

ÉTAT DES ÉNERGIES RENOUVELABLES EN EUROPE

EDITION **2022**
21^e bilan EurObserv'ER

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



ÉTAT DES ÉNERGIES RENOUVELABLES EN EUROPE

ÉDITION **2022**
21^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	10
■ 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	66
■ La biomasse solide	74
■ Le solaire thermodynamique	86
■ Les énergies marines	94
■ Les énergies renouvelables dans les transports	102
• Conclusion	114
■ Intégration des énergies renouvelables dans le parc de bâtiments et l'infrastructure urbaine	129
■ Focus : les parts de marché des différentes technologies installées durant en 2021	148
■ Focus : capacités de stockage de l'électricité	150
■ Focus : Les communautés d'énergie renouvelable	160

Indicateurs socio-économiques 166

■ L'éolien	168
■ Le photovoltaïque	170
■ Le solaire thermique	174
■ L'hydroélectricité	176
■ La géothermie	178
■ Les pompes à chaleur	180
■ Le biogaz	182
■ Les biocarburants	184
■ Les déchets municipaux renouvelables	186
■ La biomasse solide	188
• Conclusion	192
■ Le développement des énergies renouvelables et son influence sur le secteur des combustibles fossiles	206

Indicateurs d'investissement 208

Coûts, prix et compétitivité des énergies renouvelables 223

Données sur les coûts d'investissement en Europe	224
Coût moyen pondéré du capital (CMPC)	228
Coût actualisé des énergies renouvelables	234
Prix de l'énergie	238

Consommation de combustibles fossiles évitée, et coûts et émissions de GES évités en résultant 242

Indicateurs d'innovation et de compétitivité 257

Investissements dans la R&D	258
Investissements publics en R&D	260
■ L'énergie solaire	260
■ La géothermie	261
■ L'hydroélectricité	262
■ Les biocarburants	263
■ L'éolien	264
■ L'énergie océanique	265
■ Total des technologies renouvelables	266
Investissements privés dans la R&D	268
■ L'énergie solaire	268
■ La géothermie	269
■ L'hydroélectricité	270
■ Les biocarburants	271
■ L'éolien	272
■ L'énergie océanique	273
■ Total des technologies renouvelables	274
• Conclusion	276
Dépôts de brevets	278
■ Le photovoltaïque	280
■ La géothermie	282
■ L'hydroélectricité	284
■ Les biocarburants	286
■ L'éolien	288
■ L'énergie océanique	290
■ Total des technologies renouvelables	292
• Conclusions	294
Commerce international	296
■ Total des technologies renouvelables	298
■ L'énergie éolienne	306
■ Le photovoltaïque	312
■ Les biocarburants	318
■ L'hydroélectricité	324
• Conclusion	330

SOURCES & RÉFÉRENCES 332

SATISFECIT

Vincent Jacques le Seigneur, président d'Observ'ER

En 2021, les énergies renouvelables ont couvert 21,8% de la consommation brute d'énergie finale dans l'Europe des 27. Le cap fixé dans le paquet climat énergie de 2008 a donc bien été dépassé et on ne peut que s'en féliciter à l'heure où il est de bon ton de semer le doute sur les bienfaits de la construction européenne. Et cela d'autant plus que l'Europe a ainsi prouvé qu'elle pouvait être force de proposition et de coordination dans un domaine, celui de l'énergie, qui est pourtant resté la chasse gardée des États membres. Alors que la guerre est à nos portes avec la menace de pénurie et/ou d'inflation sur le prix de l'énergie, on ne peut que se réjouir des décisions prises hier qui ont été mises en œuvre dans les délais impartis et qui contribuent aujourd'hui à notre résilience.

Comme le montre cette nouvelle édition du Baromètre EurObserv'ER, la 21^e, il s'agit bien d'une transformation radicale des bouquets énergétiques des États membres qui est à l'œuvre depuis deux décennies puisque la part des renouvelables atteint désormais 37,5% dans la consommation brute d'électricité et 22,9% pour la chaleur et le froid.

Un examen encore plus précis permet de décomposer les sources d'électricité renouvelable : l'éolien se taille la part du lion (386,5 TWh), suivi par l'hydraulique (348,3 TWh) et la biomasse (173,4 TWh), et le photovoltaïque pointe à la quatrième place avec 163,8 TWh; et du côté de la consommation de cha-

leur et de froid renouvelables, l'essentiel (74,6%) provient de la filière biomasse solide, suivie, très loin derrière, par les pompes à chaleur.

Certes, les esprits chagrins auront beau jeu de dire que le plus facile du chemin a été fait mais que la suite de la trajectoire sera difficile pour ne pas dire impossible à respecter. À ceux-là, il est possible de démontrer que, s'il peut être ralenti, le mouvement enclenché semble désormais irréversible. Il suffit pour s'en convaincre de constater que 97% de l'ensemble des nouvelles capacités électriques raccordées en 2021 relevaient de filières renouvelables, car cela revient à dire que non seulement les pouvoirs publics mais aussi les investisseurs et l'ensemble des acteurs économiques ont basculé dans le monde d'après. Et ce ne sont pas de doux rêveurs, des militants ou des philanthropes : les énergies renouvelables ont généré cette année-là 184,9 milliards d'euros et permis la création de quelque 1,5 million d'équivalents temps plein. Une manne qu'aucun décideur ne saurait négliger.

D'autant que les bruits de bottes ont changé la donne. Certes, dès décembre 2019, le Pacte vert de la Commission européenne avait déjà arrêté un ensemble de mesures visant à accélérer la transition écologique afin d'atteindre la neutralité climatique à l'horizon 2050; et, pour ce faire, il proposait un ensemble d'outils administratifs et financiers permettant de mobiliser entre 65 et 75 milliards d'euros sur la période 2021-2027.

Mais l'invasion de l'Ukraine par la Russie a incité la Commission à changer de braquet en proposant en mai 2022 le plan REPowerEU afin de rendre l'Europe indépendante des combustibles fossiles russes avant 2030. Les objectifs déjà ambitieux vont être revus à la hausse : la part de renouvelables à atteindre dans la consommation brute d'électricité passant de 40 à 45%, ce qui revient à multiplier par deux ce qui a été fait jusque-là. Et en décembre dernier, le Conseil européen adoptait un règlement d'urgence afin d'accélérer le déploiement des énergies renouvelables : les installations de production d'énergie renouvelable, leur raccordement au réseau ainsi que les actifs de stockage relevant désormais de « l'intérêt public supérieur ». Un texte qui s'applique directement en droit interne puisqu'il s'agit d'un règlement.

La transition énergétique de l'Union européenne sera longue et certainement parsemée d'embûches mais les efforts consentis seront bien des investissements sans regrets si l'on considère qu'ils permettent simultanément de réduire nos émissions de carbone et d'assurer notre sécurité énergétique. ■



MESSAGES CLÉS

Indicateurs énergétiques

2021 est une année particulière en matière de suivi du développement des énergies renouvelables dans les bilans de chaque pays de l'Union européenne, car c'est la première année où sont prises en compte les dispositions spécifiques de calcul de la directive énergie renouvelable (EU) 2018/2001 (dite RED II). Les résultats de l'année 2021 ne sont donc pas directement comparables aux résultats de l'année 2020 qui prenaient en compte les dispositions de calcul inhérentes à la précédente directive 2009/28/EC (dite RED I).

Les principales ruptures statistiques entre les deux directives proviennent des nouveaux critères de durabilité des biocombustibles solides et gazeux, qui ont rendu inéligible à partir de 2021 une partie de l'énergie biomasse pour le calcul des objectifs énergie renouvelable de la nouvelle directive. Entre également en compte un nouveau mode de calcul de l'électricité renouvelable dans les transports.

- La part renouvelable dans la consommation brute d'électricité a atteint 37,5 % en 2021. 1 079,1 TWh d'électricité renouvelable ont été produits en 2021 avec comme première filière l'éolien (386,5 TWh, soit 35,8 % de l'ensemble de la production électrique renouvelable). Viennent ensuite l'hydraulique (348,3 TWh) et la biomasse (173,4 TWh). Le photovoltaïque pointe à la quatrième place avec 163,8 TWh.
- 97 % de l'ensemble des nouvelles capacités électriques raccordées en 2021 relevaient de filières renouvelables (37,4 sur un total de 38,6 GW). Seuls 3 % provenaient de centrales à gaz ou à charbon.



- En 2021, la part renouvelable dans la consommation de chaleur et de froid a été de 22,9 %. 113,2 millions de TEP ont été produites, dont 74,6 % proviennent de la filière biomasse solide (84,4 Mtep), qui a profité des conditions hivernales plus froides que l'année précédente. Les pompes à chaleur sont en deuxième place avec 15,3 Mtep.
- Les énergies renouvelables ont couvert 21,8 % de la consommation brute d'énergie finale au sein de l'UE-27 en 2021. Le rythme doit grandement s'accélérer pour atteindre l'objectif de 45 % proposé par le programme REPowerEU à fin 2030.

Indicateurs socio-économiques

- L'ensemble des emplois directs et indirects issus des secteurs renouvelables est évalué à 1,47 million d'équivalents temps plein pour 2021. Un chiffre en progression de 12 % par rapport à la situation de 2020¹. Le premier secteur a été celui des pompes à chaleur avec 377 300 équivalents temps plein.
- L'activité économique autour des énergies renouvelables en 2021 est évaluée à 184,9 milliards d'euros (+ 13 % par rapport à 2020). À l'instar des emplois, les pompes à chaleur constituent la filière qui a généré le chiffre d'affaires le plus important, avec 52,2 milliards d'euros.

Indicateurs d'investissement

- En 2021, les investissements réalisés dans de nouveaux parcs éoliens (terrestre et en mer) au sein des pays de l'Union européenne sont estimés à 27,8 milliards d'euros. Sur ce total, 72 % ont été réalisés dans des installations terrestres.
- En matière d'éolien, l'Allemagne a été le pays qui a

le plus investi (8 milliards d'euros), devant la France (4,6 milliards d'euros) puis l'Espagne, la Finlande et la Suède (3,2 milliards d'euros chacun).

- Dans le secteur du photovoltaïque, les investissements réalisés dans des installations situées sur des bâtiments résidentiels ou commerciaux sont évalués à 19 milliards d'euros en 2021. Bien que ce chiffre ne couvre qu'un groupe de 10 pays pour lesquels des données étaient disponibles, le volume d'investissement a déjà dépassé la valeur estimée pour l'UE-27 en 2020. L'Allemagne reste le plus gros investisseur dans le domaine avec 5,2 milliards réalisés en 2021 contre 4,2 en 2020.

Coûts, prix et compétitivité des énergies renouvelables

En raison de la volatilité et de l'incertitude des circonstances macroéconomiques pour les années 2021 et 2022, il est difficile de généraliser la situation actuelle et de présenter des estimations actualisées des coûts d'investissement et des coûts moyens de l'énergie. Les principaux résultats de LCoE pour l'énergie renouvelable sont les suivants :

- pour la production d'électricité, l'hydroélectricité présente le LCoE moyen le plus bas en 2021 (47 euros par MWh) devant l'éolien terrestre (50 euros par MW) et l'éolien en mer à égalité avec le photovoltaïque sur des bâtiments commerciaux (65 euros par MWh);
- pour la production de chaleur, le LCoE moyen le plus faible est celui de la biomasse (52 euros par MWh), loin devant celui des pompes à chaleur (149 euros par MWh). Cependant, le développement d'équipements collectifs et l'association avec des réseaux de chaleur peuvent participer à la réduction des coûts des pompes à chaleur.

Consommation de combustibles fossiles évitée et réduction des émissions de GES

- En 2021, l'utilisation des énergies renouvelables s'est substituée à 192 millions de TEP de combustibles fossiles par rapport au niveau d'utilisation des énergies renouvelables en 2005. Ces chiffres correspondent à un coût annuel évité de 48 milliards d'euros pour l'UE-27.

Indicateurs d'innovation et de compétitivité

- 688 millions d'euros d'investissements publics en R&D ont été investis en 2020 dans l'UE-27 pour les technologies renouvelables. Par ailleurs, 2,5 milliards d'euros ont été engagés par des acteurs privés en 2019 (dernière année disponible).
- L'UE a déposé 1 269 brevets dans le domaine des énergies renouvelables en 2019, l'Allemagne étant le pays le plus actif (378 brevets). La Chine reste le leader mondial en nombre de brevets déposés dans les énergies renouvelables, avec 8 813 brevets.
- La balance commerciale (différence entre les importations et les exportations) des secteurs des énergies renouvelables dans l'ensemble de l'UE-27 présente un solde négatif en 2021 de 5 034 millions d'euros. Le principal partenaire demeure la Chine, qui a exporté pour 9 671 millions d'euros de biens et services dans les technologies renouvelables vers l'UE-27.

1. À noter: L'augmentation en 2021 est en partie due à un changement dans le traitement des données d'entrée concernant le secteur des pompes à chaleur. Si l'on exclut les pompes à chaleur, on constate une augmentation de près de 100 000 ETP dans les autres secteurs SER.

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 2022 pour les filières éolienne, solaire photovoltaïque, solaire thermique, solaire thermodynamique, énergies marines, 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 2020 et 2021.

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. Elles concernent les pompes à chaleur, l'hydraulique, l'énergie géothermique, le biogaz et les déchets urbains renouvelables. 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 22 janvier 2023 (balances énergétiques complètes), et ceux propres aux indicateurs de la directive énergie renouvelable (EU) 2018/2001 (dite RED II) fournis par l'outil Shares (Short Assessment of Renewable Energy Sources) d'Eurostat, avec la version mise

à jour du 24 janvier 2023 (<https://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/database/additional-data>). 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 détaillées 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 pompes 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 disponibles à l'aide du lien suivant : <https://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/methodology>.

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 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

L'UNION EUROPÉENNE PAS DANS LE BON RYTHME

La puissance éolienne nette installée (définie comme la puissance nette maximale pouvant être injectée sur le réseau) de l'Union européenne à 27 a augmenté, selon Eurostat, de 11,3 GW (11 311,9 MW) entre 2020 et 2021, dont 0,6 GW (594,8 MW) d'éolien maritime. Cette augmentation porte la puissance éolienne nette totale des pays de l'Union européenne à 188,4 GW (188 370,8 MW), dont 15,1 GW d'éolien maritime (15 104,9 MW). Cette puissance nette supplémentaire est en augmentation par rapport celle de 2020, où 9,9 GW (9 918,8 MW) supplémentaires avaient été mesurés, dont 2,5 GW (2 465,8 MW) d'éolien maritime. Si on se réfère à la base de données Eurostat, c'est la deuxième meilleure performance mesurée sur la décennie, la meilleure étant celle de 2015 (+ 11 538,2 MW). Malgré ce résultat, le rythme de développement de l'énergie éolienne de l'Union européenne est beaucoup trop lent pour atteindre les objectifs climatiques qu'elle s'est fixés pour 2030. Selon l'industrie

éolienne, il en faudrait près de trois fois plus chaque année pour atteindre l'objectif en discussion de 40 % de renouvelables dans la consommation d'énergie finale en 2030.

Cette augmentation de la puissance nette exploitable tient compte des mises hors service et du renouvellement (repowering) qui peut lui être associé. Elle ne correspond donc pas à la puissance totale exploitable des machines installées durant l'année 2021. Elle ne correspond pas non plus à la somme de la puissance nominale (puissance crête) des machines en fonctionnement qui lui est un peu supérieur, un développeur pouvant faire le choix de brider la puissance de ses machines pour respecter les contrats de raccordements. Précisons que le repowering désigne le « remplacement intégral » d'unités de production électrique par de nouvelles unités plus performantes. Une opération de repowering permet de profiter des dernières innovations technologiques et de remplacer d'anciennes éoliennes par des modèles plus grands, plus puissants, avec des pales plus longues, et présentant

un meilleur rendement. Le principal intérêt est d'augmenter la production électrique d'un site et de réduire ses coûts d'exploitation. Durant l'année 2021, c'est la Suède qui a été le pays le plus actif sur le plan de la puissance supplémentaire (+ 2 140 MW en 2021), exclusivement de l'éolien terrestre. L'Allemagne arrive en seconde position avec 1 632 MW supplémentaires en 2021 (+ 1 459 MW en 2020). La France est troisième (+1 226 MW) et devance de peu les Pays-Bas (+ 1 121,5 MW) et l'Espagne (+ 1 088,5 MW).

UNE PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ ÉOLIENNE À CONTRE-COURANT

L'évolution de la production d'électricité éolienne dépend des investissements réalisés dans les nouvelles fermes éoliennes mais également des conditions climatiques dans les principales zones de production. Contrairement à 2020, de nombreux pays de l'Union européenne ont connu en 2021 un déficit de vent, parfois important dans le cas de l'Allemagne, de l'Irlande mais également





1

Puissance éolienne installée* dans l'Union européenne à fin 2020 et 2021 (en MW)

	2020	Dont éolien offshore	2021	Dont éolien offshore
Allemagne	62 201,0	7 787,0	63 833,0	7 787,0
Espagne	26 819,2	0,0	27 907,7	0,0
France	17 514,0	0,0	18 740,0	0,0
Suède	9 976,0	203,0	12 116,0	193,0
Italie	10 870,6	0,0	11 253,7	0,0
Pays-Bas	6 647,9	2 459,5	7 769,4	2 459,5
Danemark	6 267,0	1 700,8	7 020,8	2 305,6
Pologne	6 298,3	0,0	6 967,3	0,0
Portugal	5 122,3	25,0	5 427,3	25,0
Belgique	4 672,7	2 261,8	4 948,4	2 261,8
Grèce	4 119,3	0,0	4 649,1	0,0
Irlande	4 306,7	0,0	4 339,0	0,0
Autriche	3 226,0	0,0	3 407,8	0,0
Finlande	2 586,0	73,0	3 257,0	73,0
Roumanie	3 012,5	0,0	3 015,0	0,0
Croatie	801,3	0,0	986,9	0,0
Bulgarie	702,8	0,0	704,4	0,0
Lituanie	540,0	0,0	671,0	0,0
Tchéquie	339,4	0,0	339,4	0,0
Hongrie	323,0	0,0	324,0	0,0
Estonie	317,0	0,0	315,0	0,0
Chypre	157,7	0,0	157,5	0,0
Luxembourg	152,7	0,0	136,4	0,0
Lettonie	78,1	0,0	77,1	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	177 058,8	14 510,1	188 370,8	15 104,9

* Puissance électrique maximale nette. Source: Eurostat

en France, en Belgique et dans les pays du nord de l'Europe. Malgré la mise en service des nouvelles capacités, la production d'électricité éolienne, terrestre et maritime, a diminué, selon Eurostat, de 2,7% entre 2020 et 2021, passant de 397,8 TWh à 386,9 TWh (une baisse de 10,9 TWh). Cette évolution contraste avec la production éolienne de l'année 2020 qui avait bénéficié de conditions climatiques beaucoup plus favorables (+ 8,4% par rapport à 2019), partant d'un niveau de production de 367,2 TWh en 2019. La production d'électricité éolienne maritime est plus constante et moins sujette aux variations. Elle augmente de 0,8% entre 2020 et 2021 (de 47,4 TWh à 47,7 TWh), malgré un déficit significatif des parcs maritimes allemands. La part de l'éolien maritime dans la production éolienne totale a augmenté de 11,9% en 2020 à 12,3% en 2021. En 2021, cette part atteint même 57,7% en Belgique, 47,3% au Danemark, 44,2% aux Pays-Bas et 21,3% en Allemagne.

UNE MONTÉE EN PUISSANCE DU MARITIME PROGRESSIVE ENTRE 2022 ET 2026

2021 n'a pas été une grande année pour l'éolien maritime dans l'Union européenne. Seul le Danemark a débloqué son compteur annuel avec une puissance supplémentaire de 604,8 MW. La puissance éolienne maritime raccordée a ainsi été quatre fois inférieure à celle raccordée en 2020 (2 465,8 MW). La puissance additionnelle correspond à la mise en service du parc danois de Kriegers Flak, qui comporte 72 tur-

binés Siemens Gamesa de type SG 8.4-167 DD. La puissance éolienne maritime totale de l'Union européenne rapportée par Eurostat s'établit donc à 15 104,9 MW à la fin de l'année 2021, répartie dans sept pays (Allemagne, Pays-Bas, Danemark, Belgique, Suède, Finlande, Portugal), soit 8,0% de la puissance éolienne totale installée. Selon EurObserv'ER, la puissance éolienne maritime de l'Union européenne est un peu supérieure car l'Irlande dispose également d'un parc éolien maritime de 25,2 MW (Arklow Bank), mis en service en 2004, mais jusqu'à présent, ce pays a fait le choix de ne pas le distinguer de sa puissance éolienne totale dans les statistiques Eurostat. À ce total officiel, on pourrait ajouter les 2 MW de l'éolienne flottante Floatgen installée au large du Croisic sur le site d'essais en mer multitechnologies de SEM REV de l'école d'ingénieurs de Centrale Nantes. L'éolienne Floatgen, qui est connectée au réseau, sera démantelée à l'automne 2023 pour être remplacée par une machine de 5 MW. On peut y ajouter également le prototype Elisa de 5 MW mis en service en 2019 au large de Gran Canaria (îles Canaries), en Espagne. Hors Union européenne, le Royaume-Uni a entièrement connecté trois nouveaux parcs éoliens: Triton Knoll (875 MW), Moray East (950 MW) et le parc flottant écossais de Kincardine (48 MW). Le parc Hornsea Two a quant à lui été partiellement connecté (soit 462 MW en 2021 sur un total 1 386 MW). Hornsea 2, qui sera réparti sur une superficie de 462 km², comportera 165 turbines Siemens Gamesa de puissance unitaire de 8,4 MW et deviendra le

plus grand parc éolien offshore du monde lorsqu'il sera pleinement opérationnel en 2022. La Norvège a également installé en 2021 un démonstrateur d'éolienne flottante de 3,6 MW (fondation Tetraspar). Dans l'Union européenne, beaucoup de grands projets éoliens maritimes sont actuellement en construction, ce qui augmentera significativement la puissance installée durant les trois prochaines années. La France a déjà officiellement débloqué son compteur et est devenue le neuvième pays de l'Union européenne à disposer d'une filière de production éolienne maritime avec la mise en service complète en novembre 2022 du parc éolien de Saint-Nazaire (480 MW), doté de 80 éoliennes General Electric Haliade 150 de 6 MW chacune. En Allemagne, le groupe énergétique RWE a également entièrement connecté le 16 décembre 2020 les 38 éoliennes Siemens-Gamesa (de type SG 8.0-167 DD) du parc éolien maritime Kaskasi (342 MW) situé à 35 km au nord de l'île de Heligoland. Ce parc est novateur car il dispose pour la première fois de pales éoliennes recyclables. La mise en service commerciale est prévue pour le début de l'année 2023. Parmi les autres grands projets en construction, on peut citer les projets néerlandais de Hollandse Kust Zuid I-II (mise en service prévue en 2022-2023) et Hollandse Kust Zuid III-IV (2023) de 770 MW chacun, ainsi que les projets français de Fécamp (497 MW, 2023), Saint-Brieuc (496 MW, 2023), Calvados (448 MW, 2024). En Allemagne, au cours de l'année 2021, ni nouvelle turbine ni fondations n'ont été installées. Les parcs éoliens offshore qui ont été attribués



2

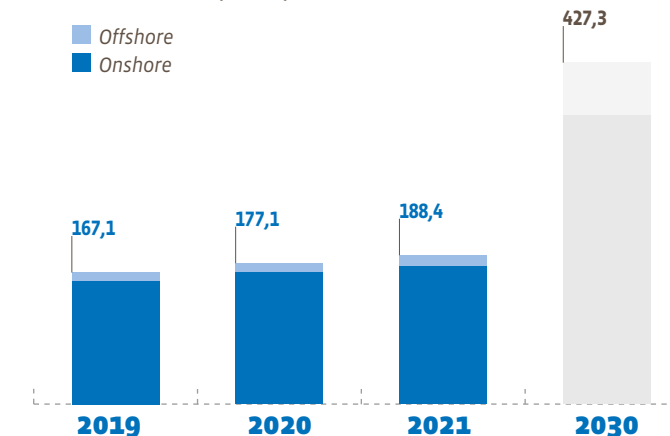
Production brute d'électricité d'origine éolienne dans l'Union européenne (en TWh)

	2020	Dont éolien offshore	2021	Dont éolien offshore
Allemagne	132,102	27,306	114,647	24,375
Espagne	56,444	0,000	62,061	0,000
France	39,861	0,000	36,831	0,000
Suède	27,526	0,633	27,244	0,547
Italie	18,762	0,000	20,927	0,000
Pays-Bas	15,278	5,484	18,005	7,952
Pologne	15,800	0,000	16,234	0,000
Danemark	16,330	6,603	16,054	7,593
Portugal	12,299	0,051	13,216	0,051
Belgique	12,819	6,974	11,998	6,926
Grèce	9,310	0,000	10,483	0,000
Irlande	11,549	0,000	9,776	0,000
Finlande	8,256	0,305	8,507	0,267
Autriche	6,792	0,000	6,740	0,000
Roumanie	6,945	0,000	6,576	0,000
Croatie	1,721	0,000	2,062	0,000
Bulgarie	1,477	0,000	1,434	0,000
Lituanie	1,552	0,000	1,362	0,000
Estonie	0,844	0,000	0,733	0,000
Hongrie	0,655	0,000	0,664	0,000
Tchéquie	0,699	0,000	0,602	0,000
Luxembourg	0,351	0,000	0,314	0,000
Chypre	0,240	0,000	0,246	0,000
Lettonie	0,177	0,000	0,141	0,000
Slovénie	0,006	0,000	0,006	0,000
Slovaquie	0,004	0,000	0,005	0,000
Malte	0,000	0,000	0,000	0,000
Total UE-27	397,799	47,356	386,866	47,712

Source: Eurostat

3

Projection EurObserv'Er de l'évolution de la puissance éolienne nette installée de l'UE à 27 (en GW)



Source: EurObserv'ER

lors des premières enchères en 2018 attendent que les infrastructures réseaux soient en place et seront progressivement installés entre fin 2022 et 2025. Les parcs éoliens maritimes attribués lors de l'appel d'offres de 2021 devraient, eux, être mis en service en 2026. Après la mise en service du projet Kaskasi (342 MW), suivront Arcadis Ost1 (247 MW) en 2023, Baltic Eagle (476,3 MW) et God Wind 3 (241,8 MW) en 2024, Borkum Riffgrund 3 (900 MW) et EnBW He Dreiht (900 MW) en 2025 et N-3.7 (225 MW), Nordsee Two (433 MW) et Windanker (300 MW) en 2026. Si tous les projets attribués sont pleinement réalisés, la capacité éolienne maritime de l'Allemagne sera portée à près de 12 GW d'ici la fin de 2026 (7,8 GW en 2021).

Les Pays-Bas focaliseront prochainement l'attention avec les prochains appels d'offres concernant la zone maritime IJmuiden Ver Wind Farm (IJVWFZ) située à 62 km au large de la côte ouest du pays. Quatre sites de parcs éoliens seront désignés dans la zone: IJV Wind Farm Site I, II, III et IV, sur une superficie d'environ 400 km². Il est prévu que les sites accueillent une puissance de 4 000 MW. Un appel d'offres pour développer IJVWFS I et II est prévu pour 2023. Un second appel d'offres pour développer IJVWFS III et IV est prévu pour 2025. Le gouvernement néerlandais a réévalué, en février 2022, son objectif éolien maritime à 21 GW en 2030, soit l'équivalent des trois quarts de la consommation actuelle du pays. Et en septembre dernier, le pays s'est fixé un nouvel objectif de 70 GW d'ici 2050.

Outre la production d'électricité, le gouvernement prévoit également d'utiliser une partie de la capacité

éolienne offshore du pays pour la production à grande échelle d'hydrogène vert en mer du Nord. L'objectif néerlandais pour 2050 a été annoncé le 16 septembre, peu de temps après que les Pays-Bas et les huit autres membres de la North Seas Energy Cooperation (NSEC) ont convenu d'installer au moins 260 GW de capacité éolienne offshore d'ici 2050, ce qui représente plus de 85% de l'ambition européenne d'atteindre 300 GW d'ici 2050. Le Danemark, qui a en juin 2022 également revu à la hausse ses objectifs éoliens maritimes, prévoit désormais de déployer un total de 12,9 GW d'éolien maritime d'ici 2030, soit 4 GW de plus que précédemment. Cette décision a été prise juste après la Déclaration d'Esbjerg en mai 2022, par laquelle l'Allemagne, la Belgique, les Pays-Bas et le Danemark se sont fixé des objectifs combinés ambitieux d'éolien offshore d'au moins 65 GW d'ici 2030. Basés sur la mer du Nord en tant que centrale élec-

trique verte d'Europe, ces quatre pays visent à plus que doubler leur capacité éolien offshore à au moins 150 GW d'ici 2050, fournissant plus de la moitié de la capacité nécessaire pour atteindre la neutralité climatique de l'UE selon la stratégie de la Commission européenne sur les énergies renouvelables offshore. La Pologne a également affiché des ambitions dans l'éolien offshore avec des projets en mer Baltique en cours d'étude comme OWF Bałtyk I (1 560 MW), II (720 MW) et III (720 MW). Le gouvernement prévoit l'installation de 5,9 GW d'ici 2030 et 11 GW d'ici 2040 avec des premiers appels d'offres attendus pour 2025. L'Espagne a également annoncé un objectif de 3 GW en 2030 dans le cadre de sa première roadmap éolienne offshore publiée en décembre 2021. Les gouvernements estonien et letton ont aussi signé un protocole d'accord en juillet 2020 pour la construction d'un parc éolien commun pouvant aller jusqu'à 1 GW dans



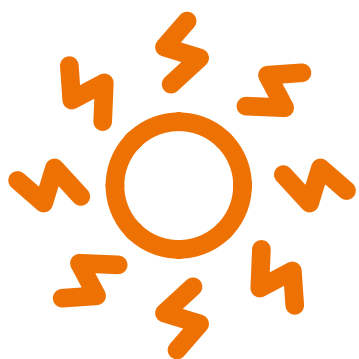
le golfe de Riga, avec une mise en service prévue pour 2030. En Belgique, dans le cadre de son plan climat énergie, le pays a prévu de porter la puissance de son parc offshore à 4 GW (4 011 MW) d'ici 2030, de lancer un premier appel d'offres de 700 MW au premier trimestre 2023 avec une mise en service prévue pour 2025. Et en 2025 un nouvel appel d'offres de 1 050 MW pour une mise en service en 2027.

UNE COURSE CONTRE LA MONTRE

Cernés par l'impératif climatique et le besoin vital de se sevrer de leur dépendance aux énergies fossiles vis-à-vis de pays ouvertement hostiles, les gouvernements de l'Union européenne n'ont d'autre échappatoire que de prendre des mesures fortes. La guerre en Ukraine déclenchée par le plus grand exportateur mondial de gaz naturel et la flambée du prix de l'énergie qui en a résulté auront servi de catalyseurs. Le 18 mai 2022, la Commission européenne a présenté son plan REPowerEU pour réduire rapidement la dépendance à l'égard des combustibles fossiles russes et accélérer la transition écologique. Ce plan comprend notamment une recommandation visant à lutter contre la lenteur et la complexité des procédures d'octroi de permis pour les grands projets dans le domaine des énergies renouvelables et une proposition de modification ciblée de la directive sur les énergies renouvelables afin de reconnaître ces dernières comme relevant d'un intérêt public supérieur. La Commission propose de faire passer de 40 % à 45 % l'objectif actuel de l'UE à l'horizon 2030 en matière d'énergies renouvelables. Le plan

REPowerEU porterait la capacité totale de production d'énergies renouvelables à 1 236 GW d'ici à 2030, et non plus à 1 067 GW d'ici à 2030, comme envisagé dans le paquet « Ajustement à l'objectif 55 ». La nouvelle législation de l'UE accélérera les procédures d'octroi de permis pour les parcs éoliens et les panneaux solaires : les énergies renouvelables relèvent dorénavant d'un intérêt public supérieur, des « zones propices » sont introduites au niveau des États membres sur des territoires où les risques pour l'environnement sont faibles, et davantage d'incitations réglementaires sont prévues pour les technologies innovantes. Un accord en ce sens sur un règlement du Conseil européen a été adopté le 24 novembre 2022 établissant un cadre temporaire de dix-huit mois en vue d'accélérer la procédure d'octroi de permis et le déploiement de projets dans les domaines des énergies renouvelables. Les premières indications pour l'année 2022 montrent qu'il s'est construit davantage de parcs éoliens qu'en 2021, de l'ordre de 15 GW selon un communiqué de presse de WindPower Europe du 11 janvier 2023. Ce niveau d'installation, qui s'apparente à un nouveau record à l'échelle de l'Union européenne, s'est effectué selon l'association dans une année 2022 difficile. La hausse des prix de l'énergie et des matières premières a durement touché les fabricants et les fournisseurs européens de turbines, de même que les goulots d'étranglement dans l'approvisionnement de certains matériaux et composants, ainsi qu'une mauvaise conception des enchères dans certains pays. L'association éolienne européenne explique que les

mesures suite au plan REPowerEU seront très utiles pour débloquer les 80 GW de projets éoliens bloqués dans des procédures d'autorisation à travers l'Europe. Mais elle constate également que la volonté des pays membres d'intervenir sur les marchés de l'électricité, en plus de l'inflation, a malheureusement pour conséquence de limiter les investissements dans les nouveaux parcs éoliens, qui sont dans des proportions insuffisantes pour atteindre les objectifs de 2030. La prochaine réforme des marchés de l'électricité de l'UE doit donner aux investisseurs une plus grande clarté sur les règles applicables pour qu'ils investissent beaucoup plus dans les énergies renouvelables. ■



PHOTOVOLTAÏQUE

Le marché solaire photovoltaïque de l'Union européenne est resté très actif en 2021 malgré des conditions de développement difficiles marquées par une reprise économique post Covid qui a perturbé les chaînes d'approvisionnement des composants et entraîné des augmentations des prix des modules. L'attractivité du solaire photovoltaïque est cependant restée forte en raison des prix élevés du marché de l'électricité en 2021 et de la compétitivité de l'électricité solaire. Selon Eurostat, la puissance maximale nette de l'Union européenne à 27 a augmenté d'au moins 25 702,9 MW entre 2020 et 2021, comparé à une augmentation de 18 272,8 MW entre 2019 et 2020 (+ 40,7%). La puissance cumulée de l'Union européenne a ainsi atteint 161 879,2 MW fin 2021 (161,9 GW), en croissance de 18,9% par rapport à 2020.

