37	5,66	0,00 %	0,00 %
	Irlande	2,49	3	0,00 %	0,00 %
	Pologne	1,9	2,23	0,00 %	0,00 %
	Lituanie	2,06	1,05	0,00 %	0,00 %
	Belgique	3,77	0,12	0,00 %	0,00 %
	Estonie	0,14	0	0,00 %	0,00 %
	Italie	9,13	n.d.	0,00 %	n.d.
	Malte	0	n.d.	0,00 %	n.d.
	Roumanie	0,01	n.d.	0,00 %	n.d.
	Slovaquie	0,01	n.d.	0,00 %	n.d.
Total UE 27		220,76	249,62	0,00 %	0,00 %
Commission européenne		95,55	61,23	0,00 %	0,00 %
Autres Pays	États-Unis	227,53	215,73	0,00 %	0,00 %
	Japon	83,3	69,53	0,00 %	0,00 %
	Canada	47,76	49,04	0,00 %	0,00 %
	Royaume-Uni	14,16	32,13	0,00 %	0,00 %
	Norvège	35,92	25,99	0,01 %	0,01 %
	Suisse	24,46	19,96	0,00 %	0,00 %
	Corée du Sud	28,81	17,81	0,00 %	0,00 %
	Australie	4	5,35	0,00 %	0,00 %
Nouvelle-Zélande	2,01	1,81	0,00 %	0,00 %	
Turquie	0,6	0,38	0,00 %	0,00 %	

Sources : JRC Setis, Banque mondiale (WBGAPI).

Dans le domaine des biocarburants, l'Union européenne (avec l'Allemagne et la France comme principaux acteurs) arrive en tête des investissements publics dans la R&D en 2021, devant les États-Unis. Le Japon, troisième, arrive loin derrière. Suivent ensuite de près l'Allemagne, la France et la Commission européenne. En 2020, les États-Unis arrivaient devant l'UE et la Commission européenne se classait troisième. Les tendances se divisent en deux grands groupes, à la hausse ou à la baisse, entre 2020 et 2021. La croissance a enregistré une hausse dans les États membres de l'UE (Allemagne, Danemark, Espagne, Pays-Bas, Hongrie) et au Royaume-Uni. Les baisses sont les plus remarquables au Japon, en Norvège, en Suisse, en Corée et en Belgique. En matière d'investissement public exprimé en fonction du PIB, le Danemark s'est classé devant la Norvège et la Suède en 2021, alors que la Norvège arrivait devant la Finlande et le Danemark en 2020. 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

ÉOLIEN

		Dépenses publiques de R&D (en millions d'euros)		Part des dépenses publiques de R&D dans le PIB	
		2020	2021	2020	2021
UE 27	Allemagne	82,53	87,36	0,00 %	0,00 %
	France	18,63	31,59	0,00 %	0,00 %
	Danemark	23	18,57	0,01 %	0,01 %
	Pays-Bas	16,86	14,95	0,00 %	0,00 %
	Espagne	15,83	12,51	0,00 %	0,00 %
	Belgique	6,19	7,32	0,00 %	0,00 %
	Suède	5,36	4,19	0,00 %	0,00 %
	Irlande	1,12	2,63	0,00 %	0,00 %
	Autriche	1,03	2,51	0,00 %	0,00 %
	Finlande	1,86	2,17	0,00 %	0,00 %
	Pologne	0,27	0,59	0,00 %	0,00 %
	Lituanie	0,12	0,39	0,00 %	0,00 %
	Tchéquie	0,28	0,15	0,00 %	0,00 %
	Hongrie	0	0,01	0,00 %	0,00 %
	Estonie	0	0	0,00 %	0,00 %
	Italie	0,69	n.d.	0,00 %	n.d.
	Slovaquie	0	n.d.	0,00 %	n.d.
Total UE 27		173,77	184,94	0,00 %	0,00 %
Commission européenne		50,74	93,13	0,00 %	0,00 %
Autres Pays	Japon	161,34	171,24	0,00 %	0,00 %
	États-Unis	91,19	93,06	0,00 %	0,00 %
	Corée du Sud	67,05	57,93	0,00 %	0,00 %
	Royaume-Uni	32,31	45,74	0,00 %	0,00 %
	Norvège	7,79	27,37	0,00 %	0,01 %
	Suisse	6,32	9,27	0,00 %	0,00 %
	Canada	5,1	7	0,00 %	0,00 %
	Turquie	1,19	0,86	0,00 %	0,00 %
	Australie	0,3	0,58	0,00 %	0,00 %
Nouvelle-Zélande	0	0	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, l'Allemagne en représentant environ la moitié. Pour 2021, le Japon, les États-Unis et la Commission européenne arrivent ensuite. En 2020, l'UE est suivie par les États-Unis, le Japon et la Corée. Les tendances se divisent en deux grands groupes, à la hausse ou à la baisse, entre 2020 et 2021. La France, la Commission européenne, le Japon, le Royaume-Uni et la Norvège ont enregistré une hausse. Les baisses sont quant à elles les plus remarquables au Danemark et en Corée. En matière d'investissement public exprimé en fonction du PIB, la Norvège arrive en tête, devant le Danemark et le Japon en 2021. En 2020, le trio de tête était le Danemark, suivi de la Corée et du 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

ÉNERGIE OCÉANIQUE

		Dépenses publiques de R&D (en millions d'euros)		Part des dépenses publiques de R&D dans le PIB	
		2020	2021	2020	2021
UE 27	France	8,32	12,62	0,00 %	0,00 %
	Suède	5,89	4,78	0,00 %	0,00 %
	Espagne	0,95	3,51	0,00 %	0,00 %
	Irlande	3,2	2,38	0,00 %	0,00 %
	Danemark	6,4	0,03	0,00 %	0,00 %
	Pologne	0,08	0,02	0,00 %	0,00 %
	Belgique	0,23	0	0,00 %	0,00 %
	Allemagne	0	0	0,00 %	0,00 %
	Estonie	0	0	0,00 %	0,00 %
	Pays-Bas	0	0	0,00 %	0,00 %
	Finlande	n.d.	0	n.d.	0,00 %
	Hongrie	0	n.d.	0,00 %	n.d.
	Slovaquie	0	n.d.	0,00 %	n.d.
Total UE 27		25,07	23,35	0,00 %	0,00 %
Commission européenne		38,33	12,2	0,00 %	0,00 %
Autres Pays	Royaume-Uni	14,92	20,33	0,00 %	0,00 %
	Canada	4,14	8,83	0,00 %	0,00 %
	Japon	6,17	3,18	0,00 %	0,00 %
	Australie	0,15	0,15	0,00 %	0,00 %
	Norvège	0,14	0,13	0,00 %	0,00 %
	Turquie	0,11	0,09	0,00 %	0,00 %
	États-Unis	0	0	0,00 %	0,00 %
	Nouvelle-Zélande	0	0	0,00 %	0,00 %
Corée du Sud	1,27	n.d.	0,00 %	n.d.	
Suisse	0	n.d.	0,00 %	n.d.	

Sources: JRC Setis, Banque mondiale (WBGAPI).

Dans le domaine de l'énergie océanique, l'UE arrive en tête des investissements publics dans la R&D en cumulant les résultats de ses États membres, la France en représentant environ la moitié. Pour 2021, le Royaume-Uni et la Commission européenne arrivent ensuite. En 2020, la Commission européenne arrivait devant l'UE et le Royaume-Uni. Les tendances se divisent en deux grands groupes, à la hausse ou à la baisse, entre 2020 et 2021. La France, l'Espagne, le Royaume-Uni et le Canada ont enregistré une hausse. Les baisses sont quant à elles les plus remarquables pour la Commission européenne, le Danemark et le Japon. En matière d'investissement public exprimé en fonction du PIB, la Suède arrive en tête, devant le Royaume-Uni et l'Irlande en 2021. En 2020, le trio de tête était le Danemark, suivi de la Suède et de 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 millions d'euros)		Part des dépenses publiques de R&D dans le PIB	
		2020	2021	2020	2021
UE 27	Allemagne	263,22	292,55	0,01 %	0,01 %
	France	192,93	201,82	0,01 %	0,01 %
	Espagne	37,61	77,37	0,00 %	0,01 %
	Pays-Bas	48,23	56,35	0,01 %	0,01 %
	Suède	45,28	48,03	0,01 %	0,01 %
	Danemark	45,34	46,87	0,01 %	0,01 %
	Autriche	22,43	19,64	0,01 %	0,00 %
	Finlande	19,25	17,68	0,01 %	0,01 %
	Pologne	10,19	13,38	0,00 %	0,00 %
	Hongrie	2,04	13,3	0,00 %	0,01 %
	Irlande	7,61	9,98	0,00 %	0,00 %
	Tchéquie	10,02	9,45	0,00 %	0,00 %
	Belgique	20,95	7,82	0,00 %	0,00 %
	Lituanie	2,62	2,63	0,01 %	0,00 %
	Slovaquie	0,48	0,32	0,00 %	0,00 %
	Estonie	0,19	0,3	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	46,29	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	0,01	0	0,00 %	0,00 %
	Slovénie	0	0	0,00 %	0,00 %
Total UE 27	774,7	817,49	0,01 %	0,01 %	
Commission européenne	280,6	300,08	0,00 %	0,00 %	

Continue page suivante

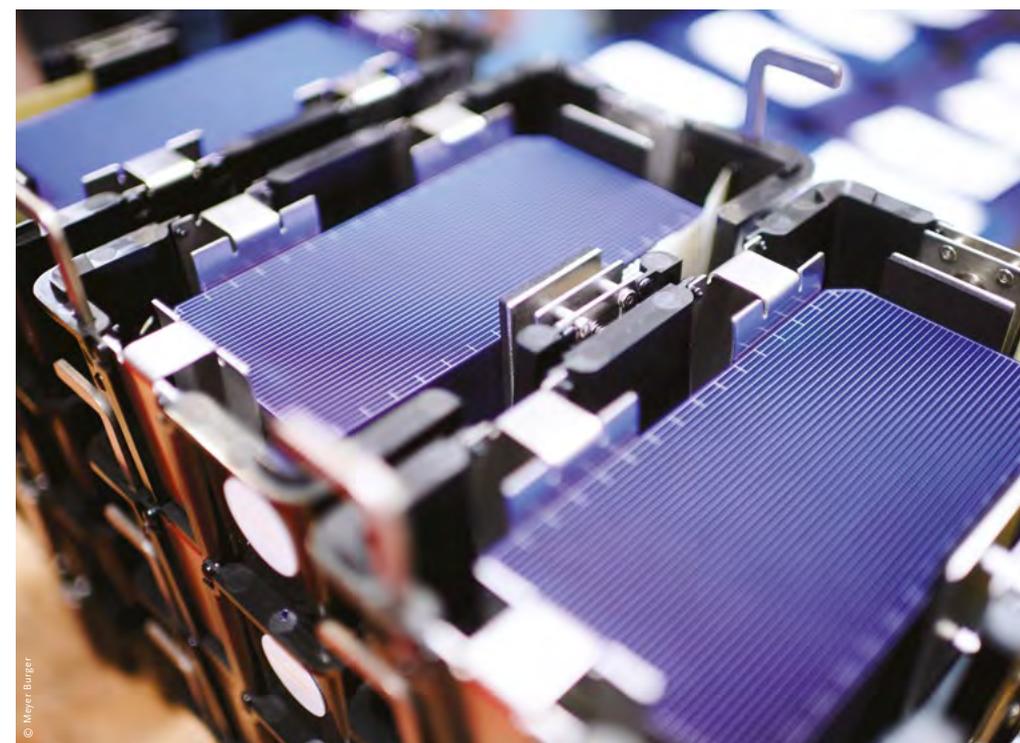
Pour calculer le total, nous avons indiqué zéro pour les valeurs non disponibles pour éviter que seuls les pays qui ont investi dans toutes les technologies n'apparaissent dans les résultats. Cela signifie que certains chiffres peuvent être sous-estimés. Par exemple, l'Italie enregistre un total de zéro en 2021 (contre 46 millions d'euros en 2020). Cela ne reflète pas une baisse, mais bien l'indisponibilité des données italiennes pour 2021.

Les résultats cumulés des investissements publics dans la R&D pour toutes les technologies renouvelables montrent que l'Union européenne (avec l'Allemagne et la France comme principaux contributeurs) arrive devant les États-Unis en 2021, suivis par la Commission européenne et le Japon. En 2020, les États-Unis se classaient devant l'UE, le Japon et la Commission européenne. Il convient de noter que les chiffres de 2021 de l'UE sont probablement sous-estimés en raison de l'indisponibilité des données de l'Italie. Les pays où les investissements publics ont le plus progressé sont l'Allemagne, l'Espagne, les Pays-Bas, la Hongrie, la Commission européenne, le Royaume-Uni, le Canada, la Norvège et l'Australie. À l'inverse, ces investissements ont le plus baissé en Belgique, en Autriche, en Finlande, aux États-Unis et en Suisse. En matière

Autres Pays	États-Unis	794,91	751,18	0,00 %	0,00 %
	Japon	298,43	287,98	0,01 %	0,01 %
	Corée du Sud	156,84	147,4	0,01 %	0,01 %
	Royaume-Uni	109,85	129,05	0,00 %	0,00 %
	Canada	98,59	121,35	0,01 %	0,01 %
	Suisse	104,83	89,09	0,02 %	0,01 %
	Norvège	63,87	78,96	0,02 %	0,02 %
	Australie	17,86	32,01	0,00 %	0,00 %
	Turquie	19,23	19,24	0,00 %	0,00 %
	Nouvelle-Zélande	6,15	6,02	0,00 %	0,00 %

Sources : JRC Setis, Banque mondiale (WBGAPI).

d'investissement public exprimé en fonction du PIB, la Norvège se classe devant la Suisse et le Danemark en 2021, les deuxième et troisième places étant interverties en 2020. 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

SOLAIRE

		Dépenses privées de R&D (en millions d'euros)		Part des dépenses privées de R&D dans le PIB	
		2019	2020	2019	2020
UE 27	Allemagne	397,47	459,13	0,0114 %	0,0135 %
	France	107,26	103,31	0,0044 %	0,0045 %
	Autriche	27,40	40,96	0,0069 %	0,0108 %
	Italie	40,75	36,79	0,0023 %	0,0022 %
	Suède	13,33	35,49	0,0028 %	0,0074 %
	Espagne	19,14	29,00	0,0015 %	0,0026 %
	Pays-Bas	55,17	23,31	0,0068 %	0,0029 %
	Belgique	13,01	11,04	0,0027 %	0,0024 %
	Danemark	19,22	10,03	0,0062 %	0,0032 %
	Pologne	9,07	9,35	0,0017 %	0,0018 %
	Finlande	10,61	3,80	0,0044 %	0,0016 %
	Estonie	n.d.	1,90	n.d.	0,0069 %
	Grèce	n.d.	1,90	n.d.	0,0012 %
	Tchéquie	3,51	1,27	0,0016 %	0,0006 %
	Irlande	4,34	n.d.	0,0012 %	n.d.
	Croatie	1,75	n.d.	0,0032 %	n.d.
	Chypre	7,02	n.d.	0,0303 %	n.d.
	Luxembourg	4,68	n.d.	0,0075 %	n.d.
	Hongrie	1,75	n.d.	0,0012 %	n.d.
Portugal	29,83	n.d.	0,0139 %	n.d.	
Roumanie	1,75	n.d.	0,0008 %	n.d.	
Slovénie	0,48	n.d.	0,0010 %	n.d.	
Total UE 27	767,55	767,27	0,0055 %	0,0057 %	

Sources : JRC Setis, Banque mondiale (WBGAPI).

En matière d'investissement privé dans la R&D pour l'énergie solaire, l'Allemagne se classe loin devant les autres pays et représente plus de la moitié des investissements réalisés par les États membres de l'UE. La France arrive en deuxième position, suivie d'un groupe de neuf à onze pays (le Portugal et Chypre figurent dans ce groupe en 2019, mais n'ont pas de données pour 2020).

L'Allemagne, l'Autriche, la Suède et l'Espagne ont considérablement augmenté leurs investissements privés entre 2019 et 2020. L'Italie, les Pays-Bas et le Danemark ont considérablement réduit leurs investissements privés entre 2019 et 2020. En matière d'investissement privé exprimé en fonction du PIB, l'Allemagne devance l'Autriche et la Suède en 2020. En 2019, Chypre arrive devant le Portugal et l'Allemagne. Compte tenu du manque de données pour Chypre et le Portugal en 2020, il est difficile de savoir si le classement de 2020 est représentatif ou s'il est en réalité similaire à celui de 2019. 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

GÉOTHERMIE

		Dépenses privées de R&D (en millions d'euros)		Part des dépenses privées de R&D dans le PIB	
		2019	2020	2019	2020
UE 27	Allemagne	4,25	1,30	0,0001 %	0,0000 %
	Pays-Bas	1,28	1,09	0,0002 %	0,0001 %
	Finlande	3,43	0,87	0,0014 %	0,0004 %
	France	2,48	0,22	0,0001 %	0,0000 %
	Italie	2,28	n.d.	0,0001 %	n.d.
	Hongrie	4,57	n.d.	0,0031 %	n.d.
	Autriche	4,57	n.d.	0,0011 %	n.d.
	Slovaquie	2,28	n.d.	0,0024 %	n.d.
	Suède	1,04	n.d.	0,0002 %	n.d.
	Total UE 27	26,17	3,48	0,0002 %	0,0000 %

Sources : JRC Setis, Banque mondiale (WBGAPI).

En matière d'investissement privé dans la R&D de la géothermie, l'Allemagne devance les Pays-Bas et la Finlande en 2020. En 2019, la Hongrie et l'Autriche se classent devant l'Allemagne (l'absence de données disponibles pour la Hongrie et l'Autriche en 2020 ne permet pas de savoir si ce classement est représentatif ou non).

Tous les pays possédant des données pour 2020 enregistrent une baisse des investissements privés, mais le manque de données pour de nombreux pays en 2020 qui en possédaient pour 2019 ne nous permet pas de tirer des conclusions solides. En matière d'investissement privé exprimé en fonction du PIB, la Finlande devance les Pays-Bas et l'Allemagne en 2020. En 2019, la Hongrie se classe devant la Slovaquie et la Finlande. Compte tenu du manque de données pour la Slovaquie et la Hongrie en 2020, il est difficile de savoir si le classement de 2020 est représentatif ou s'il est en réalité similaire à celui de 2019. Les valeurs relatives par rapport au PIB montrent également que la géothermie constitue un secteur mineur pour l'investissement privé. ■

INDICATEURS PRIVÉS DE R&D

HYDROÉLECTRICITÉ

		Dépenses privées de R&D (en millions d'euros)		Part des dépenses privées de R&D dans le PIB	
		2019	2020	2019	2020
UE 27	Allemagne	31,20	16,31	0,0009%	0,0005%
	France	13,57	3,73	0,0006%	0,0002%
	Italie	2,77	1,91	0,0002%	0,0001%
	Pologne	2,77	1,91	0,0005%	0,0004%
	Suède	1,35	1,24	0,0003%	0,0003%
	Pays-Bas	0,92	0,25	0,0001%	0,0000%
	Espagne	0,92	n.d.	0,0001%	n.d.
	Autriche	0,61	n.d.	0,0002%	n.d.
	Slovénie	0,92	n.d.	0,0019%	n.d.
	Finlande	0,92	n.d.	0,0004%	n.d.
Total UE 27		55,96	25,35	0,0004%	0,0002%

Sources : JRC Setis, Banque mondiale (WBGAPI).

En matière d'investissement privé dans la R&D de l'hydroélectricité, l'Allemagne devance la France, l'Italie et la Pologne en 2019 et en 2020. Tous les pays qui possèdent des données pour 2020 affichent une baisse de leurs investissements privés, notamment les deux principaux acteurs de la filière : l'Allemagne et la France. En matière d'investissement privé exprimé en fonction du PIB, l'Allemagne devance la Pologne et la Suède en 2020. En 2019, la Slovénie se classe devant l'Allemagne et la France. Compte tenu du manque de données pour la Slovénie en 2020, il est difficile de savoir si le classement de 2020 est représentatif ou s'il est en réalité similaire à celui de 2019. 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

BIOCARBURANTS

		Dépenses privées de R&D (en millions d'euros)		Part des dépenses privées de R&D dans le PIB	
		2019	2020	2019	2020
UE 27	Danemark	103,48	66,88	0,0334%	0,0215%
	France	22,61	58,62	0,0009%	0,0025%
	Finlande	41,56	29,45	0,0173%	0,0124%
	Allemagne	36,24	26,42	0,0010%	0,0008%
	Suède	24,09	25,05	0,0051%	0,0052%
	Hongrie	4,81	22,34	0,0033%	0,0162%
	Pays-Bas	43,07	20,99	0,0053%	0,0026%
	Italie	25,87	14,56	0,0014%	0,0009%
	Autriche	18,99	13,20	0,0048%	0,0035%
	Espagne	2,84	10,01	0,0002%	0,0009%
	Tchéquie	0,65	4,74	0,0003%	0,0022%
	Belgique	7,65	3,60	0,0016%	0,0008%
	Chypre	n.d.	2,03	n.d.	0,0092%
	Lettonie	5,18	n.d.	0,0169%	n.d.
	Luxembourg	9,98	n.d.	0,0160%	n.d.
	Portugal	5,18	n.d.	0,0024%	n.d.
Roumanie	5,18	n.d.	0,0023%	n.d.	
Total UE 27		357,38	297,90	0,0025%	0,0022%

Sources : JRC Setis, Banque mondiale (WBGAPI).

En matière d'investissement privé dans la R&D des biocarburants, le Danemark devance la France en 2020. Un groupe de cinq pays arrive ensuite. En 2019, le Danemark se classe loin devant les Pays-Bas et la Finlande. L'Allemagne arrive devant la France, l'Italie et la Pologne en 2019 et 2020. Les pays qui ont considérablement augmenté leurs investissements entre 2019 et 2020 sont : la France, la Hongrie et l'Espagne. Les pays qui ont considérablement réduit leurs investissements sur la même période sont : le Danemark, la Finlande, l'Allemagne, les Pays-Bas, l'Italie et l'Autriche. En matière d'investissement privé exprimé en fonction du PIB, le Danemark devance la Hongrie et la Finlande en 2020. En 2019, le Danemark se classe en tête, devant la Finlande et la Lettonie (à noter que la Lettonie ne dispose pas de données pour 2020). Les valeurs relatives par rapport au PIB montrent également que les biocarburants constituent l'une des trois filières bénéficiant le plus des investissements privés. ■

INDICATEURS PRIVÉS DE R&D

ÉOLIEN

	Dépenses privées de R&D (en millions d'euros)		Part des dépenses privées de R&D dans le PIB		
	2019	2020	2019	2020	
UE 27	Danemark	741,44	609,76	0,2395%	0,1963%
	Allemagne	351,41	238,52	0,0101%	0,0070%
	Espagne	71,67	114,49	0,0058%	0,0102%
	Autriche	30,67	36,43	0,0077%	0,0096%
	Suède	11,95	29,09	0,0025%	0,0061%
	Pays-Bas	25,56	26,25	0,0031%	0,0033%
	France	25,41	17,64	0,0010%	0,0008%
	Belgique	3,32	13,49	0,0007%	0,0029%
	Pologne	1,30	3,49	0,0002%	0,0007%
	Finlande	4,34	2,66	0,0018%	0,0011%
	Italie	7,54	2,44	0,0004%	0,0001%
	Lettonie	1,30	1,79	0,0043%	0,0060%
	Chypre	2,60	1,59	0,0112%	0,0072%
	Grèce	n.d.	1,20	n.d.	0,0007%
	Roumanie	n.d.	1,20	n.d.	0,0005%
Portugal	0,87	n.d.	0,0004%	n.d.	
Total UE 27	1 279,38	1 100,04	0,0091%	0,0082%	

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 2019 et 2020 (même si l'Espagne arrive un cran derrière l'Allemagne en 2019).

Les pays qui ont considérablement augmenté leurs investissements entre 2019 et 2020 sont : l'Espagne, l'Autriche, la Suède et la Belgique. Les pays qui ont considérablement réduit leurs investissements sur la même période sont : le Danemark, l'Allemagne, la France et l'Italie. En matière d'investissement privé exprimé en fonction du PIB, le Danemark arrive loin devant l'Espagne et l'Autriche en 2020, et loin devant les valeurs de toutes les filières renouvelables dans n'importe quel pays. En 2019, le Danemark arrive encore plus loin devant Chypre et l'Allemagne. 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

ÉNERGIE OCÉANIQUE

	Dépenses privées de R&D (en millions d'euros)		Part des dépenses privées de R&D dans le PIB		
	2019	2020	2019	2020	
UE 27	France	1,87	8,60	0,0001%	0,0004%
	Suède	9,17	8,19	0,0019%	0,0017%
	Finlande	1,41	3,09	0,0006%	0,0013%
	Pays-Bas	2,81	2,78	0,0003%	0,0003%
	Danemark	n.d.	1,97	n.d.	0,0006%
	Allemagne	2,11	0,93	0,0001%	0,0000%
	Italie	8,63	0,93	0,0005%	0,0001%
	Irlande	1,41	n.d.	0,0004%	n.d.
	Autriche	1,41	n.d.	0,0004%	n.d.
	Slovénie	1,41	n.d.	0,0029%	n.d.
	Total UE 27	30,21	26,49	0,0002%	0,0002%

Sources : JRC Setis, Banque mondiale (WBGAPI).

En matière d'investissement privé dans la R&D de l'énergie océanique, la France et la Suède devancent la Finlande et les Pays-Bas en 2020. En 2019, la Suède et l'Italie arrivent loin devant un groupe de sept pays. La France a enregistré une augmentation considérable de ses investissements entre 2019 et 2020, tandis que la Finlande a affiché une hausse plus faible. L'Italie et, dans une moindre mesure, la Suède et l'Allemagne enregistrent une chute de leurs investissements privés. En matière d'investissement privé exprimé en fonction du PIB, la Suède devance la Finlande et le Danemark en 2020. En 2019, la Slovaquie se classe devant la Suède et l'Italie. Compte tenu du manque de données pour la Slovaquie en 2020, il est difficile de savoir si le classement de 2020 est représentatif ou s'il est en réalité similaire à celui de 2019. Les valeurs relatives par rapport au PIB montrent également que l'énergie océanique constitue un secteur mineur pour l'investissement privé. ■

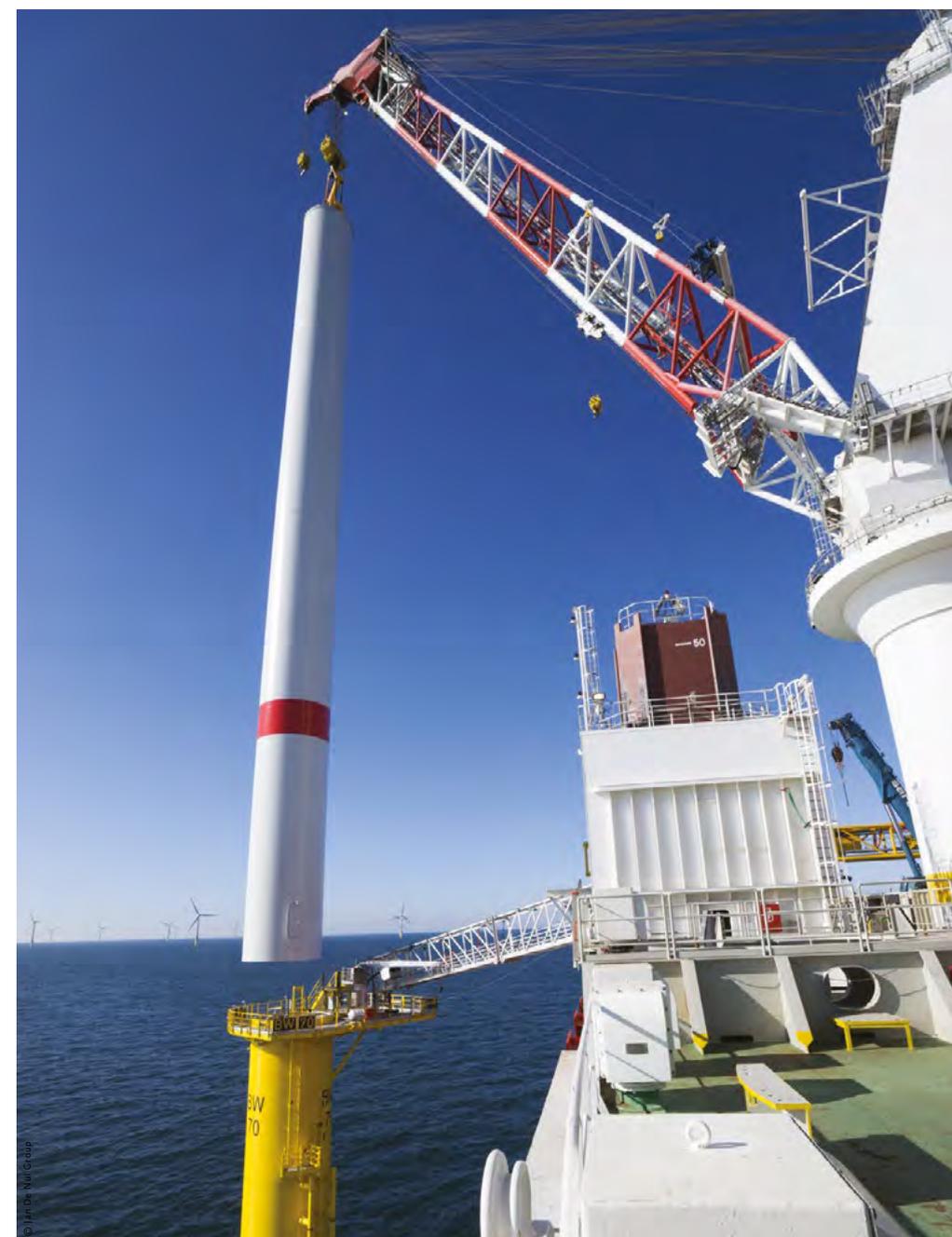
INDICATEURS PRIVÉS DE R&D

TOTAL DES TECHNOLOGIES
RENOUVELABLES

	Dépenses privées de R&D (en millions d'euros)		Part des dépenses privées de R&D dans le PIB	
	2019	2020	2019	2020
Allemagne	822,68	742,62	0,0237 %	0,0218 %
Danemark	864,14	688,64	0,2792 %	0,2217 %
France	173,20	192,11	0,0071 %	0,0083 %
Espagne	94,57	153,50	0,0076 %	0,0137 %
Suède	60,94	99,06	0,0128 %	0,0207 %
Autriche	83,66	90,59	0,0211 %	0,0238 %
Pays-Bas	128,81	74,66	0,0158 %	0,0094 %
Italie	87,84	56,63	0,0049 %	0,0034 %
Finlande	62,26	39,87	0,0260 %	0,0168 %
Belgique	23,98	28,13	0,0050 %	0,0061 %
Hongrie	11,13	22,34	0,0076 %	0,0162 %
Pologne	13,13	14,75	0,0025 %	0,0028 %
Tchéquie	4,16	6,01	0,0018 %	0,0028 %
Chypre	9,62	3,63	0,0415 %	0,0164 %
Grèce	0,00	3,10	0,0000 %	0,0019 %
Estonie	0,00	1,90	0,0000 %	0,0069 %
Lettonie	6,48	1,79	0,0212 %	0,0060 %
Roumanie	6,93	1,20	0,0031 %	0,0005 %
Bulgarie	0,00	0,00	0,0000 %	0,0000 %
Irlande	5,75	0,00	0,0016 %	0,0000 %
Croatie	1,75	0,00	0,0032 %	0,0000 %
Lituanie	0,00	0,00	0,0000 %	0,0000 %
Luxembourg	14,66	0,00	0,0235 %	0,0000 %
Malte	0,00	0,00	0,0000 %	0,0000 %
Portugal	35,87	0,00	0,0167 %	0,0000 %
Slovénie	2,81	0,00	0,0058 %	0,0000 %
Slovaquie	2,28	0,00	0,0024 %	0,0000 %
Total UE 27	2 516,66	2 220,53	0,0180 %	0,0165 %