LE PHOTOVOLTAÏQUE EN FORTE CROISSANCE DANS LES PAYS MEMBRES

En 2021, la puissance nette photovoltaïque supplémentaire de l'Union européenne a atteint un

niveau record. Elle dépasse enfin son précédent record établi dix ans auparavant (+ 22 253,8 MW en 2011). La grande différence est que le PV avait atteint en 2011 un pic d'installation suivi d'une période de baisse d'activité, alors que le niveau de 2021 ne devrait être qu'une étape vers des niveaux d'installations beaucoup plus élevés. La situation est également très différente concernant les niveaux de rémunération de l'électricité solaire. Vers la fin des années 2000, la course à l'installation étant en grande partie spéculative, les développeurs cherchant à bénéficier de tarifs d'achat garantis attractifs s'adaptant avec un temps de retard à la baisse des prix des modules photovoltaïques. Aujourd'hui, la croissance est plus durable car elle repose davantage sur des mécanismes de marché et bénéficie de la compétitivité de l'électricité solaire. Autre différence, elle est à présent partagée par une très large majorité des pays de l'Union européenne et plus par quelques locomotives. Entre 2020 et 2021, 21 pays de l'Union européenne ont connu une augmentation à deux chiffres

de la puissance totale de leur parc photovoltaïque. Les parcs polonais et estonien ont pratiquement doublé en une année (respectivement + 87,5% et + 90,1%) et cinq pays (Irlande, Portugal, Lituanie, Luxembourg, Suède) ont vu leur parc augmenter de moitié ou presque. Les Pays-Bas, l'Espagne, la Grèce, la Hongrie, l'Autriche, le Danemark, la Finlande et Chypre ont également vu la puissance cumulée de leur parc augmenter de plus de 30% en une année.

La forte hausse des capacités de production s'est logiquement traduite par une croissance significative de la production d'électricité solaire. Selon Eurostat, la production brute d'électricité solaire de l'Union européenne a atteint 158,6 TWh en 2021, soit une croissance de 13,2% par rapport à 2020. Les plus fortes croissances sont à mettre à l'actif de la Pologne, qui en 2021 a doublé son niveau de production (+ 101% entre 2020 et 2021, équivalent à une augmentation de 2 TWh), de l'Espagne (+ 39,9%, + 6,2 TWh), des Pays-Bas (+ 34,2%, + 2,9 TWh), de la France (+ 16,9%, + 2,3 TWh), de la Hongrie (+ 54,4%, + 1,3 TW), du Portugal (+ 30,4%

entre 2020 et 2021, + 522 GWh) et de la Suède (+ 45,2%, + 475 GWh). Paradoxalement, la production d'électricité deux premiers parcs solaires photovoltaïques de l'Union européenne a peu évolué en 2021, affichant même une légère baisse en Allemagne (- 0,3%, - 156 GWh) et une légère hausse en Italie (+ 0,4%, + 97 GWh), du fait d'un moindre ensoleillement.

UNE NOUVELLE LOI POUR LES ÉNERGIES RENOUVELABLES EN ALLEMAGNE

L'Allemagne est restée en 2021 le marché solaire photovoltaïque le plus actif de l'Union européenne. Selon Eurostat, le pays a augmenté sa puissance maximale nette photovoltaïque de 5 702 MW en 2021 (4 757 MW en 2020), portant la puissance de son parc à 59 371 GW fin 2021. La volonté de l'Allemagne de se désengager le plus rapidement possible du gaz naturel russe l'a conduite à se donner de nouveaux moyens pour accélérer le développement de ses filières énergies renouvelables, avec une augmentation des volumes d'installations pré-



ENEL



1

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

	2020	2021
Allemagne	53 669,0	59 371,0
Italie	21 650,0	22 594,3
Pays-Bas	11 108,4	14 910,7
France	12 056,0	14 810,4
Espagne	10 135,6	13 715,2
Pologne	3 955,0	7 415,5
Belgique	5 572,8	6 012,4
Grèce	3 287,7	4 277,4
Hongrie	2 131,0	2 968,0
Autriche	2 042,9	2 782,6
Tchéquie	2 172,0	2 246,1
Danemark	1 304,3	1 704,0
Portugal	1 100,3	1 646,0
Suède	1 107,0	1 606,0
Roumanie	1 382,5	1 393,9
Bulgarie	1 100,2	1 274,7
Slovaquie	535,0	537,0
Slovénie	369,8	461,2
Finlande	318,0	425,0
Estonie	207,7	394,8
Chypre	229,1	314,5
Luxembourg	186,6	277,2
Lituanie	164,0	255,0
Malte	187,9	205,7
Croatie	108,5	138,3
Irlande	89,9	135,3
Lettonie	5,1	7,2
Total UE-27	136 176,4	161 879,2

* Puissance électrique maximale nette. Source : Eurostat

vue dès 2022. Selon les données de l'agence du réseau allemand, la puissance photovoltaïque mise en service en 2022 était estimée (au mois de janvier 2023) à 7 182 MW. La production d'électricité provisoire serait en forte progression, de l'ordre de 61,9 TWh en 2022. Le pays a une nouvelle fois rehaussé ses objectifs en matière d'énergies renouvelables. 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, et une part aux environs de 100% dès 2035. Cela signifie qu'un minimum de 600 térawattheures par an devra provenir des énergies renouvelables à cet horizon. Cette décision se veut une réponse à la fois au défi climatique et à sa dépendance vis-à-vis du gaz naturel provenant de Russie. 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 le solaire photovoltaïque, ils passeront d'environ 6 GW en 2022 à 22 GW par an à partir de 2026 et ce jusqu'en 2035 au moins. Ce rythme de croissance amènerait la puissance photovoltaïque du pays à au moins 215 GW d'ici la fin de la décennie.

2

Production brute d'électricité d'origine photovoltaïque dans l'Union européenne en 2020 et 2021 (en TWh)

	2020	2021
Allemagne	49,496	49,340
Italie	24,942	25,039
Espagne	15,675	21,922
France	13,459	15,732
Pays-Bas	8,568	11,495
Belgique	5,112	5,618
Grèce	4,447	5,251
Pologne	1,958	3,934
Hongrie	2,459	3,796
Autriche	2,043	2,783
Tchéquie	2,338	2,316
Portugal	1,716	2,237
Roumanie	1,733	1,703
Suède	1,051	1,526
Bulgarie	1,469	1,467
Danemark	1,181	1,309
Slovaquie	0,663	0,671
Chypre	0,296	0,468
Slovénie	0,368	0,453
Estonie	0,245	0,354
Finlande	0,218	0,298
Malte	0,237	0,256
Lituanie	0,129	0,191
Luxembourg	0,161	0,180
Croatie	0,096	0,149
Irlande	0,062	0,093
Lettonie	0,005	0,007
Total UE-27	140,125	158,588

* Estimations. Source : Eurostat

PLUS DE 14,9 GW INSTALLÉS FIN 2021 AUX PAYS-BAS

Les Pays-Bas sont restés très actifs en 2021 avec, selon Eurostat, une puissance nette supplémentaire de 3 802,3 MW, (+3 882,4 MW en 2020). Cette puissance additionnelle porte la puissance solaire photovoltaïque cumulée du pays à 14 910,7 MW en 2021. Ce niveau de puissance fait des Pays-Bas le premier pays de l'Union européenne sur le plan de la puissance photovoltaïque par habitant (0,853 kW/hab.), devant l'Allemagne (0,714 kW/hab.) et la Belgique (0,520 kW/hab.). La production d'électricité solaire est logiquement en forte progression (+34,2% entre 2020 et 2021). Elle s'établit à 11,5 TWh en 2021 comparée à 8,6 TWh en 2020. Les deux principaux moteurs de l'énergie solaire photovoltaïque aux Pays-Bas restent la 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'énergie renouvelable. Selon Solar Power Europe, le marché des Pays-Bas pourrait être plus important, mais au moins 12 GW de projets sont en attentes, confrontés à des défis pour sécuriser les connexions et les emplacements.

PPA ET APPEL D'OFFRES, LE COMBO GAGNANT EN ESPAGNE

Selon Eurostat, l'Espagne disposait fin 2021 d'une puissance photovoltaïque maximale nette de 13 715,2 MW, soit 3 579,6 MW de plus qu'en 2020. Sur ce total, environ 3 GW ont été réalisés



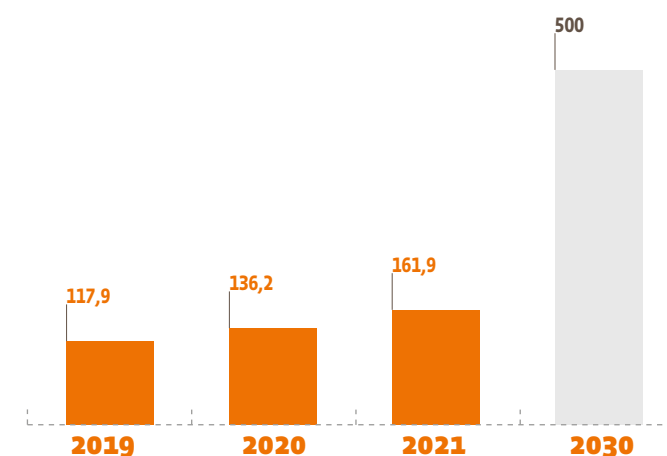
sous la forme de contrat d'achat d'électricité, ce qui fait du marché espagnol le plus important marché solaire sans subventions ou prix garantis par l'État. Si la file d'attente des projets PPA est très importante dans le pays, ce marché reste contraint par les capacités d'accès au réseau. En 2023, le marché du solaire photovoltaïque sera renforcé par les mises en service des appels d'offres REER (Régime économique des énergies renouvelables encadré par le décret royal 23/2020 du 23 juin 2020) lancés en 2021. Autre point à noter, 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.

600 GW FIN 2030

Selon la Commission européenne, mettre fin à la dépendance de l'UE à l'égard des combustibles fossiles russes nécessitera un accroissement massif des énergies renouvelables ainsi qu'une accélération de l'électrification et du remplacement des combustibles fossiles dans la production de chaleur dans l'industrie, les bâtiments et les transports. C'est dans ce sens qu'a été dévoilée en mai 2022, dans le cadre du plan REPowerEU, la mise en œuvre d'une stratégie de l'UE pour l'énergie solaire dans le but de stimuler le déploiement de l'énergie solaire photovoltaïque. Cette stratégie vise à mettre sur le réseau plus de 320 GW d'énergie solaire photovoltaïque d'ici à 2025 (soit plus du double par rapport à 2020) et près

3

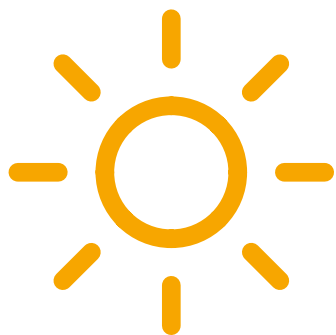
Projection EurObserv'ER de l'évolution de la puissance photovoltaïque nette installée de l'UE à 27 (en GW)



Source: EurObserv'ER

de 600 GW d'ici à 2030. Ces capacités supplémentaires concentrées en début de période remplaceront la consommation de 9 milliards de m³ de gaz naturel par an d'ici à 2027. Pour atteindre l'objectif de 2030 en matière d'énergies renouvelables proposé par la Commission et les objectifs du plan REPowerEU, le rythme d'installation devra accélérer radicalement. Au cours de la présente décennie, l'UE devra installer, en moyenne, environ 45 GW par an. Cette stratégie comprend : une initiative européenne sur l'installation de panneaux solaires ; une obligation progressive d'installer des panneaux solaires sur les toits de certains bâtiments, en combinaison avec des rénovations, tout en encourageant l'autoconsommation et les communautés énergétiques ; une alliance européenne pour l'industrie solaire photovoltaïque pour créer une chaîne de

valeur photovoltaïque innovante et résiliente dans l'UE et un partenariat européen à grande échelle en matière de compétences pour que le déploiement des énergies renouvelables se déroule sans heurts et crée des emplois locaux dans toute l'UE. Dans le contexte de la crise énergétique et des tensions géopolitiques, la mise en œuvre de la stratégie et de ces initiatives clés dans le domaine de l'énergie solaire proposées pour l'Union et ses États membres est extrêmement urgente. ■



SOLAIRE THERMIQUE

Les planètes semblent de nouveau alignées pour le solaire thermique avec une croissance retrouvée sur plusieurs marchés clés de l'Union européenne. La filière a su profiter de dispositifs d'aide plus adaptés et d'une augmentation des prix des énergies fossiles et de l'électricité. Selon Eurobserv'ER, le marché du solaire thermique de l'Union européenne, sur toutes ses applications (chauffe-eau solaire, chauffage solaire, industrie et chauffage urbain), est repassé au-dessus du seuil des 2 millions de m² en 2021. Une bonne nouvelle dans la lutte contre le changement climatique et la dépendance aux hydrocarbures russes.

Après une année 2020 très difficile pour la filière solaire thermique européenne, particulièrement impactée par l'épidémie de Covid-19, le marché européen a renoué avec la croissance en 2021. Les premières estimations indiquent un niveau d'installation supérieur à 2,1 millions de m² (2 127 084 m²), soit une croissance de 7,1% par rapport à 2020 (1 986 789 m²). La surface nouvellement installée en 2021 correspond à une puis-

sance thermique de l'ordre de 1 489 MWth (contre 1 390,8 MWth en 2020), la surface vitrée d'un capteur solaire thermique de 1 m² correspondant à une puissance thermique de 0,7 kWth. Cette relance du marché européen se fait cependant en ordre dispersé et reste encore très liée aux systèmes d'incitation et aux contextes réglementaires. Un autre élément important a joué, celui de la hausse des prix des énergies fossiles (gaz et fioul) et de l'électricité en 2021, conséquence de la reprise économique post-Covid. Des prix qui se sont à nouveau envolés suite à l'invasion de l'Ukraine par la Russie depuis février 2022, plongeant l'Union européenne dans une crise de sécurité énergétique.

Ces données de marchés 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. Enfin, les miroirs à concentration utilisés pour la production d'eau chaude ne sont pas pris en compte, de même que les capteurs hybrides de type PV-T sur vecteur eau.

LE MARCHÉ SOLAIRE THERMIQUE DE L'UE RENOUÉ AVEC LA CROISSANCE

Si à l'échelle de l'Union européenne, le marché solaire thermique a repris des couleurs, les situations restent nuancées selon les pays. L'Allemagne, premier marché européen qui s'était nettement relancé en 2020, n'a pas pu faire mieux en 2021. Le marché grec, qui repose essentiellement sur les systèmes de type thermosiphon, refait surface (+ 17,9% par rapport à 2020 et 359 000 m² installés en 2021) après une année 2020 particulièrement difficile. Le marché italien est, quant à lui, en pleine renaissance du fait de la mise en place d'un nouveau système d'incitation « Superbonus » particulièrement attractif. Il voit son niveau d'installa- ↘





1

Surfaces annuelles installées en 2020 par type de capteurs (en m²) et puissance correspondante (en MWth)

	Capteurs vitrés		Capteurs non vitrés	Total (m ²)	Puissance équivalente (MWth)
	Capteurs plans vitrés	Capteurs sous vide			
Allemagne	544 000	99 000		643 000	450,1
Grèce	304 500			304 500	213,2
Espagne	177 073	7 539	2 798	187 410	131,2
Pologne	159 370	1 830		161 200	112,8
France*	138 160			138 160	96,7
Italie	110 439	11 561		122 000	85,4
Autriche	72 210	1 400	1 730	75 340	52,7
Chypre	74 193			74 193	51,9
Portugal	49 874			49 874	34,9
Hongrie+	42 000			42 000	29,4
Pays-Bas	20 640	9 487	2 621	32 748	22,9
Tchéquie	15 000	7 000		22 000	15,4
Bulgarie+	20 060			20 060	14,0
Belgique	15 300	2 900		18 200	12,7
Danemark	17 613			17 613	12,3
Roumanie++	15 960			15 960	11,2
Croatie+	15 800			15 800	11,1
Slovaquie+	13 000			13 000	9,1
Irlande	11 114			11 114	7,8
Finlande+	7 000			7 000	4,9
Suède	4 898			4 898	3,4
Luxembourg	3 913			3 913	2,7
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	681			681	0,5
Total UE	1 838 923	140 717	7 149	1 986 789	1 390,8

+ Estimation EurObserv'ER basée sur la base de données Eurostat. ++ Estimation basée sur Solar Heat Europe, «Solar heat markets in Europe – Trends and market statistics 2020». * Dont 91 352 m² dans les départements d'outre-mer. Source: EurObserv'ER 2022

2

Surfaces annuelles installées en 2021* par type de capteurs (en m²) et puissance correspondante (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**	164 300			164 300	115,0
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	1 988 026	136 128	2 930	2 127 084	1 489,0

+ Pour les pays marqués d'une croix, les estimations ont été réalisées par EurObserv'ER sur la tendance des marchés observés ces dernières années. Elles ne sont pas suffisamment précises pour être utilisées comme références pour mesurer la croissance sur ces marchés. * Estimation. ** Dont 90 000 m² dans les départements d'outre-mer. Source: EurObserv'ER 2022



3

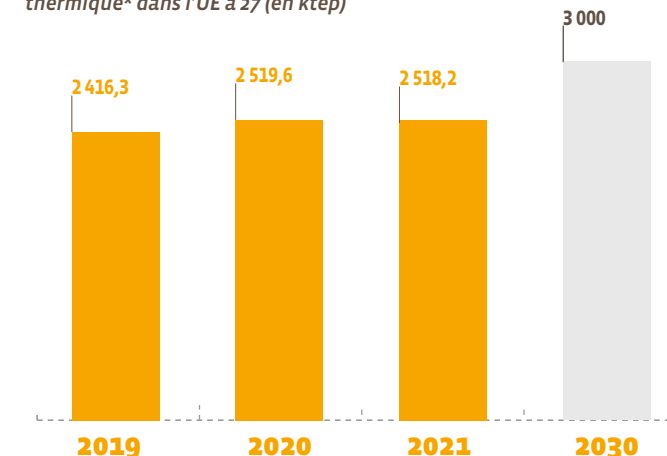
Parc cumulé de capteurs solaires thermiques* installés dans l'Union européenne en 2020 et 2021 (en m² et en MWth)

	2020		2021	
	m²	MWth	m²	MWth
Allemagne	21 416 000	14 991,2	21 785 000	15 249,5
Grèce	4 991 000	3 493,7	5 175 000	3 622,5
Autriche	4 922 944	3 446,1	4 774 554	3 342,2
Italie	4 457 525	3 120,3	4 657 622	3 260,3
Espagne	4 235 678	2 965,0	4 359 743	3 051,8
France	3 397 731	2 378,4	3 503 824	2 452,7
Pologne	3 006 690	2 104,7	3 195 690	2 237,0
Danemark	2 051 096	1 435,8	2 035 096	1 424,6
Portugal	1 406 955	984,9	1 478 955	1 035,3
Chypre	1 102 430	771,7	1 121 667	785,2
Belgique	740 300	518,2	748 000	523,6
Pays-Bas	669 000	468,3	662 000	463,4
Tchéquie	567 000	396,9	586 000	410,2
Bulgarie	445 538	311,9	469 834	328,9
Suède	451 000	315,7	445 000	311,5
Hongrie	392 000	274,4	406 000	284,2
Irlande	346 150	242,3	344 829	241,4
Croatie	288 000	201,6	300 000	210,0
Slovaquie	232 000	162,4	249 000	174,3
Slovénie	222 398	155,7	220 000	154,0
Roumanie	218 910	153,2	218 910	153,2
Finlande	80 000	56,0	88 000	61,6
Luxembourg	73 802	51,7	77 376	54,2
Malte	74 084	51,9	75 397	52,8
Lettonie	21 700	15,2	21 672	15,2
Total UE-27	55 809 931	39 067,0	56 999 169	39 899,4

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

4

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



* Consommation d'énergie finale et production de chaleur brute dans le secteur de la transformation. Source: EurObserv'ER 2022

tion bondir de 84,4 %, passant de 122 000 à 225 000 m² pour se propulser à la troisième place du podium de l'Union européenne. Le marché polonais, quatrième avec 189 100 m² vendus en 2021, rebondit (+ 17,3 %) après deux années de baisse. La filière polonaise a été aidée par des appels d'offres communaux bénéficiant de programmes de financement européens. Le marché français (métropole et Drom) renoue également avec la croissance en progressant de 18,9 % pour atteindre 164 300 m² en 2021. Il convient toutefois de préciser que plus de la moitié du marché français se trouve dans ses départements d'outre-mer, soit environ 90 000 m². Le marché solaire thermique métropolitain en toiture (chauffe-eau solaires individuels, systèmes solaires combinés, eau chaude collective) retrouve le chemin de la croissance (+ 16 % par rapport à 2020) après huit années de baisse consécutive avec une surface installée de 53 600 m². Le marché français profite également de la mise en service de quatre réseaux de chaleur ainsi que du plus grand projet européen de chaleur solaire industrielle. En revanche, en Espagne, la baisse du marché solaire thermique ne s'est pas enrayée, et le pays enregistre un recul de 18,7 % en un an pour un total de 152 300 m² (systèmes hybrides de type PV-T non compris). Cependant, l'Asit (association de l'industrie solaire thermique espagnole) se veut beaucoup plus optimiste pour 2022, du fait de la reprise du secteur de la construction et des aides plus importantes du programme PRTR géré par les régions autonomes. Les premières indications pour l'année 2022 sont positives à l'échelle de l'Union européenne. Selon les premières

données disponibles de BSW-Solar, l'association allemande de l'énergie solaire, le marché allemand est reparti à la hausse avec 710 000 m² installés en 2022 (+ 10,9 % par rapport à 2021). Une hausse est également attendue en Italie avec des chiffres de ventes très encourageants au premier semestre 2022. Un bémol cependant, selon EurObserv'ER, plusieurs pays (France, Pologne...) font face à des tensions sur les livraisons de systèmes, causées par le manque de matières premières et de certains composants pour la production.

DE NOUVELLES VITRINES POUR LES RÉSEAUX ET LA CHALEUR INDUSTRIELLE

Le marché des réseaux de chaleur solaire thermique (SDH pour solar district heating) représente un segment de marché à part avec des acteurs spécifiques et des technologies de capteurs pro-

posant des surfaces beaucoup plus importantes (jusqu'à une quinzaine de m² par capteur). En la matière, c'est le Danemark qui dispose du plus grand nombre de réseaux de chaleur intégrant du solaire. En 2021, la France a été le pays de l'Union européenne le plus actif, avec quatre nouveaux réseaux de chaleur mis en service intégrant du solaire (ceux de Narbonne, Pons, Creutzwald et Cadaujac) pour une surface cumulée de 11 219 m², devant le Danemark (8 013 m², avec le seul réseau de Præstø). La centrale française la plus importante raccordée en 2021 est celle de Creutzwald (5 621 m², 4,3 MWth) exploitée par La Française de l'énergie (LFDE). L'Autriche a été le troisième pays le plus actif avec le raccordement de 7 950 m² en 2021, dont la centrale de Nahwärme Friesach (5 750 m², 4 MWth) et une extension du champ de capteurs solaires thermiques du réseau de



chaleur de la ville de Graz. En Allemagne, un seul réseau a été équipé de solaire en 2021, celui de Mülhausen (5 691 m²). Un niveau d'activité bien moindre qu'en 2020, où sept réseaux de chaleur pour une superficie de capteurs cumulée de 31 200 m² avaient été raccordés. Cependant, selon le bureau d'études Solites, huit ou neuf projets sont sur le point d'être mis en service en 2022 ou 2023, représentant une surface cumulée de 38 000 m². Parmi eux se trouve le projet Greifswald qui, avec ses 18 000 m² (13 MWth),

deviendra le réseau de chaleur solaire le plus important du pays, dépassant celui de Ludwigsburg (14 800 m²).

Un autre segment de marché particulier se développe, celui des systèmes solaires thermiques pour les procédés industriels. Ce secteur se structure avec l'arrivée de projets de plus en plus ambitieux dans des domaines aussi variés que l'industrie agroalimentaire, la papeterie ou le chauffage de serre. Le projet industriel le plus imposant mis en service en 2021 est celui de la centrale d'Issoudun,

en France. Avec une superficie de 13 243 m² (composé de 893 capteurs de marque Savosolar de type Savo 15 SG-M), il est le plus grand système de chauffage solaire en France et le plus grand système solaire thermique produisant de la chaleur industrielle en Europe. Le propriétaire de cette centrale est la société Kyotherm, spécialisée dans le financement de projets de chaleur renouvelable particuliers. L'unité solaire fournira de la chaleur à une usine de séchage de malt exploitée par les Malteries franco-suisse.



SAVOSOLAR - SOLISTED

UN PARC SOLAIRE THERMIQUE DE 57 MILLIONS DE M² FIN 2021

Si les données de marchés ne font pas l'objet d'un indicateur de suivi spécifique de la part des organismes officiels, la surface totale des capteurs solaires thermiques en activité fait l'objet d'un suivi dans le cadre du « Questionnaire annuel renouvelable et déchets » (questionnaire commun à Eurostat et à l'Agence internationale de l'énergie). Ainsi la superficie totale du parc solaire thermique de l'Union européenne s'est établie selon Eurostat à un peu moins de 57 millions de m² fin 2021 (55,8 millions de m² en 2020). Selon les données officielles, le parc de l'Union européenne est donc en augmentation de 1,2 million de m² entre 2020 et 2021. Cependant, un phénomène de déclasserement devrait se faire sentir dans les prochaines années en lien avec des niveaux d'installations plus élevés durant les années 2000, qui ont culminé à près de 4,6 millions de m² en 2008. Selon les données officielles, les parcs autrichien, suédois, slovène, irlandais et néerlandais sont en diminution, la surface déclassée étant devenue plus importante que la surface nouvellement installée. Cette évolution pose le problème du maintien de la contribution de la chaleur solaire dans les objectifs de l'Union européenne dans le cas d'une absence de relance significative et soutenue du marché. Selon Eurostat, la contribution de la chaleur solaire thermique, comprenant la chaleur directement consommée par les utilisateurs finaux (ménages, tertiaire, industrie...) et la production de chaleur dans les réseaux de chaleur solaire,

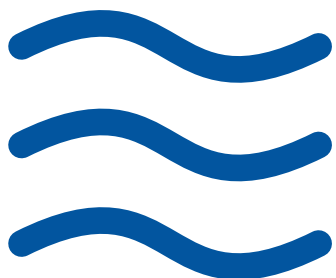
est restée stable à l'échelle de l'UE-27 entre 2020 et 2021 à 2,5 Mtep (+ 0%). Les baisses de production mesurées en Allemagne (-39,2 ktep), en Autriche (-5,6 ktep), du fait d'une année un peu moins ensoleillée, et la moindre production des réseaux de chaleur solaire danois (-9,2 ktep) ont été entièrement compensées par les hausses de production des autres pays de l'Union européenne, notamment grecques (+10,8 ktep), italiennes (+10,5 ktep), espagnoles (+9,6 ktep), françaises (+7,4 ktep), polonaises (+5 ktep) et portugaises (+4,8 ktep).

LA CHALEUR SOLAIRE PASSE À L'OFFENSIVE

La crise sur la sécurité énergétique a conduit l'Union européenne à présenter le 18 mai 2022 son plan de bataille baptisé REPowerEU. L'objectif est de mettre fin à la dépendance de l'UE à l'égard des combustibles fossiles russes, qui sont utilisés comme une arme économique et politique, et de lutter contre la crise climatique. Ce plan prévoit, à côté de mesures d'économies et de diversification des approvisionnements énergétiques, une augmentation de l'objectif énergie renouvelable dans le cadre du paquet « Ajustement à l'objectif 55 » de 40 à 45 % en 2030, ainsi que le lancement de plusieurs initiatives comme « Une stratégie de l'Union européenne pour l'énergie solaire ». Dans cette dernière, la Commission rappelle que le solaire photovoltaïque et les technologies solaires thermiques peuvent être déployés rapidement et permettront aux particuliers et aux entreprises de lutter contre le changement climatique tout en réduisant leur facture énergétique. Si le plan met davantage en lumière la technologie photo-

voltaïque, des mesures communes importantes concernent l'ensemble des technologies solaires, comme l'initiative européenne pour les toits solaires assortie d'une obligation légale progressive d'installer des panneaux solaires sur les nouveaux bâtiments publics et commerciaux ou sur les nouveaux bâtiments résidentiels. Figure également la possibilité donnée aux États membres d'appliquer des taux réduits de TVA aux systèmes de chauffage économes en énergie et à faibles émissions, comme les systèmes solaires de chauffage de l'eau. La stratégie de l'UE pour l'énergie solaire insiste également sur le fait que la demande d'énergie couverte par la chaleur solaire (de même pour la géothermie) devrait au moins tripler d'ici 2030, ce qui correspond à une puissance thermique de l'ordre de 114 GWth.

Trop longtemps éclipsée par le solaire photovoltaïque, l'industrie solaire thermique est bien décidée à repasser à l'offensive et à jouer pleinement son rôle dans la décarbonation des besoins de chaleur. Dans une tribune publiée le 16 juin, Costas Travasaros, le président de Solar Heat Europe, rappelle que ni la crise sur la sécurité énergétique, ni celle sur le changement climatique ne pourront être résolues sans une priorisation de la décarbonation thermique. Cela doit s'appuyer simultanément sur deux vecteurs principaux : l'électricité renouvelable et la chaleur renouvelable. Costas Travasaros constate que des efforts très importants sont déployés pour promouvoir l'électrification de la chaleur, mais que cela ne signifie pas nécessairement une décarbonation de la chaleur, car l'électricité produite en Europe est encore loin d'être décarbonée. ■



HYDROÉLECTRICITÉ

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, s'est selon Eurostat établie à 348,3 TWh en 2021 dans l'UE à 27, en augmentation de 0,3 % par rapport à son niveau de production de 2020 (347,2 TWh). En ajoutant la production hydroélectrique issue du pompage, la production hydroélectrique de l'Union européenne augmente à 374,8 TWh en 2021 comparé à 375,5 TWh en 2020, en légère baisse de 0,2 %. Si l'hydraulique a perdu son statut de première énergie renouvelable de l'Union européenne pour la production d'électricité au profit de l'éolien, elle demeure la première énergie renouvelable dans le monde pour la production d'électricité avec, selon l'Agence internationale de l'énergie, 4 327 TWh en 2021 (- 0,4 % par rapport par rapport à 2020, soit une baisse de 15 TWh). L'éolien au niveau mondial demeurant la première énergie renouvelable non hydraulique pour la production électrique avec 1870 TWh (+ 17 % par rapport à 2020, soit un gain de 273 TWh).