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. L'Allemagne arrive devant le Danemark en 2020, tandis que c'était l'inverse en 2019. En 2020, ils sont suivis par la France, l'Espagne, la Suède et l'Autriche, et en 2019 par la France, les Pays-Bas, l'Espagne et l'Autriche. L'Allemagne, le Danemark, les Pays-Bas, l'Italie et la Finlande ont significativement réduit leur investissement total entre 2019 et 2020. Nous ne pouvons pas tirer de conclusions pour le Portugal et le Luxembourg en raison de l'absence de données pour 2020. L'Espagne et la Suède, mais aussi, dans une moindre mesure, la France, la Belgique et la Hongrie ont augmenté leurs investissements privés entre 2019 et 2020. En matière d'investissement privé exprimé en fonction du PIB, le Danemark a une longueur d'avance sur tous les autres pays, avec l'Autriche, l'Allemagne et la Suède à leur tête (Chypre arrive devant en 2019, mais pas en 2020, vraisemblablement en raison de l'absence de données sur le solaire pour 2020). 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. ■



CONCLUSIONS 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 2020 et 2021, 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'Union

européenne, les plus gros investissements en 2020 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'Autriche arrivent en tête (en 2020);

- en ce qui concerne l'énergie géothermique, les États-Unis arrivent en première position, avec une avance considérable sur l'UE (principalement grâce à l'Allemagne et la France), devant le Japon. L'Allemagne, les Pays-Bas et la Finlande affichent les plus grosses dépenses privées de R&D de l'Union européenne;
- dans l'hydroélectricité, les États-Unis dominent les investissements publics de R&D, devant le Canada et l'Union européenne. Au sein de l'UE, la France arrive en tête, devant la Suède et l'Autriche. En ce qui concerne les investissements privés dans l'UE, l'Allemagne, la France et l'Italie présentent les valeurs les plus élevées;
- dans les biocarburants, l'UE présente les plus gros investissements publics en R&D, devant les États-Unis et le Japon (en 2021). Au sein de l'Union européenne, les

plus grosses contributions sont enregistrées par l'Allemagne et la France. Le Danemark, la France et la Finlande arrivent en tête des investissements privés au sein de l'Union européenne (en 2020);

- dans l'éolien, l'Union européenne arrive en tête des dépenses publiques en R&D, devant les États-Unis et la Commission européenne (en 2020). Au sein de l'UE, les plus grosses contributions proviennent principalement de l'Allemagne et la France), devant le Danemark. Quant aux dépenses privées de R&D dans l'Union européenne (en 2019), le Danemark et l'Allemagne arrivent, de loin, en tête de liste;
- dans l'énergie océanique, autre secteur relativement modeste en termes de dépenses publiques en R&D, l'Union européenne et le Royaume-Uni affichent les valeurs les plus élevées. Au sein de l'UE, les plus grosses contributions proviennent de la France et la Suède. Concernant les investissements privés en R&D dans l'Union européenne, la France, la Suède et la Finlande sont les pays les plus engagés en 2020;
- concernant le total des dépenses publiques dans la R&D, l'Union

européenne et les États-Unis sont sans conteste les deux principaux acteurs des régions du monde analysées. Hors UE, le Japon, la Corée et le Royaume-Uni suivent ensuite à bonne distance. L'Allemagne et la France 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, l'Allemagne et le Danemark arrivent en tête, devant la France, l'Espagne et la Suède (en 2020). ■





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

macroéconomique globale. Les brevets peuvent être analysés sous différents angles et avec différents objectifs, sachant que les méthodes et définitions appliquées différencieront 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 trois à cinq ans pour réunir un ensemble complet de données couvrant une année. Ainsi, les données utilisées pour l'évaluation des indicateurs datent de quatre ans. Les estimations remontant à deux 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 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 brevets 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 brevets 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 edition ».⁵

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 2019 et 2020. Pour les pays extracommunautaires, il convient de noter que la catégorie «RdM» désigne le reste du monde et inclut les valeurs du Royaume-Uni.

1. OEB. Base de données statistiques mondiale des brevets (Patstat), Office européen des brevets. Disponible à l'adresse suivante : <https://www.epo.org/searching-for-patents/business/patstat.html#tab1>
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. <http://data.europa.eu/89h/jrc-10115-10001>
3. OEB et USPTO. Classification coopérative des brevets (CPC), Office européen des brevets et Office des brevets et des marques des États-Unis. Disponible à l'adresse suivante : <http://www.cooperativepatentclassification.org/index.html>
4. Les brevets permettent aux entreprises de protéger leurs efforts de recherche et d'innovation. Les brevets couvrant uniquement le marché intérieur (familles comportant un seul brevet) ne fournissent une protection qu'au niveau national, alors que les brevets 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).

SOLAIRE

	Nombre de familles de brevets		Spécialisation des brevets		Brevets par billion d'euros de PIB	
	2019	2020	2019	2020	2019	2020
UE 27						
Allemagne	162,0	188,7	0,4	0,6	46,6	55,4
France	100,2	90,2	0,7	0,9	41,1	38,9
Espagne	36,5	45,7	2,1	2,3	29,3	40,8
Italie	27,9	31,6	0,9	1,1	15,5	19,0
Pays-Bas	39,6	28,8	1,2	1,0	48,7	36,2
Pologne	30,2	21,9	1,9	1,7	56,7	41,8
Autriche	12,9	15,8	0,6	0,8	32,4	41,4
Suède	8,1	11,8	0,3	0,5	17,0	24,5
Belgique	6,8	9,1	0,6	0,8	14,1	19,7
Danemark	7,7	5,2	0,2	0,2	24,8	16,6
Roumanie	4,5	4,3	1,2	1,6	20,1	19,3
Grèce	0,9	4,0	1,4	2,7	5,0	24,2
Finlande	5,9	3,0	0,4	0,2	24,4	12,6
Irlande	2,4	2,5	0,4	0,5	6,6	6,7
Slovaquie	1,3	2,1	1,7	3,4	14,1	22,7
Tchéquie	1,7	1,8	0,4	0,5	7,4	8,5
Portugal	9,3	1,5	3,5	0,6	43,4	7,5
Chypre	2,0	1,0	4,4	2,1	86,3	45,3
Lituanie	0,4	1,0	0,6	2,1	7,9	20,1
Luxembourg	1,4	1,0	0,6	0,5	22,7	15,5
Estonie	n.d.	0,5	0,0	1,0	n.d.	18,2
Bulgarie	n.d.	n.d.	0,0	0,0	n.d.	n.d.
Croatie	0,5	n.d.	1,9	0,0	9,1	n.d.
Lettonie	n.d.	n.d.	0,0	0,0	n.d.	n.d.
Hongrie	0,5	n.d.	0,4	0,0	3,4	n.d.
Malte	n.d.	n.d.	0,0	0,0	n.d.	n.d.
Slovénie	0,3	n.d.	0,3	0,0	5,6	n.d.
UE 27	462,6	471,4	0,6	0,8	33,0	35,0

Continue page suivante

Autres pays						
Chine	5 564,7	5 937,9	1,1	1,1	436,2	461,8
Corée du Sud	1 412,7	1 214,6	1,5	1,3	957,7	843,7
Japon	663,9	425,6	0,6	0,6	145,2	96,3
États-Unis	385,7	364,0	0,6	0,7	20,2	19,7
Reste du monde*	376,7	366,4	1,0	1,1	14,2	15,3
<i>dont le Royaume-Uni</i>	<i>26,4</i>	<i>20,4</i>	<i>0,4</i>	<i>0,4</i>	<i>10,4</i>	<i>8,6</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. Source : JRC Setis, Banque mondiale (WBGAPI).

Dans le domaine de l'énergie solaire, 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, puis par l'Union européenne et les États-Unis. Au sein de l'Union européenne, l'Allemagne a déposé le plus grand nombre de brevets, suivie de la France, de l'Espagne, de l'Italie, des Pays-Bas et de la Pologne (2020). Parmi les pays déposant beaucoup de brevets, l'Allemagne, l'Autriche, la Pologne, l'Espagne et la France 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 (et derrière le Japon). Les pays déposant beaucoup de brevets ont un niveau de spécialisation qui a peu varié entre 2019 et 2020, l'Espagne et la Pologne affichant les niveaux

de spécialisation les plus élevés parmi les États membres. Comme pour les niveaux d'investissement, le nombre de dépôts de brevets montre que le solaire fait partie du trio de tête des technologies renouvelables. ■



GÉOTHERMIE

	Nombre de familles de brevets		Spécialisation des brevets		Brevets par billion d'euros de PIB	
	2019	2020	2019	2020	2019	2020
UE 27						
Pays-Bas	0,6	3,8	0,7	4,4	0,8	4,8
Allemagne	5,7	3,8	0,5	0,4	1,7	1,1
Pologne	1,0	1,5	2,3	3,8	1,9	2,9
France	1,1	1,2	0,3	0,4	0,5	0,5
Danemark	n.d.	1,0	0,0	1,0	n.d.	3,2
Finlande	2,0	1,0	4,9	2,4	8,3	4,2
Portugal	n.d.	0,5	0,0	6,2	n.d.	2,5
Suède	0,3	0,3	0,5	0,4	0,7	0,7
Belgique	n.d.	n.d.	0,0	0,0	n.d.	n.d.
Espagne	n.d.	n.d.	0,0	0,0	n.d.	n.d.
Italie	2,0	n.d.	2,3	0,0	1,1	n.d.
Hongrie	2,0	n.d.	54,7	0,0	13,7	n.d.
Autriche	2,0	n.d.	3,4	0,0	5,0	n.d.
Slovénie	n.d.	n.d.	0,0	0,0	n.d.	n.d.
Slovaquie	1,0	n.d.	48,0	0,0	10,6	n.d.
UE 27	19,8	17,9	1,3	0,9	1,5	1,3
Autres pays						
Chine	142,5	184,5	1,0	1,0	11,2	14,3
Corée du Sud	41,6	33,8	1,7	1,1	28,2	23,5
Japon	14,8	7,5	0,5	0,3	3,2	1,7
États-Unis	7,5	13,5	0,4	0,8	0,4	0,7
Reste du monde*	13,9	22,2	1,3	2,1	0,5	0,9
<i>dont le Royaume-Uni</i>	1,0	4,0	0,5	2,4	0,4	1,7

* 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. Source: 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, même si la Corée détient un plus grand nombre de brevets par billion de PIB. Elle est suivie par la Corée, les États-Unis et l'Union européenne. Au sein de l'UE, l'Allemagne et les Pays-Bas ont déposé le plus de demandes de brevets, devant la Pologne, la France, le Danemark et la Finlande (2020). Les Pays-Bas ont enregistré une augmentation entre 2019 et 2020, élevant de ce fait sensiblement leur niveau de spécialisation des brevets. Il est important de garder en tête que cette hausse intervient à des niveaux relativement bas (de 0,6 à 3,8), ce qui limite les chances de voir ce phénomène se répéter. Cela montre également que les Pays-Bas dominent l'UE en matière de brevets par rapport au PIB, même si ce constat peut également être biaisé par le fait que les chiffres sont très bas. 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 brevets montre que la géothermie est une filière mineure des technologies renouvelables. ■



HYDROÉLECTRICITÉ

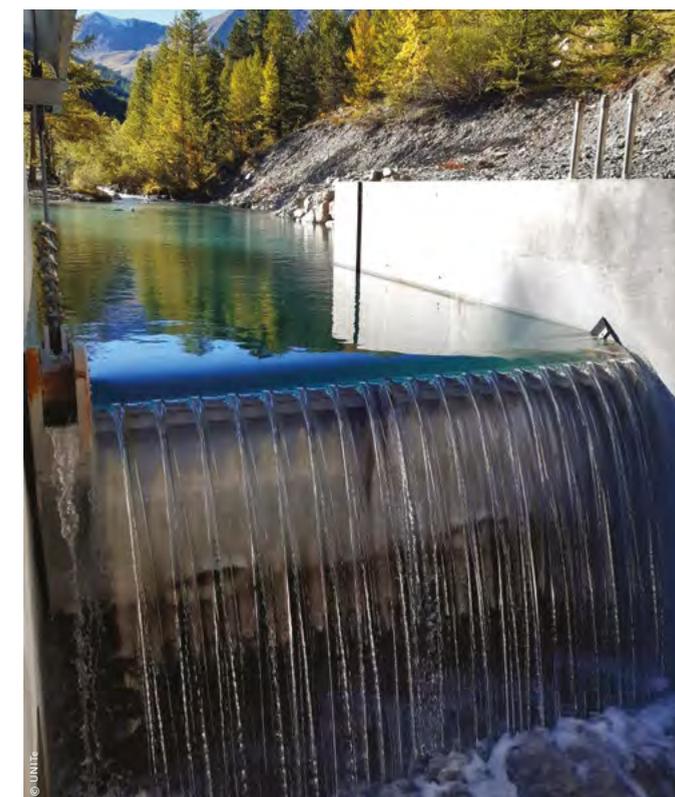
	Nombre de familles de brevets		Spécialisation des brevets		Brevets par billion d'euros de PIB	
	2019	2020	2019	2020	2019	2020
UE 27						
Allemagne	19,7	12,3	0,7	0,4	5,7	3,6
Italie	3,8	8,8	1,6	3,3	2,1	5,3
Pologne	6,3	5,8	5,5	4,9	11,9	11,1
France	8,9	5,0	0,9	0,6	3,7	2,2
Suède	0,7	4,0	0,3	1,8	1,4	8,4
Espagne	1,0	2,3	0,8	1,3	0,8	2,1
Autriche	0,3	2,2	0,2	1,2	0,8	5,7
Grèce	1,0	1,5	21,5	10,7	5,5	9,1
Finlande	1,0	1,5	0,9	1,2	4,2	6,3
Pays-Bas	0,5	1,5	0,2	0,5	0,6	1,8
Lituanie	0,2	1,3	5,8	30,4	5,1	26,7
Roumanie	1,6	0,8	5,7	3,1	7,0	3,4
Estonie	n.d.	0,5	0,0	10,5	n.d.	18,2
Belgique	n.d.	n.d.	0,0	0,0	n.d.	n.d.
Bulgarie	n.d.	n.d.	0,0	0,0	n.d.	n.d.
Tchéquie	n.d.	n.d.	0,0	0,0	n.d.	n.d.
Danemark	n.d.	n.d.	0,0	0,0	n.d.	n.d.
Irlande	1,0	n.d.	2,4	0,0	2,8	n.d.
Croatie	n.d.	n.d.	0,0	0,0	n.d.	n.d.
Chypre	n.d.	n.d.	0,0	0,0	n.d.	n.d.
Hongrie	n.d.	n.d.	0,0	0,0	n.d.	n.d.
Malte	n.d.	n.d.	0,0	0,0	n.d.	n.d.
Portugal	n.d.	n.d.	0,0	0,0	n.d.	n.d.
Slovénie	0,5	n.d.	7,2	0,0	10,3	n.d.
Slovaquie	n.d.	n.d.	0,0	0,0	n.d.	n.d.
UE 27	46,5	47,6	0,8	0,8	3,3	3,5

Continue page suivante

Autres pays						
Chine	424,6	612,3	1,2	1,2	33,3	47,6
Japon	55,3	37,2	0,7	0,6	12,1	8,4
Corée du Sud	50,1	47,0	0,7	0,5	33,9	32,7
États-Unis	9,0	19,0	0,2	0,4	0,5	1,0
Reste du monde*	51,6	64,4	1,9	2,0	1,9	2,7
<i>dont le Royaume-Uni</i>	<i>3,2</i>	<i>5,5</i>	<i>0,6</i>	<i>1,1</i>	<i>1,2</i>	<i>2,3</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. Source : 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 l'Union européenne, la Corée et le Japon. Au sein de l'UE, l'Allemagne devance l'Italie et la Pologne (2020). 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 2019 et 2020. Certains États membres de l'UE, comme la Pologne et l'Italie, 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 brevets montre que l'hydroélectricité est une filière mineure des technologies renouvelables. ■



BIOCARBURANTS

	Nombre de familles de brevets		Spécialisation des brevets		Brevets par billion d'euros de PIB	
	2019	2020	2019	2020	2019	2020
UE 27						
France	33,2	44,3	1,6	3,1	13,6	19,1
Allemagne	22,6	20,7	0,4	0,5	6,5	6,1
Pologne	7,3	19,8	3,0	10,4	13,8	37,6
Danemark	10,7	10,3	2,0	2,1	34,4	33,0
Finlande	11,7	10,0	5,0	5,1	48,7	42,0
Pays-Bas	13,0	9,9	2,6	2,4	16,0	12,4
Suède	6,8	7,2	1,6	2,0	14,2	15,0
Espagne	4,2	6,7	1,6	2,3	3,4	6,0
Italie	7,5	6,7	1,5	1,6	4,2	4,0
Hongrie	0,9	5,5	4,4	30,8	6,3	40,0
Autriche	4,2	4,8	1,2	1,6	10,5	12,5
Belgique	2,7	4,5	1,6	2,7	5,6	9,8
Roumanie	4,0	2,0	6,7	5,2	17,8	9,1
Portugal	2,0	1,8	4,8	4,7	9,3	9,1
Bulgarie	n.d.	1,5	0,0	16,5	n.d.	24,3
Tchéquie	0,4	1,4	0,6	2,6	1,7	6,6
Grèce	0,4	0,6	3,7	2,7	2,0	3,6
Chypre	n.d.	0,5	0,0	7,1	n.d.	22,6
Irlande	n.d.	0,0	0,0	0,1	n.d.	0,1
Estonie	n.d.	n.d.	0,0	0,0	n.d.	n.d.
Lettonie	1,0	n.d.	8,8	0,0	32,7	n.d.
Lituanie	n.d.	n.d.	0,0	0,0	n.d.	n.d.
Luxembourg	1,0	n.d.	2,6	0,0	16,0	n.d.
Slovénie	n.d.	n.d.	0,0	0,0	n.d.	n.d.
Slovaquie	n.d.	n.d.	0,0	0,0	n.d.	n.d.
UE 27	133,5	158,2	1,1	1,7	9,5	11,7

Continue page suivante

Autres pays						
Chine	836,0	745,1	1,1	0,9	65,5	57,9
Corée du Sud	123,5	112,4	0,9	0,8	83,7	78,1
Japon	98,4	92,0	0,6	0,9	21,5	20,8
États-Unis	74,7	84,9	0,8	1,1	3,9	4,6
Reste du monde*	95,9	115,7	1,6	2,3	3,6	4,8
<i>dont le Royaume-Uni</i>	<i>10,3</i>	<i>18,5</i>	<i>1,0</i>	<i>2,3</i>	<i>4,0</i>	<i>7,8</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. Source : JRC Setis, Banque mondiale (WBGAP).

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 l'Union européenne et la Corée. Au sein de l'Union européenne, la France a déposé le plus grand nombre de brevets, suivie de l'Allemagne et de la Pologne (2020). Parmi les pays déposant beaucoup de brevets, la France, la Pologne, la Finlande et le Danemark 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. Les pays déposant beaucoup de brevets ont un niveau de spécialisation qui a peu varié entre 2019 et 2020, la France et la Pologne affichant les niveaux de spécialisation les plus élevés parmi les États membres. Comme

pour les niveaux d'investissement, le nombre de dépôts de brevets montre que les biocarburants font partie du trio de tête des technologies renouvelables. ■



ÉOLIEN

	Nombre de familles de brevets		Spécialisation des brevets		Brevets par billion d'euros de PIB	
	2019	2020	2019	2020	2019	2020
UE 27						
Danemark	297,6	273,4	26,3	23,0	961,5	880,2
Allemagne	171,1	131,1	1,2	1,2	49,2	38,5
Espagne	42,0	67,0	7,4	9,2	33,7	59,9
France	24,8	29,1	0,6	0,8	10,2	12,5
Pays-Bas	20,0	26,3	1,9	2,5	24,6	33,0
Pologne	12,8	16,1	2,4	3,4	23,9	30,7
Autriche	15,3	14,7	2,2	2,0	38,6	38,6
Suède	7,1	13,1	0,8	1,5	15,0	27,3
Italie	6,7	8,6	0,6	0,8	3,7	5,2
Belgique	1,3	7,7	0,4	1,8	2,7	16,6
Finlande	1,4	4,6	0,3	0,9	5,8	19,4
Roumanie	5,0	4,6	3,9	4,8	22,3	20,8
Lettonie	2,5	2,2	10,3	7,1	81,8	74,7
Grèce	n.d.	2,0	0,0	3,6	n.d.	12,1
Portugal	0,3	1,5	0,4	1,6	1,6	7,5
Chypre	1,0	1,4	6,8	8,1	43,1	64,1
Bulgarie	n.d.	1,0	0,0	4,4	n.d.	16,2
Hongrie	n.d.	1,0	0,0	2,3	n.d.	7,3
Irlande	0,5	0,2	0,3	0,1	1,4	0,7
Tchéquie	n.d.	n.d.	0,0	0,0	n.d.	n.d.
Estonie	n.d.	n.d.	0,0	0,0	n.d.	n.d.
Lituanie	0,8	n.d.	4,2	0,0	17,0	n.d.
Luxembourg	n.d.	n.d.	0,0	0,0	n.d.	n.d.
Malte	0,3	n.d.	3,5	0,0	23,3	n.d.
Slovénie	n.d.	n.d.	0,0	0,0	n.d.	n.d.
Slovaquie	n.d.	n.d.	0,0	0,0	n.d.	n.d.
UE 27	610,6	605,7	2,4	2,7	43,6	45,0

Continue page suivante

Autres pays						
Chine	1 795,3	2 137,0	1,1	1,0	140,7	166,2
États-Unis	140,8	111,1	0,7	0,6	7,4	6,0
Corée du Sud	129,1	145,0	0,4	0,4	87,5	100,8
Japon	108,1	85,1	0,3	0,3	23,7	19,3
Reste du monde*	118,1	160,9	0,9	1,3	4,5	6,7
<i>dont le Royaume-Uni</i>	<i>16,9</i>	<i>26,9</i>	<i>0,7</i>	<i>1,4</i>	<i>6,6</i>	<i>11,4</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. Source : 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'UE, le Danemark est, de loin, le pays qui a déposé le plus de brevets (y compris devant la Corée), suivi par l'Allemagne (avec un nombre de dépôts de brevets similaire à celui de la Corée) et l'Espagne (2020). 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 brevets montre que l'éolien fait partie du trio de tête des technologies renouvelables. ■



ÉNERGIE OCÉANIQUE

	Nombre de familles de brevets		Spécialisation des brevets		Brevets par billion d'euros de PIB	
	2019	2020	2019	2020	2019	2020
UE 27						
France	8,2	10,7	1,3	1,9	3,4	4,6
Suède	3,8	3,0	3,0	2,2	8,0	6,3
Italie	3,5	2,5	2,4	1,5	1,9	1,5
Allemagne	2,2	2,3	0,1	0,1	0,6	0,7
Danemark	n.d.	2,3	0,0	1,2	n.d.	7,2
Pays-Bas	1,0	2,0	0,7	1,2	1,2	2,5
Finlande	0,5	1,6	0,7	2,1	2,1	6,8
Pologne	1,0	1,5	1,4	2,0	1,9	2,9
Espagne	2,5	1,0	3,2	0,9	2,0	0,9
Luxembourg	n.d.	1,0	0,0	8,4	n.d.	15,5
Roumanie	1,0	0,8	5,7	5,0	4,5	3,4
Belgique	n.d.	n.d.	0,0	0,0	n.d.	n.d.
Bulgarie	n.d.	n.d.	0,0	0,0	n.d.	n.d.
Irlande	0,5	n.d.	1,9	0,0	1,4	n.d.
Croatie	n.d.	n.d.	0,0	0,0	n.d.	n.d.
Hongrie	n.d.	n.d.	0,0	0,0	n.d.	n.d.
Malte	n.d.	n.d.	0,0	0,0	n.d.	n.d.
Autriche	0,5	n.d.	0,5	0,0	1,3	n.d.
Portugal	2,0	n.d.	16,5	0,0	9,3	n.d.
Slovénie	0,5	n.d.	11,4	0,0	10,3	n.d.
Slovaquie	n.d.	n.d.	0,0	0,0	n.d.	n.d.
UE 27	27,3	28,6	0,8	0,8	1,9	2,1

Continue page suivante

Autres pays						
Chine	292,0	387,6	1,3	1,2	22,9	30,1
Corée du Sud	18,4	16,5	0,4	0,3	12,4	11,4
États-Unis	33,2	46,2	1,9	2,4	1,3	1,9
Japon	11,8	8,4	0,2	0,2	2,6	1,9
Reste du monde*	33,2	46,2	1,9	2,4	1,3	1,9
<i>dont le Royaume-Uni</i>	<i>11,4</i>	<i>16,6</i>	<i>3,7</i>	<i>5,4</i>	<i>4,5</i>	<i>7,0</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. Source: 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 l'Union européenne et les États-Unis. Au sein de l'UE, la France arrive en tête d'un groupe de 10 pays. La Chine a enregistré une légère croissance de son nombre de brevets (et donc une croissance du nombre de brevets par rapport au PIB) entre 2019 et 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 brevets 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	
	2019	2020	2019	2020
UE 27				
Allemagne	383,3	358,9	110,3	105,5
Danemark	315,9	292,0	1 020,7	940,3
France	176,5	180,5	72,4	77,9
Espagne	86,2	122,8	69,2	109,7
Pays-Bas	74,7	72,3	91,9	90,8
Pologne	58,6	66,6	110,0	126,9
Italie	51,3	58,2	28,6	35,1
Suède	26,9	39,3	56,3	82,1
Autriche	35,2	37,4	88,6	98,1
Finlande	22,4	21,7	93,5	91,3
Belgique	10,8	21,3	22,5	46,2
Roumanie	16,1	12,3	71,7	56,0
Grèce	2,3	8,1	12,5	49,1
Hongrie	3,4	6,5	23,4	47,2
Portugal	13,6	5,3	63,6	26,6
Tchéquie	2,0	3,3	9,1	15,1
Chypre	3,0	2,9	129,4	132,1
Irlande	4,4	2,8	12,2	7,4
Bulgarie	0,0	2,5	0,0	40,6
Lituanie	1,5	2,3	30,1	46,8
Lettonie	3,5	2,2	114,5	74,7
Slovaquie	2,3	2,1	24,7	22,7
Luxembourg	2,4	2,0	38,7	31,0
Estonie	0,0	1,0	0,0	36,4
Croatie	0,5	0,0	9,1	0,0
Malte	0,3	0,0	23,3	0,0
Slovénie	1,3	0,0	26,2	0,0
UE 27	1 298,4	1 324,6	92,6	98,4

Continue page suivante

Autres pays				
Chine	9 055,1	10 004,4	709,9	778,0
Corée du Sud	1 775,3	1 569,3	1 203,5	1 090,1
Japon	952,3	655,7	208,3	148,3
États-Unis	635,8	613,2	33,3	33,3
Reste du monde*	689,4	775,7	26,0	32,3
<i>dont le Royaume-Uni</i>	<i>69,2</i>	<i>91,8</i>	<i>27,2</i>	<i>38,9</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. Source: 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 2020, devant la Corée, l'Union européenne, le Japon et les États-Unis. Au sein de l'Union européenne, on observe une position solide de l'Allemagne, devant le Danemark, la France et l'Espagne. En évaluant les résultats au regard du PIB, on observe une modification du classement avec le Danemark qui domine, très loin devant de plus petits pays comme Chypre et la Lettonie. Ce nombre élevé de brevets est tiré vers le haut par la position dominante du Danemark dans l'éolien et propulse le pays devant la Chine et près de la Corée en matière de brevets par rapport au PIB dans toutes les technologies renouvelables. ■



CONCLUSIONS

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 brevets 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 brevets 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.



$$RCA_{ij} = 100 \cdot \tanh \left(\log \left(\frac{E_{ij} / \sum_{k=1}^J E_{ik}}{\sum_{j=1}^J E_{ij} / \sum_{k=1}^J \sum_{h=1}^J E_{hk}} \right) \right)$$

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 « tanh-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 2021 et 2022. 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).

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 27 (incluant les échanges intra-UE). 2021 – toutes les EnR

	Importations (en millions €)	Exportations (en millions €)	Exportations nettes (en millions €)	Part des exporta- tions mondiales de technologies énergétiques renouvelables	Spécialisation des exporta- tions (ACR)
Danemark	465	1 688	1 223	2,2%	51
Allemagne	4 300	5 080	780	6,5%	-7
Hongrie	322	520	198	0,7%	0
Belgique	561	593	32	0,8%	-36
Malte	4	0	-4	0,0%	-96
Slovaquie	86	75	-11	0,1%	-61
Luxembourg	50	37	-13	0,0%	-20
Slovénie	93	73	-19	0,1%	-35
Lettonie	27	8	-19	0,0%	-75
Chypre	24	0	-24	0,0%	-98
Estonie	35	11	-24	0,0%	-70
Croatie	93	37	-56	0,0%	-32
Lituanie	160	90	-71	0,1%	-22
Irlande	89	18	-71	0,0%	-92
Bulgarie	157	65	-92	0,1%	-35
Tchéquie	350	200	-150	0,3%	-55
Finlande	228	13	-214	0,0%	-87
Portugal	529	311	-218	0,4%	5
Autriche	612	359	-253	0,5%	-30
France	1 560	1 305	-255	1,7%	-21
Roumanie	295	6	-289	0,0%	-94
Suède	711	211	-500	0,3%	-48
Espagne	1 682	922	-761	1,2%	-19
Italie	1 274	464	-810	0,6%	-59
Pays-Bas	4 659	3 645	-1 014	4,6%	16
Pologne	1 420	229	-1 190	0,3%	-61
Grèce	1 378	170	-1 208	0,2%	-30
Total UE 27	21 166	16 132	-5 034	21%	-16

Échanges des principaux partenaires commerciaux de l'UE avec le reste du monde (incluant l'UE 27). 2021 – toutes les EnR

	Importations (en millions €)	Exportations (en millions €)	Exportations nettes (en millions €)	Part des exportations mondiales de technologies énergétiques renouvelables	Spécialisation des exporta- tions (ACR)
Chine	8 265	29 744	2 1479	37,9%	37
Japon	3 215	3 233	18	4,1%	7
Suisse	429	185	-244	0,2%	-70
Norvège	263	7	-256	0,0%	-96
Russie	397	113	-284	0,1%	-83
Turquie	958	132	-827	0,2%	-66
Canada	1 385	355	-1 030	0,5%	-61
Brésil	2 787	1 058	-1 729	1,3%	1
Royaume-Uni	2 644	360	-2 284	0,5%	-59
Inde	3 797	475	-3 322	0,6%	-45
États-Unis	8 641	4 543	-4 098	5,8%	-15
Reste du monde	26 614	22 130	-4 484	28,2%	-1

Source : EurObserv'ER.