Dans l'Union européenne, la faible augmentation de la production hydroélectrique hors pompage cache une forte hétérogénéité au niveau des États membres. Sur les 5 premiers pays producteurs (Suède, France, Italie, Autriche et Espagne), seule la Suède a vu son niveau de production augmenter (+ 2,1 % par rapport à 2020, soit un gain de 1,5 TWh). Les baisses de production mesurées en France (- 4,7 %, - 3 TWh), en Italie (- 4,6 %, - 2,2 TWh) et en Autriche (- 7,7 %, - 3,2 TWh) ont été les plus importantes. Ces baisses ont, à l'échelle de l'Union européenne, été compensées par la forte augmentation des productions hydroélectriques de la Grèce (+ 76,6 %, + 2,6 TWh), de la Roumanie (+ 13,2 %, + 2 TWh), de la Bulgarie (+ 70,9 %, + 2 TWh) et de la Croatie (+ 25,9 %, + 1,5 TWh). Il convient de préciser que dans les calculs des objectifs énergies renouvelables des pays membres, dont la méthodologie est définie par la directive énergie renouvelable, la production hydroélectrique est normalisée sur les 15 dernières années afin d'atténuer l'effet des variations en matière d'hydraulicité. Selon

l'outil statistique Shares, utilisé pour le calcul des objectifs énergies renouvelables des États membres, la production hydroélectrique normalisée retenue à l'échelle de l'Union européenne était de 348,3 TWh en 2021, en augmentation de 0,6 % par rapport à 2020 (345,2 TWh cette année). Le chiffre de la production hydroélectrique normalisée était donc en 2021, à l'échelle de l'Union européenne, très proche de la production hydroélectrique réelle (hors pompage).

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 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

1

Puissance* des centrales hydrauliques pures, mixtes et de pompage pures en 2020 et 2021 (en MW)

	2020				2021			
	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	18 867	5 360	1 728	25 955	19 191	5 373	1 728	26 291
Italie	15 443	3 312	3 940	22 695	15 529	3 281	3 940	22 750
Espagne	13 704	3 082	3 331	20 117	13 719	3 082	3 331	20 132
Suède	16 307	99	0	16 406	16 308	99	0	16 407
Autriche	8 903	5 731	0	14 635	8 987	5 761	0	14 748
Allemagne	4 320	1 134	5 354	10 808	4 356	1 134	5 354	10 844
Portugal	4 476	2 764	0	7 241	4 491	2 764	0	7 255
Roumanie	6 282	279	92	6 652	6 291	279	92	6 662
Grèce	2 718	699	0	3 417	2 722	699	0	3 421
Bulgarie	2 363	149	864	3 376	2 356	149	864	3 369
Finlande	3 164	0	0	3 164	3 171	0	0	3 171
Slovaquie	1 613	0	916	2 529	1 615	0	916	2 531
Pologne	601	376	1 423	2 400	599	376	1 423	2 398
Tchéquie	1 094	0	1 172	2 265	1 113	0	1 172	2 285
Croatie	1 924	275	0	2 200	1 925	275	0	2 201
Lettonie	1 586	0	0	1 586	1 587	0	0	1 587
Belgique	106	0	1 307	1 413	111	0	1 307	1 418
Slovénie	1 172	0	180	1 352	1 172	0	180	1 352
Luxembourg	35	0	1 296	1 331	35	0	1 296	1 331
Lituanie	117	0	760	877	117	0	760	877
Irlande	237	0	292	529	237	0	292	529
Hongrie	58	0	0	58	60	0	0	60
Pays-Bas	37	0	0	37	37	0	0	37
Danemark	7	0	0	7	7	0	0	7
Estonie	8	0	0	8	6	0	0	6
Total UE-27	105 142	23 260	22 654	151 056	105 741	23 272	22 654	151 668

* Puissance électrique maximale nette. Source : Eurostat



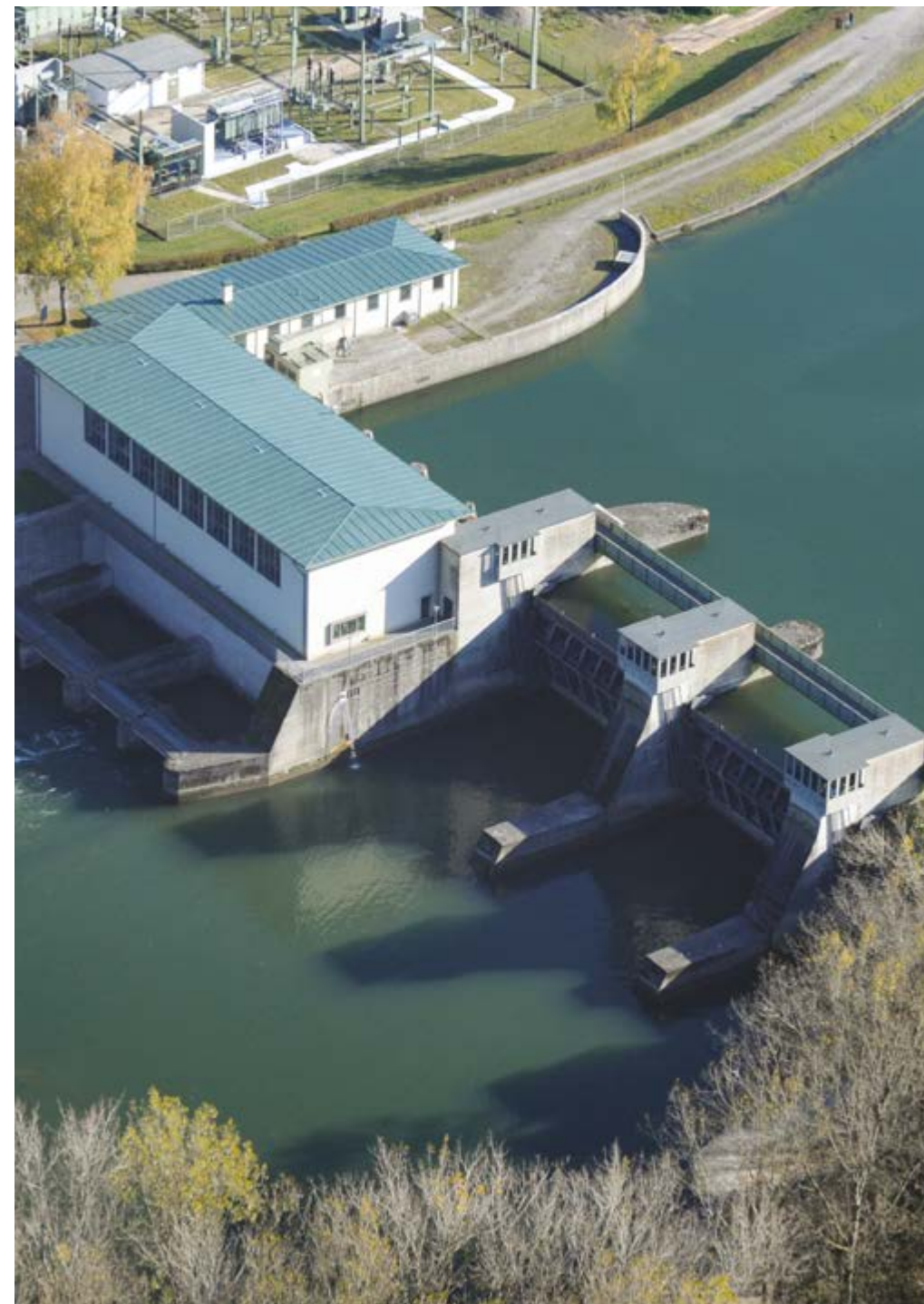
tout ou partie de l'équipement peut être utilisé pour pomper de l'eau en amont du barrage. Ce type de centrales peut ainsi produire de l'électricité avec le flux naturel, mais également avec de l'eau précédemment pompée en amont du barrage. Seule la partie de la production produite avec le débit naturel peut être qualifiée de renouvelable. Enfin, les stations de transfert d'énergie par pompage 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 105 741 MW en 2021 (105 142 MW en 2020), tandis que la puissance nette maximum des centrales mixtes atteignait 23 272 MW en 2021 (23 260 MW en 2020). En prenant en compte uniquement les centrales hydroélectriques pures, les cinq pays les plus richement dotés (données 2021) sont la France (19 191 MW), la Suède (16 308 MW), l'Italie (15 529 MW), l'Espagne (13 719 MW) et l'Autriche (8 987 MW).

2

Production brute d'électricité d'origine hydraulique (hors pompage) dans les pays de l'Union européenne (en TWh) en 2020 et en 2021

	2020	2021
Suède	72,389	73,885
France	62,594	59,625
Italie	47,552	45,388
Autriche	41,998	38,751
Espagne	30,507	29,626
Allemagne	18,721	19,658
Roumanie	15,381	17,412
Finlande	15,883	15,792
Portugal	12,083	11,908
Croatie	5,662	7,128
Grèce	3,344	5,903
Bulgarie	2,820	4,819
Slovénie	4,934	4,713
Slovaquie	4,517	4,258
Lettonie	2,603	2,708
Tchéquie	2,144	2,409
Pologne	2,118	2,339
Irlande	0,933	0,749
Belgique	0,267	0,418
Lituanie	0,301	0,384
Hongrie	0,244	0,212
Luxembourg	0,092	0,107
Pays-Bas	0,046	0,088
Estonie	0,030	0,023
Danemark	0,017	0,016
Total UE-27	347,180	348,319

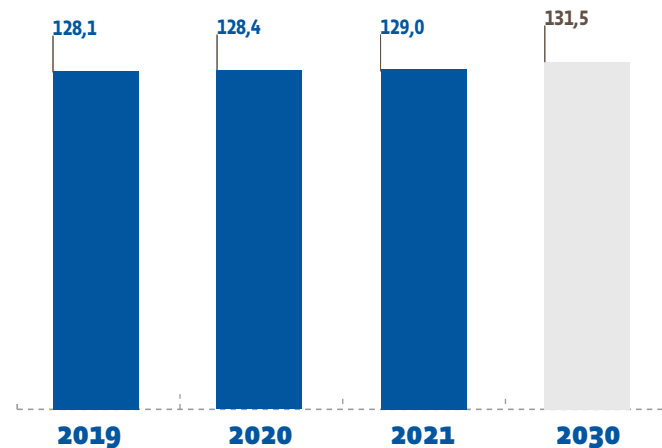
Source: Eurostat





3

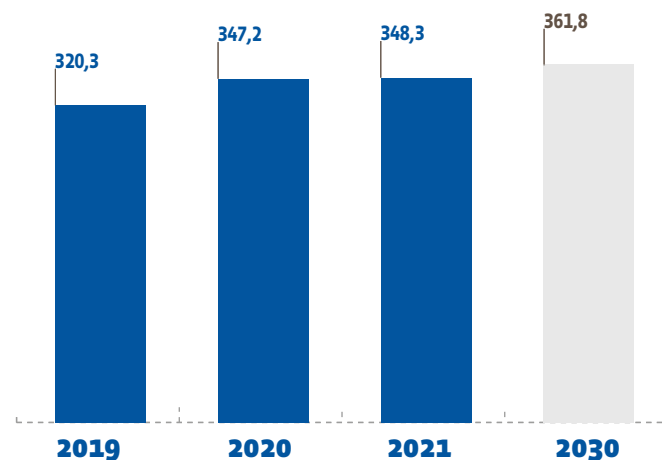
Projection EurObserv'ER de l'évolution de la puissance hydraulique nette installée (hors pompage pur) de l'Union européenne à 27 (en GW)



Source : EurObserv'ER

4

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



Source : EurObserv'ER

UNE PRODUCTION ATTENDUE DE L'ORDRE DE 362 TWH EN 2030

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 croissance de la filière dépend surtout de la modernisation et de l'extension de complexes hydroélectriques déjà existants, moins de la construction de nouveaux projets, même si de rares projets voient encore le jour, comme c'est le cas au Portugal (voir plus loin). 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 notamment été le cas en 2022, où des déficits hydroélectriques importants ont été enregistrés durant le premier semestre 2022 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 les projets les plus importants, de la taille du GW, on peut citer celui d'extension de la centrale hydroélectrique de pompage turbinage d'Aguayo, une centrale située à San Miguel de Aguayo (Cantabrie, Espagne). Ce projet, nommé Aguayo 2, présenté par le groupe énergétique Repsol en 2021, prévoit d'augmenter la capacité installée de la centrale de pompage-turbinage de 1 GW pour arriver à un total de 1,4 GW, ce qui en ferait la deuxième plus grande installation de ce type en Espagne. L'extension de la centrale serait configurée avec quatre groupes de turbines réversibles d'une puissance approximative de 250 MW chacune et porterait la production annuelle d'électricité du site à 2 000 GWh. Pour sa réalisation, le gouvernement régional de Cantabrie et Repsol aspirent à recevoir des fonds européens. En France, EDF a dans ses cartons deux gros projets hydrauliques avec station de pompage: celui de Redenat (1 GW) sur la Dordogne, projet à 1 milliard d'euros, et celui de l'extension de la Step de Montézic en Aveyron (430 MW supplémentaires pour un total de 1350 MW), projet à 500 millions d'euros. Là aussi, EDF conditionne ces investissements à une rémunération d'un service de stockage, mais également à

un renouvellement de ses concessions. La mise en concurrence du parc hydraulique français, voulue par la Commission européenne, ne donne pour l'instant pas la visibilité à l'énergéticien pour réaliser ces investissements. Un autre projet est en cours de finalisation dans l'Union européenne. Il s'agit du complexe hydroélectrique de Tâmega au Portugal (1158 MW). Ce projet 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 1158 MW. 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 située dans une caverne creusée au cœur de la montagne est reliée au réservoir supérieur situé 650 mètres plus haut. Cette centrale 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 hydroélec-

trique permettra la production de 1766 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. Dans le cadre du scénario politique MIX, la Commission européenne prévoit une puissance nette installée hydroélectrique (hors pompage pur) de 131 477 MW en 2030 pour l'UE à 27, dont 89 535 MW de lacs de montagne et 41 942 MW au fil de l'eau. La production d'électricité renouvelable correspondante serait de 361,8 TWh en 2030 (190,3 TWh de lacs et 171,5 TWh au fil de l'eau). Cette simulation estime donc la puissance nette additionnelle (hors pompage pur) à 3 363 MW entre 2020 et 2030. ■



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 2020 et 2021 (en MW).*

	2020		2021	
	Puissance installée	Puissance nette	Puissance installée	Puissance nette
Italie	915,5	771,8	915,5	771,8
Allemagne	47,0	40,0	54,0	46,0
Portugal	34,0	29,1	34,0	29,1
Croatie	16,5	10,0	16,5	10,0
France	17,1	16,2	17,1	16,2
Hongrie	3,0	3,0	3,0	3,0
Autriche	1,3	0,9	1,3	0,9
Roumanie	0,05	0,05	0,05	0,05
Total UE-27	1 034,4	871,0	1 041,4	877,0

* Puissance électrique maximale nette. Sources : 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. À cause de cette multiplicité d'usages, la puissance thermique des installations ne fait pas toujours l'objet d'un suivi précis et régulier de la part des organismes statistiques officiels. L'Egéc (European Geothermal Energy Council) assure néanmoins un suivi de la



2

Production brute d'électricité géothermique dans les pays de l'Union européenne en 2020 et 2021 (en GWh)

	2020	2021
Italie	6 026,1	5 913,8
Allemagne	231,0	244,0
Portugal	217,2	178,5
France	133,2	100,3
Croatie	93,7	89,7
Hongrie	16,0	12,0
Autriche	0,1	0,0
Roumanie	0,0	0,0
Total UE-27	6 717,3	6 538,4

Source: Eurostat



puissance des réseaux de chaleur géothermiques (et de rafraîchissement) en Europe et dans l'Union européenne. Selon l'Egec, l'Union européenne comptait 262 réseaux de chaleur géothermiques en opération en 2021, correspondant à une puissance cumulée de 2 163,5 MW. Une dizaine de projets ou extensions de projets existants ont été mis en service en 2021 dans l'Union européenne, correspondant à une puissance supplémentaire de 131,7 MWth. Dans le détail, la France a ajouté 3 systèmes (+ 51,5 MWth), la Pologne en a ajouté 1 (+ 44,6 MWth), les Pays-Bas 3 (+ 22 MWth), l'Allemagne 1 (+ 12 MWth), la Finlande 1 (+ 1 MWth) et Chypre 1 (+ 0,6 MWth). La France totalise à elle seule 39% de la puissance nouvellement installée de l'Union européenne. La répartition de la puissance des réseaux de chaleur géothermiques par pays est disponible dans la publication payante « Geothermal market report 2021 » de l'Egec, publiée en août 2022. Un des derniers projets, mis en service le 7 décembre 2021, est le réseau de chaleur géothermique de la ville de Vélizy-Villacoublay (16 MWth de puissance), située entre Versailles et Paris, en Île-de-France. Cette centrale utilise une nouvelle technologie dite multidrains qui optimise la transmissivité de la chaleur de l'aquifère par rapport à un doublet classique. Un doublet géothermique consiste en un ensemble de deux puits : un puits de production par lequel l'eau chaude est pompée vers la chaufferie, et un puits de réinjection par lequel l'eau refroidit. La technologie multidrain, de par la géométrie des drains en forme de U, permet de multiplier les

traversées dans le réservoir géothermique par rapport à un forage conventionnel. Cette innovation, développée par l'énergéticien Engie, permet d'étendre le potentiel de développement de la géothermie profonde dans des zones moins propices. La partie géothermique du réseau de Vélizy-Villacoublay alimente 60% du système de chauffage urbain de 19 km avec de l'énergie géothermique utilisée pour le chauffage et l'eau chaude de 12 000 foyers, économisant ainsi 22 800 tonnes de CO₂ par an. Des pompes à chaleur ont été utilisées pour augmenter la chaleur géothermique de 63 °C à 85 °C. Le coût total du projet a été de 25 millions d'euros. 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 336,3 ktep en 2021 (319,7 ktep en 2020). S'ajoute la chaleur directement consommée par l'utilisateur final, estimée à 575,7 ktep en 2021 (556,3 ktep en 2020). Le total de la chaleur géothermique consommée dans l'UE à 27 s'établit donc à 911,9 ktep en 2021 (876,0 ktep en 2020).

LA PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ

La puissance électrique des centrales géothermiques des pays de l'Union européenne a peu évolué entre 2020 et 2021. Durant l'année 2021, seule l'Allemagne a fait augmenter son compteur en connectant en tout début d'année la centrale de Garching an der Altz,

en Bavière. Cette centrale est de type ORC (à cycle organique de type Rankine), c'est-à-dire qu'elle utilise un fluide intermédiaire (cycle binaire). Dans une centrale ORC, le fluide géothermal est maintenu sous pression puis amené dans un échangeur de chaleur où il cède son énergie à un fluide organique qui peut se vaporiser à faibles pression et température. La centrale de Garching, qui dispose d'une puissance maximum de 5,3 MWe, injecte de l'électricité dans le réseau depuis mars 2021. Son puits de production, d'une profondeur de près de 4 000 mètres, permet d'extraire 125 litres/seconde d'eau thermale à une température de 123 degrés Celsius. L'électricien E-On a également équipé l'unité géothermique de Kirchweidach, en Bavière, d'un module de production d'électricité, également de type ORC d'1 MWe, opérationnel en fin d'année 2021. L'objectif de E-On est de porter la puissance électrique de cette installation à 6 MWe. Cette centrale porte à 12 le nombre de centrales géothermiques du pays de classe supérieure ou égale au mégawatt. Avec ces ajouts, la puissance géothermique électrique installée de l'Union européenne est passée, selon Eurostat, à 1 041,4 MWe, répartis au sein de 58 centrales. La puissance nette, qui est la puissance maximale présumée exploitable, est, elle, estimée par Eurostat à 877 MWe en 2021 (soit 6 MWe de plus qu'en 2020). Toujours selon Eurostat, la production brute d'électricité géothermique de l'Union européenne a légèrement diminué entre 2020 et 2021 à l'échelle de l'Union européenne à 6,5 TWh (- 2,7%). Seule la

production d'électricité géothermique allemande est en augmentation. La baisse de la production portugaise s'explique par des opérations de maintenance qui ont démarré en septembre 2021 et se sont terminées en février 2022. En France, le site de Bouillante, en Guadeloupe, a lui aussi dû réaliser des opérations de maintenance et de conformité suite à une inspection préfectorale réalisée en août 2021. Une reprise partielle a été autorisée à partir du 16 septembre 2021 jusqu'à la reprise d'une activité normale début janvier 2022. L'activité de construction de nouvelles centrales géothermiques, bien que restreinte, devrait se poursuivre durant les prochaines années dans l'Union européenne, avec des projets en cours en Italie, en Allemagne et en Croatie. À titre d'exemple, on peut citer le projet AAT Geothermae situé à Draškovec en Croatie, qui a remporté en juillet 2022 une enchère de l'opérateur croate du marché de l'électricité (Hrote) pour une puissance de 10 MWe. Ce projet est désormais éligible à une prime de 1 263,96 HRK (168,26 €) par MWh.

UN TRÉSOR ÉNERGÉTIQUE SOUS NOS PIEDS

2021 a été, au sein des pays de l'union européenne, une année de reprise pour les usages directs de la géothermie profonde, après une année 2020 apathique du fait de la pandémie de Covid-19. Le compteur de la puissance électrique géothermique s'est également débloqué, avec la mise en service d'une centrale à cycle binaire de plus de 5 MW. Cette centrale ouvre la voie



3

Consommation de chaleur provenant d'énergie géothermique dans les pays de l'Union européenne en 2020 et 2021 (en ktep)

	2020			2021		
	Total	dont consommation d'énergie finale	dont chaleur dérivée*	Total	dont consommation d'énergie finale	dont chaleur dérivée*
France	201,4	40,2	161,2	209,1	40,2	169,0
Pays-Bas	147,7	147,7	0,0	151,1	151,1	0,0
Allemagne	128,2	81,8	46,3	140,7	94,6	46,0
Italie	140,6	119,7	20,8	140,6	115,0	25,6
Hongrie	128,5	62,3	66,2	138,8	68,6	70,2
Bulgarie	35,7	35,7	0,0	36,1	36,1	0,0
Pologne	25,6	25,6	0,0	28,4	28,4	0,0
Autriche	24,1	11,8	12,3	23,4	10,2	13,2
Roumanie	11,9	5,8	6,1	15,3	9,0	6,2
Slovénie	10,9	10,5	0,5	11,3	10,8	0,5
Croatie	7,2	7,2	0,0	5,0	5,0	0,0
Grèce	5,6	5,6	0,0	4,3	4,3	0,0
Slovaquie	5,0	0,7	4,3	4,0	0,7	3,2
Belgique	1,4	0,0	1,4	1,6	0,0	1,6
Portugal	1,3	1,3	0,0	1,4	1,4	0,0
Danemark	0,5	0,0	0,5	0,6	0,0	0,6
Espagne	0,2	0,2	0,0	0,2	0,2	0,0
Total UE-27	876,0	556,3	319,7	911,9	575,7	336,3

* Production brute de chaleur dans le secteur de la transformation. Source: Eurostat

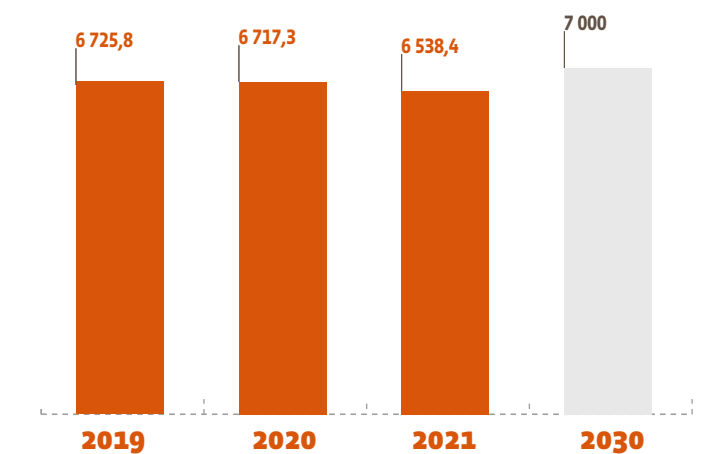
à des projets de centrale à cycle binaire de plus grande puissance, supérieure à 10 MWe, en Europe (Italie, Croatie...). La géothermie profonde a cependant besoin d'un encadrement propice pour se développer et faire de la filière un levier majeur

de la neutralité carbone. Il faut une politique ambitieuse de développement de la chaleur et de froid renouvelable en renforçant les mécanismes de soutien. Elle a également besoin de mesures spécifiques pour la production de chaleur industrielle, agroali-

mentaire et de chauffage de serre. Le signal donné par le gouvernement allemand est à cet égard très intéressant. En Allemagne, le ministère de l'Économie et de la Protection du climat (BMWK) a renouvelé son ambition pour la chaleur géothermique avec la

4

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



Source: EurObserv'ER

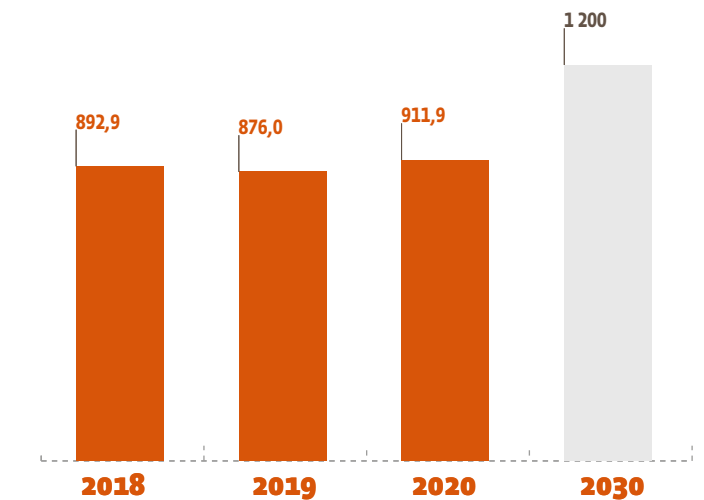
publication en novembre 2022 d'un document intitulé « Pierres angulaires d'une campagne géothermique », avec comme objectif la mise en œuvre de 100 nouveaux projets géothermiques (réseau de chaleur, chaleur industrielle...) d'ici 2030 et un objectif de production de 10 TWh.

Un autre axe est le développement de la géothermie électrique, sur le continent ou dans les territoires ultramarins, en l'associant à une coproduction de lithium européenne, matière première stratégique de la transition énergétique. L'entreprise Vulcan Energy, qui ambitionne de produire du lithium neutre en carbone, issu de l'activité des centrales géothermiques allemandes, ambitionne d'extraire 40 000 tonnes d'hydroxyde de lithium dans la vallée du Rhin, une quantité susceptible de produire l'équivalent d'un million de batteries de véhicules électriques par an dès 2025.

Selon Philippe Dumas, secrétaire général de l'Egec: « 2021 a prouvé que la géothermie est la solution la plus fiable, la plus rentable et la plus incontournable pour les collectivités locales, l'industrie, les ménages et les bâtiments commerciaux. Il est maintenant important que les régulateurs lui accordent la même reconnaissance et le même soutien qu'aux autres technologies pour assurer l'indépendance énergétique et la sécurité climatique avant 2030. » ■

5

Projection EurObserv'ER de la consommation de chaleur géothermique* 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



POMPES À CHALEUR

La pompe à chaleur (PAC) est l'une des options technologiques majeures pour progresser vers la neutralité carbone, et ce d'autant plus que l'électricité utilisée pour son fonctionnement tend à être décarbonée. La technologie des PAC présente l'avantage d'être utilisable dans tous les types de bâtiments (neuf, ancien, résidentiel, tertiaire, industriel ou agricole) et de toutes les tailles (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 aussi servir dans des procédés industriels nécessitant de la chaleur, notamment dans le domaine agroalimentaire, le chauffage de serre et peut être utilisée pour relever la température des réseaux de chaleur. Les données de marché 2021 à l'échelle de l'Union européenne confirment la montée en puissance de cette technologie sur le segment du chauffage. Elle s'explique par la volonté des acteurs politiques de promouvoir l'électrification des besoins de chaleur aux dépens du chauffage au fioul et au gaz, mais également par une

demande accrue de confort d'été pour faire face aux vagues de surchauffe estivales.

UN ÉVENTAIL DE TECHNOLOGIES

Pour comprendre l'évolution du marché des pompes à chaleur, il est indispensable d'identifier dans un premier temps les différents types de système. On distingue trois grandes familles de PAC, en fonction de la source froide où l'énergie thermique est prélevée. Les PAC aérothermiques sont celles où l'énergie thermique est « 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 du froid). Elles sont sur vecteur eau quand le mode de chauffage est un radiateur à eau

chaude ou un plancher chauffant hydraulique. C'est le cas des PAC aérothermiques de type air-eau et de la quasi-totalité des PAC géothermiques. 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, voire 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'Eu-



rope, 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, plus de 5,2 millions de PAC ont été vendues durant l'année 2021 dans l'Union européenne, toutes gammes de puissance et toutes technologies confondues (aérothermiques, géothermiques et hydrothermiques), soit une augmentation de 17,8% par rapport à 2020 (4,5 millions d'unités vendues). Ces chiffres

sont avant tout représentatifs des marchés résidentiels et tertiaires (représentant une gamme de puissance allant de quelques kilowatts à quelques dizaines de kilowatts), le marché des PAC de 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 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 4,2 millions de pièces vendues en 2021, en hausse de 13,6 % entre 2020

et 2021. Une part significative de cette croissance s'explique par un taux de renouvellement particulièrement important en Italie. En effet, selon le GSE, en charge de la comptabilité énergie renouvelable,

les ventes de PAC air-air réversibles italiennes ont augmenté de 31,1 % entre 2020 et 2021 (soit 2 millions de PAC air-air vendues contre un peu plus de 1,5 million en 2020).

1

Marché de la pompe à chaleur aérothermique de l'Union européenne en 2020 et 2021 (nombre d'unités vendues)

	2020				2021			
	PAC aérothermiques	dont PAC air-air	dont PAC air-eau	dont PAC sur air extrait	PAC aérothermiques	dont PAC air-air	dont PAC air-eau	dont PAC sur air extrait
Italie	1 573 941	1 525 805	48 136	0	2 108 000	2 000 000	108 000	0
France	987 626	812 404	175 222	0	1 104 850	837 629	267 221	0
Espagne	400 373	351 275	49 098	0	438 000	385 290	52 710	0
Pays-Bas	360 401	317 089	43 312	0	346 350	296 584	49 766	0
Portugal	222 837	222 389	448	0	207 910	207 536	374	0
Allemagne	121 770	0	96 170	25 600	150 870	0	127 870	23 000
Finlande	93 649	82 188	7 892	3 569	119 859	103 136	12 416	4 307
Suède	103 667	70 000	14 727	18 940	108 003	70 000	17 865	20 138
Belgique	98 487	86 723	11 764	0	99 915	86 915	13 000	0
Pologne	54 155	11 924	42 201	30	90 383	11 018	79 350	15
Danemark	62 571	48 893	13 474	204	70 236	50 030	19 971	235
Malte	70 236	70 236	0	0	60 796	60 796	0	0
Slovaquie	42 118	38 626	3 468	24	43 778	38 961	4 626	191
Grèce	40 224	37 138	3 086	0	30 378	30 378	0	0
Tchéquie	22 684	0	22 615	69	28 542	0	28 380	162
Slovénie	25 446	18 946	6 500	0	28 400	18 900	9 500	0
Autriche	20 437	237	20 200	0	25 914	173	25 741	0
Irlande	14 397	6 892	7 045	460	25 288	6 397	17 554	1 337
Lituanie	19 940	12 450	7 490	0	24 420	15 180	9 240	0
Estonie	15 010	13 700	1 280	30	18 448	13 902	4 509	37
Hongrie	5 820	400	5 420	0	6 504	0	6 504	0
Luxembourg	150	0	150	0	281	0	281	0
Total UE	4 355 940	3 727 315	579 698	48 926	5 137 124	4 232 825	854 878	49 422

Note: 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 2009/28/CE pour l'année 2020 et définis par la directive 2018/2001 (UE) pour l'année 2021 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 2020 et 2021** (nombre d'unités vendues)

	2020	2021
Suède	23 757	25 499
Allemagne	22 200	24 500
Pays-Bas	19 356	21 792
Finlande	8 644	9 516
Pologne	5 260	5 650
Autriche	4 557	5 298
Danemark	2 312	4 033
Belgique	3 193	3 605
France	3 005	3 220
Estonie	1 750	2 191
Tchéquie	1 440	1 637
Slovénie	924	1 164
Italie	1 242	953
Lituanie	580	710
Hongrie	347	416
Espagne	234	326
Slovaquie	216	274
Irlande	316	190
Luxembourg	159	184
Grèce	n.a.	178
Portugal	64	57
Total UE	99 556	111 393

* Pompes à chaleur hydrothermiques incluses. ** Estimation. Note: Les données de marchés concernant la Roumanie, la Bulgarie, la Lettonie, Chypre, la Croatie et Malte n'étaient pas disponibles durant notre étude. Source: EurObserv'ER



3

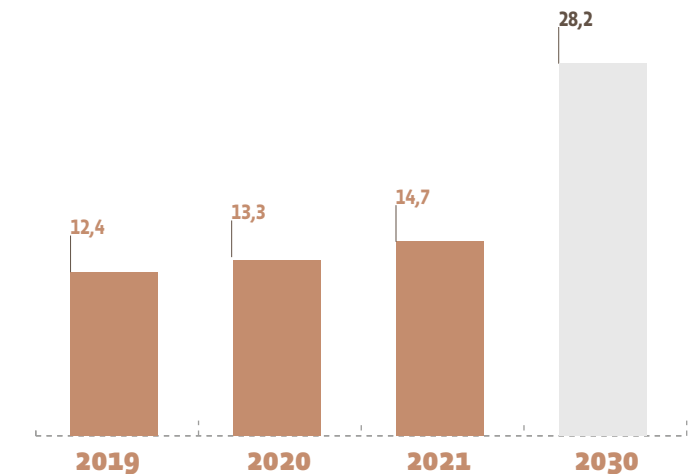
Parc des pompes à chaleur en opération dans l'Union européenne en 2020 et en 2021*

	2020			2021		
	PAC aérothermiques	PAC géothermiques	Total PAC	PAC aérothermiques	PAC géothermiques	Total PAC
Italie	17 939 358	16 145	17 955 503	18 007 709	17 098	18 024 807
France	7 600 000	173 000	7 773 000	8 600 000	172 000	8 772 000
Espagne	4 558 334	3 490	4 561 824	4 996 334	3 816	5 000 150
Suède	1 441 828	561 033	2 002 861	1 534 985	560 333	2 095 318
Portugal	1 937 887	1 048	1 938 935	2 139 188	1 105	2 140 293
Allemagne	878 829	411 198	1 290 027	1 024 196	431 134	1 455 330
Finlande	930 269	136 608	1 066 877	1 050 128	146 124	1 196 252
Pays-Bas	1 020 047	87 919	1 107 966	1 364 349	106 265	1 470 614
Danemark	445 455	72 459	517 914	511 528	77 796	589 324
Malte	485 289	0	485 289	534 578	0	534 578
Belgique	420 080	18 997	439 077	519 995	22 602	542 597
Grèce	327 448	7 536	362 194	357 826	3 878	361 704
Slovénie	251 100	13 654	264 754	266 100	14 818	280 918
Autriche	146 604	112 143	258 747	172 058	114 919	286 977
Pologne	167 075	65 818	232 893	257 458	71 468	328 926
Bulgarie	214 971	4 272	219 243	214 971	4 272	219 243
Tchéquie	180 622	27 756	208 378	209 164	29 393	238 557
Estonie	176 727	19 375	196 102	195 175	21 566	216 741
Slovaquie	136 860	4 180	141 040	180 638	4 454	185 092
Lituanie	63 491	4 749	68 240	87 911	5 459	93 370
Irlande	50 833	5 038	55 871	76 121	5 228	81 349
Hongrie	18 620	3 092	21 712	25 124	3 508	28 632
Luxembourg	2 511	1 330	3 841	2 792	1 514	4 306
Total UE	39 394 238	1 750 840	41 172 288	42 328 328	1 818 750	44 147 078

*Note: Les données des marchés italien, français, espagnol, portugais et maltais des pompes à chaleur aérothermiques ne sont pas directement comparables aux autres, car elles incluent une grande partie des pompes à chaleur réversibles dont la fonction principale est le refroidissement. Seules les pompes à chaleur répondant aux critères de rendement (facteur de performance saisonnier) définis par la directive 2009/28/CE pour l'année 2020 et définis par la directive 2018/2001 (UE) pour l'année 2021 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 pour 2019 et 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

Le marché des PAC aérothermiques sur vecteur eau répond quant à lui spécifiquement aux besoins de chauffage. Les ventes sur ce segment de marché ont été spectaculaires, + 47,5 % entre 2020 et 2021, pour atteindre 854 878 pièces vendues (recensées dans 20 pays), soit 275 179 systèmes de plus qu'en 2020. La croissance de ce segment de marché a été particulièrement importante en Italie (+ 124,4 % entre 2020 et 2021), en Irlande (+ 149,2 %) et en Estonie (+ 252,3 %), ainsi qu'en Pologne (+ 88 %). La croissance a également été très forte dans les pays du nord de l'Europe (Finlande, Suède, Danemark), pays où ce mode de chauffage est déjà bien généralisé.

À une moindre échelle, le marché des PAC géothermiques (également sur vecteur eau) répond lui aussi spécifiquement aux besoins de chauffage. La croissance de ce marché est également positive à l'échelle de l'Union européenne. Par rapport à 2020, le marché augmente de 11,9 % pour atteindre 111 393 unités vendues dans les 21 pays de l'UE faisant l'objet d'un suivi. La croissance la plus spectaculaire est à mettre au crédit du Danemark, avec 4 033 unités vendues en 2021, selon la Danish Energy Agency (+ 74,4 % par rapport à 2020). Dans leur ensemble, le volume de vente des PAC sur vecteur eau (air-eau et géothermiques) a été proche du million d'unités vendues en 2021 (966 271 systèmes), en croissance de 42,3 % par rapport à 2020.

UN PARC EUROPÉEN DE PLUS DE 44 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 44,1 millions de pièces (42,3 millions de PAC aérothermiques et 1,8 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 énergie renouvelable. Il convient de préciser que même si les PAC respectent les critères et sont susceptibles de produire de la chaleur et du froid renouvelable au sens de la directive ENR, certains pays comme la France appliquent

des mesures correctives pour calculer la production d'énergie renouvelable de leur parc. Selon EurObserv'ER, des études plus précises sur les modes d'utilisation des PAC sont susceptibles de faire évoluer les statistiques de production d'énergie renouvelable. À titre d'indication, l'EHPA, dans son rapport 2022 « European heat pump market and statistics », estime que le parc total en opération des PAC assurant une fonction principale de chauffage était en 2021 de l'ordre de 16,96 millions en Europe, avec une hypothèse de durée de vie de vingt ans. Cette estimation signifierait qu'environ deux tiers du parc de PAC répondrait en premier lieu à des besoins de rafraîchissement. Avec environ 120 millions de bâtiments résidentiels en Europe, la part de marché des pompes



à chaleur dans le parc immobilier est de près de 14 %.

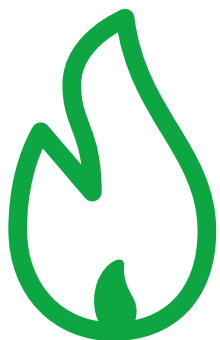
L'HEURE DES CHOIX

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 développé par Eurostat, la contribution totale des PAC dans l'UE à 27 pour la chaleur renouvelable est estimée à 14 682 ktep en 2021, soit 1 366,1 ktep de plus qu'en 2020. En 2021, les PAC aérothermiques et hydrothermiques ont représenté une production d'énergie renouvelable de 11 952,3 ktep, contre 2 729,2 ktep pour les PAC géothermiques. Eurostat estime également la puissance cumulée du parc des PAC à 290 GW (+ 6,8% par rapport à 2020), dont 271,3 GW de PAC aérothermiques, 17,4 GW de PAC géothermiques et 1,4 GW de PAC hydrothermiques. La puissance des PAC aérothermiques est décomposée en 220,2 GW de PAC air-air, 49,1 GW de PAC air-eau et 2 GW de PAC sur air extrait.

Pour la décennie en cours, tout concourt à une accélération de la contribution des PAC aux objectifs climatiques, une accélération qui sera rendue possible par une politique beaucoup plus offensive en matière de rénovation énergétique des bâtiments.

Le paquet « Fit for 55 » de la Commission européenne, publié le 14 juillet 2021, va clairement dans ce sens, en prévoyant toute une série de textes législatifs devant permettre de réduire de 55 % les émissions de CO₂ par rapport au niveau de 1990, étape indispen-

sable pour parvenir à la neutralité carbone. Le secteur du bâtiment, qui consomme 40 % de l'énergie utilisée dans l'Union européenne, et qui génère environ 36 % des émissions de CO₂ liées à l'énergie, occupe une place centrale dans ces propositions législatives de la Commission. La proposition de révision de la directive sur les énergies renouvelables prévoit des mesures pour accélérer la transition des systèmes de chauffage et de refroidissement vers les énergies renouvelables dans le cadre des rénovations. Ainsi, la Commission propose de fixer une valeur de référence de 49 % d'énergies renouvelables dans les bâtiments d'ici à 2030, qui pourra être assurée par l'électrification des besoins de chaleur et de rafraîchissement avec les pompes à chaleur à côté d'une utilisation directe de la chaleur renouvelable (chauffage biomasse, géothermie et solaire thermique en partie via un réseau de chaleur). La Commission propose également d'obliger les États membres à accroître l'utilisation des énergies renouvelables dans le chauffage et le refroidissement de 1,1 point de pourcentage d'ici à 2030. Outre les habitations, les bâtiments publics doivent également être rénovés, pour utiliser davantage d'énergies renouvelables et être plus économes en énergie. La Commission propose ainsi d'obliger les États membres à rénover tous les ans au moins 3 % de la surface au sol totale de tous les bâtiments publics. ■



BIOGAZ

La méthanisation est un processus naturel de dégradation biologique de la matière organique dans un milieu sans oxygène du à l'action de multiples micro-organismes. Le biogaz de méthanisation 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 (gaz de digestion des boues) et la méthanisation de déchets non dangereux ou de matières végétales brutes (autres biogaz).

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, rémanents forestiers, déchets ménagers solides et fermentescibles) ou par gazéification hydrothermale de biomasse liquide. Ces procédés permettent la production d'un gaz de synthèse riche en

méthane qui une fois épuré donne du biométhane.

14,9 MILLIONS DE TEP DE BIOGAZ PRODUITS DANS L'UNION EUROPÉENNE

La production d'énergie primaire issue de biogaz de l'Union européenne a faiblement augmenté en 2021. Elle gagne, selon Eurostat, 1,6% par rapport à 2020 pour atteindre 14,9 Mtep (14 928,9 ktep), soit une croissance deux fois moindre que celle enregistrée entre 2019 et 2020 (+ 3,8%). Le biogaz de méthanisation de déchets non dangereux et de matières végétales brutes (catégorie «autres biogaz») représente la part la plus importante de cette production (83,5% en 2021), devant le gaz de digestion des boues (7,8%), le biogaz de décharge (7,7%), et le biogaz thermique (0,9%).

Le gain de production en 2021 est à l'échelle de l'UE moindre que celui de 2020 (soit 242 ktep comparé 541,2 ktep). Cette moindre croissance s'explique essentiellement par une baisse de la production allemande (- 247 ktep entre 2020 et 2021) ↘





1

Production d'énergie primaire de biogaz de l'Union européenne en 2020 et en 2021 (en ktep)

	2020					2021				
	Biogaz de décharge	Biogaz de digestion des boues	Autres biogaz provenant de la fermentation anaérobie	Biogaz de procédés thermiques	Total	Biogaz de décharge	Biogaz de digestion des boues	Autres biogaz provenant de la fermentation anaérobie	Biogaz de procédés thermiques	Total
Allemagne	113,7	481,5	7 170,0	0,0	7 765,2	112,8	480,5	6 924,9	0,0	7 518,2
Italie	281,2	51,3	1 678,6	6,7	2 017,9	267,0	49,8	1 754,0	7,3	2 078,1
France	311,5	35,8	742,8	0,0	1 090,1	325,8	23,5	1 054,9	0,0	1 404,2
Danemark	3,2	24,8	477,2	0,0	505,2	3,3	25,5	596,8	0,0	625,6
Tchéquie	19,9	42,0	532,6	0,0	594,5	19,6	41,5	529,8	0,0	590,8
Pays-Bas	9,9	66,7	339,6	0,0	416,3	9,6	70,6	348,0	0,0	428,2
Espagne	137,0	115,0	71,3	0,0	323,4	147,3	98,5	77,3	2,8	325,9
Pologne	49,6	121,1	151,7	0,0	322,4	47,6	119,2	152,6	0,0	319,4
Belgique	17,1	26,9	197,6	3,4	245,1	16,2	28,3	200,0	1,4	245,8
Suède	5,8	76,2	103,8	0,0	185,8	6,6	76,3	111,8	0,0	194,8
Finlande	12,8	17,1	33,1	106,0	169,1	12,5	17,7	39,8	124,5	194,4
Autriche	1,1	26,1	182,6	0,0	209,9	1,0	35,2	123,4	0,0	159,7
Slovaquie	5,7	7,5	117,6	0,0	130,9	6,9	6,9	116,9	0,0	130,7
Grèce	61,1	21,8	52,4	0,0	135,3	47,0	20,4	59,8	0,0	127,2
Croatie	6,8	2,9	73,5	0,0	83,1	7,1	3,5	88,6	0,0	99,2
Portugal	65,7	6,9	10,1	0,0	82,7	69,0	7,4	10,8	0,0	87,2
Hongrie	9,8	29,4	50,3	0,0	89,5	7,7	30,2	46,1	0,0	84,0
Lettonie	7,7	1,8	70,7	0,0	80,2	7,9	1,9	56,2	0,0	66,0
Bulgarie	0,0	6,1	47,2	0,0	53,3	0,0	5,9	53,8	0,0	59,7
Irlande	29,3	7,3	13,7	0,0	50,3	29,4	7,7	15,0	0,0	52,0
Lituanie	6,5	7,2	24,9	0,0	38,6	5,5	8,1	26,5	0,0	40,2
Slovénie	1,4	1,2	24,4	0,0	27,0	1,3	1,2	22,4	0,0	24,9
Roumanie	0,0	0,0	18,4	0,0	18,4	0,0	0,0	23,2	0,0	23,2
Estonie	1,6	7,4	10,8	0,0	19,9	1,0	6,6	10,6	0,0	18,2
Luxembourg	0,0	1,3	16,7	0,0	18,0	0,0	0,9	15,5	0,0	16,5
Chypre	0,0	0,8	12,5	0,0	13,3	0,1	0,8	12,4	0,0	13,4
Malte	0,0	0,0	1,4	0,0	1,4	0,0	0,0	1,3	0,0	1,3
Total UE-27	1 158,8	1 186,3	12 225,6	116,2	14 686,8	1 152,2	1 168,1	12 472,5	136,0	14 928,9

Source : Eurostat

et autrichienne (- 50,2 ktep). Ces baisses ont cependant été compensées par une forte croissance de la production française (+ 314,1 ktep), danoise (+ 120,4 ktep) et italienne (+ 60,3 ktep). Si en 2021, la production allemande est en baisse (- 3,2 % par rapport à 2020), avec une production totale de plus de 7,5 Mtep en 2021, elle représente encore la moitié de la production totale des pays de l'Union européenne (50,4 %).

Au niveau de l'évolution des différents gisements de biogaz, le biogaz de méthanisation de déchets non dangereux et de matières brutes végétales (catégorie « autres biogaz ») a en 2021 porté la quasi-totalité de l'augmentation de la production de biogaz (+ 247 ktep), la contribution du biogaz de décharge (- 6,6 ktep) et de gaz de digestion des boues (- 18,2 ktep) ayant légèrement diminué. Le biogaz « thermique », désormais recensé dans quatre pays (Finlande, Italie, Espagne et Belgique) augmente de 19,9 ktep. L'essentiel de cette production est finlandais (124,5 ktep sur un total de 136 ktep en 2021). Le pays dispose depuis 2013 de la plus importante unité de gazéification de biomasse de l'Union européenne. Située à Vaasa, cette centrale électrique de 140 MW, propriété de Vaskiluodon Voima, utilise du biogaz produit à partir de déchets de bois.

Le biogaz, dont la teneur en méthane est de l'ordre de 60 %, peut directement être valorisé en énergie finale, sous forme de chaleur en le brûlant dans une chaudière à gaz adaptée, sous forme d'électricité quand l'énergie dégagée alimente



2

Production brute d'électricité à partir de biogaz pur et à partir de biogaz mélangé dans le réseau de l'Union européenne en 2020 et en 2021 (en GWh)

	2020				2021			
	Centrales électriques uniquement	Centrales de cogénération	Total biogaz pur	Biogaz mélangé au réseau	Centrales électriques uniquement	Centrales de cogénération	Total biogaz pur	Biogaz mélangé au réseau
Allemagne	6 892,0	26 606,0	33 498,0	0,0	6 726,2	23 269,0	29 995,2	3 134,0
Italie	2 727,2	5 439,2	8 166,4	188,0	2 508,6	5 615,6	8 124,2	0,0
France	293,6	2 472,9	2 766,5	172,4	353,4	2 800,3	3 153,7	298,5
Tchéquie	37,4	2 559,0	2 596,4	0,6	37,2	2 555,6	2 592,8	0,9
Pologne	0,0	1 233,9	1 233,9	0,0	0,0	1 307,3	1 307,3	0,0
Espagne	699,0	182,0	881,0	20,5	727,0	252,0	979,0	18,9
Belgique	68,7	945,9	1 014,6	2,1	59,2	917,1	976,3	9,9
Pays-Bas	13,9	856,0	869,9	274,9	13,3	802,0	815,3	238,1
Danemark	1,3	671,3	672,6	171,0	1,5	611,1	612,6	280,9
Autriche	579,2	49,5	628,7	14,5	557,2	44,4	601,6	14,4
Slovaquie	95,0	415,0	510,0	0,0	85,0	402,0	487,0	0,0
Grèce	55,0	348,9	403,9	0,0	80,4	376,5	456,8	0,0
Croatie	39,1	380,3	419,4	0,0	39,0	401,2	440,2	0,0
Finlande	2,5	294,1	296,7	15,9	4,1	324,9	329,0	8,9
Hongrie	65,0	259,0	324,0	4,8	52,0	243,0	295,0	4,6
Lettonie	0,0	344,7	344,7	0,0	0,0	291,9	291,9	0,0
Portugal	240,6	18,9	259,5	0,0	248,6	19,0	267,6	0,0
Bulgarie	67,5	158,1	225,6	0,0	52,0	164,2	216,2	0,0
Irlande	117,0	50,7	167,7	0,3	118,7	54,0	172,7	1,3
Lituanie	0,0	149,4	149,4	0,0	0,0	156,7	156,7	0,0
Slovénie	1,3	111,7	113,0	0,0	1,5	101,1	102,6	0,0
Roumanie	32,2	20,9	53,0	0,0	20,6	52,3	72,9	0,0
Luxembourg	0,0	63,2	63,2	1,4	0,0	61,0	61,0	1,1
Chypre	0,0	60,6	60,6	0,0	0,0	59,9	59,9	0,0
Estonie	0,0	31,0	31,0	0,0	0,0	16,4	16,4	0,0
Suède	0,0	10,0	10,0	2,9	0,0	12,0	12,0	10,3
Malte	0,0	5,9	5,9	0,0	0,0	7,2	7,2	0,0
Total UE-27	12 027,5	43 738,1	55 765,6	869,2	11 685,5	40 917,8	52 603,3	4 021,8

Source: Eurostat

un générateur, ou sous forme de cogénération (production combinée d'électricité et de chaleur). Le biogaz peut préalablement être épuré pour en éliminer le dioxyde de carbone et le sulfure d'hydrogène pour obtenir du biométhane. Il peut alors être valorisé sur place sous forme d'électricité, de chaleur ou de cogénération ou même de biocarburant pour véhicules fonctionnant au gaz naturel. Une autre option, qui prend chaque année de plus en plus d'importance, est d'injecter le biométhane dans le réseau de gaz naturel existant. Le biométhane peut ainsi être valorisé de la même manière que peut l'être le gaz naturel, sous forme d'électricité, de chaleur ou de carburant.

L'INJECTION DANS LE RÉSEAU AFFECTE LES STATISTIQUES DU PUR BIOGAZ

D'un point de vue statistique, l'électricité ou la chaleur (production de chaleur issue du secteur de la transformation et consommation d'énergie finale) produite à partir de biométhane mélangé dans le réseau de gaz naturel n'est pas comptabilisée dans les indicateurs officiels biogaz publiés dans la base de données Eurostat, qui correspondent donc à une utilisation de « biogaz pur » dans des centrales ou unités de production dédiées. La production d'électricité et de chaleur issue de biométhane mélangé dans le réseau de gaz naturel fait cependant l'objet d'une comptabilité spécifique dans le cadre de l'outil Share d'Eurostat afin d'être pris en compte dans les objectifs énergies renouvelables des États membres. L'Allemagne était un cas ↘



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 2020 et en 2021 (en ktep)

	2020				2021			
	Unités de chaleur seules	Unités de cogénération	Total biogaz pur	Biogaz mélangé au réseau	Unités de chaleur seules	Unités de cogénération	Total biogaz pur	Biogaz mélangé au réseau
Italie	0,1	274,1	274,1	4,9	0,1	290,8	290,9	0,0
Allemagne	11,5	420,9	432,4	0,0	5,4	254,3	259,6	204,3
France	2,2	74,9	77,1	7,8	3,0	82,9	85,9	15,0
Danemark	1,3	50,4	51,7	48,9	2,0	47,2	49,2	62,0
Pologne	0,7	21,4	22,2	0,0	0,9	22,0	22,9	0,0
Belgique	0,0	19,1	19,1	0,0	0,0	21,4	21,4	0,2
Finlande	5,4	13,6	19,0	2,1	7,3	14,0	21,3	1,1
Lettonie	0,4	19,4	19,7	0,0	0,2	19,3	19,6	0,0
Slovaquie	0,9	16,4	17,3	0,0	0,1	17,6	17,7	0,0
Tchéquie	0,0	17,0	17,0	0,1	0,0	17,6	17,6	0,1
Croatie	0,0	12,6	12,6	0,0	0,0	16,9	16,9	0,0
Pays-Bas	0,0	9,7	9,7	5,0	0,0	7,4	7,4	5,7
Suède	2,4	3,8	6,2	0,8	1,5	3,8	5,3	3,3
Autriche	1,3	4,3	5,6	1,0	1,2	3,6	4,8	1,1
Roumanie	2,6	1,3	3,9	0,0	1,8	2,9	4,6	0,0
Bulgarie	0,0	4,5	4,5	0,0	0,0	3,8	3,8	0,0
Slovénie	0,0	4,4	4,4	0,0	0,0	3,7	3,7	0,0
Luxembourg	0,0	2,6	2,6	0,3	0,0	2,8	2,8	0,2
Hongrie	0,0	3,1	3,1	0,4	0,0	2,7	2,7	0,4
Lituanie	0,0	2,3	2,3	0,0	0,0	2,4	2,4	0,0
Estonie	0,4	2,4	2,8	0,0	0,3	1,3	1,6	0,0
Chypre	0,0	0,9	0,9	0,0	0,0	0,9	0,9	0,0
Irlande	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Grèce	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Espagne	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Malte	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Portugal	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total UE-27	29,1	979,1	1 008,1	71,2	23,6	839,3	862,9	293,4

Source: Eurostat

particulier car le pays, du fait de l'importance de sa filière biogaz, avait fait le choix d'intégrer dans ses indicateurs d'énergie finale biogaz (électricité et chaleur) une estimation de l'énergie finale biogaz mélangée au réseau de gaz naturel. Le pays a, à partir de l'année 2021, changé de méthodologie en distinguant la production d'énergie finale issue de « biogaz pur » et celle « mélangée au réseau de gaz naturel », créant une rupture statistique entre 2020 et 2021 dans ses indicateurs d'énergie finale biogaz. Pour cette raison, la baisse de la production d'électricité « pure biogaz » mesurée par Eurostat dans l'Union européenne de 55,8 TWh en 2020 à 52,6 TWh en 2021 n'est pas significative d'une réelle baisse de production et s'explique par cette réaffectation de la production allemande. Si on ajoute la production d'électricité « pure biogaz » à celle « mélangée au réseau de gaz naturel », on s'aperçoit que le niveau de production d'électricité issue du biogaz n'a quasiment pas évolué entre 2020 et 2021 (+ 0,0%). Il demeure stable à 56,6 TWh. Des baisses de production ont certes été mesurées en Allemagne (- 368,8 GWh entre 2020 et 2021) et en Italie (- 230,2 GWh) notamment, mais elles ont été compensées par la hausse de la production d'électricité biogaz de la France (+ 513,3 GWh). La même logique s'applique aux autres indicateurs énergie finale concernant la chaleur, à savoir la production de chaleur biogaz issue du secteur de la transformation et la consommation d'énergie finale (autre que dans le secteur des transports). À l'échelle de l'Union européenne, la baisse de la production de chaleur « pure



4

Consommation d'énergie finale dans l'industrie et autres secteurs (excepté transports) à partir de biogaz pur et à partir de biogaz mélangé dans le réseau de l'Union européenne en 2020 et en 2021 (en ktep)

	2020		2021	
	Biogaz pur	Biogaz mélangé au réseau	Biogaz pur	Biogaz mélangé au réseau
Allemagne	1 344,5	0,0	1 130,5	153,7
France	232,7	128,4	255,3	260,0
Tchéquie	152,2	0,4	152,6	0,6
Pays-Bas	137,8	59,8	141,7	71,7
Espagne	121,2	4,0	102,9	3,9
Finlande	84,2	2,7	97,9	1,8
Belgique	101,1	0,7	96,8	4,4
Pologne	91,9	0,0	87,7	0,0
Suède	41,7	13,8	41,2	17,1
Italie	36,4	43,4	35,5	0,0
Grèce	36,2	0,0	34,5	0,0
Autriche	17,3	6,5	25,4	6,5
Slovaquie	24,0	0,0	25,0	0,0
Danemark	18,1	216,2	20,8	295,3
Hongrie	13,3	3,0	14,0	2,9
Irlande	12,1	0,0	12,4	0,2
Bulgarie	6,7	0,0	10,3	0,0
Lituanie	9,1	0,0	10,2	0,0
Portugal	7,1	0,0	7,2	0,0
Lettonie	7,7	0,0	6,9	0,0
Chypre	5,2	0,0	5,4	0,0
Slovénie	3,0	0,0	2,7	0,0
Estonie	3,3	0,0	2,7	0,0
Roumanie	4,5	0,0	2,6	0,0
Luxembourg	2,3	4,3	1,2	3,7
Malte	0,8	0,0	0,5	0,0
Croatie	0,4	0,0	0,5	0,0
Total UE-27	2 514,9	483,3	2 324,4	821,8

Source: Eurostat

5

Production brute d'électricité à partir de biogaz (pur et mélangé au réseau) dans l'Union européenne en 2021 dont part conforme aux critères de la directive (EU) 2018/2001* (en GWh)

	2021		
	Biogaz (pur et mélangé au réseau)	Dont part conforme	Dont part conforme en %
Allemagne	33 129,2	33 129,0	100,0 %
Italie	8 124,2	8 124,2	100,0 %
France	3 452,2	3 452,2	100,0 %
Tchéquie	2 593,6	2 592,8	100,0 %
Pologne	1 307,3	1 307,3	100,0 %
Pays-Bas	1 053,3	650,8	61,8 %
Espagne	997,9	997,9	100,0 %
Belgique	986,2	976,9	99,1 %
Danemark	893,5	459,4	51,4 %
Autriche	616,0	616,0	100,0 %
Slovaquie	487,0	487,0	100,0 %
Grèce	456,8	456,8	100,0 %
Croatie	440,2	440,2	100,0 %
Finlande	337,9	294,7	87,2 %
Hongrie	299,6	131,6	43,9 %
Lettonie	291,9	291,9	100,0 %
Portugal	267,6	267,6	100,0 %
Bulgarie	216,2	137,3	63,5 %
Irlande	174,1	55,8	32,0 %
Lituanie	156,7	156,7	100,0 %
Slovénie	102,6	102,6	100,0 %
Roumanie	72,9	72,9	100,0 %
Luxembourg	62,0	62,0	100,0 %
Chypre	59,9	59,9	100,0 %
Suède	22,3	22,3	100,0 %
Estonie	16,4	16,4	99,8 %
Malte	7,2	7,2	100,0 %
Total UE-27	56 625,1	55 369,6	97,8 %

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

Indicateurs énergétiques

biogaz» issue de la transformation de 1 008,1 ktep en 2020 à 862,9 ktep en 2021, ainsi que la baisse de la consommation d'énergie finale (hors transports) de 2 514,9 ktep en 2020 à 2 324,4 ktep en 2021, ne sont pas significatives et s'expliquent par cette rupture statistique des données allemandes. Dès lors que l'on intègre le biogaz mélangé dans le réseau de gaz naturel, la production de chaleur biogaz issue du secteur de la transformation augmente de 1 079,3 ktep en 2020 à 1 156,3 ktep en 2021 (+ 7,1%). De même, la consommation d'énergie finale biogaz (hors transports) augmente de 2 998,2 ktep à 3 146,2 ktep (+ 4,9%). Ces évolutions sont en parfaite adéquation avec la hausse de la production d'énergie primaire biogaz qui profite en 2021 à la production de chaleur.

La filière biogaz française est actuellement la plus dynamique au sein de l'Union européenne, en particulier sur le segment de l'injection. Au 31 décembre 2021, selon le tableau de bord biométhane injecté dans les réseaux de gaz du Sdes (Service des données et études statistiques), 365 installations ont injecté du biométhane, après production et épuration de biogaz, dans les réseaux de gaz naturel. Leur capacité s'élève à 6,4 TWh/an, en progression de 56 % par rapport à fin 2020. Une capacité supplémentaire de 2,3 TWh/an a été installée au cours de l'année 2021, en hausse par rapport à l'année 2020 (1,7 TWh/an). La France a d'ailleurs mis en service le 18 janvier 2023 la plus grande unité de méthanisation du pays. Il s'agit du projet Biobéarn, porté par TotalEnergies, qui produira chaque année 160 GWh de biométhane (soit l'équiva-

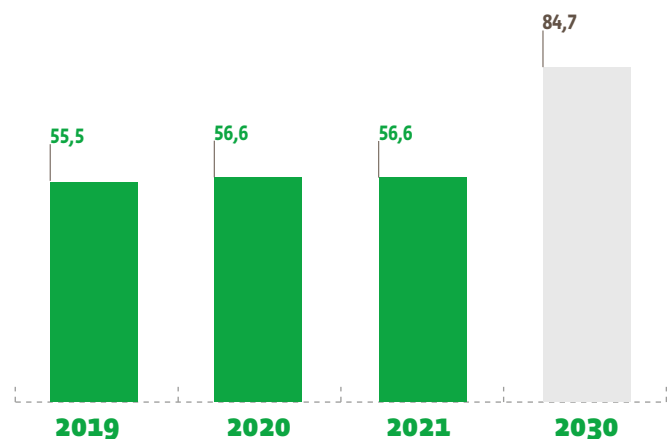
Consommation de chaleur* biogaz (pur et mélangé au réseau) dans l'Union européenne en 2021 dont part conforme aux critères de la directive (EU) 2018/2001** (en ktep)

	Chaleur brute dans le secteur de la transformation			Consommation d'énergie finale (autres que les transports)			Chaleur totale		
	Biogaz (pur et mélangé au réseau)	Dont part conforme	Dont part conforme en %	Biogaz (pur et mélangé au réseau)	Dont part conforme	Dont part conforme en %	Biogaz (pur et mélangé au réseau)	Dont part conforme	Dont part conforme en %
Allemagne	463,9	463,9	100,0 %	1 284,2	1 284,2	100,0 %	1 748,1	1 748,1	100,0 %
France	101,0	101,0	100,0 %	515,2	515,2	100,0 %	616,2	616,2	100,0 %
Danemark	111,2	57,8	52,0 %	316,2	167,1	52,8 %	427,3	224,9	52,6 %
Italie	290,9	290,9	100,0 %	35,5	35,5	100,0 %	326,3	326,3	100,0 %
Pays-Bas	13,1	8,6	65,8 %	213,4	158,8	74,4 %	226,4	167,4	73,9 %
Tchéquie	17,7	17,7	100,0 %	153,3	152,6	99,6 %	171,0	170,4	99,6 %
Belgique	21,6	21,4	99,3 %	101,3	101,3	100,0 %	122,9	122,7	99,9 %
Finlande	22,5	19,6	87,2 %	99,7	86,9	87,2 %	122,1	106,5	87,2 %
Pologne	22,9	22,9	100,0 %	87,7	87,7	100,0 %	110,6	110,6	100,0 %
Espagne	0,0	0,0	-	106,7	106,8	100,0 %	106,7	106,8	100,0 %
Suède	8,5	8,5	100,0 %	58,4	58,4	100,0 %	66,9	66,9	100,0 %
Slovaquie	17,7	17,7	100,0 %	25,0	25,0	100,0 %	42,7	42,7	100,0 %
Autriche	5,8	5,8	100,0 %	31,9	31,9	100,0 %	37,8	37,8	100,0 %
Grèce	0,0	0,0	-	34,5	34,5	100,0 %	34,5	34,5	100,0 %
Lettonie	19,6	19,6	100,0 %	6,9	0,0	0,0 %	26,5	19,6	73,9 %
Hongrie	3,1	2,3	73,3 %	16,9	12,6	74,3 %	20,1	14,9	74,2 %
Croatie	16,9	16,9	100,0 %	0,5	0,0	0,0 %	17,4	16,9	97,4 %
Bulgarie	3,8	1,4	36,3 %	10,3	7,8	75,3 %	14,2	9,2	64,8 %
Lituanie	2,4	2,4	100,0 %	10,2	10,2	100,0 %	12,6	12,6	100,0 %
Irlande	0,0	0,0	-	12,6	3,9	31,0 %	12,6	3,9	31,0 %
Luxembourg	3,0	3,0	100,0 %	4,9	4,9	100,0 %	7,9	7,9	100,0 %
Roumanie	4,6	4,6	99,5 %	2,6	2,6	98,8 %	7,3	7,2	99,2 %
Portugal	0,0	0,0	-	7,2	7,2	99,5 %	7,2	7,2	99,5 %
Slovénie	3,7	3,7	100,0 %	2,7	2,7	100,0 %	6,4	6,4	100,0 %
Chypre	0,9	0,9	100,0 %	5,4	5,4	100,0 %	6,2	6,2	100,0 %
Estonie	1,6	1,6	100,0 %	2,7	2,7	100,0 %	4,2	4,2	100,0 %
Malte	0,0	0,0	-	0,5	0,5	99,9 %	0,5	0,5	99,9 %
Total UE-27	1 156,3	1 092,2	94,5 %	3 146,2	2 906,2	92,4 %	4 302,5	3 998,3	92,9 %

* Consommation d'énergie finale et production de chaleur brute dans le secteur de la transformation.
** Conforme aux critères de l'article 29 de la directive (EU) 2018/2001. Source : Shares Eurostat

7

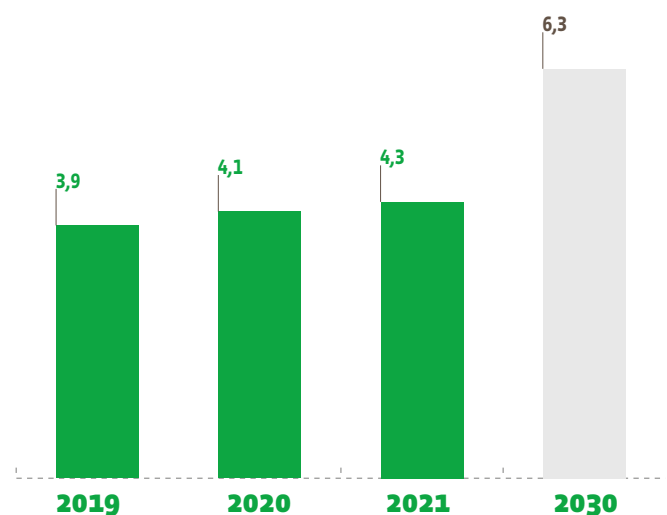
Projection EurObserv'ER de la production d'électricité issue de biogaz* dans l'Union européenne à 27 (en TWh)



* Biogaz pur et biogaz mélangé au réseau de gaz fossile. Part 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)



* Consommation d'énergie finale et production de chaleur brute dans le secteur de la transformation. ** Biogaz pur et biogaz mélangé au réseau de gaz fossile. Part conforme et non conforme. Source: EurObserv'ER

lent de la consommation annuelle moyenne de 32 000 habitants) via la valorisation de 200 000 tonnes de déchets organiques, fournies par plus de 200 agriculteurs, des industries agroalimentaire et des déchets de collectivités. Selon le groupe TotalEnergies, ce projet porte sa capacité de production totale à 700 GWh dans le biogaz et constitue une nouvelle étape dans l'objectif d'atteindre 20 TWh à l'horizon 2030.