En 2021, 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 (4 659 millions d'euros), l'Allemagne (4 301 millions d'euros) et l'Espagne (1 682 millions d'euros). L'Allemagne et les Pays-Bas étaient aussi les deux principaux exportateurs de technologies renouvelables en 2021 avec des montants respectifs de 5 080 et 3 645 millions d'euros. Parmi les partenaires commerciaux, la Chine arrive en tête de très loin avec 8 265 millions d'euros d'importation

et 29 744 millions d'euros d'exportation en 2021. 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, l'Allemagne, la Hongrie, la Belgique et le Japon. Ces pays ayant exporté plus de

technologies renouvelables qu'ils n'en ont importées en 2021, leur balance commerciale est excédentaire. Tous les autres pays de cette étude présentent des balances commerciales déficitaires. Les pays affichant le solde le plus négatif sont les États-Unis, l'Inde, le Royaume-Uni, le Brésil, la Grèce, la Pologne et le Canada. En ce qui concerne les exportations dans les quatre technologies renouvelables sélectionnées, on observe que la Chine affiche les valeurs les plus élevées en 2021 avec 38%. L'Union

Échanges internationaux de l'UE 27 (incluant les échanges intra-UE). 2022 – toutes les EnR

	Importations (en millions €)	Exportations (en millions €)	Exportations nettes (en millions €)	Part des exportations mondiales de technologies énergétiques renouvelables	Spécialisation des exporta- tions (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	29625	14607	-15018	18 %	-21

Note: Pour la Pologne, les données de 2022 sur le photovoltaïque n'ont pas été actualisées dans la base de données Comtrade. Pour cet ensemble, il a été considéré que les données de 2021 et 2022 étaient identiques. Comme la part des exportations de technologie photovoltaïque de la Pologne est négligeable par rapport au total des énergies renouvelables, les valeurs définitives ne devraient pas varier beaucoup.

Échanges des principaux partenaires commerciaux de l'UE avec le reste du monde (incluant l'UE 27). 2022 – toutes les EnR

	Importations (en millions €)	Exportations (en millions €)	Exportations nettes (en millions €)	Part des exportations mondiales de technologies énergétiques renouvelables	Spécialisation des exporta- tions (ACR)
Chine	1473	43890	42417	53,9 %	49
Russie	-	-	-	0,0 %	n.d.
Norvège	209	1	-208	0,0 %	-99
Inde	1458	1003	-455	1,2 %	-20
Suisse	652	18	-634	0,0 %	-96
Turquie	1362	244	-1118	0,3 %	-51
Royaume-Uni	2059	336	-1723	0,4 %	-64
Canada	2246	392	-1854	0,5 %	-62
Brésil	4022	1734	-2288	2,1 %	16
Japon	2944	66	-2877	0,1 %	-92
États-Unis	11141	3806	-7335	4,7 %	-28
Reste du monde	13228	15359	2132	18,9 %	-20

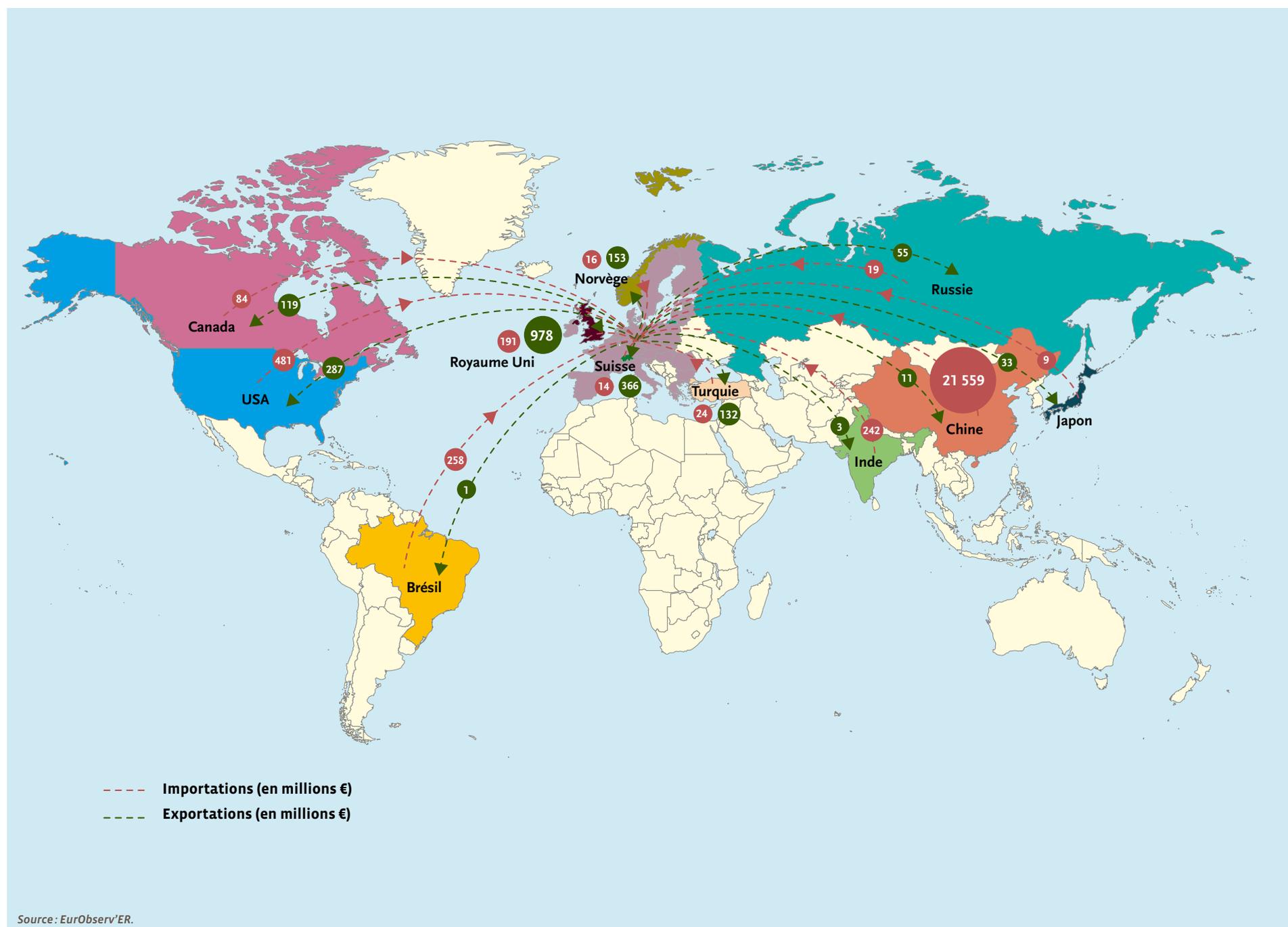
* Données non disponibles.

européenne arrive ensuite avec une part de 21 % des exportations en 2021. Les principaux pays exportateurs après la Chine sont l'Allemagne, les États-Unis, les Pays-Bas, le Japon 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). Ici, 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 le Brésil, la Chine, les Pays-Bas et le Japon, 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 2021. Les importations totales de technologies renouvelables ont significativement progressé dans l'Union européenne en 2022 par rapport à 2021, d'environ 8500 millions d'euros. Les exportations totales de technologies renouvelables ont, quant à elles, baissé de 13 % (1525 millions d'euros) Les augmentations relatives les plus importantes des importations peuvent être observées en Espagne

(1921 millions d'euros), aux Pays-Bas (1645 millions d'euros), en Allemagne (1565 millions d'euros) et au Portugal (701 millions d'euros). Les exportations en Allemagne sont celles qui ont le plus reculé dans l'Union européenne (1568 millions d'euros). Quelques autres pays affichent aussi des baisses relativement importantes de leurs exportations, notamment la France, le Danemark et l'Italie. Une forte augmentation relative des importations est également enregistrée en Bulgarie, en République tchèque, en Roumanie et en Belgique, qui cumulent un volume d'exportations d'environ 1100 millions

Échanges commerciaux de l'UE 27 avec ses principaux partenaires commerciaux. 2022 – toutes les EnR



d'euros. Les exportations nettes ont considérablement décliné aux Pays-Bas en raison d'une augmentation des importations de technologies photovoltaïques et d'une baisse des exportations de technologies éoliennes. Principalement pour les mêmes raisons, l'Espagne, l'Allemagne, l'Italie et la France affichent également une baisse significative de leurs exportations nettes.

En observant les principaux partenaires commerciaux, on remarque une forte augmentation des importations aux États-Unis (2 499 millions d'euros) et au Brésil (1 235 millions d'euros) en 2022 par rapport à 2021. Un recul important des importations est observé en Chine (6 791 millions d'euros), en Inde (2 339 millions d'euros), au Royaume-Uni (585 millions d'euros) et au Japon (271 millions d'euros). Concernant les exportations, les plus gros changements ont été observés en Chine (14 146 millions d'euros d'augmentation), puis au Japon (3 167 millions d'euros de baisse) et aux États-Unis (737 millions d'euros de baisse). Les balances commerciales suivent ces tendances, la Chine affichant la plus grosse augmentation de son solde. Le déficit de la balance commerciale s'est accru aux États-Unis en 2022 par rapport à 2021. La balance commerciale du Brésil, de la Turquie, de la Norvège et de la Russie est toujours déficitaire, et leur situation s'est dégradée entre 2021 et 2022.

En ce qui concerne les exportations dans les quatre technologies renouvelables sélectionnées, on observe que la Chine affiche les valeurs

les plus élevées en 2022 avec 54 %. Pour l'ensemble de l'Union européenne, la part des exportations a baissé, passant de 21 % en 2021, à près de 18 % en 2022.

Pour la Pologne, les données de 2022 sur le photovoltaïque n'ont pas été actualisées dans la base de données Comtrade¹. Pour cet ensemble, il a été considéré que les données de 2021 et 2022 étaient identiques. Comme la part des exportations de technologie photovoltaïque de la Pologne est négligeable par rapport au total des énergies renouvelables, les valeurs définitives ne devraient pas varier beaucoup.

La figure 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 augmenté d'environ 12 000 milliards d'euros en 2022 par rapport à 2021. En 2022, la balance commerciale des technologies renouvelables de l'Union européenne est également déficitaire avec le Brésil, l'Inde et les États-Unis. Celle-ci est à l'inverse très excédentaire avec le Royaume-Uni, la Suisse, la Norvège et la Turquie. La balance commerciale avec la Russie a considérablement augmenté, d'environ 16 millions d'euros entre 2021 et 2022. ■

1. Comtrade ONU: Statistiques du commerce international.



ÉNERGIE ÉOLIENNE

Échanges internationaux de l'UE 27 (incluant les échanges intra-UE). 2021 – énergie éolienne

	Importations (en millions €)	Exportations (en millions €)	Exportations nettes (en millions €)	Part des exportations mondiales de technologies énergétiques renouvelables	Spécialisation des exporta- tions (ACR)
Allemagne	86	2 080	1 994	34,3 %	57
Danemark	165	1 644	1 479	27,1 %	93
Espagne	58	499	442	8,2 %	57
Portugal	12	34	22	0,6 %	21
Estonie	0	7	7	0,1 %	7
Lituanie	25	28	3	0,5 %	37
Lettonie	0	1	1	0,0 %	-53
Tchéquie	0	1	1	0,0 %	-95
Slovaquie	0	1	0	0,0 %	-94
Chypre	0	-	0	0,0 %	n.d.
Luxembourg	0	-	0	0,0 %	n.d.
Malte	0	-	0	0,0 %	n.d.
Slovénie	0	0	0	0,0 %	-99
Hongrie	0	0	0	0,0 %	-100
Roumanie	0	0	0	0,0 %	-99
Bulgarie	1	0	-1	0,0 %	-98
Irlande	3	2	-1	0,0 %	-91
Autriche	13	0	-12	0,0 %	-97
Belgique	24	1	-22	0,0 %	-96
Pays-Bas	49	23	-26	0,4 %	-73
Croatie	36	0	-36	0,0 %	-98
Finlande	108	4	-104	0,1 %	-67
France	107	0	-107	0,0 %	-99
Italie	129	1	-127	0,0 %	-97
Pologne	190	4	-186	0,1 %	-88
Suède	210	1	-208	0,0 %	-93
Grèce	273	54	-219	0,9 %	30
Total UE 27	1 489	4 387	2 898	72 %	37

Échanges des principaux partenaires commerciaux de l'UE avec le reste du monde (incluant l'UE 27). 2021 – énergie éolienne

	Importations (en millions €)	Exportations (en millions €)	Exportations nettes (en millions €)	Part des exportations mondiales de technologies énergétiques renouvelables	Spécialisation des exporta- tions (ACR)
Chine	4	1 215	1 212	20,0 %	11
Inde	1	247	246	4,1 %	33
Suisse	0	0	0	0,0 %	-100
Canada	62	1	-61	0,0 %	-97
Japon	68	1	-67	0,0 %	-99
Russie	87	0	-87	0,0 %	-99
États-Unis	160	13	-148	0,2 %	-92
Brésil	275	98	-177	1,6 %	9
Norvège	180	0	-180	0,0 %	-99
Turquie	416	1	-415	0,0 %	-94
Royaume-Uni	1 662	99	-1 563	1,6 %	-13
Reste du monde	4 379	5	-5 174	0,1 %	-99

Source : EurObserv'ER.

Dans l'éolien, l'Allemagne (34 %) 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 (plus de 8 %). Les exportations des Pays-Bas ont significativement baissé (d'environ 400 millions d'euros) pour une part des exportations inférieure à 1 %. Ces quatre pays sont à l'origine d'environ 72 % des exportations mondiales liées aux technologies éoliennes. La part des exportations chinoises a augmenté de 7,5 % en 2017 à 20 %

en 2021, ce qui montre le rôle de plus en plus important de la Chine dans les exportations mondiales de technologies éoliennes. L'Inde suit à bonne distance avec 4,1 % des exportations mondiales de technologies éoliennes. 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 chinoises de technologie éolienne a progressé de -52 en 2017 à 11 en 2021 et illustre une nouvelle fois le changement rapide de position de la Chine dans le commerce mondial de produits liés à l'éolien.

Échanges internationaux de l'UE 27 (incluant les échanges intra-UE). 2022 – énergie éolienne

	Importations (en millions €)	Exportations (en millions €)	Exportations nettes (en millions €)	Part des exportations mondiales de technologies énergétiques renouvelables	Spécialisation des exporta- tions (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	0	0	0,0%	n.d.
Chypre	0	0	0	0,0%	n.d.
Lettonie	0	0	0	0,0%	n.d.
Slovénie	0	0	0	0,0%	n.d.
Malte	0	0	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 27). 2022 – énergie éolienne

	Importations (en millions €)	Exportations (en millions €)	Exportations nettes (en millions €)	Part des exportations mondiales de technologies énergétiques renouvelables	Spécialisation des exporta- tions (ACR)
Chine	3	921	918	19,4%	9
Inde	3	339	336	7,1%	51
Russie	0	0	0	0,0%	n.d.
Suisse	0	0	0	0,0%	-100
Norvège	62	0	-62	0,0%	-100
Brésil	143	67	-76	1,4%	-1
Turquie	99	1	-98	0,0%	-92
Japon	174	1	-173	0,0%	-98
États-Unis	408	162	-246	3,4%	-40
Royaume-Uni	387	112	-275	2,4%	1
Canada	455	1	-454	0,0%	-98
Reste du monde	2462	5	-2663	0,1%	-99

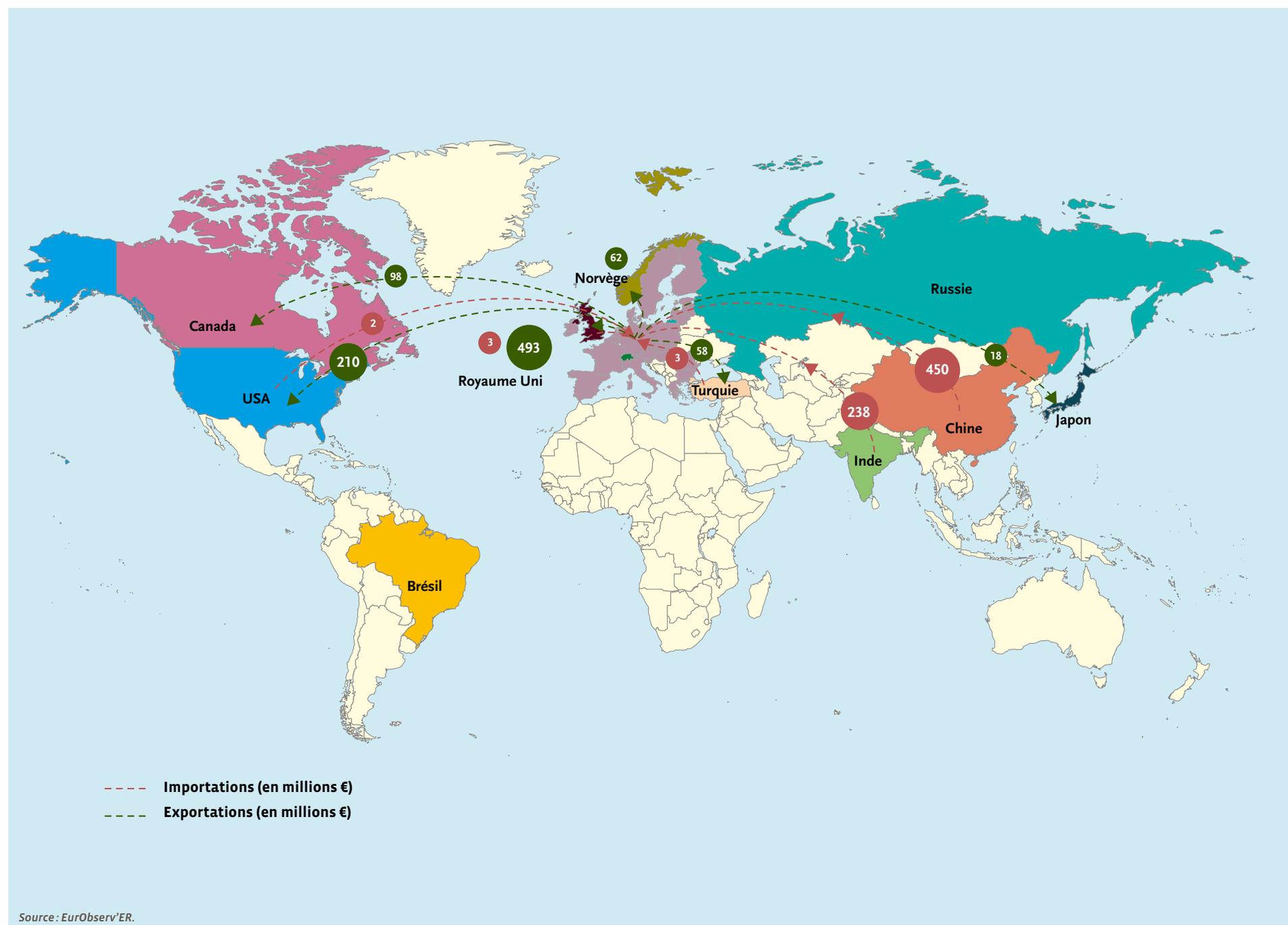
Source : EurObserv'ER.

En 2022, l'Allemagne (31%) et le Danemark (27%) restent des acteurs majeurs en matière de parts d'exportation, malgré une baisse des exportations depuis l'Allemagne par rapport à 2021. La part des exportations de l'Espagne a baissé à 6%. Au total, les exportations nettes de l'Union européenne ont baissé en 2022. Même avec la baisse des exportations depuis le Danemark, plus de 65% des exportations mondiales de technologies éoliennes proviennent de l'Union européenne. Les exportations chinoises ont légèrement baissé à 19% en 2022, stabilisant ainsi la croissance du pays en matière d'exportations

mondiales de technologies éoliennes. Les exportations d'Inde et des États-Unis ont significativement augmenté à 7,1% et 3,4%, tandis que celles du Brésil ont légèrement diminué en 2022. En 2022, ni l'Allemagne ni le Danemark n'ont atteint 1,5 milliard d'euros de balance commerciale excédentaire. La Chine arrive ensuite avec 0,9 milliard d'euros d'exportations nettes. Les Pays-Bas et l'Espagne ont affiché des baisses supplémentaires de leurs exportations nettes en 2022, avec respectivement 287 millions d'euros et 174 millions d'euros. Le Danemark reste l'exportateur le plus spécialisé dans l'éolien,

suivi de l'Allemagne, de l'Inde et de l'Espagne. La spécialisation de la Chine dans l'exportation de technologie éolienne est restée positive (9) en 2021. En 2022, nous avons observé un ACR positif pour l'éolien au Royaume-Uni.

Échanges commerciaux de l'UE 27 avec ses principaux partenaires commerciaux. 2022 – 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 est resté sous la barre du milliard d'euros. L'UE était un importateur net de la Chine et de l'Inde en 2022 et les importations nettes ont respectivement augmenté d'environ 48 millions d'euros et 11 millions d'euros par rapport à 2021. ■

PHOTOVOLTAÏQUE

Échanges internationaux de l'UE 27 (incluant les échanges intra-UE). 2021 – photovoltaïque

	Importations (en millions €)	Exportations (en millions €)	Exportations nettes (en millions €)	Part des exportations mondiales de technologies énergétiques renouvelables	Spécialisation des exporta- tions (ACR)
Malte	4	0	-4	0,0%	-99
Luxembourg	46	37	-8	0,1%	-10
Lettonie	12	2	-10	0,0%	-91
Croatie	46	35	-11	0,1%	-25
Irlande	33	15	-19	0,0%	-92
Chypre	23	0	-23	0,0%	-98
Estonie	31	3	-28	0,0%	-86
Slovénie	79	39	-40	0,1%	-50
Slovaquie	72	15	-57	0,0%	-86
Finlande	65	8	-57	0,0%	-90
Lituanie	80	17	-64	0,0%	-69
Danemark	149	39	-110	0,1%	-75
Suède	173	42	-130	0,1%	-81
Bulgarie	147	7	-140	0,0%	-85
Tchéquie	249	104	-145	0,2%	-67
Roumanie	162	5	-157	0,0%	-94
Belgique	370	150	-220	0,2%	-70
Portugal	490	270	-220	0,4%	9
Hongrie	308	55	-252	0,1%	-70
France	978	700	-278	1,1%	-37
Autriche	514	140	-374	0,2%	-55
Italie	935	344	-591	0,5%	-62
Grèce	878	115	-762	0,2%	-36
Allemagne	3376	2593	-783	4,1%	-26
Pologne	1125	62	-1063	0,1%	-83
Pays-Bas	3375	2250	-1125	3,6%	5
Espagne	1511	141	-1370	0,2%	-72
Total UE 27	15 231	7 189	-8 042	11%	-39

Échanges des principaux partenaires commerciaux de l'UE avec le reste du monde (incluant l'UE 27). 2021 – photovoltaïque

	Importations (en millions €)	Exportations (en millions €)	Exportations nettes (en millions €)	Part des exportations mondiales de technologies énergétiques renouvelables	Spécialisation des exporta- tions (ACR)
Chine	7 893	28 347	20 454	45,3%	43
Japon	2 674	3 230	556	5,2%	16
Norvège	41	2	-39	0,0%	-98
Suisse	303	175	-129	0,3%	-66
Russie	237	43	-194	0,1%	-91
Canada	441	174	-266	0,3%	-73
Turquie	435	108	-328	0,2%	-66
Royaume-Uni	478	134	-344	0,2%	-77
Brésil	2 304	3	-2 301	0,0%	-99
Inde	3 524	139	-3 384	0,2%	-72
États-Unis	8 080	2 076	-6 005	3,3%	-37
Reste du monde	20 057	20 906	1 004	33,4%	6

Source : EurObserv'ER.

En matière de technologie photovoltaïque, la Chine reste leader avec près de 45% des exportations mondiales. Le Japon (5%), l'Allemagne (4%) et les Pays-Bas (4%) arrivent ensuite à bonne distance. Au total, l'Union européenne représente 11% des exportations en 2021. Le pourcentage est également très élevé pour la catégorie « Reste du monde » (33% en 2021), ce qui montre l'existence de gros exportateurs qui ne figurent pas dans la liste ci-dessus. Concernant les exportations nettes de technologie photovoltaïque,

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 technologies photovoltaïques qu'ils n'en exportent. Les États-Unis présentent le solde le plus négatif, suivis de l'Union européenne, de l'Inde et du Brésil, 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 Japon. Au sein de l'Union européenne, seuls le Luxembourg et les Pays-Bas possèdent un ACR positif.

Échanges internationaux de l'UE 27 (incluant les échanges intra-UE). 2022 – photovoltaïque

	Importations (en millions €)	Exportations (en millions €)	Exportations nettes (en millions €)	Part des exportations mondiales de technologies énergétiques renouvelables	Spécialisation des exporta- tions (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

Note: Pour la Pologne, les données de 2022 sur le photovoltaïque n'ont pas été actualisées dans la base de données Comtrade. Pour cet ensemble, il a été considéré que les données de 2021 et 2022 étaient identiques. Comme la part des exportations de technologie photovoltaïque de la Pologne est négligeable par rapport au total des énergies renouvelables, les valeurs définitives ne devraient pas varier beaucoup.

Échanges des principaux partenaires commerciaux de l'UE avec le reste du monde (incluant l'UE 27). 2022 – photovoltaïque

	Importations (en millions €)	Exportations (en millions €)	Exportations nettes (en millions €)	Part des exportations mondiales de technologies énergétiques renouvelables	Spécialisation des exporta- tions (ACR)
Chine	1 466	42 796	41 330	67,9 %	56
Russie	0	0	0	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

Source : EurObserv'ER.

La Chine confirme de nouveau sa position de leader en 2022 en enregistrant une forte augmentation totale de 68 % des exportations mondiales de technologie photovoltaïque. Une fois encore, les Pays-Bas (2,8 %), l'Allemagne (2,3 %) et le Portugal (1,1 %) arrivent ensuite. La part des exportations de l'Union européenne a baissé à 9 % 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 importations nettes

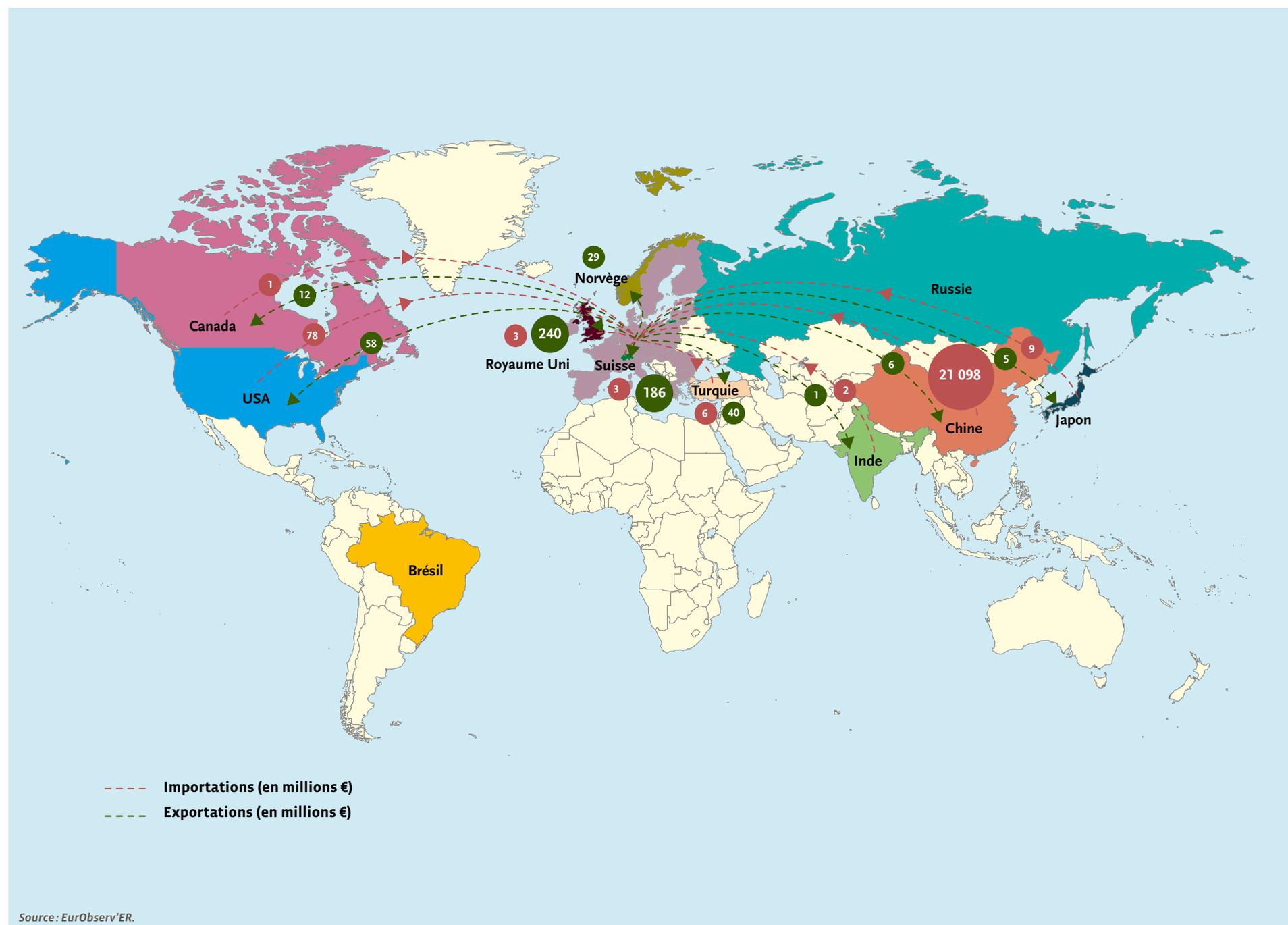
de l'Inde et des États-Unis ont respectivement baissé de plus de 3 milliards d'euros et de 2 milliards d'euros. Les importations nettes ont significativement augmenté dans l'Union européenne et dans de nombreux pays, comme le Brésil et les États-Unis. La Chine reste le pays le plus spécialisé dans les produits photovoltaïques, suivie par l'Inde. L'ACR positif du Portugal a significativement augmenté, tandis que celui des Pays-Bas a baissé pour passer en négatif. Le Luxembourg est le seul autre pays avec un ACR positif.

Pour la Pologne, les données de 2022 sur le photovoltaïque n'ont

pas été actualisées dans la base de données Comtrade¹. Pour cet ensemble, il a été considéré que les données de 2021 et 2022 étaient identiques. Comme la part des exportations de technologie photovoltaïque de la Pologne est négligeable par rapport au total des énergies renouvelables, les valeurs définitives ne devraient pas varier beaucoup.