La nouvelle directive énergie renouvelable 2018/2001, applicable depuis 2021, apporte une dose de complexité supplémentaire car seule l'énergie produite à partir des combustibles biomasses respectant les critères de durabilité et de réduction des émissions de gaz à effet de serre définis par l'article 29 de la directive peuvent contribuer aux objectifs énergies renouvelables. Et cela concerne toute l'énergie finale issue du biogaz, qu'il soit utilisé pur ou mélangé dans le réseau de gaz naturel. Selon les données publiées dans l'outil Shares d'Eurostat, la quasi-totalité de la production d'électricité biogaz (97,8 % en 2021) est conforme aux exigences de la nouvelle directive. La part de conformité était en 2021 de 94,5 % pour la production de chaleur dans le secteur de la transformation et de 92,4 % pour la consommation d'énergie finale hors transport.

OBJECTIF : 35 MILLIARDS DE M³ DE BIOMÉTHANE D'ICI 2030

Les investissements déjà réalisés dans la filière 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, visant à affranchir l'Union de sa dépendance au gaz russe d'ici à 2027. Pour la Commission européenne, il y a une double urgence à transformer le système énergétique européen : mettre fin à la dépendance de l'UE à l'égard des combustibles fossiles russes, qui sont utilisés comme une arme économique et politique et

coûtent aux contribuables européens près de 100 milliards d'euros par an, et lutter contre la crise climatique. 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 la filière et des incitations financières visant à porter la production à 35 milliards de m³ d'ici à 2030, y compris dans le cadre de la politique agricole commune. Selon l'EBA (European Biogas Association), REPowerEU a changé la donne dans le cycle politique de l'UE. Les objectifs climatiques et énergétiques ont été renforcés par cette stratégie et la nécessité a imprimé un nouveau rythme à l'élaboration des politiques.

Les professionnels des différentes filières de gaz renouvelable se disent prêts à aider la Commission européenne à concrétiser ses ambitions. Ils rappellent les avantages des réseaux de distribution de gaz pour gérer les fluctuations de la production d'électricité renouvelable. Ils mettent notamment en avant la facilité technique et les capacités de stockage des réseaux de distribution de gaz, les avantages d'une infrastructure énergétique hybride, bâtie sur une construction renforcée des réseaux de gaz et d'électricité qui constitueront, selon eux, l'épine dorsale d'un système énergétique européen décarboné. ■





DÉCHETS MUNICIPAUX RENEUVELABLES

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 9,3 Mtep en 2021 (9 299,2 ktep exactement). Par rapport à 2020, le niveau de production est en légère augmentation (+ 1,4 %), représentant une production d'énergie primaire supplémentaire de 125 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 (9 104,6 ktep en 2021, - 0,1 % entre 2020 et 2021). En pratique, du fait de la difficulté de distinguer les déchets biodégradables des autres déchets, les déchets comptabilisés comme



source d'énergie renouvelable sont par convention estimés à 50% de l'ensemble des déchets urbains incinérés, sauf étude spécifique menée par un État membre.

Autre précision, la part renouvelable des déchets industriels est également recensée par Eurostat (mesurée à 1,5 Mtep en 2021 dans l'UE à 27) mais, par convention, elle est intégrée à la catégorie biomasse solide («solid biofuels»), qui fait l'objet d'une fiche spécifique dans ce baromètre bilan. La part non renouvelable des déchets industriels fait, elle, l'objet d'une catégorie et d'un suivi spécifiques avec production d'énergie primaire mesurée à 4,8 Mtep dans l'UE en 2021.

Entre 2020 et 2021, une très large majorité de pays de l'Union européenne ont soit maintenu, soit légèrement augmenté leur production d'énergie primaire issue de déchets municipaux renouvelables. Les variations positives les plus remarquables sont à mettre au crédit de l'Espagne, qui ajoute 47,1 ktep supplémentaires en 2021 (+ 20 % entre 2020 et 2021), soit un total de 283,2 ktep en 2021, et de la Finlande, avec 35,8 ktep supplémentaires (+ 10,8 %

1

Production d'énergie primaire à partir de déchets urbains renouvelables de l'Union européenne en 2020 et en 2021 (en ktep)

	2020	2021
Allemagne	3 113,3	3 148,4
France	1 232,1	1 257,2
Pays-Bas	836,6	865,8
Italie	843,2	829,8
Suède	842,4	737,3
Danemark	466,8	466,2
Belgique	375,4	397,8
Finlande	330,4	366,2
Espagne	236,1	283,2
Autriche	191,4	204,9
Irlande	145,0	143,9
Pologne	143,5	140,1
Portugal	111,6	118,6
Tchéquie	95,8	95,9
Hongrie	58,4	62,5
Lituanie	28,2	54,2
Bulgarie	41,9	42,5
Slovaquie	31,8	38,5
Estonie	26,5	21,2
Luxembourg	13,0	12,8
Lettonie	6,7	6,5
Chypre	1,9	3,8
Roumanie	2,0	2,1
Total UE-27	9 174,2	9 299,2

Source : Eurostat



2

Production brute d'électricité à partir de déchets urbains renouvelables de l'Union européenne en 2020 et en 2021 (en GWh)

	2020			2021		
	Centrales électriques uniquement	Centrales de cogénération	Total	Centrales électriques uniquement	Centrales de cogénération	Total
Allemagne	3 823,0	1 997,0	5 820,0	3 591,0	2 213,0	5 804,0
Italie	1 065,2	1 264,5	2 329,7	1 094,4	1 213,9	2 308,3
Pays-Bas	0,0	2 193,1	2 193,1	0,0	2 208,2	2 208,2
France	911,5	1 225,8	2 137,3	896,2	1 232,1	2 128,3
Suède	0,0	1 646,0	1 646,0	0,0	1 813,0	1 813,0
Danemark	0,0	944,8	944,8	0,0	971,1	971,1
Belgique	339,2	570,8	910,0	367,0	569,6	936,6
Espagne	633,0	70,0	703,0	750,0	104,5	854,6
Finlande	0,0	513,2	513,2	0,0	581,9	581,9
Autriche	200,7	127,0	327,7	219,3	135,2	354,5
Pologne	0,0	181,8	181,8	0,0	353,8	353,8
Irlande	326,1	0,0	326,1	351,8	0,0	351,8
Portugal	320,1	0,0	320,1	343,4	0,0	343,4
Hongrie	12,0	155,0	167,0	13,0	148,0	161,0
Lituanie	0,0	71,3	71,3	0,0	142,1	142,1
Tchéquie	0,0	119,4	119,4	0,0	127,3	127,3
Estonie	48,4	26,2	74,6	25,8	32,6	58,4
Luxembourg	0,0	43,4	43,4	0,0	42,6	42,6
Slovaquie	0,0	43,0	43,0	0,0	32,0	32,0
Bulgarie	0,8	0,7	1,5	0,0	0,0	0,0
Total UE-27	7 680,1	11 193,0	18 873,1	7 652,0	11 920,7	19 572,7

Source: Eurostat

entre 2020 et 2021), soit un total de 366,2 ktep en 2021. On peut également noter le quasi-doublement de la production de la Lituanie (+ 91,9% entre 2020 et 2021), qui porte le total de sa production à 54,2 ktep en 2021. La baisse la plus remarquable est à mettre à l'actif de la Suède, qui perd 105,1 ktep

entre 2020 et 2021 (- 12,5%), soit une production de 737,3 ktep en 2021. L'Allemagne et la France, de par la taille de leur population, sont logiquement les deux pays qui valorisent énergétiquement le plus les déchets municipaux renouvelables. La production allemande varie peu ces dernières années. Elle

augmente légèrement entre 2020 et 2021 de 1,1% (soit un gain de 35,1 ktep), soit 3 148,4 ktep en 2021. Même constat pour la France, qui a vu sa production augmenter de 2% entre 2020 et 2021 (gain de 25 ktep) pour atteindre 1 257,2 ktep en 2021. Il convient de préciser que les pays qui investissent dans la préven-

3

Production brute de chaleur dans le secteur de la transformation à partir de déchets municipaux renouvelables en 2020 et 2021 (en ktep)

	2020			2021		
	Unités de chaleur seule	Centrales de cogénération	Total	Unités de chaleur seule	Centrales de cogénération	Total
Allemagne	254,4	573,4	827,8	260,2	643,4	903,7
Suède	77,6	586,5	664,0	82,2	565,7	647,9
France	90,3	269,1	359,4	101,8	298,6	400,4
Danemark	32,4	361,2	393,5	31,8	345,1	376,9
Pays-Bas	0,0	174,1	174,1	0,0	209,6	209,6
Finlande	53,4	120,6	174,0	54,2	135,6	189,8
Italie	0,0	128,2	128,2	0,0	123,1	123,1
Autriche	13,9	63,7	77,7	13,9	73,6	87,5
Belgique	0,1	31,9	32,0	0,4	40,8	41,2
Tchéquie	0,0	42,4	42,4	0,0	40,2	40,2
Pologne	0,0	38,5	38,5	0,7	37,5	38,2
Lituanie	0,0	16,9	16,9	0,0	34,7	34,7
Hongrie	0,0	17,4	17,4	0,0	18,8	18,8
Estonie	0,0	14,0	14,0	0,0	14,1	14,1
Slovaquie	0,0	1,8	1,8	0,0	2,0	2,0
Luxembourg	0,0	0,7	0,7	0,0	1,0	1,0
Bulgarie	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total UE-27	522,1	2 440,5	2 962,6	545,1	2 583,8	3 129,0

Source: Eurostat

tion, le compostage et le recyclage diminuent le volume de déchets à incinérer et donc réduisent le potentiel de valorisation énergétique des centrales d'incinération. Un avantage de la filière est que les centrales d'incinération WtE sont le plus souvent situées à proximité

de grands centres urbains, à la fois pourvoyeurs de déchets mais également grands consommateurs d'énergie. Cette proximité favorise une utilisation optimale et locale de l'énergie, que ce soit sous 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. Selon les derniers chiffres disponibles du Cewep, l'Europe comptait de l'ordre de 500 unités de valo-



4

Consommation d'énergie finale à partir de déchets urbains renouvelables de l'Union européenne en 2020 et en 2021 (en ktep)

	2020	2021
Allemagne	560,0	535,0
France	75,9	105,6
Danemark	49,7	49,6
Irlande	43,4	46,7
Bulgarie	41,5	42,5
Pays-Bas	42,2	40,4
Finlande	42,9	40,2
Lettonie	35,5	39,3
Chypre	32,9	35,4
Pologne	58,1	34,8
Slovaquie	11,9	21,4
Tchéquie	21,3	21,3
Hongrie	6,0	14,2
Espagne	4,7	6,9
Roumanie	2,0	2,1
Estonie	0,5	0,0
Total UE-27	1 028,5	1 035,2

Source : Eurostat

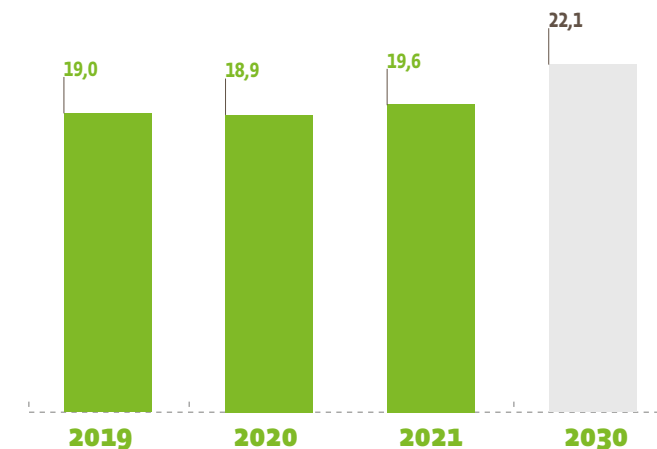
risation énergétique de déchets urbains (dont au moins 432 dans l'UE à 27), traitant un peu moins de 96 millions de tonnes de déchets, renouvelables ou non (83 millions de tonnes dans l'UE à 27). En prenant en compte uniquement la part renouvelable des déchets ménagers, les centrales d'incinération ont permis une production d'électricité renouvelable de 19,6 TWh en 2021. Une production en augmentation de 3,7%. La cogénération est le principal mode de valorisation de ces centrales avec pour l'électricité une part de 60,9%

en 2021. En valeur, la Pologne, la Suède et l'Espagne sont les trois pays où la production d'électricité renouvelable issue des déchets urbains a le plus progressé en 2021 (respectivement + 172 GWh, + 167 GWh et + 151,6 GWh). Selon Eurostat, dans l'Union européenne à 27, la puissance électrique maximum nette des centrales valorisant des déchets municipaux était de 7 798 MW fin 2021 (8 149,3 MW fin 2020), une baisse due en grande partie à une moindre sollicitation des centrales suédoises. L'autre grand débouché des cen-

trales d'incinération est la vente de chaleur issue du secteur de la transformation. Entre 2020 et 2021, la vente de chaleur renouvelable issue des déchets urbains a augmenté de 5,6%. Elle atteint 3 129 ktep en 2021 (2 962,6 ktep en 2020), dont 82,6% issus d'unités en cogénération. En valeur, l'Allemagne, la France et les Pays-Bas sont les trois pays où la vente de chaleur renouvelable issue des déchets urbains a le plus progressé en 2021 (respectivement + 75,8 ktep, + 41 ktep et + 35,5 ktep.). La Pologne fait aujourd'hui 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. Une nouvelle usine de valorisation énergétique des déchets d'une capacité de traitement de 110 000 tonnes va par exemple prochainement voir le jour à Olsztyn, dans la région polonaise de Warminsko-Mazurskie (mise en service prévue pour 2023). Cet investissement garantira une gestion efficace des déchets, conformément à la hiérarchie des déchets de l'UE, et contribuera à répondre aux besoins énergétiques des résidents locaux en récupérant la chaleur et l'électricité des déchets municipaux traités. 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

5

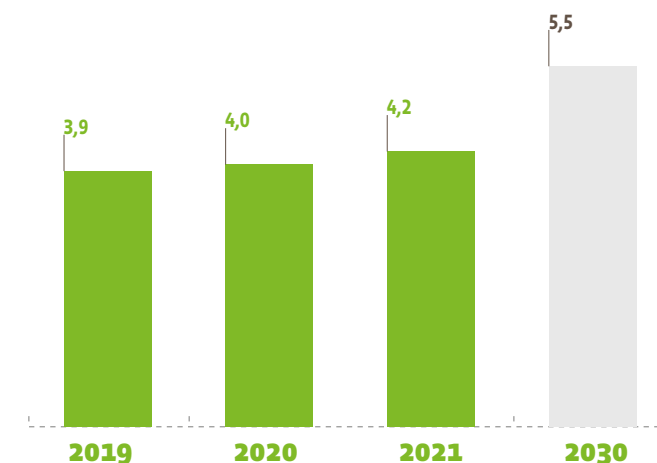
Projection EurObserv'ER de la production d'électricité issue des déchets urbains renouvelables dans l'Union européenne à 27 (en TWh)



Source : EurObserv'ER

6

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



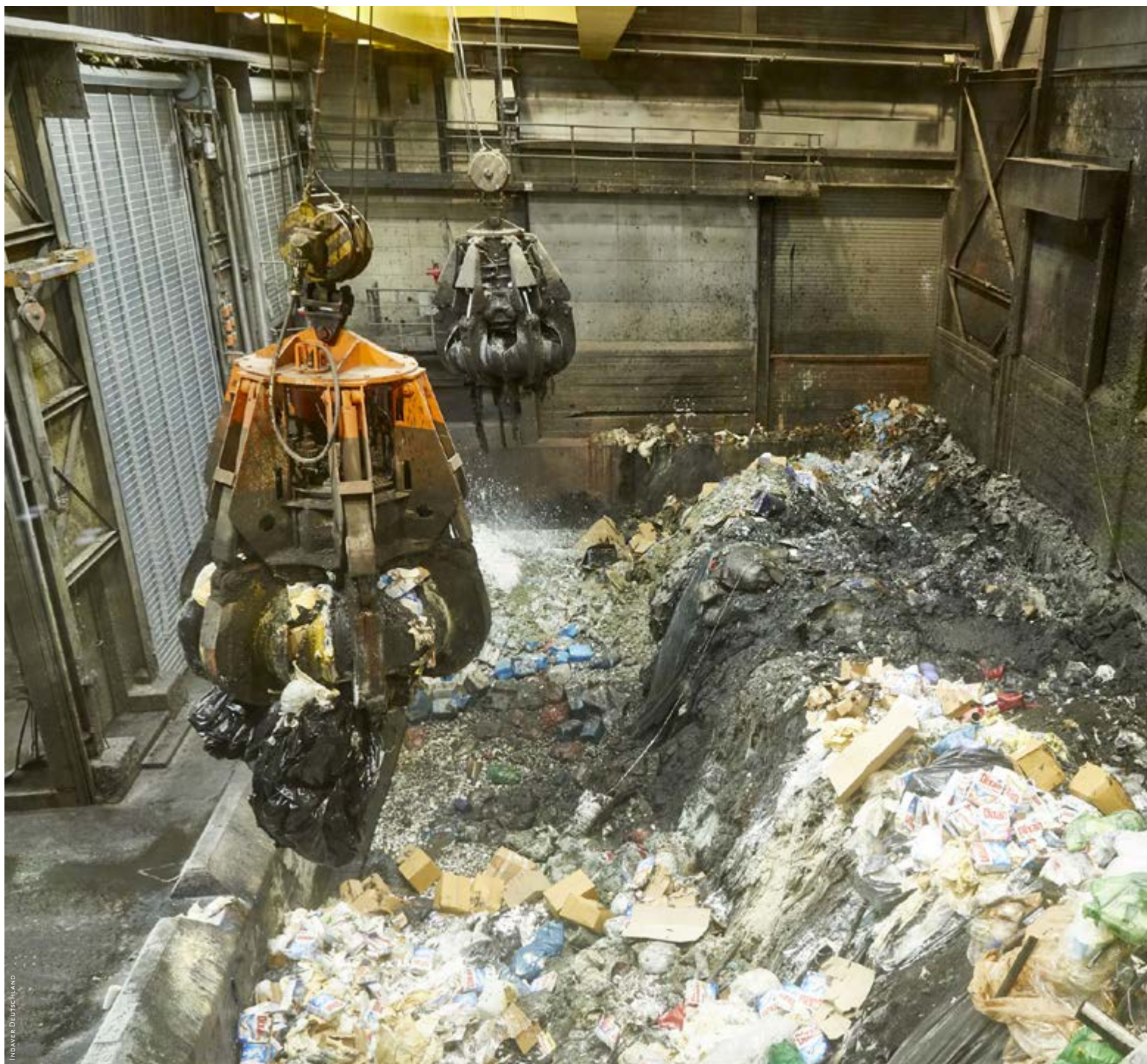
* Consommation d'énergie finale et production de chaleur brute dans le secteur de la transformation. Source : EurObserv'ER

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 850 000 citoyens à Varsovie. L'Allemagne devrait également être un pays actif dans les prochaines années, avec quelques nouvelles unités attendues. Parmi elles, on peut citer la centrale de Wiesbaden dans la ville du centre-ouest de l'Allemagne, dont la construction est prévue en 2024. Elle aura une capacité de traitement de 140 000 tonnes de déchets par an. Elle disposera d'une puissance thermique de l'ordre de 80 MWth (max. 85 MWth), capable de produire 22 MW d'électricité et de fournir un chauffage urbain de 40 MW.

LE « LONG » CHEMIN VERS LE CARBONE NÉGATIF

À la lumière des nouveaux objectifs fixés par l'UE de réduction de 55% des émissions de gaz à effet de serre (GES) d'ici 2030 et de neutralité climatique d'ici 2050, le secteur européen de la valorisation énergétique des déchets est prêt à apporter sa contribution à ce nouvel objectif. Il le fait déjà en détournant les déchets des décharges, en évitant les émissions de méthane dans l'atmosphère, en permettant le recyclage des métaux aux combustibles fossiles l'énergie récupérée des déchets.

Le Cewep, association qui représente les industriels du secteur, a calculé que si les objectifs d'économie circulaire



Innovateur Druftschelano

inclus dans la directive-cadre sur les déchets et la directive sur les décharges sont respectés, la quantité totale d'énergie (renouvelable + composants carbone) produite par les usines de valorisation énergétique des déchets atteindrait potentiellement 186 TWh d'ici 2035 (équivalent à 16 Mtep).

À l'avenir, la filière est prête à aller encore plus loin en mettant en pratique les technologies de capture du carbone, mais elle rappelle que ces technologies nécessiteront des investissements importants qui devront s'accompagner d'un marché et d'une législation pour l'élimination et l'utilisation du CO₂ capté. La question du financement de ces développements technologiques sera donc cruciale pour garantir un traitement climatiquement neutre des déchets produits par la société. Le secteur WtE a fait un pas de plus dans cette direction en publiant en juin 2022 sa feuille de route climat « Waste-to-energy climate roadmap, the path to carbon negative ». Dans cette publication, le Cewep considère le captage et l'utilisation du carbone (CCUS) comme un outil supplémentaire pour réduire encore davantage son empreinte carbone, avec la possibilité d'atteindre des émissions nettes négatives de CO₂, dès lors que le captage concerne les déchets produits à partir d'énergie fossile. Le concept d'émissions négatives est lié au fait que la charge climatique du CO₂ biogénique est égale à zéro, car cela fait partie du cycle naturel du carbone. Par conséquent, lorsqu'une installation WtE capture à la fois le CO₂ fossile et le CO₂ biogénique de ses processus, elle élimine également le CO₂ de l'atmosphère. Le carbone fossile et biogénique contenu dans

les déchets résiduels peut être capturé et injecté de manière permanente dans un stockage géologique profond (CSC). Alternativement, le CO₂ capturé peut être utilisé comme ressource dans d'autres industries ou comme matière première pour de nouveaux produits comme les carburants synthétiques, qui sont actuellement basés sur des importations fossiles telles que le pétrole et le gaz.

Une première installation de ce type est opérationnelle depuis 2019. L'entreprise de valorisation énergétique des déchets AVR, située à Duiven aux Pays-Bas, a démarré une activité de captage et de fourniture de CO₂ à destination d'une serre horticole. L'installation de captage affiche une capacité totale de 100 000 tonnes de CO₂ par an. La production d'hydrogène à partir d'électrolyseurs des centrales de valorisation énergétique des déchets dans le cadre d'une utilisation locale est également un autre moyen innovant de réduire les émissions du secteur. En France, l'incinérateur de Créteil (Val-de-Marne) génère de l'électricité, de la chaleur de chauffage, de l'eau chaude sanitaire et prochainement de l'hydrogène. Le site va s'équiper en 2024 d'un électrolyseur qui, en autoconsommant l'électricité produite sur place, fournira quotidiennement 500 kg d'hydrogène vert. ■



BIOMASSE SOLIDE

La consommation d'énergie biomasse solide, sous toutes ses formes, du bois bûche aux granulés, jusqu'aux déchets et sous-produits du bois, a en 2021 atteint des sommets dans l'Union européenne. Des niveaux de consommation records ont été recensés dans nombre de pays de l'Union européenne. Cela a été le cas dans la plupart des pays d'Europe du Nord, mais également en France, en Allemagne et dans quelques autres pays. Selon Eurostat, la consommation s'élève à 104,1 Mtep en 2021, en croissance de 8,3% par rapport à 2020. Cette progression significative, qui correspond à une augmentation de 8 Mtep, s'explique à la fois par un hiver 2021 plus rigoureux, par une période de chauffe plus longue dans les principales zones climatiques de l'Union européenne et par la hausse du prix des énergies fossiles au deuxième semestre de l'année qui a augmenté la compétitivité des combustibles biomasse. Cette consommation supplémentaire profite à la fois à la production d'électricité biomasse solide de l'Union européenne, qui gagne 9,8 TWh par rapport à 2020 pour atteindre 92,8 TWh en 2021, et à la

consommation de chaleur (chaleur issue du secteur de la transformation ou directement consommée par l'utilisateur final) qui gagne près de 6,2 Mtep par rapport à 2020 pour atteindre 84,4 Mtep en 2021.

UNE BIOMASSE CONSOMMÉE ESSENTIELLEMENT D'ORIGINE EUROPÉENNE

La production de biomasse solide, qui correspond à la biomasse solide prélevée sur le sol européen a, quant à elle, été mesurée aux alentours de 100,5 Mtep en 2021, soit une croissance de 7,7% par rapport à 2020 correspondant à un gain de 7,2 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 faibles, de l'ordre de 3,5% de la consommation, et s'expliquent principalement par les importations de granulés nord-américains et de combustibles

biomasse (bois et granulés) en provenance d'États européens non membres de l'Union européenne. La répartition de la production nationale de biomasse solide entre les différents combustibles biomasse est très nettement à l'avantage de la catégorie « bois, résidus de bois et sous-produits ». En 2021, selon Eurostat, la répartition était, par ordre d'importance, de 80,0% de « bois, résidus de bois et sous-produits » (inclus 5,9% de granulés de bois), 13,5% de liqueur noire (un sous-produit de l'industrie de la pâte à papier), 4,2% d'autres matières et résidus végétaux, 1,5% de déchets industriels renouvelables, 0,6% de bagasse et 0,2% de déchets animaux.

FORTE HAUSSE DE LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE FINALE

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 de celle-ci, consommée et facturée à son point





1

Production d'énergie primaire et consommation intérieure brute de biomasse solide* dans les pays de l'Union européenne en 2020 et en 2021 (en Mtep)

	2020		2021	
	Production	Consommation	Production	Consommation
Allemagne	12,648	12,636	13,971	14,043
France	9,765	9,820	10,745	10,888
Suède	9,502	9,487	10,264	10,199
Finlande	7,935	8,402	9,040	9,541
Pologne	8,964	9,330	8,881	9,082
Italie	7,124	8,353	7,590	8,874
Espagne	5,049	5,049	5,278	5,278
Autriche	4,798	4,660	5,147	5,038
Tchéquie	3,522	3,367	3,913	3,689
Danemark	1,439	2,993	1,527	3,644
Roumanie	3,401	3,395	3,625	3,639
Pays-Bas	1,531	2,252	1,725	2,741
Portugal	2,904	2,645	2,922	2,700
Hongrie	2,036	2,052	2,194	2,193
Belgique	1,182	1,852	1,320	1,895
Bulgarie	1,680	1,609	1,812	1,783
Lettonie	2,285	1,407	2,314	1,505
Slovaquie	1,321	1,313	1,496	1,484
Croatie	1,511	1,312	1,670	1,438
Lituanie	1,273	1,284	1,396	1,419
Estonie	1,706	1,135	1,810	1,138
Grèce	0,741	0,787	0,787	0,816
Slovénie	0,545	0,545	0,604	0,604
Irlande	0,225	0,270	0,248	0,293
Luxembourg	0,173	0,167	0,183	0,180
Chypre	0,023	0,027	0,024	0,028
Malte	0,000	0,001	0,000	0,002
Total UE-27	93,283	96,151	100,486	104,134

* Charbon de bois non inclus. Source : Eurostat

d'utilisation. Eurostat distingue les deux types d'utilisation de l'énergie finale issue de la biomasse solide, à savoir l'électricité et la chaleur. La chaleur biomasse solide est différenciée selon qu'elle est issue du secteur de la transformation, c'est-à-dire distribuée via des réseaux de chaleur, ou utilisée directement par les consommateurs finaux (dans les secteurs résidentiels, industriels et l'agriculture).

Dans l'Union européenne à 27, la production d'électricité biomasse solide a été mesurée à 92,8 TWh en 2021, issue à 76,3 % d'unités fonctionnant en cogénération. Elle affiche entre 2020 et 2021 un taux de croissance à deux chiffres (+ 11,8%). La Finlande, après l'avoir perdu en 2020, retrouve le rang de premier producteur d'électricité biomasse de l'Union européenne avec 12,7 TWh en 2021 (+ 1,9 TWh par rapport à 2020). La Suède est à la deuxième place avec 11,2 TWh en 2021 (+ 1,7 TWh par rapport à 2020). L'Allemagne recule à la troisième place (10,9 TWh en 2021) du fait d'une baisse de sa production de 0,4 TWh. Les progressions les plus importantes ne proviennent pas des deux grands pays forestiers que sont la Finlande et la Suède, mais du Danemark et des Pays-Bas, qui ont tous deux fortement augmenté leurs importations (granulés de bois notamment). Le Danemark a en effet augmenté sa production de 65,8% pour atteindre 7,1 TWh en 2021 (+ 2,8 TWh) et les Pays-Bas de 35,9% pour atteindre 7,9 TWh en 2021 (+ 2,1 TWh). Le secteur de la production de chaleur a en 2021 été le principal bénéficiaire de l'augmentation de la consommation de l'énergie biomasse solide. Selon Eurostat,

la consommation de chaleur biomasse solide directement utilisée par le consommateur final a augmenté de 6,5% entre 2020 et 2021 pour atteindre 71,2 Mtep, soit 4,4 Mtep de plus qu'en 2020. Cette hausse s'explique en grande partie par la forte demande de chaleur dans le secteur résidentiel, particulièrement importante en Allemagne (+ 1,5 Mtep, + 15,8% entre 2020 et 2021) et en France (+ 0,9 Mtep, + 11,2% entre 2020 et 2021). Des taux de croissance significatifs ont également été mesurés dans d'autres pays grands consommateurs de biomasse solide comme en Belgique (+ 15,2%), en Autriche (+ 11,2%) ou en Italie (+ 9,5%).

La chaleur biomasse solide vendue dans les réseaux de chaleur (issue du secteur de la transformation) a augmenté encore plus franchement, soit une croissance de 16,5%. Elle atteint 13,1 Mtep en 2021 (+ 1,9 Mtep). Elle provient majoritairement d'unités fonctionnant en cogénération, soit une part de 60,8% en 2021 (62,2% en 2020). La quasi-totalité des pays de l'Union européenne ont vu des augmentations de leur production. Parmi les principaux pays à avoir développé les réseaux de chaleur biomasse, les hausses les plus importantes ont été enregistrées en Suède (+ 578 ktep, + 26,7% par rapport à 2020) et en Finlande (+ 447 ktep, + 27,4% par rapport 2020). Les niveaux de croissance sont également significatifs au Danemark (+ 234 ktep, + 15,8% par rapport à 2020), en France (+ 180 ktep, + 16,1%) et en Autriche (+ 82 ktep, + 8,6%), ces cinq pays étant ceux où la chaleur biomasse issue du secteur de la transformation dépasse le seuil du Mtep.

Avec la mise en œuvre à partir de l'année 2021 de la nouvelle directive énergie renouvelables 2018/2001, seule l'énergie produite à partir des combustibles biomasse respectant les critères de durabilité et de réduction des émissions de gaz à effet de serre définies par l'article 29 de la directive peuvent contribuer à l'objectif de l'Union européenne et aux parts d'énergie renouvelable des États membres. La mise en pratique de ces critères est un peu compliquée. Pour résumer, toutes les quantités d'énergie produite peuvent être prises en compte si elles sont utilisées dans des installations de puissance thermique nominale produisant de l'électricité, de la chaleur et du froid inférieures à 20 MW. Pour les installations égales ou supérieures à 20 MWth, les combustibles issus de la biomasse sont tenus de remplir les critères définis à l'article 29, paragraphes 2 à 7 et 10 et 11 de la directive. Toutefois, les combustibles issus de la biomasse produits à partir de déchets et de résidus, autres que les résidus de l'agriculture, de l'aquaculture, de la pêche et de la sylviculture, ne doivent remplir que les critères de réduction des émissions de gaz à effet de serre établis au paragraphe 10 pour être pris en compte. Selon l'outil Shares d'Eurostat 2021 qui mesure la part d'énergie produite à partir de sources renouvelables conformes aux exigences de la directive, la production d'électricité issue de biomasse solide « conforme » s'établit à 80,4 TWh et la production de chaleur issue de biomasse solide à 82 Mtep (soit 11,9 Mtep de chaleur issue du secteur de la transformation et 70,1 Mtep directement consommées par les utilisateurs finaux). Selon Eurostat,

Production brute d'électricité à partir de biomasse solide* de l'Union européenne en 2020 et en 2021 (en TWh)

	2020			2021			Conforme **	Conforme (%)
	Centrales électriques uniquement	Centrales de cogénération	Total	Centrales électriques uniquement	Centrales de cogénération	Total		
Finlande	0,000	10,760	10,760	0,000	12,668	12,668	11,046	87,2 %
Suède	0,000	9,501	9,501	0,000	11,174	11,174	11,174	100,0 %
Allemagne	5,232	6,074	11,306	5,059	5,850	10,909	10,909	100,0 %
Pays-Bas	1,012	4,773	5,785	2,453	5,406	7,860	3,694	47,0 %
Danemark	0,000	4,302	4,302	0,000	7,133	7,133	3,647	51,1 %
Pologne	1,557	5,376	6,933	1,713	4,686	6,398	6,398	100,0 %
Espagne	3,646	0,895	4,541	4,116	0,979	5,095	4,901	96,2 %
Italie	2,180	2,291	4,470	2,385	2,144	4,529	4,529	100,0 %
France	0,459	3,396	3,854	0,691	3,623	4,314	4,314	100,0 %
Autriche	0,890	2,745	3,634	0,709	2,815	3,523	3,523	100,0 %
Portugal	1,453	1,753	3,206	1,346	2,046	3,392	3,392	100,0 %
Belgique	2,034	1,285	3,319	1,458	1,306	2,763	2,763	100,0 %
Tchéquie	0,002	2,497	2,499	0,001	2,663	2,665	2,665	100,0 %
Bulgarie	0,173	1,300	1,472	0,372	2,001	2,373	0,006	0,3 %
Hongrie	0,563	1,101	1,664	0,610	1,165	1,775	1,654	93,2 %
Estonie	0,320	1,426	1,746	0,609	1,085	1,694	1,694	100,0 %
Slovaquie	0,000	1,120	1,120	0,000	1,325	1,325	1,325	100,0 %
Croatie	0,000	0,559	0,559	0,000	0,660	0,660	0,660	100,0 %
Roumanie	0,061	0,433	0,494	0,032	0,548	0,580	0,580	100,0 %
Lettonie	0,000	0,520	0,520	0,000	0,570	0,570	0,570	100,0 %
Irlande	0,408	0,022	0,430	0,447	0,024	0,471	0,021	4,5 %
Lituanie	0,000	0,373	0,373	0,000	0,387	0,387	0,387	100,0 %
Luxembourg	0,000	0,266	0,266	0,000	0,285	0,285	0,285	100,0 %
Slovénie	0,000	0,155	0,155	0,000	0,169	0,169	0,169	100,0 %
Grèce	0,012	0,038	0,050	0,016	0,026	0,042	0,042	100,0 %
Total UE-27	20,000	62,959	82,959	22,017	70,736	92,753	80,349	86,6 %

* Charbon de bois non inclus. ** Conforme aux critères de l'article 29 de la directive (EU) 2018/2001. Source : Eurostat

Production brute de chaleur dans le secteur de la transformation à partir de biomasse solide* de l'Union européenne en 2020 et en 2021 (en Mtep)

	2020			2021			Conforme **	Conforme (%)
	Unités de chaleur seule	Centrales de cogénération	Total	Unités de chaleur seule	Centrales de cogénération	Total		
Suède	0,604	1,561	2,165	0,761	1,982	2,743	2,743	100,0 %
Finlande	0,784	0,849	1,633	1,024	1,056	2,080	1,814	87,2 %
Danemark	0,481	1,002	1,483	0,538	1,179	1,717	1,104	64,3 %
France	0,549	0,567	1,115	0,679	0,616	1,295	1,295	100,0 %
Autriche	0,598	0,349	0,947	0,661	0,368	1,029	1,029	100,0 %
Allemagne	0,153	0,457	0,610	0,196	0,466	0,662	0,662	100,0 %
Lituanie	0,368	0,144	0,512	0,413	0,149	0,562	0,562	100,0 %
Pologne	0,100	0,345	0,446	0,148	0,352	0,500	0,500	100,0 %
Lettonie	0,172	0,163	0,335	0,230	0,172	0,402	0,402	100,0 %
Pays-Bas	0,095	0,227	0,321	0,120	0,267	0,386	0,247	63,8 %
Italie	0,096	0,409	0,506	0,089	0,295	0,385	0,385	100,0 %
Estonie	0,106	0,225	0,331	0,099	0,237	0,335	0,335	100,0 %
Tchéquie	0,040	0,174	0,214	0,051	0,200	0,251	0,251	100,0 %
Bulgarie	0,009	0,132	0,141	0,013	0,185	0,198	0,012	6,3 %
Slovaquie	0,041	0,088	0,129	0,053	0,099	0,152	0,152	100,0 %
Luxembourg	0,004	0,092	0,096	0,005	0,099	0,104	0,104	100,0 %
Croatie	0,000	0,080	0,080	0,000	0,095	0,096	0,096	100,0 %
Hongrie	0,032	0,054	0,086	0,036	0,059	0,094	0,082	87,5 %
Roumanie	0,021	0,061	0,081	0,018	0,067	0,085	0,085	100,0 %
Slovénie	0,012	0,028	0,039	0,013	0,030	0,044	0,044	100,0 %
Belgique	0,000	0,011	0,011	0,000	0,021	0,021	0,021	100,0 %
Total UE-27	4,266	7,016	11,282	5,147	7,992	13,140	11,924	90,7 %

* Charbon de bois non inclus. ** Conforme aux critères de l'article 29 de la directive (EU) 2018/2001. Source : Eurostat



4

Consommation d'énergie finale issue de biomasse solide* dans les pays de l'Union européenne en 2020 et 2021 (en Mtep)

	2020	2021	Conforme ** en 2021	Conforme en 2021 (en %)
Allemagne	9,274	10,737	10,737	100,0 %
France	7,644	8,498	8,498	100,0 %
Pologne	7,447	7,287	7,287	100,0 %
Italie	6,463	7,079	7,079	100,0 %
Finlande	5,175	5,494	4,791	87,2 %
Suède	5,567	5,476	5,476	100,0 %
Espagne	3,643	3,709	3,648	98,4 %
Roumanie	3,350	3,551	3,551	100,0 %
Autriche	3,013	3,350	3,350	100,0 %
Tchéquie	2,582	2,830	2,830	100,0 %
Portugal	1,802	1,766	1,766	100,0 %
Hongrie	1,528	1,629	1,617	99,3 %
Belgique	1,146	1,320	1,320	100,0 %
Croatie	1,062	1,146	1,146	100,0 %
Bulgarie	1,152	1,049	0,841	80,2 %
Slovaquie	0,897	1,024	1,024	100,0 %
Danemark	0,982	1,011	1,011	100,0 %
Lettonie	0,905	0,922	0,922	100,0 %
Grèce	0,760	0,789	0,789	100,0 %
Pays-Bas	0,696	0,714	0,681	95,3 %
Lituanie	0,631	0,637	0,637	100,0 %
Slovénie	0,479	0,533	0,533	100,0 %
Estonie	0,432	0,422	0,422	100,0 %
Irlande	0,180	0,192	0,113	58,9 %
Luxembourg	0,027	0,029	0,029	100,0 %
Chypre	0,026	0,026	0,026	100,0 %
Malte	0,001	0,002	0,002	100,0 %
Total UE-27	66,861	71,220	70,124	98,5 %

* Charbon de bois non inclus. ** Conforme aux critères de l'article 29 de la directive (EU) 2018/2001. Source : Eurostat

5

Consommation de chaleur issue de la biomasse solide* dans les pays de l'Union européenne en 2020 et 2021 (en Mtep)

	2020	2021	Conforme *** en 2021	Conforme en 2021 (en %)
Allemagne	9,883	11,399	11,399	100,0 %
France	8,759	9,793	9,793	100,0 %
Suède	7,731	8,218	8,218	100,0 %
Pologne	7,892	7,787	7,787	100,0 %
Finlande	6,808	7,574	6,605	87,2 %
Italie	6,969	7,464	7,464	100,0 %
Autriche	3,960	4,378	4,378	100,0 %
Espagne	3,643	3,709	3,648	98,4 %
Roumanie	3,432	3,636	3,636	100,0 %
Tchéquie	2,796	3,080	3,080	100,0 %
Danemark	2,465	2,728	2,115	77,6 %
Portugal	1,802	1,766	1,766	100,0 %
Hongrie	1,614	1,723	1,700	98,6 %
Belgique	1,156	1,341	1,341	100,0 %
Lettonie	1,240	1,324	1,324	100,0 %
Bulgarie	1,293	1,248	0,854	68,4 %
Croatie	1,142	1,242	1,242	100,0 %
Lituanie	1,143	1,199	1,199	100,0 %
Slovaquie	1,026	1,176	1,176	100,0 %
Pays-Bas	1,017	1,100	0,927	84,3 %
Grèce	0,760	0,789	0,789	100,0 %
Estonie	0,763	0,757	0,757	100,0 %
Slovénie	0,518	0,577	0,577	100,0 %
Irlande	0,180	0,192	0,113	58,9 %
Luxembourg	0,123	0,133	0,133	100,0 %
Chypre	0,026	0,026	0,026	100,0 %
Malte	0,001	0,002	0,002	100,0 %
Total UE-27	78,143	84,360	82,048	97,3 %

* Charbon de bois non inclus. ** Consommation d'énergie finale et production de chaleur brute dans le secteur de la transformation. *** Conforme aux critères de l'article 29 de la directive (EU) 2018/2001. Source : Eurostat



donc, en 2021, 86,6% de la production d'électricité biomasse solide de l'Union européenne était conforme aux exigences de la directive ainsi que 97,3 % de la chaleur biomasse solide. Selon ce premier décompte, seule une minorité de pays de l'Union européenne est jusqu'à présent affectée. Les pays les plus concernés, à l'instar des Pays-Bas et du Danemark, sont les gros importateurs de combustibles biomasse qui les utilisent dans de grosses unités de production.

QUEL AVENIR DURABLE POUR LA BIOMASSE SOLIDE ?

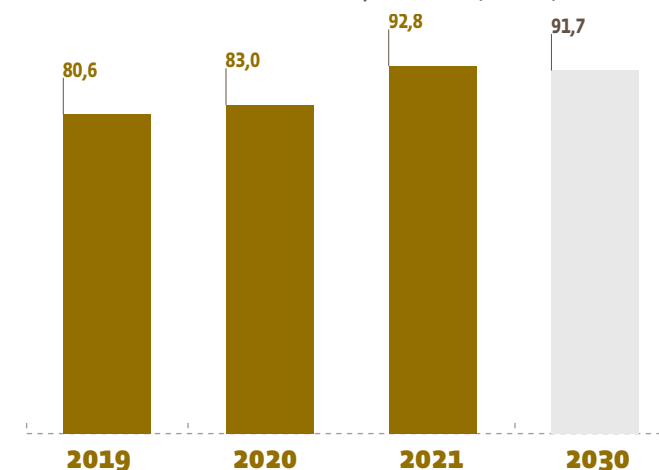
Avec une appétence grandissante pour le combustible biomasse, la question de la durabilité des combustibles et des effets de leur utilisation sur le changement climatique est, comme cela l'a été pour les biocarburants, au centre des polémiques et des discussions législatives des institutions européennes. Le vote au Parlement européen, le 14 septembre 2022,

d'une série d'amendements consacrés à la biomasse dans le cadre du projet de révision de la directive européenne sur les énergies renouvelables (RED II) déconseille très clairement aux États membres de subventionner la biomasse utilisée dans les centrales électriques et incite à réduire l'utilisation du bois primaire comme énergie renouvelable. L'objectif affiché de ces amendements est de limiter la quantité de biomasse pouvant être brûlée et de réaffirmer un



6

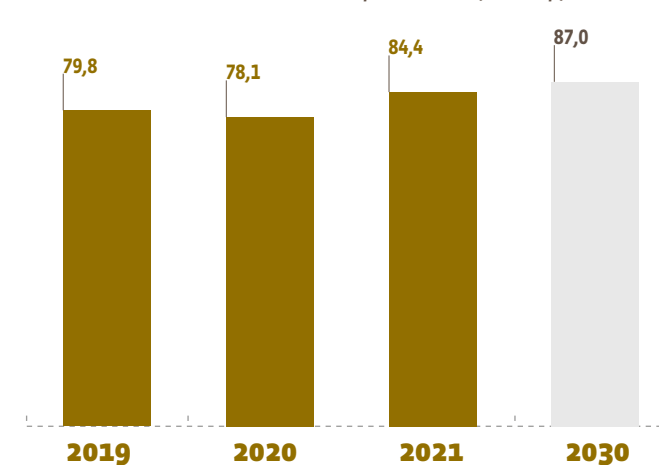
Projection EurObserv'ER de la production d'électricité issue de biomasse solide dans l'Union européenne à 27 (en TWh)



Source : EurObserv'ER

7

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



Source : EurObserv'ER

usage en cascade de la biomasse. Ces amendements, qui doivent encore être discutés au sein du Conseil européen, et qui ont pour but de restreindre encore davantage l'utilisation des combustibles biomasse, ont été très fraîchement accueillis par les professionnels de la filière.

Un imposant rapport scientifique, « The use of woody biomass for energy production in the EU », du JRC (Joint Research Centre) Science for Policy Report, publié en 2021, rappelle dans son résumé que les forêts sont souvent perçues comme étant au carrefour des solutions aux deux principales crises environnementales qui affligent notre planète aujourd'hui : le changement climatique et la perte de biodiversité. L'Union européenne a conçu son Green Deal dans le but spécifique d'atténuer ces deux phénomènes. Le rapport du JRC tente de répondre de manière scientifique à plusieurs questions clés comme : comment s'assurer que les pratiques de gestion forestière, qui sont bénéfiques pour le climat, soient également bénéfiques pour la biodiversité ? Il y aura des choix à faire entre les différents usages, énergétiques et non énergétiques et de protection de la biodiversité. La biomasse solide – et la biomasse en général – ne pourra pas être un substitut à tous les usages des énergies fossiles. Il faudra donc en définir les priorités. ■



LE SOLAIRE THERMODYNAMIQUE

Les centrales solaires thermodynamiques ou solaires 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 en général 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. Alors qu'initialement les technologies solaires thermodynamiques étaient utilisées uniquement pour la production d'électricité, elles commencent depuis quelques années à trouver de nouveaux débouchés : la production de vapeur et de chaleur pour l'industrie ou pour les réseaux de chaleur.

6 570,9 MW DE PUISSANCE CSP DANS LE MONDE FIN 2021

Selon le décompte d'EurObserv'ER, au moins deux centrales thermodynamiques de grande puissance ont été mises en service dans le monde durant l'année 2021, ce qui porterait la puissance CSP mondiale à au moins 6 570,9 MW fin 2021. La plus puissante est la centrale à tour chilienne Atacama 1, baptisée Cerro Dominador (« la colline dominante »), inaugurée le 8 juin 2021 par un consortium formé d'Abengoa, Acciona et IIG Global Energy Partners. Dotée

d'une puissance de 110 MW, elle est constituée de 10 600 miroirs reflétant le rayonnement solaire vers le sommet d'une tour de 252 m de hauteur où se situe un réservoir contenant des sels fondus qui seront chauffés à plus de 560 °C. Cette centrale est particulière car elle dispose d'un système de stockage de 17,5 heures, ce qui lui permet de fonctionner 24 heures sur 24, avec une puissance suffisante pour alimenter une ville de 380 000 habitants. Le second projet, dont la construction a démarré en 2017 et qui a abouti en 2021, est l'unité chinoise Yumen Xinneng / Xinchen (50 MW), une centrale à tour de type beam-down.

UNE NOUVELLE CENTRALE CSP CONNECTÉE EN ITALIE ET UNE OCCASION MANQUÉE EN ESPAGNE

Dans l'Union européenne, le compteur de la puissance électrique des centrales thermodynamiques, en prenant en compte les centrales de démonstration, est resté bloqué à 2 328,8 MW en 2021, la dernière centrale ayant été connectée en 2019





1

Centrales solaires thermodynamiques en service à la fin de l'année 2021 dans l'Union européenne (MW)

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

Continue page suivante

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
Total Italie		8,15	
Danemark			
Aalborg-Brønderslev CSP project	Hybride, Cylindro-parabolique	5,5	2016
Total Danemark		5,5	
Allemagne			
Jülich	Centrale à tour	1,5	2010
Total Allemagne		1,5	
Total Union européenne		2 328,8	

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



(centrale de démonstration Ello de type Fresnel de 9 MW dans les Pyrénées-Orientales). Les données de puissances maximales nettes publiées par Eurostat font état de 2 306 MW fin 2021 (2 304 MW en Espagne et 2 MW en Allemagne), la différence s'expliquant par le choix de certains pays de ne pas comptabiliser leurs démonstrateurs. Cette capacité reste très largement concentrée en Espagne, dont la puissance solaire thermodynamique installée se monte officiellement à 2 304 MW (soit 99% de la capacité totale de l'UE). Selon Red Eléctrica de España, la production nette des centrales espagnoles a été mesurée à 4 705 GWh en 2021 contre 4 538 GWh en 2020 (+ 3,7%).

Ce niveau correspond à 88% de la meilleure année de production qui reste 2017, avec 5 347 GWh. La production d'électricité brute, qui prend en compte la consommation d'électricité des centrales, est un peu plus élevée car elle a été mesurée à 5 176 GWh en 2021 contre 4 992 GWh en 2020. Le record en la matière étant l'année 2017 avec, selon Eurostat, 5 883 GWh délivrés. Le compteur de l'Union européenne s'est finalement débloqué en 2022 avec la mise en service 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

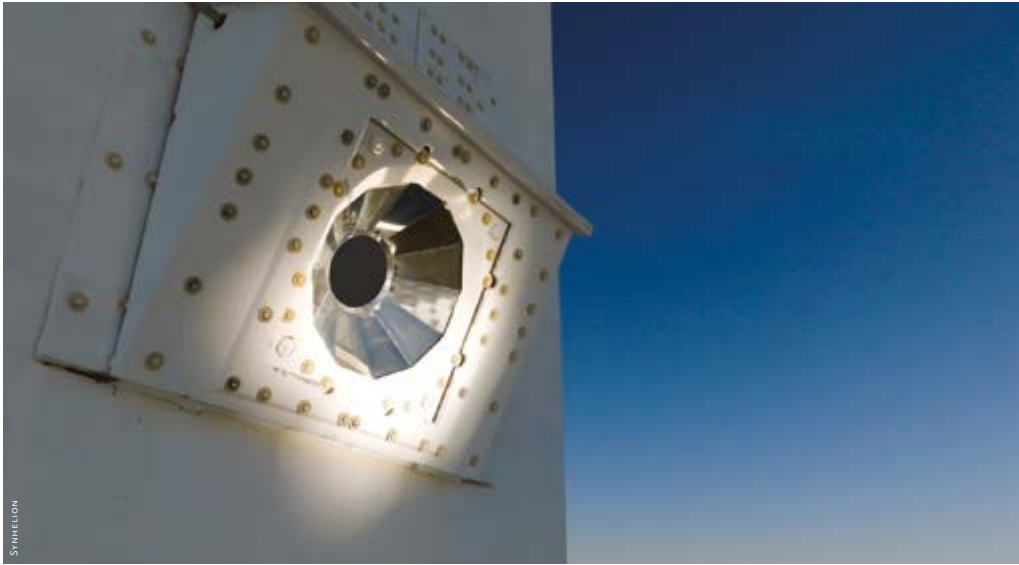
photovoltaïques de 5,6 MW, soit une puissance électrique cumulée de 9,86 MW. Le 18 février 2020, Fata a signé un autre contrat EPC avec la « société de projet » Stromboli Solar pour la construction d'une autre centrale CSP à Trapani (Sicile) pour une puissance totale de 4 MWe. Il s'agit également d'une centrale de type Fresnel qui disposera, elle, d'un système de stockage de 16 heures. La date de mise en service théorique n'a cependant pas encore été communiquée.

En Espagne, le gouvernement a organisé le 25 octobre 2022 une nouvelle vente aux enchères d'énergie renouvelable (la troisième) portant sur 520 MW électriques, incluant pour la première fois le solaire thermique à concentration avec une réserve minimale de 220 MW. Pour les soumissionnaires, les projets CSP devaient avoir au moins six heures de stockage d'énergie pour pouvoir participer. Le CSP pouvait également être hybridé avec de la biomasse, du biogaz, des bioliquides et également avec du solaire PV tant que la composante PV ne dépassait pas 10% de la capacité du CSP. Malheureusement, l'appel d'offres pour la technologie CSP n'a pas été fructueux, les prix proposés par les soumissionnaires qualifiés ayant été tous supérieurs au prix de réserve. C'est une véritable occasion manquée pour la filière espagnole. D'autant plus, selon Protermosolar, l'association espagnole pour la promotion de l'industrie thermosolaire, qu'en plus des offres qualifiées, il y en avait d'autres totalisant une puissance de plus de 500 MW qui n'ont finalement pas été soumises aux enchères du fait d'incertitudes dans les dates d'éligibilité aux

points de raccordement au réseau électrique. Par conséquent, si l'on considère la somme de la capacité qualifiée dans l'enchère et de l'offre qui lui aurait été faite dans le cas d'une plus grande certitude d'obtenir de la capacité dans le réseau, cela aurait probablement signifié une puissance de projets CSP supérieure à 700 MW prêts à concourir. Un volume qui, selon Protermosolar, montre le véritable intérêt et l'engagement envers la technologie CSP en Espagne. À cet égard, le secrétaire général de Protermosolar, David Treballe, a souligné que le grand défi des enchères futures est « de travailler sur un nouveau design qui permette d'ajuster les prix de réserve aux coûts réels de la technologie. Car ces enchères sont une formidable opportunité de substitutions aux énergies fossiles 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 ».

Il faudra donc attendre la mise en place de nouveaux appels d'offres pour concrétiser la mise en œuvre de nouveaux projets CSP en Espagne. En attendant, le pays se concentre sur des projets CSP de chaleur industrielle. Plus d'une vingtaine ont été lancés en 2022, avec un nombre qui pourrait doubler en 2023. La hausse et les fortes variabilités du prix de l'énergie font que ses projets intéressent de plus en plus le secteur industriel avec des temps de retour sur investissement de plus en plus courts. Heineken Espagne et la société

CSIN ont par exemple annoncé la construction d'une centrale CSP de 6 000 m² sur le site de Quart de Poblet. La centrale produira sous forme de chaleur et de vapeur environ 3 504 MWh d'énergie thermique par an, qui seront utilisés dans les processus de cuisson et d'emballage des différents produits que Heineken Espagne fabrique dans cette usine. L'ensemble du projet représente un investissement de 2,2 millions d'euros pour une mise en service prévue pour juin 2023. Heineken Espagne, en plus de céder le terrain, achètera à CSIN l'énergie solaire thermique produite au cours des quinze prochaines années, à l'issue desquelles elle pourra acquérir les installations. C'est la seconde centrale CSP qui fournira de l'énergie solaire thermique au groupe Heineken. Engie Espagne a en effet commencé la construction en octobre 2022 d'une première centrale CSP de 43 000 m² qui fournira de la chaleur à la brasserie de Séville. Cette centrale de 30 MW pourra générer 28 700 MWh par an pour un coût d'investissement de 20 millions d'euros. C'est Engie qui exploitera la centrale pendant une durée de vingt ans et commercialisera la chaleur. De quoi réduire la consommation de gaz de l'usine de 60%. Le système disposera d'un stockage dans huit réservoirs de 100 mètres cubes pour permettre la production de chaleur pendant cinq à six heures à des moments où il n'y a pas de rayonnement solaire. En Espagne, 51 projets de chaleur solaire renouvelable, pour une puissance cumulée de 62 MW, ont bénéficié du programme de financement Thermal Energy Production (de 27,6 millions d'euros), cofinancé par le Feder (le



Fonds européen de développement régional). Sur ce total, 23 projets de centrales solaires à concentration à usage thermique ont été retenus pour une puissance de 42,6 MWth (19,1 millions de financement). Le plus grand projet retenu est le projet de 30 MW destiné à la brasserie Heineken de Séville, présenté plus haut. Les projets restants concernent l'industrie chimique (3 projets) et diverses agro-industries telles que les exploitations agricoles, la transformation de la viande, les fabricants de produits laitiers et fromagers, complétés par plusieurs projets pour le secteur des services.

LE CSP PARTIE INTÉGRANTE DE LA STRATÉGIE DE L'UE POUR L'ÉNERGIE SOLAIRE

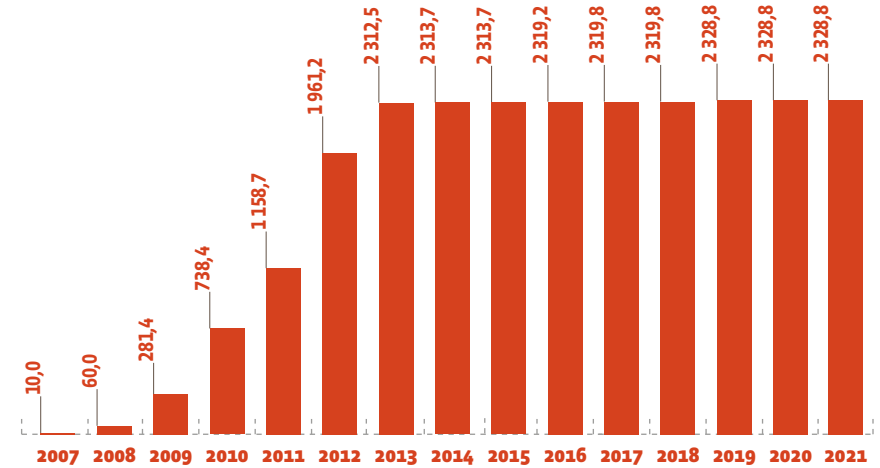
Tandis que la filière CSP tente de se relancer sur le sol européen, elle a dû plaider sa cause auprès de Bruxelles qui semblait l'avoir un peu oubliée dans sa stratégie

de lutte contre le changement climatique et sa réponse à la crise sur la sécurité énergétique. Dans une lettre adressée à la Commission en avril dernier, l'Association espagnole pour la promotion de l'industrie solaire thermique (Protermosolar) mettait en garde contre le manque d'énergie solaire concentrée dans la nouvelle stratégie européenne. Pour Protermosolar, la démarche de la consultation publique pour alimenter la nouvelle stratégie de l'Union européenne sur l'énergie solaire était trop focalisée sur le photovoltaïque et n'abordait pas les réelles capacités fonctionnelles de la technologie solaire thermique actuelle. Selon Protermosolar, le potentiel de l'énergie solaire concentrée n'était pas assez abordé par rapport au stockage et à sa capacité à fournir de grandes quantités d'énergie de jour comme de nuit. L'association invitait également la Commission 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. 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. Elle pointait également le manque de définition d'objectifs au niveau national. Ces doléances ont été partiellement prises en compte. Dans sa communication présentant sa stratégie pour l'énergie solaire, la Commission précise qu'étant donné que la part des énergies renouvelables variables augmente dans le système électrique, les enchères devraient aussi soutenir les technologies fondées sur les énergies renouvelables qui peuvent réduire le coût de la stabilité du réseau et de l'intégration du système. L'énergie solaire concentrée

2

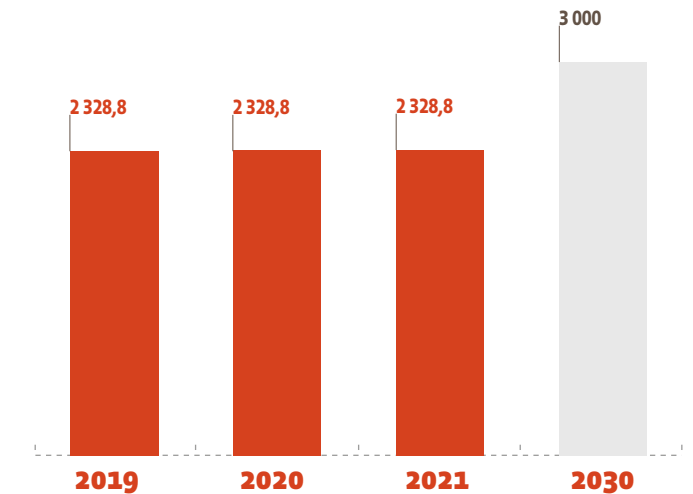
Tendance de la puissance solaire thermodynamique de l'Union Européenne (en MW)



Source: EurObserv'ER

3

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



Source: EurObserv'ER

(CSP) avec stockage thermique et le solaire photovoltaïque avec batteries sont des exemples de technologies qui peuvent apporter ces avantages. Elle précise également que l'énergie solaire concentrée peut fournir de la chaleur pour les procédés industriels de 100 à plus de 500 °C. Par l'intermédiaire d'Horizon Europe, l'UE continuera à soutenir la recherche et l'innovation et à apporter un soutien financier pour l'innovation dans les technologies solaires thermiques ou d'énergie solaire concentrée. Ainsi, le solaire à concentration a son rôle à jouer pour résoudre les crises que traverse l'Europe: les énergies renouvelables ne sont jamais aussi fortes et pertinentes que lorsqu'elles jouent en équipe. ■



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.

PRÈS DE 250 MW EN ACTIVITÉ FIN 2021 DANS L'UE

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 (de l'ordre d'un à deux ans), ne facilite pas non plus un décompte précis des projets. La puissance nette des projets utilisant l'énergie des vagues, marées et courants marins, telle que définie par la classification internationale des produits de l'énergie (dénommée « tide, wave and ocean » en anglais), fait l'objet d'un suivi statistique officiel par Eurostat. Actuellement, seuls deux pays de l'Union européenne à 27 assurent un suivi de la puissance nette et de la production brute d'électricité des énergies marines, à savoir la France et l'Espagne. En France, d'après 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, seule la puissance et la production d'électricité de l'usine marémotrice de La Rance sont recensées. En 2021, la puissance s'établissait à 211,4 MW pour une production de 483,8 GWh. L'usine marémotrice de La Rance est équipée d'une station de pompage qui ajoute 66 GWh à ce total en 2021 (65 GWh en 2020).

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 décrite précédemment et la puissance de la centrale à vagues de Mitriku de 296 kW, soit fin 2021 une puissance totale de 4,8 MW et une production de 19 GWh. 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 afférant au secret statistique.