1. Comtrade ONU: Statistiques du commerce international.

Échanges commerciaux de l'UE 27 avec ses principaux partenaires commerciaux. 2022 – photovoltaïque



La figure 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 augmenté d'environ 19 milliards d'euros depuis 2021. L'UE possède également une balance commerciale déficitaire avec le Japon et les États-Unis 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 le Royaume-Uni, la Suisse, la Turquie et la Norvège. ■

BIOCARBURANTS

Échanges internationaux de l'UE 27 (incluant les échanges intra-UE). 2021 – biocarburants

	Importations (en millions €)	Exportations (en millions €)	Exportations nettes (en millions €)	Part des exportations mondiales de technologies énergétiques renouvelables	Spécialisation des exporta- tions (ACR)
Hongrie	14	462	448	5,1%	71
Belgique	166	441	275	4,8%	41
Espagne	107	256	149	2,8%	19
Pays-Bas	1235	1368	133	15,0%	58
France	460	578	118	6,3%	35
Autriche	53	121	68	1,3%	15
Pologne	103	160	56	1,8%	7
Slovaquie	13	59	46	0,6%	12
Bulgarie	8	53	45	0,6%	45
Malte	0	0	0	0,0%	-81
Chypre	1	0	-1	0,0%	-96
Luxembourg	3	0	-2	0,0%	-95
Estonie	4	0	-4	0,0%	-91
Slovénie	6	1	-6	0,0%	-92
Lettonie	12	4	-8	0,0%	-27
Lituanie	54	45	-10	0,5%	39
Croatie	10	0	-10	0,0%	-91
Portugal	22	4	-18	0,0%	-70
Tchéquie	97	51	-46	0,6%	-27
Finlande	50	0	-50	0,0%	n.d.
Irlande	52	2	-51	0,0%	-94
Italie	195	68	-127	0,7%	-53
Roumanie	131	0	-131	0,0%	-99
Danemark	150	5	-146	0,0%	-79
Suède	323	165	-158	1,8%	30
Grèce	221	0	-221	0,0%	-98
Allemagne	826	347	-479	3,8%	-29
Total UE 27	4318	4190	-128	4,6%	19

Échanges des principaux partenaires commerciaux de l'UE avec le reste du monde (incluant l'UE 27). 2021 – biocarburants

	Importations (en millions €)	Exportations (en millions €)	Exportations nettes (en millions €)	Part des exportations mondiales de technologies énergétiques renouvelables	Spécialisation des exporta- tions (ACR)
États-Unis	378	2421	2043	26,6%	47
Brésil	204	897	693	9,9%	71
Russie	0	48	48	0,5%	-56
Norvège	27	0	-27	0,0%	-100
Turquie	100	10	-90	0,1%	-75
Suisse	107	5	-101	0,1%	-90
Inde	267	56	-212	0,6%	-44
Chine	363	17	-346	0,2%	-96
Royaume-Uni	494	111	-384	1,2%	-25
Japon	460	1	-459	0,0%	-99
Canada	837	170	-666	1,9%	-10
Reste du monde	1739	1181	-558	13,0%	-34

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 2021 et 2022, plus de 80% des exportations mondiales proviennent de ces trois régions du monde. Les autres acteurs majeurs en termes d'exportation 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, en France et en Belgique. Les soldes les plus négatifs s'observent en Allemagne, au Canada, au Japon et au Royaume-Uni, 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, des États-Unis, de la Bulgarie et de la Belgique.

Échanges internationaux de l'UE 27 (incluant les échanges intra-UE). 2022 – biocarburants

	Importations (en millions €)	Exportations (en millions €)	Exportations nettes (en millions €)	Part des exportations mondiales de technologies énergétiques renouvelables	Spécialisation des exporta- tions (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	0	-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

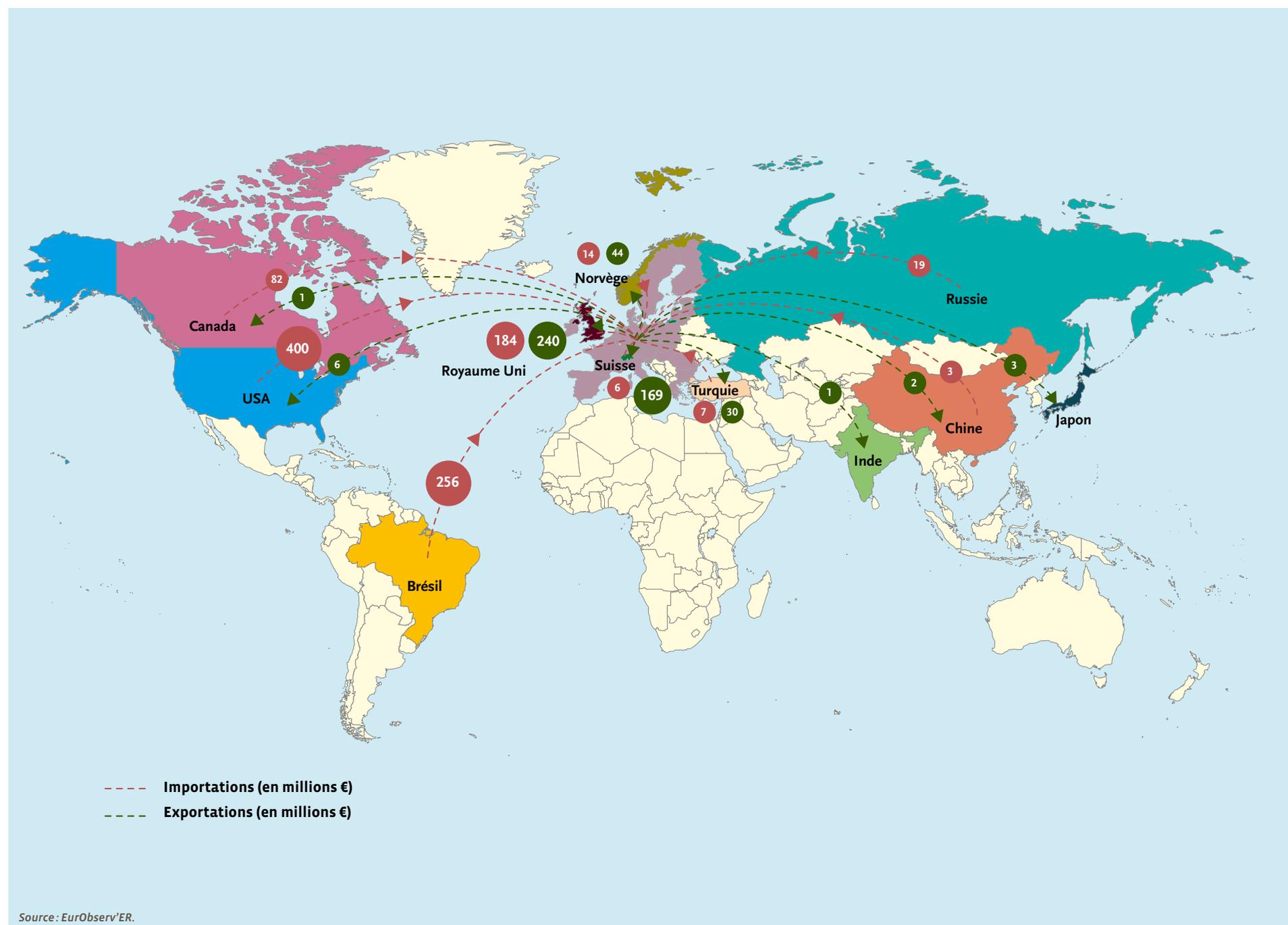
Échanges des principaux partenaires commerciaux de l'UE avec le reste du monde (incluant l'UE 27). 2022 – biocarburants

	Importations (en millions €)	Exportations (en millions €)	Exportations nettes (en millions €)	Part des exportations mondiales de technologies énergétiques renouvelables	Spécialisation des exporta- tions (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	0	0	0	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

Source : EurObserv'ER.

En 2022, les importations et exportations de biocarburants ont toutes deux progressé dans l'Union européenne, mais les importations nettes ont augmenté jusqu'à 1 223 millions d'euros. La part des exportations mondiales est passée de 46 % en 2021 à 43 % en 2022. Les États-Unis, les Pays-Bas et le Brésil restent les plus gros exportateurs de biocarburants. Les exportations nettes du Brésil sont passées à 1 420 millions d'euros, contre environ 700 millions d'euros en 2020. Le Brésil reste le pays le plus spécialisé dans le commerce des biocarburants.

Échanges commerciaux de l'UE 27 avec ses principaux partenaires commerciaux. 2022 – biocarburants



En 2022, l'UE était une importatrice nette de biocarburants depuis les États-Unis, le Brésil et la Russie. Les importations nettes ont augmenté depuis les États-Unis et le Brésil par rapport à 2020. Parmi les biocarburants exportés par l'Union européenne, les plus grosses quantités sont destinées aux États-Unis, au Brésil et au Canada. La balance commerciale de l'UE avec les États-Unis et le Brésil est excédentaire. ■

HYDROÉLECTRICITÉ

Échanges internationaux de l'UE 27 (incluant les échanges intra-UE). 2021 – hydroélectricité

	Importations (en millions €)	Exportations (en millions €)	Exportations nettes (en millions €)	Part des exportations mondiales de technologies énergétiques renouvelables	Spécialisation des exporta- tions (ACR)
Autriche	33	98	65	10,8%	81
Allemagne	12	60	49	6,6%	1
Italie	16	51	35	5,7%	35
Tchéquie	4	44	39	4,8%	62
Slovénie	8	34	27	3,8%	87
France	15	27	12	3,0%	12
Espagne	6	25	18	2,7%	24
Bulgarie	2	5	4	0,6%	50
Pays-Bas	1	4	3	0,4%	-68
Pologne	1	3	3	0,4%	-47
Hongrie	0	3	3	0,4%	-19
Portugal	4	3	-2	0,3%	-1
Suède	6	2	-4	0,2%	-49
Croatie	0	2	1	0,2%	37
Finlande	4	2	-2	0,2%	-26
Roumanie	1	1	0	0,1%	-52
Danemark	0	0	0	0,1%	-75
Grèce	7	0	-6	0,0%	-74
Lituanie	0	0	0	0,0%	-66
Belgique	1	0	0	0,0%	-95
Slovaquie	1	0	-1	0,0%	-95
Luxembourg	2	0	-2	0,0%	-78
Irlande	0	0	0	0,0%	-97
Estonie	0	0	0	0,0%	n.d.
Malte	0	0	0	0,0%	n.d.
Chypre	0	0	0	0,0%	n.d.
Lettonie	3	0	-3	0,0%	n.d.
Total UE 27	127	366	239	40%	20

Échanges des principaux partenaires commerciaux de l'UE avec le reste du monde (incluant l'UE 27). 2021 – hydroélectricité

	Importations (en millions €)	Exportations (en millions €)	Exportations nettes (en millions €)	Part des exportations mondiales de technologies énergétiques renouvelables	Spécialisation des exporta- tions (ACR)
Chine	5	165	160	18,2%	14
Brésil	4	60	56	6,6%	65
Inde	5	33	28	3,7%	36
États-Unis	23	34	11	3,7%	-26
Turquie	6	13	7	1,4%	21
Royaume-Uni	10	16	6	1,8%	-1
Norvège	15	5	-11	0,5%	-7
Japon	14	1	-13	0,1%	-90
Suisse	19	5	-14	0,6%	-40
Canada	46	9	-37	1,0%	-29
Russie	71	22	-50	2,4%	9
Reste du monde	439	38	-401	4,2%	-64

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 (11%), en Allemagne (7%), en Italie (6%), en République tchèque (5%), en Slovaquie (4%) et en France (3%). En résumé, l'Union européenne est responsable de plus de 40% des exportations mondiales dans l'hydroélectricité. La Chine affiche, quant à elle, une valeur très élevée (18%) pour un pays seul. Elle est suivie par le Brésil et ses 6,6%.

Les États-Unis et l'Inde arrivent ensuite avec 4,7% des exportations. Les balances commerciales les plus excédentaires au sein de l'Union européenne sont enregistrées par l'Autriche, l'Allemagne, la République tchèque, l'Italie, la Slovaquie, l'Espagne et la France. 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 huit États

membres présentent un ACR positif. La Slovaquie et l'Autriche sont les pays les plus spécialisés dans l'exportation de produits liés à l'hydroélectricité, devant le Brésil, la Turquie et l'Inde. La Chine aussi présente un ACR positif, mais sa spécialisation est plus marquée dans le photovoltaïque que dans l'hydroélectricité.

Échanges internationaux de l'UE 27 (incluant les échanges intra-UE). 2022 – hydroélectricité

	Importations (en millions €)	Exportations (en millions €)	Exportations nettes (en millions €)	Part des exportations mondiales de technologies énergétiques renouvelables	Spécialisation des exporta- tions (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	0	0	0,0 %	n.d.
Lituanie	0	0	0	0,0 %	-98
Danemark	0	0	0	0,0 %	-79
Chypre	0	0	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 27). 2022 – hydroélectricité

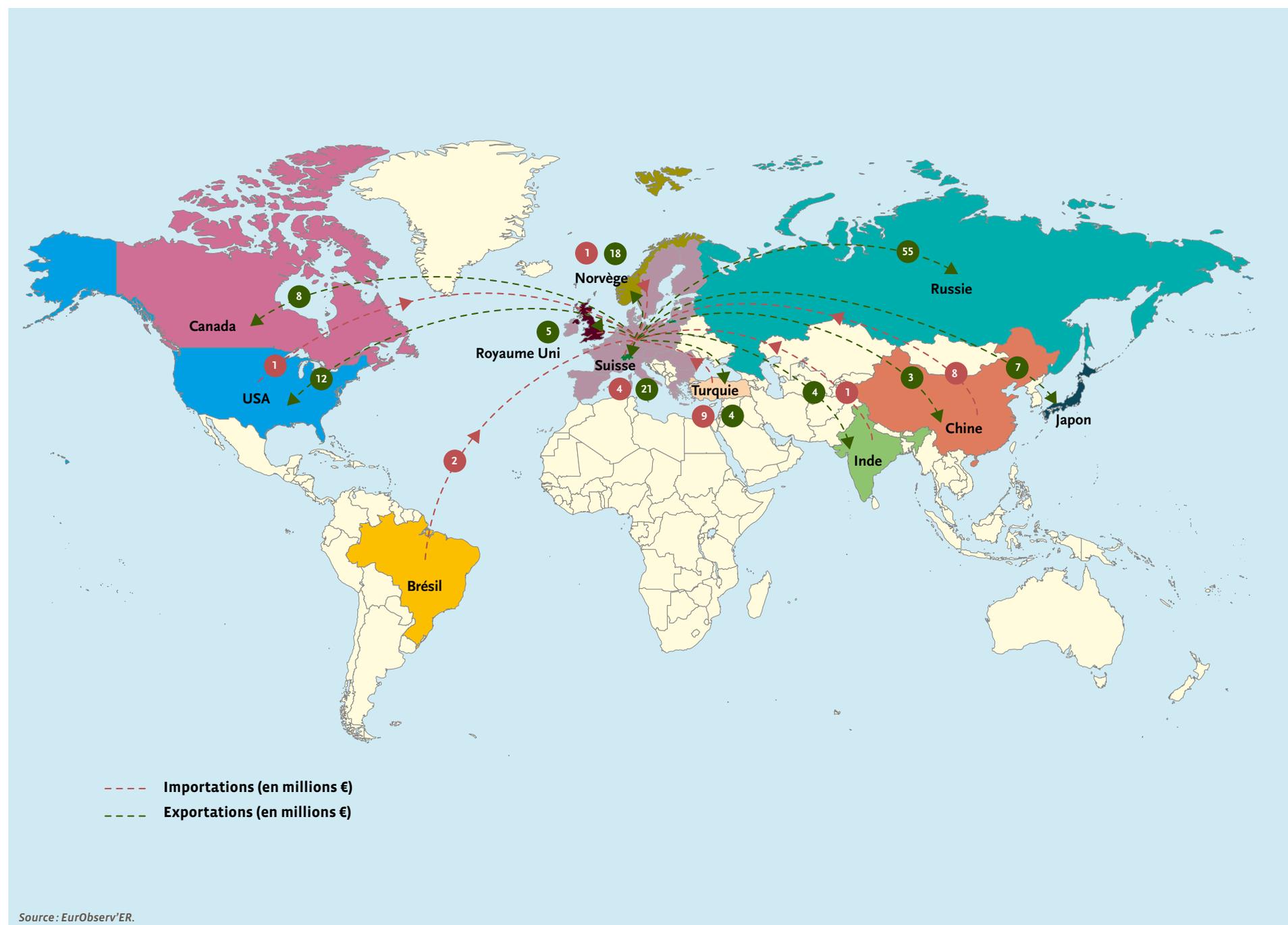
	Importations (en millions €)	Exportations (en millions €)	Exportations nettes (en millions €)	Part des exportations mondiales de technologies énergétiques renouvelables	Spécialisation des exporta- tions (ACR)
Chine	2	162	161	19,8 %	14
Inde	4	45	41	5,5 %	44
Brésil	4	45	41	5,5 %	54
Turquie	8	11	3	1,3 %	10
Royaume-Uni	15	17	1	2,0 %	-2
Russie	0	0	0	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

Source : EurObserv'ER.