Le tableau 1 présente un autre indicateur de suivi de la puissance installée des énergies marines, prenant en compte cette fois la puissance des prototypes et démonstrateurs pré-commerciaux en activité durant l'année 2021. Selon EurObserv'ER, la puissance énergie océanique de l'Union européenne à 27 augmente ainsi à 249,2 MW, incluant les 240 MW de puissance de l'usine marémotrice de La Rance en France et les 4,5 MW de la centrale océanothermique du terminal méthanier de regazéification



d'Enagas. EurObserv'ER estime en plus à 2,6 MW la puissance des projets d'énergie des courants ayant fonctionné en 2021 dans l'Union européenne et à 2,1 MW la puissance des convertisseurs à énergie à vagues, en incluant les îles Féroé. Le Royaume-Uni, dont les centres de tests accueillent nombre de projets financés par des programmes européens, ajoute 10 MW 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



1

Liste des projets* utilisant les énergies océaniques ayant été en activité durant l'année 2021

	Développeur de la machine	Nom de la machine	Technologie	Localisation	Date	Puissance totale
France						
Usine marémotrice de la Rance	Alstom	Bulb Turbine (La Rance)	Marémotrice	Bretagne - La Rance	1966	240
Wavegame - centre de test SEM REV	GEPS Techno	Wavegame (prototype)	Vague	SEM REV	2019	0,12
Paimpol Bréhat	Hydroquest	HydroQuest	Énergie des courants	Bretagne - Paimpol Bréhat	2019	1
Total France						241,12
Espagne						
Centrale Enagas de la Huelva**	Enagas	Centrale Enagas de la Huelva	Énergie thermique des mers	Huelva, Andalousie	2013	4,5
Ente Vasco de la Energia (EVE)	Voith Hydro	Mutriku	Vague	Pays Basque	2011	0,296
WavePiston - Centre de test Plocan	Wavepiston	Wavepiston	Vague	Plocan, Grande Canarie	2020	0,2
Biscay - Plateforme test BiMEP	Wello Oy	Penguin 2	Vague	Golfe de Gascogne	2021	0,6
Total Espagne						5,60
Pays-Bas						
Projet Oosterscheldedam	Tocado	T2	Énergie des courants	Oosterscheldedam	2015	1,25
Projet du Port de Den Helden	Slow Mill	Slow Mill	Vague	Port de Helden	2021	0,04
Projet Vlissingen	Water2Energy	VAWT	Énergie des courants	Flessingue	2021	0,1
Total Pays-Bas						1,39
Danemark						
Centrale pilote d'Afsluitdijk	Redstack	TRL7	Energie osmotique	Breezanddijk sur l'Afsluitdijk	2014	0,05
Projet du Port de Fredrikshaven	Crestwing	Tordenskiold	Vague	Port de Fredrikshaven	2018	0,3
Projet commercial SEV (1ère machine)	Minesto	DG100	Énergie des courants	Vestmannasund (Îles Féroé)	2020	0,1
Projet commercial SEV (2nde machine)	Minesto	DG100	Énergie des courants	Vestmannasund (Îles Féroé)	2021	0,1
Total Danemark						0,55

Continue page suivante



Portugal						
Projet Swell	AW-Energy	WaveRoller	Vague	Péniche	2019	0,35
Total Portugal						0,35
Italie						
Projet test de Messina Strait	ADAG	Kobold	Énergie des courants	Détroit de Messine	2000	0,05
Projet test de Civittavecchia	Wavenergy	REWEC3	Vague	Civittavecchia	2016	0,02
PC80 Platform (Eni)	Wave for Energy	ISWEC	Vague	Ravenne	2019	0,05
Total Italie						0,12
Grèce						
Projet test -Port d' Héraklion	SINN Power	SP WEC 3rd Gen	Vague	Héraklion	2017	0,036
Projet test -Port d' Héraklion	SINN Power	SP WEC 4rd Gen	Vague	Héraklion	2018	0,072
Total Grèce						0,11
Chypre						
Projet test Larnaca Bay	SWEL	WLM	Vague	Baie de Larnaca	2021	0,001
Total Chypre						0,001
Total UE-27						249,2
* Incluant des démonstrateurs et des prototypes en phase de test. ** Le projet de Huelva exploite la différence de température entre l'océan et le gaz naturel liquéfié. Source: EurObserv'ER						

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 2021», parue en mars 2022, l'Europe cumule depuis 2010 une puissance de 30,2 MW de projets hydroliens utilisant les courants marins, dont 11,5 MW

sont actuellement immergés dans les eaux européennes (Union européenne, Royaume-Uni et Norvège). Durant l'année 2021, une machine de 1,5 MW a été remise à l'eau après une période de maintenance et des travaux de modification en vue d'améliorer ses performances, et trois nouvelles machines ont été immergées dans les eaux européennes pour une puissance cumulée de 2,2 MW.

Parmi elles, l'hydrolienne à axe horizontale nommée O2 de 2 MW, développée par la société d'ingénierie écossaise Orbital Marine Power, a été ancrée à Orkney sur le site de Fall of Warness de l'European Marine Energy Centre (Emec), un centre de test et de recherche spécialisé dans le développement de l'énergie houlomotrice et marémotrice basé dans les îles Orcades, au nord de l'Écosse. Ce modèle est actuellement l'hydro-

lienne flottante la plus puissante au monde. Elle comporte deux rotors de 20 m de diamètre, développant 1 MW chacun, reliés à une plateforme flottante de 72 m par deux bras articulés de 18 m, capables de brasser 6000 m² de surface d'eau. Une autre machine a cette fois été installée dans les eaux de l'Union européenne, aux Pays-Bas. Il s'agit de l'hydrolienne à axe verticale nommée VAWT de 100 kW, développée par la start-up

néerlandaise Water2Energy. Cette turbine a été installée dans les renforcements d'un canal de décharge à côté des écluses maritimes du centre nautique de Flushing, dans la province la plus à l'ouest des Pays-Bas, la Zélande. Les turbines à courant d'eau à axe vertical sont des turbines à arbre vertical de type Darrieus. La conception, la construction et l'installation de ce prototype ont été développées



2

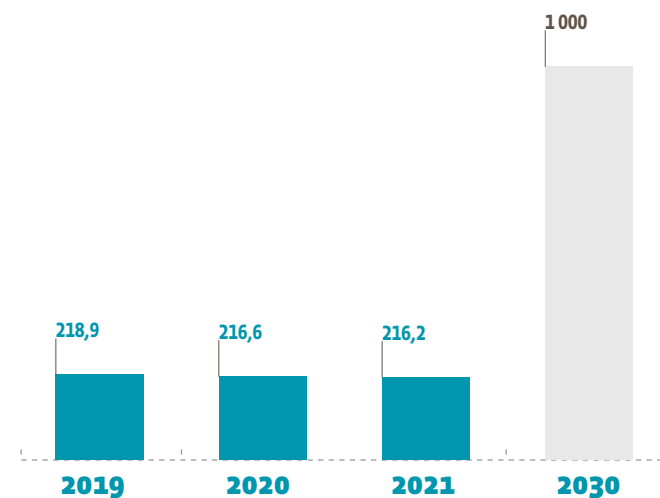
Puissance* et production d'électricité des énergies océaniques dans les pays de l'Union européenne en 2020 et 2021 (en GWh)

	2020		2021	
	MW	GWh	MW	GWh
France**	211,8	481,8	211,4	483,8
Espagne	4,8	27,0	4,8	19,0
Total UE-27	216,6	508,8	216,2	502,8

* Puissance électrique maximale nette. ** Production d'électricité excluant le pompage turbinage. Pour information, la production de turbinage de La Rance a été de 65 GWh en 2020 et de 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.

3

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



* Capacité électrique nette maximale. 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

dans le cadre du projet européen Interreg 2Seas Encore, de la province de Zélande. Le développeur suédois Minesto a également ajouté une deuxième hydrolienne de 100 kW, la DG 100 (Deep Green 100) de type cerf-volant, «kite sous-marin», sur le site de son premier projet commercial dans les îles Féroé à Vestmanna-sund. En plus de ces trois nouvelles machines, le développeur espagnol hydrolien Magallanes Renovables a remis à l'eau, en avril 2021, sur le site de test Emec à Orkney en Écosse, sa plateforme flottante Atir de seconde génération à doubles rotors d'une puissance combinée de 1,5 MW. Plus récemment, le concepteur français de turbines Sabella a réimmergé son hydrolienne D10 en avril 2022 et a procédé à sa reconnexion au réseau électrique de l'île d'Ouessant en juin 2022, démarrant une troisième campagne de tests. D10 est une hydrolienne de type gravitaire de puissance maximale de 1 MW qui dispose d'un diamètre de rotor de 10 m, d'une hauteur de 17 m et d'une masse de 450 tonnes. 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 2021 de l'association Ocean Energy Europe, 12,7 MW de projets houlomoteurs ont déjà été testés en Europe depuis 2010. La puissance cumulée des projets actuellement en test dans les eaux européennes était quant à elle de 1,4 MW fin 2021. 2021 a par ailleurs été une année particulièrement active avec 681 kW de nouveaux projets, trois dans l'Union européenne (pour un total de 641,4 kW), un en Écosse sur le site de test Emec et un autre en Norvège. Parmi eux se trouve le projet houlomoteur le plus puissant installé en Europe, mis à l'eau en août 2021. Il s'agit de la seconde génération du houlomoteur Penguin WEC 2, de taille commerciale de 600 kW, développé par l'entreprise finlandaise Wello Oy dix ans après le lancement de son premier prototype grandeur nature testé en 2012 sur le site de test d'Orkney en Écosse. Ce convertisseur d'énergie des vagues à masse rotative et à entraînement direct (direct drive) de 44 m de long a été déployé sur la plateforme d'énergie marine de Biscay (BiMEP) en Espagne sur la côte basque. Le Penguin est conçu pour capturer l'énergie de rotation générée par le mouvement de sa coque. Cette dernière, de forme asymétrique, se soulève et tangue à chaque vague qui passe et est capable de fonctionner avec des hauteurs de vague en pleine tempête de plus de 18 m. Une autre machine houlomotrice de type «point absorber» a également été installée en août 2021 dans le port de Helden aux Pays-Bas, en mer du Nord. Il s'agit du concept Slow

Mill développé par l'entreprise néerlandaise Slow Mill Sustainable Project bv. Ce prototype, réalisé à l'échelle un dixième, dispose d'une puissance de 40 kW. Le Slow Mill est un convertisseur d'énergie des vagues composé d'un flotteur avec des pales reliées de manière variable à une ancre sur le fond marin. La filière houlomotrice devrait être en 2022 plus active qu'en 2021 avec, selon les prévisions d'Ocean Energy Europe, jusqu'à 2,8 MW de capacité d'énergie houlomotrice déployés, dont au moins quatre machines de taille commerciale fabriquées par CorPower Ocean, Eni SpA, Bombora et Wavepiston. Ces déploiements auront lieu au Royaume-Uni, en Espagne et au Portugal. Le prototype le plus attendu est certainement le houlomoteur MWave de Bombora du projet gallois Pembrokeshire, un projet de 23,5 millions d'euros, soutenu financièrement par le Fonds européen de développement régional (Feder) via le gouvernement gallois. Le MWave, avec 1,5 MW de puissance, sera le convertisseur d'énergie des vagues le plus puissant au monde. Son poids est de 900 tonnes, ses dimensions de 75 m de long, 15 m de large et 6 m de haut. Attendu également, le CorPower C4, disposant d'une puissance 300 kW, qui devrait être mis à l'eau dans le cadre du projet HiWave-5 au nord du Portugal en fin d'année.

LE CALME AVANT LA TEMPÊTE DANS LES EAUX DE L'UE?

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. L'association Ocean Energy Europe constate cependant que le déploiement des projets dans les eaux de l'Union européenne se fait à un rythme trop lent et s'écarte de plus en plus des objectifs assignés dans le cadre de la stratégie sur les énergies renouvelables en mer, rendue publique le 19 novembre 2020. Pour les énergies océaniques, les objectifs à moyen et long termes de cette stratégie pour l'énergie océanique sont d'atteindre une capacité totale de 100 MW dans l'UE d'ici 2025 (non compris l'usine marémotrice de La Rance) puis d'environ 1 GW d'ici 2030 et enfin de 40 GW pour 2050. Des avancées existent, mais sans déboucher pour le moment sur des décisions garantissant un développement rapide des projets en cours. La Commission européenne prévoit de jouer son rôle avec le projet de travail Horizon Europe 2023-2024, qui contient quatre appels dédiés à l'énergie des océans avec un budget cumulé proposé de 94 millions d'euros. Pourtant, selon Ocean Energy Europe, le risque est grand que l'Union européenne rate son rendez-vous de 2025. L'organisation considère cependant qu'un nombre significatif de projets commerciaux peuvent être mis à l'eau avant cette date et que de nombreux autres projets peuvent atteindre la «décision finale d'investissement» (FID) d'ici 2025. ■



ÉNERGIES RENOUVELABLES DANS LES TRANSPORTS

La consommation d'énergie renouvelable dans les transports évolue désormais dans un nouveau cadre législatif, celui de la directive énergies renouvelables 2018/2001 (dite RED II), dont la plupart des dispositions sont entrées en vigueur le 1^{er} janvier 2021. Cette directive met en œuvre une nouvelle orientation politique avec l'objectif à la fin de la décennie de se passer des biocarburants à haut risque de changement indirect d'affectation des sols (Iluc), et de leur substituer progressivement une consommation de biocarburants « avancés », non issue de cultures alimentaires, ou d'origine non biologique (RFNBDs), produite de manière synthétique, via la production d'hydrogène « vert » avec la possibilité de le combiner avec du carbone séquestré. Des nouvelles mesures ont également été prises pour accélérer l'électrification des transports. Les principales dispositions concernant le nouvel objectif transport de la directive RED II 2018 sont présentées en encadré.

LES BIOCARBURANTS UN CONTEXTE DE REPRISE DE LA CONSOMMATION

La levée progressive des mesures de confinement à la fin de l'hiver 2021 a permis à la consommation d'énergie dans les transports de l'Union européenne de retrouver de l'allant, et ce quel que soit le mode de transport : routier, ferroviaire ou autres. La consommation de biocarburants a logiquement bénéficié de cette normalisation car elle est directement liée aux mandats d'incorporation définis au sein de chaque État membre. Selon les données fournies par l'outil Shares d'Eurostat, qui sert à calculer de manière harmonisée la part d'énergie produite à partir de sources renouvelables, la consommation de biocarburant liquide et gazeux utilisée dans les transports a atteint dans l'Union européenne 17 136,1 ktep en 2021, comparé à une consommation de l'ordre de 16 322,5 ktep en 2020, soit une croissance de 5%. Selon Shares, 99,5% des biocarburants liquides et gazeux utilisés dans les transports en 2021 (soit

17 051,4 ktep) étaient conformes aux exigences de la directive (EU) 2018/2001 et ont donc pu être comptabilisés dans les objectifs de l'Union européenne. Pour l'année 2020, les critères de conformité qui s'appliquaient étaient ceux de la précédente directive 2009/28/CE, avec un taux de conformité de 99,6%. L'outil Shares ne fournit pas de répartition précise entre les différents types de biocarburants. Mais selon EurObserv'ER, le biodiesel a représenté environ 79,9% de la consommation totale de biocarburant en 2021 (conforme et non conforme), devant le bioéthanol (16,6%) et le biogaz carburant (2,5%). La hausse de la consommation a été plus importante pour le bioéthanol (+ 13,6% entre 2020 et 2021, soit une consommation de 3 Mtep), que pour le biodiesel (+ 2,6%, soit une consommation de 13,7 Mtep). L'utilisation de biogaz carburant dans les transports a également augmenté (+ 30,2%), soit une consommation de 426,9 ktep (compris le biométhane mélangé au réseau de gaz naturel alloué au secteur des




1

Consommation de biocarburants destinés aux transports dans l'Union européenne en 2020 (en ktep) selon la directive 2009/28/EC

	Biodiesel*	Bioessence	Biogaz**	Total	Biocarburants conformes***
Allemagne	2 613,0	702,3	76,0	3 391,3	3 388,4
France	2 089,5	554,6	0,6	2 644,8	2 639,9
Espagne	1 439,9	98,0	0,0	1 538,0	1 535,7
Suède	1 212,4	93,2	100,5	1 406,2	1 406,2
Italie	1 245,1	19,6	82,1	1 346,8	1 345,9
Pologne	856,5	183,0	0,0	1 039,5	1 039,5
Belgique	568,7	97,3	0,0	666,0	666,0
Pays-Bas	301,8	226,4	34,6	562,9	562,9
Roumanie	391,6	91,6	0,0	483,3	483,3
Autriche	353,6	55,0	0,4	409,0	406,8
Finlande	301,3	93,5	9,5	404,3	390,6
Tchéquie	306,6	65,8	1,2	373,6	373,6
Hongrie	194,1	83,9	0,0	278,0	278,0
Portugal	255,7	6,4	0,0	262,1	262,1
Danemark	172,6	79,8	8,5	260,9	260,9
Grèce	150,0	68,3	0,0	218,2	190,0
Irlande	155,1	19,4	0,0	174,5	174,5
Bulgarie	143,4	26,5	0,0	169,9	159,6
Slovaquie	127,1	25,9	0,0	153,1	153,1
Luxembourg	126,6	13,8	0,0	140,4	140,4
Lituanie	87,2	15,8	0,0	103,0	103,0
Slovénie	84,9	8,0	0,0	93,0	93,0
Croatie	64,8	0,8	0,0	65,6	65,6
Estonie	32,8	6,2	14,5	53,5	53,4
Lettonie	31,5	12,8	0,0	44,2	44,2
Chypre	26,0	0,7	0,0	26,6	26,6
Malte	13,8	0,0	0,0	13,8	13,3
Total UE-27	13 345,9	2 648,6	328,0	16 322,5	16 256,5

* Incluant une consommation marginale d'autres biocarburants liquides. ** Possibilité d'allouer au secteur des transports du biométhane produit localement mélangé dans le réseau de gaz naturel avec des exigences de traçabilité appropriées. *** Biocarburants conformes aux articles 17 et 18 de la directive 2009/28/CE. Note: La répartition entre les types de biocarburants a été estimée par EurObserv'ER. Source: Shares Eurostat (biocarburants totaux et conformes)

2

Consommation de biocarburants destinés aux transports dans l'Union européenne en 2021 (en ktep) selon les critères de la directive (EU) 2018/2001

	Biodiesel*	Bioessence	Biogaz**	Total	Biocarburants conformes***
Allemagne	2 166,6	734,7	82,8	2 984,0	2 961,4
France	2 185,9	710,2	1,6	2 897,8	2 897,8
Italie	1 388,4	27,1	136,5	1 552,0	1 551,9
Espagne	1 410,1	140,6	0,0	1 550,6	1 549,9
Suède	1 221,8	117,3	112,6	1 451,8	1 451,8
Pologne	911,7	208,0	0,0	1 119,7	1 119,7
Belgique	606,8	118,7	0,0	725,5	725,5
Finlande	557,2	113,5	12,1	682,8	663,9
Pays-Bas	356,7	233,2	40,8	630,8	630,2
Roumanie	374,8	120,9	0,0	495,8	495,8
Autriche	410,3	49,3	0,4	460,0	460,0
Tchéquie	305,8	55,5	19,0	380,2	380,2
Portugal	323,1	17,1	0,0	340,2	340,2
Hongrie	196,7	87,0	0,0	283,7	283,7
Danemark	179,0	81,8	8,8	269,7	269,7
Grèce	131,4	68,1	0,0	199,5	160,8
Irlande	163,7	20,3	0,4	184,4	184,4
Bulgarie	148,8	20,8	0,0	169,6	166,8
Slovaquie	134,4	26,1	0,0	160,5	160,5
Luxembourg	118,6	17,9	0,0	136,5	136,5
Lituanie	110,4	16,5	0,0	126,9	126,9
Slovénie	94,0	8,6	0,0	102,6	102,5
Croatie	90,4	0,8	0,0	91,2	91,2
Estonie	41,4	4,2	11,8	57,5	57,5
Lettonie	34,0	11,7	0,0	45,8	45,8
Chypre	26,2	0,0	0,0	26,2	26,2
Malte	10,9	0,0	0,0	10,9	10,8
Total EU 27	13 699,1	3 010,1	426,9	17 136,1	17 051,4

* Incluant une consommation marginale d'autres biocarburants liquides. ** Y compris le biométhane mélangé au réseau de gaz naturel alloué au secteur des transports avec des exigences de traçabilité. *** Biocarburants conformes (articles 29 et 30 de la directive 2018/2001 UE). Note: La répartition entre les types de biocarburants a été estimée par EurObserv'ER. Source: Shares Eurostat (biocarburants totaux et conformes)



3

Consommation de biocarburant dont les matières premières utilisées sont considérées comme équivalent au double de leur contenu énergétique en 2020 et en 2021 (ktep)

	2020			2021		
	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	407,594	536,5	944,0	538,3	800,1	1338,4
Espagne	66,915	484,7	551,6	471,3	396,0	867,3
Suède	240,452	58,0	298,4	332,2	300,6	632,7
Allemagne	113,631	591,7	705,3	183,7	442,4	626,1
Pays-Bas	98,138	301,3	399,4	144,4	358,3	502,6
Portugal	6,968	153,1	160,1	83,8	172,4	256,2
France	46,096	186,5	232,6	71,2	111,8	183,0
Hongrie	0,100	144,0	144,1	0,2	163,8	164,0
Irlande	10,908	154,1	165,0	0,4	160,4	160,8
Finlande	87,132	0,0	87,1	83,2	6,1	89,3
Slovénie	16,192	49,1	65,3	30,9	56,3	87,2
Tchéquie	6,453	81,2	87,7	19,2	67,8	87,1
Bulgarie	16,629	39,2	55,8	9,1	62,3	71,3
Belgique	16,658	38,8	55,5	27,6	39,8	67,4
Danemark	12,952	25,7	38,7	17,4	38,0	55,5
Luxembourg	0,000	60,3	60,3	0,0	55,3	55,3
Slovaquie	0,000	36,2	36,2	8,0	37,7	45,7
Estonie	22,496	14,5	37,0	34,1	4,2	38,3
Croatie	0,000	35,2	35,2	0,0	35,5	35,5
Grèce	0,000	41,2	41,2	0,0	34,9	34,9
Chypre	0,000	18,5	18,5	2,1	20,1	22,2
Pologne	34,828	0,0	34,8	20,8	0,0	20,8
Lettonie	9,927	0,2	10,1	12,3	0,0	12,3
Malte	0,121	7,5	7,6	1,8	8,9	10,8
Autriche	9,763	3,3	13,0	0,0	0,5	0,5
Lituanie	0,015	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0
Roumanie	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total UE-27	1 224,0	3 060,8	4 284,7	2 092,2	3 373,1	5 465,2

1. Par biocarburants avancés, on entend les biocarburants produits à partir des matières premières énumérées à l'annexe IX, partie A, de la directive (UE) 2018/2001. 2. Biocarburants produits à partir des matières premières énumérées dans la partie B de l'annexe IX de la directive (UE) 2018/2001. Source : Eurostat

transports avec les exigences de traçabilité appropriées). Point intéressant, l'augmentation de la consommation de biocarburant a plus particulièrement bénéficié aux biocarburants dits «avancés», c'est-à-dire ceux produits à partir des matières premières énumérées à l'annexe IX, partie A, de la directive (UE) 2018/2001. Selon Eurostat, la consommation de ces derniers est passée de 1,2 Mtep en 2020 à 2,1 Mtep en 2021 (+ 868,2 ktep), soit une croissance de 70,9%. On peut préciser que, compte tenu des bonifications, le double (soit 4,2 Mtep en 2021) a été pris en compte dans les objectifs transport des pays membres. La consommation de biocarburant produit avec des déchets d'huile de friture et de graisses animales (matières premières listées dans la partie B de l'annexe IX) a augmenté mais moins fortement, passant de 3,1 Mtep en 2020 à 3,4 Mtep en 2021 (+ 10,2%). Ces biocarburants bénéficient également d'une double comptabilité de leur contenu énergétique, mais leur utilisation est désormais limitée par la RED II, qui leur a fixé un plafond de consommation de 1,7% dans la prise en compte de l'objectif transport. Cette nouvelle règle a eu en 2021 des répercussions sur les objectifs transports de certains pays comme les Pays-Bas, qui n'ont pas pu prendre en compte la totalité de leur consommation de biodiesel produit à partir d'huile de cuisson usagée. L'article 29 de la nouvelle directive RED II a quant à lui renforcé les critères environnementaux sur le plan des émissions de gaz à effet de serre des installations de production. L'article précise que la réduction des émissions

de gaz à effet de serre résultant de l'utilisation des biocarburants (et biogaz) doit être au minimum de 65% produits dans des installations mises en service à partir du 1^{er} janvier 2021, au minimum de 70% pour celles mises en service jusqu'au 31 décembre 2025 et au minimum 80% pour les installations mises en service à partir du 1^{er} janvier 2026. Cette législation bénéficie directement à l'expansion des biocarburants avancés les moins émetteurs, biodiesel HVO en tête, mais aussi éthanol cellulosique, biométhane, biométhane (gaz naturel véhicule et gaz naturel liquéfié - bio-CNG/LNG en anglais) et biokérosène (et autres biocarburants pour l'aviation, SAF en anglais). Cela joue particulièrement en faveur des nouvelles unités de production suédoises et finlandaises, basées sur le raffinage de l'huile de tall, un sous-produit de la conversion du bois en pâte à papier, mais également du bioéthanol produit à partir de flux de déchets alimentaires et de l'éthanol cellulosique.

ÉLECTRICITÉ RENEUVABLE DANS LES TRANSPORTS
UNE NOUVELLE RÈGLE COMMUNE ET UN NOUVEAU DÉPART

L'augmentation de la part de l'électricité renouvelable et l'accélération des ventes de véhicules électriques auraient logiquement dû se traduire par une augmentation significative de la consommation d'électricité renouvelable utilisée dans les transports dans la plupart des pays de l'Union européenne. Toutefois, pour certains pays, un nouveau mode de calcul inhérent à la RED II a entraîné

une rupture de séries statistiques entre les valeurs 2020 et les valeurs 2021. En effet, jusqu'en 2020, les règles de comptabilisation de cet indicateur étaient définies par la directive 2009/28/CE. Mais depuis 2021, les règles de comptabilisation applicables indiquent que la consommation d'électricité renouvelable utilisée dans les transports doit impérativement être calculée à partir du mix de production d'électricité nationale, alors que précédemment les pays membres avaient le choix entre leur mix national et le mix moyen de l'Union européenne. Pour cette raison, les pays qui avaient auparavant fait le choix d'utiliser comme référence le mix de production de l'Union européenne sont tenus de recalculer cet indicateur. Ce changement de méthode explique pourquoi la contribution de la consommation d'électricité renouvelable dans les transports de certains pays a diminué, alors qu'elle aurait dû logiquement augmenter. C'est le cas notamment de la France, des Pays-Bas, de la Belgique et de quelques pays d'Europe de l'Est comme la Pologne et la République tchèque. Pour ces pays, il faudra attendre les données de l'année 2022 et donc deux indicateurs construits de manière identique, pour avoir une idée plus précise de la hausse de la contribution de l'électricité renouvelable dans les transports. Pour l'année 2021, les données issues de l'outil Shares d'Eurostat évaluent la consommation d'électricité renouvelable à 1 881,4 ktep (dont 236,7 ktep utilisés dans les transports routiers). Il convient de préciser que dans certains pays, une part significative de la consommation d'électricité renouvelable dans



4

Électricité renouvelable utilisée dans les transports (route, rail, autres modes de transport) en 2020 et en 2021 (ktep)

	2020				2021			
	Électricité renouvelable dans les transports routiers	Électricité renouvelable dans les transports ferroviaires	Électricité renouvelable dans les autres modes de transports	Total	Électricité renouvelable dans les transports routiers	Électricité renouvelable dans les transports ferroviaires	Électricité renouvelable dans les autres modes de transports	Total
Allemagne	21,5	351,3	0,0	372,8	48,9	405,4	0,0	454,4
Italie	5,6	135,5	154,1	295,1	13,2	155,9	158,3	327,4
Suède	28,2	128,8	0,0	157,0	87,8	156,7	0,0	244,5
Autriche	0,9	117,5	78,9	197,3	0,9	120,9	86,1	207,8
France	11,7	192,0	27,1	230,9	15,3	150,8	17,1	183,1
Espagne	6,1	88,5	6,4	101,0	11,3	99,4	7,2	117,9
Roumanie	1,5	36,0	1,5	39,0	6,9	42,2	1,8	50,9
Pays-Bas	18,6	41,3	0,0	60,0	17,0	25,7	0,0	42,7
Pologne	2,1	80,1	5,7	87,9	0,8	39,7	1,3	41,9
Danemark	5,1	22,7	0,0	27,9	13,3	25,7	0,0	39,0
Belgique	3,7	40,5	0,5	44,7	4,6	27,6	0,7	32,9
Finlande	4,0	21,7	0,0	25,6	7,7	22,6	0,0	30,3
Portugal	0,5	18,6	0,3	19,3	0,8	20,8	0,2	21,8
Tchéquie	2,0	41,7	1,8	45,5	0,9	19,0	0,9	20,8
Croatie	0,1	9,3	1,5	10,8	0,3	10,2	1,6	12,2
Slovaquie	0,7	11,6	1,7	14,0	0,5	8,9	1,8	11,1
Hongrie	1,7	31,6	0,3	33,6	0,7	9,9	0,1	10,7
Bulgarie	1,0	10,2	0,3	11,5	0,8	8,3	0,2	9,3
Slovénie	0,1	5,6	0,2	5,8	0,1	6,3	0,2	6,6
Grèce	0,6	5,0	0,0	5,6	0,3	4,5	0,0	4,7
Lettonie	1,3	2,9	0,2	4,3	1,3	3,0	0,1	4,5
Irlande	1,2	1,4	0,0	2,5	2,0	1,5	0,0	3,5
Luxembourg	0,5	3,6	0,0	4,1	0,2	1,3	0,0	1,6
Lituanie	1,1	0,4	0,5	2,0	0,8	0,2	0,3	1,3
Estonie	0,4	0,3	1,2	1,9	0,3	0,2	0,0	0,6
Malte	0,1	0,0	0,0	0,1	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
Total UE-27	119,9	1 398,2	282,1	1 800,3	236,7	1 366,7	278,0	1 881,4

Note: Une nouvelle méthode de calcul inhérente à la RED II a conduit à une rupture des séries statistiques entre les valeurs 2020 et les valeurs 2021. En effet, jusqu'en 2020, les règles de comptabilisation de cet indicateur étaient définies par la directive 2009/28/CE. Mais depuis 2021, les règles comptables applicables sont celles définies par la directive (UE) 2018/2001 (RED II). Désormais, la consommation d'électricité renouvelable utilisée dans les transports doit impérativement être calculée à partir du mix national

de production électrique, alors qu'auparavant les pays membres avaient le choix entre leur mix national et le mix moyen de l'Union européenne. Pour cette raison, les pays qui avaient précédemment choisi d'utiliser le mix de production de l'Union européenne comme référence, car la part de l'électricité renouvelable y était plus élevée, sont amenés à recalculer cet indicateur à partir de l'année 2021. Source: Eurostat



Nouvel objectif, nouvelles règles

La nouvelle directive énergie renouvelable (2018/2001) a poussé l'objectif énergies renouvelables dans les transports à 14 % en 2030 (contre 10 % en 2020 dans la précédente directive EnR abrogée), un seuil qui est qualifié de « part minimale » à atteindre, en reformulant et ajoutant de nouveaux critères de durabilité et de réduction de gaz à effet de serre. Afin d'atteindre cet objectif, la directive RED II prévoit que la part des biocarburants (et biogaz) utilisés pour les transports et produits à partir de certaines matières premières peut être considérée au double de leur contenu énergétique dans le bilan énergétique des pays qui les consomment. Cette double comptabilité concerne les « biocarburants avancés », qu'elle définit dans son article 2, qui sont produits à partir des matières premières énumérées dans la partie A l'annexe IX de la directive (algues, déchets et résidus de sylviculture et provenant de la filière bois, paille, fumiers, boues d'épuration, glycérine brute, bagasse, etc.). Elle concerne également les biocarburants (et biogaz) produits avec d'autres matières premières listées dans la partie B de cette annexe, notamment les huiles de cuisson usagées et les graisses animales. Toutefois, les biocarburants produits à partir de ces matières ne sont pas reconnus comme avancés et ne participent donc pas aux objectifs spécifiques de parts minimales dévolues aux biocarburants avancés. Afin de permettre le développement industriel des « biocarburants avancés », la RED II prévoit pour chaque État membre un objectif spécifique de 0,2 % en 2022, d'au moins 1 % en 2025 et d'au moins à 3,5 % en 2030. La directive permet cependant aux États de déroger à ces limites s'ils justifient de problèmes liés à la disponibilité des matières premières concernées. D'autres bonifications ont également été mises en place pour favoriser les modes de transport les plus vertueux sur le plan des émissions de gaz à effet de serre. Ainsi, 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 équivalant à 1,5 fois son

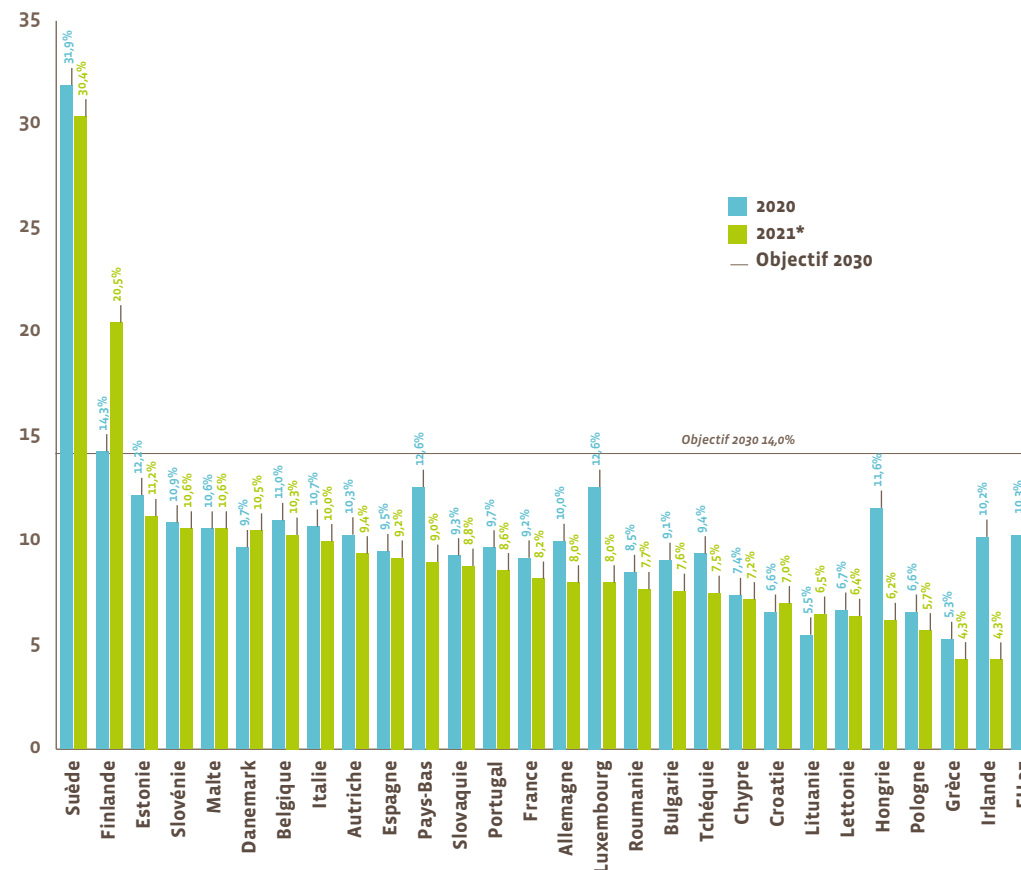
contenu énergétique lorsqu'elle est destinée au transport ferroviaire. À l'exception des carburants produits à partir de cultures destinées à l'alimentation humaine et animale, la contribution des carburants fournis aux transports aérien et maritime équivaut à 1,2 fois leur contenu énergétique. Ces bonifications ont donc pour effet de réduire les volumes d'incorporation physique des biocarburants nécessaires à l'atteinte de la part minimale des 14 % en 2030. La RED II a également fixé un plafond pour les biocarburants produits à partir de cultures traditionnellement destinées à l'alimentation humaine et animale. Leur part jusqu'en 2030 sera soumise à une double contrainte : ne pas dépasser une part maximum de 7 % dans la consommation finale d'énergie dans le secteur des transports et ne pas avoir un niveau supérieur de plus d'un point de pourcentage au taux qui était le leur en 2020. Il est par ailleurs possible, pour les États membres qui le souhaitent, de fixer une limite inférieure et d'opérer des distinctions entre biocarburants. La RED II a également instauré une limite pour la contribution des biocarburants ou biogaz produits à partir d'huiles usagées ou de graisses animales (partie B de l'annexe IX) fixée à un plafond de 1,7 % (à l'exception de Chypre et Malte). Un autre point important de la nouvelle directive est le renforcement des critères de durabilité avec des implications sur l'utilisation d'huile de palme. Pour pouvoir être pris en compte dans les objectifs RED II, les biocarburants doivent respecter des critères de durabilité stricts prévus à l'article 29 du RED II. Cet article fixe des exigences sur le niveau minimum d'économies de gaz à effet de serre (GES), la protection contre la conversion des terres à forte teneur en carbone et la protection de la biodiversité. Il introduit des critères spécifiques pour les biocarburants à haut risque de changement indirect d'affectation des sols (effet Casi) et dont la zone de production gagne nettement sur les terres présentant un important stock de carbone. L'utilisation des biocarburants à haut risque sera plafonnée au niveau de 2019 jusqu'en 2023 puis sera supprimée d'ici 2030. Ces critères ont

été explicités par l'acte délégué 2019/807 publié en mai 2019. La Commission européenne a ainsi défini les matières premières à haut risque d'effet Casi comme celles pour lesquelles la part de l'expansion de la production vers des terres à fort stock de carbone est supérieure à 10 % avec une expansion annuelle moyenne de la surface de production de plus de 1 % depuis 2008. Compte tenu des calculs de

la Commission européenne (présentés en annexe de l'acte délégué), seule l'huile de palme est touchée par cette disposition (le soja y échappant de peu). Les producteurs d'huile de palme auront toutefois la possibilité de certifier que leur matière première est à faible risque à condition de démontrer que leur production est bien conforme aux critères généraux de durabilité de la RED II.