En 2022, les exportations nettes de produits liés à l'hydroélectricité dans l'Union européenne ont augmenté par rapport à 2021. La part des exportations de l'UE a atteint 50 % des exportations totales. La plus forte augmentation a été observée en Autriche, jusqu'à 15 % du total des exportations. La Chine et l'Inde ont également vu leurs exportations s'accroître, tout comme leur part dans les exportations mondiales. À l'inverse, le Brésil et les États-Unis ont moins exporté et leur part dans les exportations mondiales a baissé. L'Allemagne et la Slovaquie 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. Le Brésil et l'Inde affichent également un indice de spécialisation élevé.

Échanges commerciaux de l'UE 27 avec ses principaux partenaires commerciaux. 2022 – 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 le Canada, la Norvège, la Suisse et les États-Unis. La Chine, l'Inde et le Brésil affichent des balances commerciales déficitaires pour l'hydroélectricité. ■

CONCLUSIONS

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 (9%) par rapport à celle de la Chine (68%).

Dans l'éolien, les principaux concurrents sont l'Allemagne et le Danemark, mais aussi l'Espagne et l'Inde, qui jouent un rôle majeur sur les marchés à l'exportation, au niveau mondial. Ces quatre pays totalisent plus de 70% des exportations mondiales. Le rôle de la Chine dans les exportations de technologie éolienne a continuellement pris de l'ampleur ces dernières années, avec une part des exportations mondiales qui a atteint près de 20% en 2022 et des

exportations nettes qui la mettent en troisième place derrière l'Allemagne et le Danemark.

L'Union européenne est un acteur majeur du marché des biocarburants avec une part de 43% des exportations mondiales. Les États-Unis et le Brésil représentent 40% 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 Hongrie et la France 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. La balance commerciale des autres pays de l'UE susmentionnés est excédentaire, à l'exception de celle de la France. Le secteur de l'hydroélectricité présente une situation très équilibrée. Plusieurs pays européens sont actifs sur les marchés exports à l'échelle mondiale, tandis que la Chine est responsable d'une part relativement importante. La part de l'Union européenne dans les exportations mondiales a significativement augmenté, juste au-dessus de

50% en 2022, l'Autriche enregistrant la plus grosse part.

Globalement, l'Union européenne jouit d'une forte compétitivité dans tous les secteurs des énergies renouvelables. La part du total de ses exportations a pourtant baissé de 21% en 2021 à 18% en 2022. 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 les États-Unis, le Royaume-Uni, la Turquie, la Suisse, la Norvège et la Russie. Les exportations de la Chine ont considérablement augmenté et représentent plus de 50% du total des exportations de technologies renouvelables en 2022. ■



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) https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-strategy/national-energy-and-climate-plans-necps_en?redir=1
- 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)

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)

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/index-fr.asp)
- 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 (meci.gov.cy/gr/)
- Cera – Cyprus Energy Regulatory Authority (www.cera.org.cy)
- Cyprus Union of Solar Thermal Industrialists (Ebhk) (www.ebhk.org.cy)

CROATIE

- Croatian Bureau of Statistics (www.dzs.hr/default_e.htm)
- Hrote – Croatian Energy Market Operator (www.hrote.hr)

DANEMARK

- Energinet.dk – TSO (www.energinet.dk)
- ENS – Danish Energy Agency (www.ens.dk)
- PlanEnergi (www.planenergi.dk)

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)

ESTONIE

- 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 – Environment and Energy Efficiency Agency (www.ademe.fr)
- Afpac – French Heat Pump Association (www.afpac.org)
- AFGP – Geothermal French Association (www.afgp.asso.fr)
- DGEC – Energy and Climat Department (<https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr>)
- Enerplan – Solar Energy organization (www.enerplan.asso.fr)
- France renouvelables (<https://www.france-renouvelables.fr>)
- Observ'ER – French Renewable Energy Observatory (www.energies-renouvelables.org)
- Ofate – Office franco-allemand pour la transition énergétique (enr-ee.com/fr/qui-sommes-nous.html)
- SVDU – National Union of Treatment and Recovery of Urban and Assimilated Waste (<http://www.fedene.fr/les-syndicats/svdu/>)
- SER – French Renewable Energy Organisation (<https://www.syndicat-energies-renouvelables.fr/en/home-page/>)
- Sdes – Observation and Statistics Office – Ministry of Ecological Transition (<https://www.ecologie.gouv.fr/>)
- Uniclimate – Syndicat des industries thermiques, aérauliques et frigorifiques (www.uniclimate.fr/)

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/)
- Iwea – Irish Wind Energy Association (www.iwea.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 e 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
- Statec – Institut national de la statistique et des études économiques (www.statec.public.lu)
- 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)
- ECN – Energy Research Centre of the Netherlands (<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 organisation (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/>)

SLOVAQUIE

- Ministry of Economy of the Slovak Republic (www.economy.gov.sk)
- Statistical Office of the Slovak Republic (<https://slovak.statistics.sk>)

SLOVÉNIE

- 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/)

TCHÈQUIE

- 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/en)

RÉFÉRENCES POUR LE CHAPITRE SUR LES CAPACITÉS DE STOCKAGE DE L'ÉLECTRICITÉ

- EASE European Association for Storage of Energy
- ESI Energy Storage Ireland
- Department of Energy Global Energy Database
- IHA International Hydropower Association
- Renault Group – <https://events.renaultgroup.com/2022/01/27/stockage-stationnaire-denergie-trois-nouveaux-projets-en-europe/>
- RTE – <https://www.rte-france.com/projets/stockage-electricite-ringo>
- TotalEnergies, « TotalEnergies met en service le plus grand site de stockage d'électricité par batteries en France », 21 décembre 2021
- Andy Colthorpe, « Germany's grid-scale BESS installs up 910% but still under half a gigawatt in 2022 », 30 mars 2023
- Cameron Murray, « Fluence building 250MW 'Grid Booster' battery storage system for German TSO TransnetBW », 5 octobre 2022
- Jonathan Touriño Jacobo, « Over 400MW of solar-plus-storage projects win Innovation Tender contracts in Germany », 4 octobre 2023
- Cameron Murray, « Encavis buys 12MW/24MWh co-located BESS in Germany », 30 août 2023
- Cameron Murray, « Deutsche Telekom starts 300MWh battery storage rollout with 1MW Pixii project », 20 février 2023
- Cameron Murray, « Germany: ABO Wind and Tricera in 25MWh second life BESS deal, Kyon and Obton reveal 600MW pipeline », 13 juin 2023
- Andy Colthorpe, « Germany's grid-scale BESS installs up 910% but still under half a gigawatt in 2022 », 30 mars 2023
- Czech Institute of Informatics, Robotics and Cybernetics (CIIRC CTU), « The Czech group DECCI has started the construction of a unique solution for higher energy security and flexible use of renewable resources. CIIRC is one of the partners », 4 avril 2023
- CEZ Group, « CEZ Esco Will Build the Largest Battery in the Czech Republic in Vítkovice. The House-sized Battery Will Help Stabilise the Czech Energy Grid », 9 mars 2023
- Czech Institute of Informatics, Robotics and Cybernetics (CIIRC CTU), « The Czech group Decci has started the construction of a unique solution for higher energy security and flexible use of renewable resources. CIIRC is one of the partners », 4 avril 2023
- WindpowerNL, « Dutch government presents Energy Storage Roadmap to House of Representatives », 9 juin 2023
- Emiliano Bellini, « Netherlands allocates \$440 million for utility-scale batteries », 9 octobre 2023
- Semper Power, « Project Castor », 2023
- Alfen, « Alfen and SemperPower build the largest battery energy storage system in the Netherlands », février 2023
- RWE Generation SE, « RWE gives green light for utility-scale battery storage project in the Netherlands », septembre 2023
- OER International, « Large compressed air storage project in the Netherlands », janvier 2023
- Buffalo, « Giga Storage is a developer, manager and investor of energy storage in large-scale renewable projects in Europe and trades energy on the energy trading markets », 2023
- Energy Institute, « Commissioning the Netherlands' largest energy storage system », octobre 2022
- Cameron Murray, « State-owned power company to build 800MWh BESS in Poland », 21 juillet 2022
- Andy Colthorpe, « Hybrid lithium-lead acid Smart Grid Demonstration Project up and running in Poland », octobre 2020
- Cameron Murray, « Battery storage projects totaling 130 MWh win contracts in Poland energy auctions »

RÉFÉRENCES POUR LES INDICATEURS D'INVESTISSEMENT

- Bloomberg (2023), « Energy transition investment trends 2023 »
- Euractive (2023), « The growing role of non-price criteria in offshore wind auctions »
- Eurostat (2023), « Electricity production capacities for renewables and wastes »
- IEA, « Photovoltaic Power Systems Programme »
- Irena (2023), « Renewable power generation costs in 2022 »
- WindEurope (2023), « Financing and investment trends 2022 »
- WindEurope (2023), « WindEurope intelligence platform: windEurope intelligence platform | WindEurope »
- Wind Europe (2024), « Lots of good news – and good numbers – again in offshore wind »

RÉFÉRENCES POUR LES INDICATEURS SOCIO-ÉCONOMIQUES

- Eurostat (2024), « Sold production, exports and imports ds-056120 »
- Eurostat (2024), « Material flow accounts Online data code: env_ac_mfa »
- Eurostat (2024), « Roundwood, fuelwood and other basic products Online data code »
- Eurostat (2024), « Electricity production capacities for renewables and wastes »
- Eurostat (2024), « Cooling and heating degree days by country - annual data »
- A. Symons (12 janvier 2023), « Finland: Wind power increased by 75 % last year, boosting energy security and climate goals. Euronews »
- E. Bellini (13 juillet 2022), « Poland's transition from net metering to net billing. PV Magazine International »
- A. Colthorpe (3 février 2022), « Iberdrola's 880MW pumped hydro plant in Portugal to go online in mid-2022. Energy-Storage. News »
- Enerdata (17 janvier 2023), « EDF's power generation in France reached a record low in 2022 »

RÉFÉRENCES POUR LES COÛTS DES ÉNERGIES RENOUVELABLES ET LES PRIX DES ÉNERGIES

- JRC 2018, I. Tsiropoulos, D. Tarvydas, A. Zucker, « Cost development of low carbon energy technologies - Scenario-based cost trajectories to 2050 », 2017 Edition, EUR 29034 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018, ISBN 978-92-79-77479-9, doi:10.2760/490059, JRC109894
- JRC 2014, « Energy technology reference indicator projections for 2010-2050 », JRC, 2014
- RVO 2022, Netherlands Enterprise Agency (RVO), « Stimulation of sustainable energy production and climate transition (SDE++) »
- PBL 2021, « Eindadvies basisbedragen SDE++ 2021 », PBL, 2021
- Elbersen (2016), B. Elbersen, I. Staritsky, G. Hengeveld, L. Jeurissen, J.P. Lesschen, C. Panoutsou (2016), « Outlook of spatial biomass value chains in EU28. Deliverable 2.3 of the Biomass Policies project »
- Irena (2023), « Renewable power generation costs in 2022 », International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, ISBN 978-92-9260-544-5
- « Solar price index & Solar module price development »

RÉFÉRENCES POUR LES INDICATEURS DE CONSOMMATION DE COMBUSTIBLES FOSSILES ÉVITÉE ET D'ÉMISSIONS DE GES ÉVITÉES

- European Commission, *Weekly Oil Bulletin*
- Nasdaq Data Link, « Coal prices »
- European Commission, DG Ener, « Internal market dimension, wholesale gas prices »
- Eurostat
- « Renewable energy in Europe 2022, Recent growth and knock-on effects », European Environment Agency (EEA), web report

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
- <https://data.worldbank.org/> via the API
- EPO. Worldwide Patent Statistical Database (Patstat), European Patent Office
- A. Mountraki, A. Georgakaki, D. Shtjefni, E. Ince and G. Charleston, « Randl data for Setis and the State of the energy union report », European Commission, 2022, JRC130405
- EPO and USPTO. Cooperative Patent Classification (CPC), European Patent Office & United States Trademark and Patent Office
- Les codes SH 2012 utilisés sont les suivants : photovoltaïque (854142 + 854143), éolien (850231) et hydroélectricité (841011, 841012, 841013, 841090). Pour les biocarburants, les codes (220710, 220720) sont basés sur la classification JRC Setis dans « Pasimeni F., 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.
- Comtrade Database. UN Comtrade: International Trade Statistics (February 8, 2024) United Nations.

LES BAROMÈTRES EUROBSERV'ER EN LIGNE

Les baromètres d'EurObserv'ER sont téléchargeables au format PDF sur :

www.eurobserv-er.org



Baromètre biomasse solide 2023

4,1 % a diminution de la consommation d'énergie primaire de biomasse solide dans l'UE27 entre 2021 et 2022

Après avoir atteint en 2021, un niveau de consommation record, la consommation d'énergie biomasse solide, sous toutes ses formes (sa biomasse sous forme de bois, paille, déchets agricoles et autres déchets résiduels industriels), selon EurObserv'ER, se situe aux environs de 100,3 Mtep dans l'Union européenne à 27, soit le deuxième niveau de consommation le plus élevé jamais enregistré dans l'UE. La baisse par rapport à 2021 s'explique en premier lieu par une année aux températures moyennes plus élevées à l'échelle de l'Union européenne, ce qui a réduit les besoins de chauffage, mais surtout, elle résulte sur les effets d'appauvrissement des stocks de bois et impactés les usages industriels. Cette baisse interviend également dans un contexte de surveillance renforcée des critères de durabilité de la biomasse, de tensions internationales avec la Russie et de niveaux réduits des prix des énergies sur les marchés.

Météo

Baromètre interactif EurObserv'ER Biomasse



RENSEIGNEMENTS

Pour de plus amples renseignements sur les baromètres d'EurObserv'ER, veuillez contacter :

Diane Lescot, Frédéric Tuillé

Observ'ER

146, rue de l'Université

F – 75007 Paris

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 2024

Éolien	>> Mars 2024
Photovoltaïque	>> Avril 2024
Solaire thermique	>> Juin 2024
Biogaz	>> Octobre 2024
Énergies renouvelables dans les transports	>> Novembre 2024
Biomasse solide	>> Décembre 2024



Directeur de la publication : Diane Lescot

Rédacteur en chef adjoint : Frédéric Tuillé

Coordination éditoriale : Romain David

Rédacteurs : Observ'ER (FR), TNO (NL), Renewables Academy (RENAC) AG (DE), Fraunhofer ISI (DE), VITO (Flemish Institute for Technological Research) (BE) and 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 : EDF Renouvelables / Rémi Flament
ISSN 2555-0195



OBSERV'ER

146, rue de l'Université
F-75007 Paris
Tél. : +33 (0)1 44 18 00 80
www.energies-renouvelables.org