4

Part des sources d'énergie renouvelable dans les transports (en %) selon la directive 2009/28/EC pour 2020 et la directive (EU) 2018/2001 pour 2021



Source : Eurostat

les transports n'est pas clairement tracée et est affectée, par défaut, à la catégorie « autres modes de transports ». Malgré des données moins favorables pour certains pays, l'année 2021 affiche une augmentation de l'ordre de 4,5 % de la consommation d'électricité renouvelable dans l'ensemble des transports à l'échelle de l'UE par rapport à 2020. Une hausse qui s'explique essentiellement par la consommation d'électricité renouvelable dans les transports routiers, liée à la montée en puissance des ventes de véhicules électriques rechargeables.

UNE PART D'ÉNERGIE RENOUELABLE DANS LES TRANSPORTS MESURÉE À 9,1 % EN 2021

Selon les règles de la nouvelle directive énergies renouvelables 2018/2001, la part des énergies renouvelables dans les transports s'établit désormais à l'échelle de l'Union européenne à 9,1 % en 2021, selon Eurostat. Ce chiffre est moindre que celui qui avait été mesuré en 2020 avec les règles de l'ancienne directive (10,3 % en 2020). Pour certains pays, ce changement de méthode a eu des conséquences significatives avec la perte de plusieurs points de pourcentage de leur part énergie renouvelable dans les transports, les éloignant ainsi de l'objectif 2030 qui vise une part énergie renouvelable dans les transports de 14 %. Les pays les plus impactés ont été l'Irlande (- 5,9 points de pourcentage entre 2020 et 2021), la Hongrie (- 5,4 pp), le Luxembourg (- 4,6 pp), les Pays-Bas (- 3,6 pp), l'Allemagne (- 2 pp), la République tchèque (- 1,9 pp). Au final, en 2021, 22 pays

de l'Union européenne ont affiché une part d'énergie renouvelable inférieure à celle présentée en 2020.

La part calculée pour l'année 2021 constitue désormais la nouvelle référence pour se projeter vers l'objectif énergie renouvelable dans les transports de 2030. Les parts qui seront calculées les années suivantes utiliseront la même méthodologie, ce qui permettra de comparer sur une même base les progrès réalisés par les pays membres, à moins d'une nouvelle évolution législative. En effet, la législation actuellement en vigueur pourrait être amenée à changer dans le cadre d'une révision en cours de la RED II. Pour atteindre l'objectif de neutralité climatique d'ici 2050 défini dans le cadre du Pacte vert (Green Deal) européen et de réduction de 55 % des émissions nettes de GES par rapport aux niveaux de 1990 d'ici 2030, la Commission européenne a publié, en juillet 2021, son paquet législatif « Fit for 55 », qui vise à relever les objectifs 2030 de la directive énergies renouvelables. Ce programme prévoit un nouvel objectif global d'énergies renouvelables de 40 % et un nouvel objectif contraignant de réduction de l'intensité des GES pour le secteur des transports de 13 % par rapport à un niveau d'émissions de référence des combustibles fossiles, en remplacement de l'objectif des 14 % de consommation d'énergie renouvelable dans les transports. Ainsi, un système d'objectifs de réduction d'émission de gaz à effet des serres des carburants est déjà mis en place en Allemagne, comme instrument de décarbonisation dans les transports, dans le but également de

favoriser l'utilisation des biocarburants les moins émetteurs de CO₂. En revanche, pas de changement dans le cadre de la proposition de révision de la directive RED II 2018, pour le plafond des « agrocarburants », qui reste à 1 % au-dessus des niveaux de consommation de chaque pays membre en 2020, jusqu'à un plafond global de 7 % de la consommation finale du transport routier et ferroviaire pour chaque État membre. Par contre, la Commission européenne propose un nouvel objectif pour l'utilisation des biocarburants avancés à 2,2 % d'ici 2030, mais aussi de supprimer les multiplicateurs (sur biocarburants avancés, huiles usagées...), ce qui rend finalement le nouveau sous-objectif plus ambitieux que l'objectif actuel de la RED II qui est de 3,5 %. Elle propose également un sous-objectif pour les carburants renouvelables d'origine non biologique (RFNBO) de 2,6 %, ce qui montre l'intérêt de la Commission à promouvoir ces carburants produits à partir d'hydrogène renouvelable. Ces propositions ont été discutées lors du Conseil européen du 27 juin 2022 qui a approuvé des objectifs plus élevés que ceux de la directive RED II. En ce qui concerne les sous-objectifs dans le domaine des transports, le Conseil a introduit la possibilité pour les États membres de choisir entre un objectif contraignant de réduction de 13 % de l'intensité des gaz à effet de serre dans les transports d'ici 2030 et un objectif contraignant d'au moins 29 % d'énergies renouvelables dans la consommation finale d'énergie dans le secteur des transports à la même échéance. Le Conseil a également fixé un sous-objectif contraignant pour les



biocarburants avancés dans la part des énergies renouvelables fournies au secteur des transports, de 0,2 % en 2022, de 1 % en 2025 et de 4,4 % en 2030, mais cette fois en intégrant l'ajout d'un double comptage pour ces carburants. Cette formulation se rapproche donc du sous-objectif indicatif de 2,2 % en 2030 sans multiplicateur proposé par la Commission européenne. En ce qui concerne les carburants renouvelables d'origine non biologique dans les transports (principalement l'hydrogène renouvelable et les carburants de synthèse à base d'hydrogène), le Conseil est convenu d'un sous-objectif indicatif de 2,6 %, soit le même que celui proposé par la Commission européenne, ce qui

correspond de fait à une part de 5,2 % avec la prise en compte de la double comptabilisation. Un engagement fort dans le cadre de ces négociations sur le nouveau paquet législatif a déjà été pris. Le Conseil européen et le Parlement européen sont parvenus à un premier accord, le 27 octobre 2022, en actant définitivement la fin des ventes de véhicules thermiques diesel ou essence dans l'UE en 2035. Le texte approuvé par les États membres, qui se base sur une proposition de la Commission du « Fit for 55 », prévoit de réduire à zéro les émissions de CO₂ des voitures neuves en Europe à partir de 2035. Cette décision historique équivaut à l'arrêt des ventes de voitures particulières (M1) et de

véhicules utilitaires légers neufs (N1) à essence et diesel dans l'UE à cette date, ainsi que de véhicules hybrides, au profit de véhicules 100 % électriques. L'accord prévoit également que les émissions de CO₂ des voitures individuelles neuves dans l'Union européenne devront baisser de 55 % d'ici à 2030, par rapport à leur niveau de 2021, tandis que celles des véhicules utilitaires devront diminuer de 50 %. Avec cette décision, la trajectoire stratégique en matière de transport est désormais claire : l'abandon programmé du moteur thermique au profit d'une électrification généralisée des transports 100 % décarbonés issue de sources renouvelables ou d'énergie nucléaire. ■

UN NOUVEAU DÉPART ET UN HORIZON 2030 À REDÉFINIR

Les énergies renouvelables sont plus que jamais en première ligne dans la lutte contre le changement climatique où elles sont autant de solutions de substitution aux combustibles fossiles et donc de réduction des émissions de gaz à effet de serre. Elles figurent également au premier plan pour défendre la souveraineté économique et énergétique des pays de l'Union européenne, lutter contre la volatilité des prix du gaz et du pétrole qui affaiblit l'économie de l'Union européenne, et elles constituent surtout l'une de nos meilleures armes pour mettre fin à la dépendance de l'UE à l'égard des combustibles fossiles russes.

L'ambition européenne et la prise de conscience de l'intérêt géopolitique et climatique du déploiement des énergies renouvelables ne sont pas nouvelles. Elle s'est formalisée, il y a plus de 26 ans déjà, par l'adoption par la Commission européenne du Livre vert du 20 novembre 1996 qui a constitué le premier pas vers une stratégie en faveur des sources d'énergies renouvelables et par la publication l'année suivante du Livre blanc sur les énergies renouvelables du 26 novembre 1997. Ce Livre blanc a pour la première fois fixé un objectif global pour l'Union européenne (à 15 à l'époque) visant à doubler la part des sources d'énergies renouvelables dans le total de la production d'énergie primaire pour atteindre 12 % en 2010, ainsi que les premiers objectifs chiffrés pour chaque filière énergie renouvelable. D'ailleurs, la mise en œuvre d'indicateurs de suivi des objectifs de ce Livre blanc avait permis la création en 1999 par Observ'ER du projet EurObserv'ER.

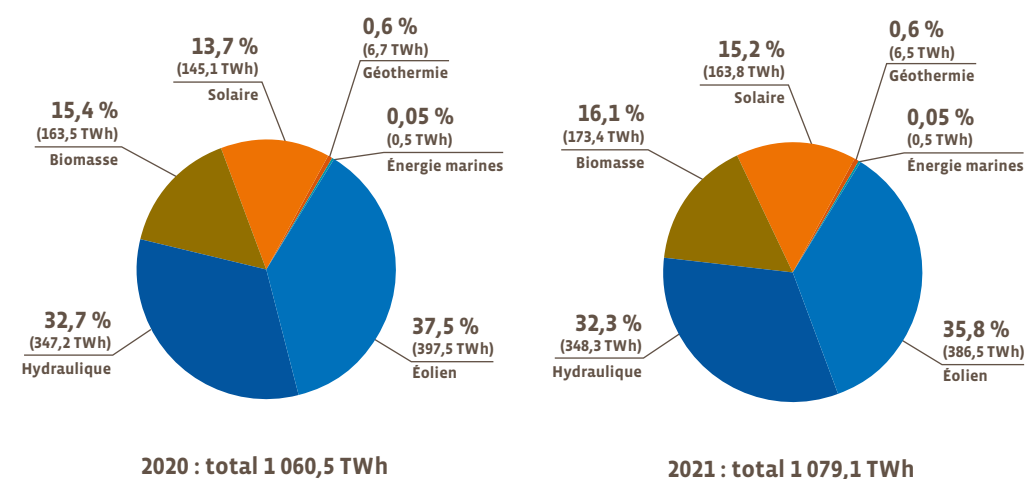
Au fil des années, la législation européenne énergie renouvelable a beaucoup évolué en renforçant graduellement ses objectifs. En 2009, l'Union s'est fixé le projet de faire passer à 20 % la part des énergies renouvelables dans sa consommation brute d'énergie finale à l'horizon 2020. En 2018, cet objectif est passé à 32 % d'ici à 2030. En juillet 2021, du fait des nouvelles ambitions climatiques de l'Union, une révision de cet objectif à 40 % d'ici à 2030 a été proposée par la Commission européenne aux États membres. En mai 2022, à la suite de l'agression de la Russie envers l'Ukraine, la Commission a présenté en urgence le plan REPowerEU, qui propose de rehausser à 45 % l'objectif énergie renouvelable pour 2030.

2021, NOUVELLE ANNÉE DE RÉFÉRENCE DE LA RED II

2021 est une nouvelle année de référence car c'est la première année où sont prises en compte les dispositions spécifiques de calcul de la directive énergie renouvelable (EU) 2018/2001 (dite RED II). Les résultats de l'année 2021 ne sont donc pas directement comparables à ceux de l'année 2020, qui prenaient en compte les dispositions de calcul inhérentes à la précédente directive 2009/28/EC (dite RED I). Eurostat, qui assure le suivi des objectifs de la nouvelle directive énergies renouvelables à travers son outil statistique Shares, précise qu'en raison du changement de base juridique entre l'ancienne et la nouvelle directive, une rupture de série s'est produite entre 2020 et 2021. Eurostat prévient également que d'autres ruptures possibles dans les séries chronologiques pourraient s'expliquer par divers problèmes,

1

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



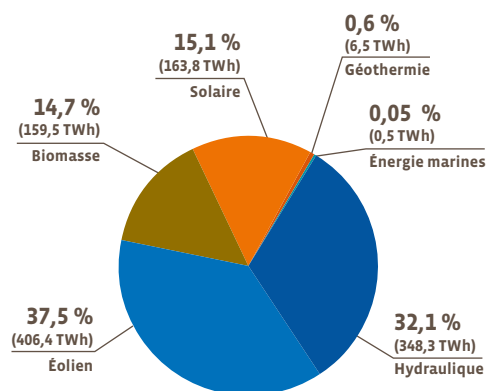
Note : La production hydroélectrique est réelle (non normalisée) et exclut le pompage. La production d'électricité éolienne est réelle (non normalisée). Toute la production d'électricité biomasse issue de biocarburants solides, de biogaz (utilisé pur ou en mélange dans le réseau de gaz naturel) et de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

notamment une transposition tardive des directives ou un changement de méthodologie statistique. Eurostat encourage donc les lecteurs à analyser les différences entre les deux directives (RED I et RED II), les secteurs de l'énergie et toutes les spécificités nationales avant de tirer des conclusions sur les premiers indicateurs de suivi de la nouvelle directive énergies renouvelables.

EurObserv'ER précise que les principales ruptures statistiques entre les deux directives proviennent des

nouveaux critères de durabilité des biocarburants solides et gazeux, qui ont rendu inéligible à partir de 2021 une partie de l'énergie biomasse pour le calcul des objectifs énergie renouvelable de la nouvelle directive. Entre également en compte le nouveau mode de calcul de l'électricité renouvelable dans les transports, qui est beaucoup moins avantageux pour certains pays. En effet, depuis 2021, les règles de comptabilisation applicables indiquent que la consommation d'électricité renouvelable utilisée dans les transports doit

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



2021 : total 1 085,0 TWh

Note : La production hydroélectrique est normalisée et exclut le pompage. La production d'électricité éolienne est normalisée. La production d'électricité solaire comprend la production d'électricité photovoltaïque et la production d'électricité des centrales thermodynamiques. Seule la production d'électricité biomasse (biomasse solide, liquide ou gazeuse) respectant les critères de durabilité de la directive 2018/2001 (EU) est prise en compte.

Source : EurObserv'ER

impérativement être calculée à partir du mix de production d'électricité nationale, alors que précédemment les pays membres avaient le choix entre leur mix national et le mix moyen de l'Union européenne (cf. fiche sur les énergies renouvelables dans les transports).

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 de l'état en 2021 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 et non conforme 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 22 janvier 2023. Ils présentent l'intérêt de mesurer les écarts par rapport aux indicateurs « éligibles » répondant aux spécifications légales de la RED II.

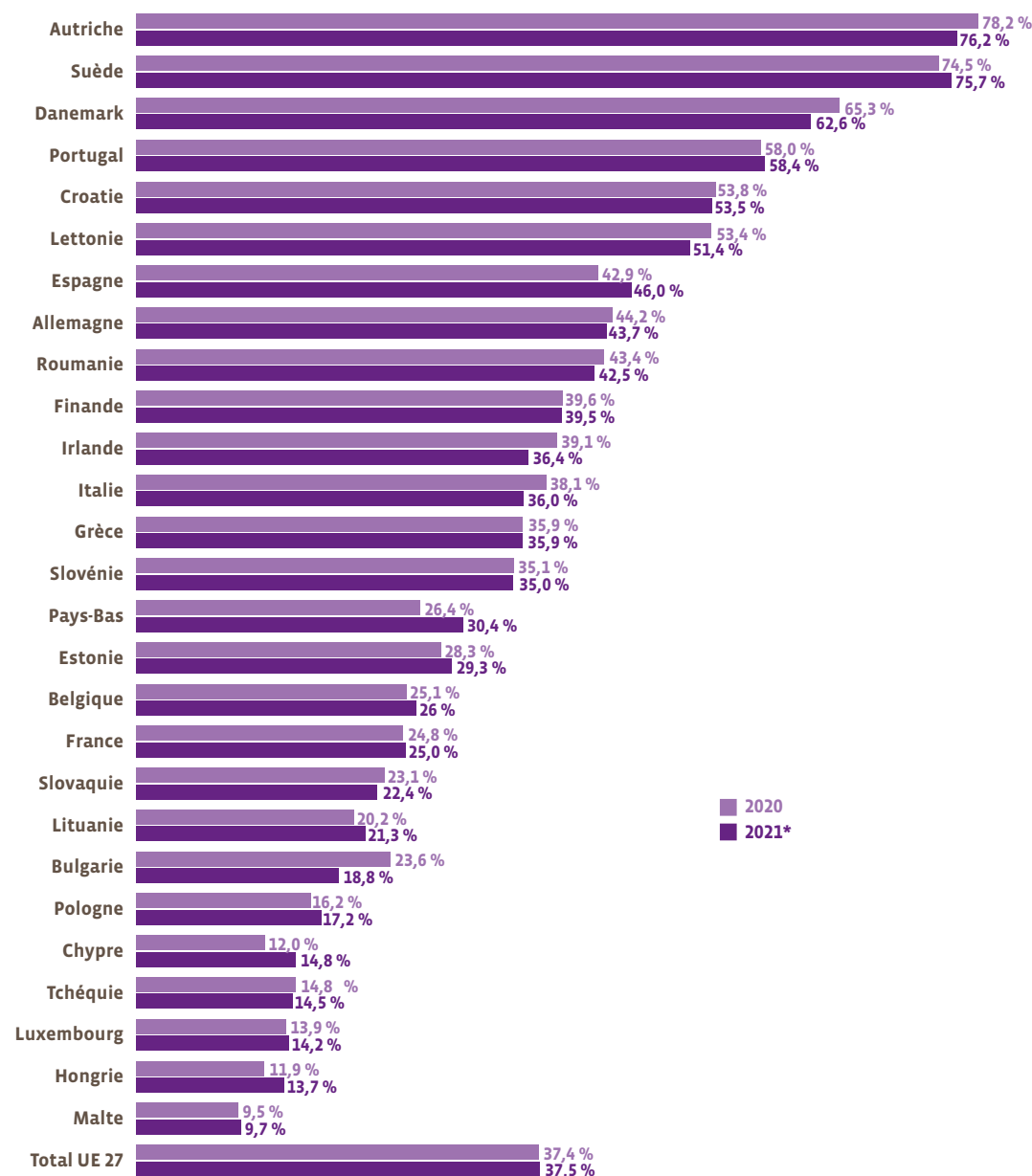
UN MIX ENR DIVERSIFIÉ ET COMPLÉMENTAIRE

Contrairement à 2020, l'année 2021 n'a pas été bonne pour la production d'électricité renouvelable au sein de l'UE, notamment du fait d'un déficit de vent qui a touché de grandes zones de production (Allemagne, France, Belgique, Irlande, Suède). Selon les données d'Eurostat, la production brute de l'électricité renouvelable européenne, non normalisée et sans prendre en compte le pompage turbinage, a été en 2021 de 1 079,1 TWh, soit une modeste croissance de 1,7 % par rapport à 2020 (1 060,5 TWh). C'est seulement 18,5 TWh de plus qu'en 2020, bien loin des 81,8 TWh supplémentaires mesurés entre 2019 et 2020. Sur les deux dernières années, l'augmentation de la production d'électricité renouvelable parvient tout de même à dépasser les 100 TWh (+ 100,3 TWh entre 2019 et 2021), preuve du dynamisme intact de ces filières.

Les énergies renouvelables ont ainsi représenté en 2021 37,1 % de la production brute d'électricité totale de l'Union européenne à 27 (mesurée à 2 906,2 TWh en 2021 par Eurostat). C'est moins qu'en 2020, où cette même part avait été mesurée à 38,1 % (pour une production d'électricité totale de 2 784,6 TWh). L'année 2021 a donc été à l'avantage de la production d'électricité conventionnelle, qui a augmenté plus rapidement dans un contexte de reprise économique post-covid. La grande force des énergies renouvelables reste leur diversité et leur complémentarité. La baisse de la production éolienne, qui a tout de même perdu 11 TWh à l'échelle de l'Union européenne, a été plus que compensée par les autres filières renouvelables (+ 18,6 TWh pour le solaire, + 9,9 TWh pour la biomasse, + 1,1 TWh pour l'hydraulique hors pompage). Avec une production réelle de 386,5 TWh, l'éolien a confirmé son statut de première filière renouvelable pour la production d'électricité dans l'Union européenne, devant l'hydroélectricité hors pompage (348,3 TWh en 2021). Sa part dans le total de la production d'électricité renouvelable recule cependant à 35,8 % en 2021 (de 37,5 % en 2020).

L'éolien a ainsi représenté 13,3 % de la production brute totale d'électricité de l'Union

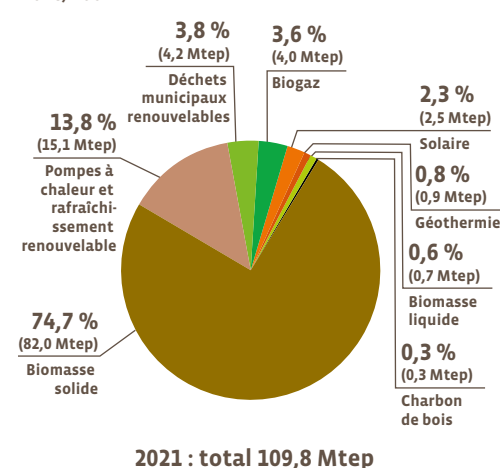
Part des énergies renouvelables dans la consommation brute d'électricité des pays de l'Union européenne selon la directive 2009/28/EC pour les données 2020 et la directive (UE) 2018/2001 pour 2021



* Les données jusqu'en 2020 sont calculées sur la base de la directive 2009/28/CE, tandis que les données 2021 suivent la directive (UE) 2018/2001. Note pour le calcul : La production hydroélectrique est normalisée et exclut le pompage. La production d'électricité éolienne est normalisée. Pour 2020, la production d'électricité à partir de biocarburants solides, de biogaz (pur et mélangé dans le réseau de gaz naturel) et de biocarburants liquides prise en compte est conforme aux critères de la directive 2009/28/CE. Les autres filières de production d'électricité renouvelable prises en compte sont celles des déchets municipaux renouvelables, la géothermie, et les énergies marines. Pour 2021, la production d'électricité à partir de biocarburants solides, de biogaz (pur et mélangé dans le réseau de gaz naturel) et de biocarburants liquides prise en compte est conforme aux critères de la directive (UE) 2018/2001. Source : Eurostat (mis à jour le 24 janvier 2023)

5

Part de chaque source d'énergie dans la consommation de chaleur et de froid renouvelables dans l'UE à 27 (en %) selon les spécifications de la directive (UE) 2018/2001



Note: Les sources renouvelables pour le chauffage et le rafraîchissement correspondent à la somme de la consommation finale d'énergie des carburants renouvelables dans les secteurs industrie et autres, de la production de chaleur dérivée des carburants renouvelables et des pompes à chaleur pour le chauffage et le rafraîchissement renouvelable. La consommation d'énergie finale et la chaleur dérivée du biogaz mélangé au réseau sont incluses. Pour la consommation d'énergie finale et la chaleur dérivée des biocarburants solides, des biocarburants liquides et du biogaz (pur et mélangé dans le réseau) seule la partie conforme aux exigences de la directive (EU) 2018/2001 est incluse. Source : EurObserv'ER

l'énergie biomasse pour la production d'électricité et, compte tenu de leurs dynamiques respectives, le solaire devrait supplanter la biomasse dès 2022. En termes de contribution aux objectifs de la RED II, la passation de pouvoir s'est déjà réalisée. En effet, la mise en œuvre des critères de durabilité liés à la biomasse solide et gazeuse, en plus de ceux liés à la biomasse liquide, a déjà écarté une partie de la production d'électricité biomasse (13,9 TWh en 2021) pour la prise en compte des objectifs énergie renouvelable (voir plus loin).

Avec une part de 5,6 % dans la production totale électrique de l'Union européenne en 2021 (5,2 % en 2020), le solaire est définitivement sorti de la marginalité. De plus, dans neuf pays de l'Union européenne, le solaire représente déjà en 2021 plus de 8 % de la production d'électricité totale (11,6 % à Malte, 10,6 % en Hongrie, 9,9 % en Espagne, 9,6 % en Grèce, 9,5 % au Pays-Bas,

9,1 % à Chypre; 8,7 % en Italie, 8,4 % en Allemagne, 8,1 % au Luxembourg).

Concernant l'énergie biomasse dans son ensemble (biomasse solide, biogaz, déchets municipaux renouvelables, biomasse liquide), la production d'électricité de l'Union européenne a atteint le chiffre de 173,4 TWh en 2021, soit une croissance de 6 % par rapport à 2020 (+ 9,9 TWh). La quasi-totalité de cette augmentation a été apportée par la biomasse solide (+ 9,8 TWh), dont la production s'établit à 92,8 TWh en 2021 (+ 11,8 % par rapport à 2020). La progression du biogaz (utilisé pur dans des centrales biogaz et mélangé dans le réseau de gaz naturel) est nulle (+ 0,0 % entre 2020 et 2021) et reste stable à 56,6 TWh (dont 4 TWh issus de biométhane mélangé dans le réseau de gaz naturel). La contribution des déchets municipaux renouvelables valorisés dans les centrales d'incinération (waste-to-energy plant) est de 0,7 TWh entre 2020 et 2021 (+ 3,7 %, soit un total de 19,6 TWh). Enfin, la valorisation de la biomasse liquide en électricité, très développée en Italie, est en recul (- 0,6 TWh entre 2020 et 2021), soit une décroissance de 12 % et un niveau de production de 4,4 TWh en 2021.

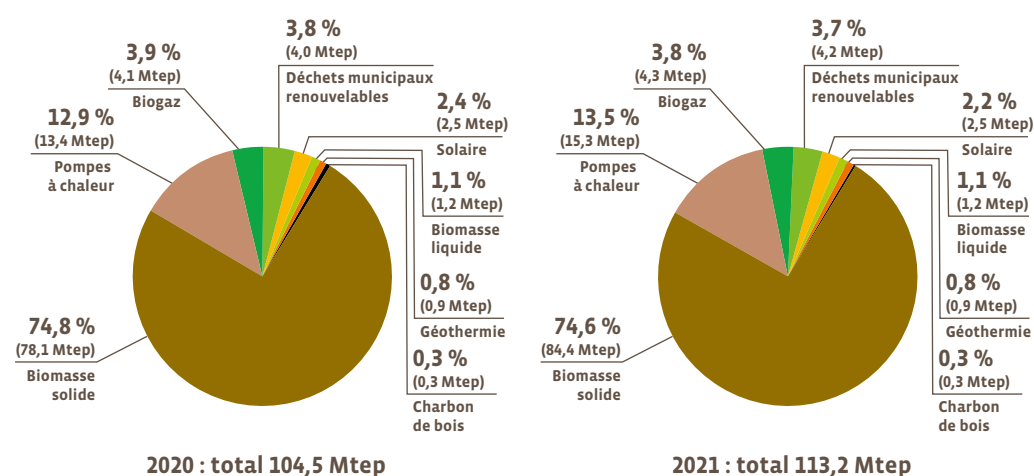
Dans l'Union européenne, les filières de production d'électricité géothermique (essentiellement italienne) et énergies marines (essentiellement française) évoluent peu entre 2020 et 2021, avec des niveaux de production respectifs en 2021 de 6,5 TWh (- 0,2 TWh) et de 0,5 TWh (+ 0,0 TWh).

UN HIVER PLUS LONG A RAVIVÉ LA CHALEUR BIOMASSE

Selon les données Eurostat issues de la balance énergétique complète des pays membres et mise à jour le 22 janvier 2022, la consommation d'énergie renouvelable utilisée pour le chauffage et le refroidissement a nettement augmenté entre 2020 et 2021, passant de 104,5 Mtep à 113,2 Mtep (+ 8,2 %). Cet indicateur regroupe à la fois l'énergie directement consommée par l'utilisateur final (la consommation d'énergie finale) dans l'industrie et les « autres secteurs » (tels que résidentiel, commercial, agriculture, forestier, pêche), la production de chaleur issue du secteur de la transformation (chaleur dérivée) et la production renouvelable restituée par les pompes à chaleur. Dans le total, EurObserv'ER a fait le choix d'ajouter une estimation de la consommation d'énergie finale (industries et « autres secteurs ») et de la chaleur dérivée du biométhane injecté et

4

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



Note: Les sources renouvelables pour le chauffage et le rafraîchissement correspondent à la somme de la consommation finale d'énergie des carburants renouvelables dans les secteurs industrie et autres, de la production de chaleur dérivée des carburants renouvelables et des pompes à chaleur. 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 (pur et mélangé dans le réseau) sont incluses, conformes ou non aux exigences des directives sur les énergies renouvelables. Source : EurObserv'ER

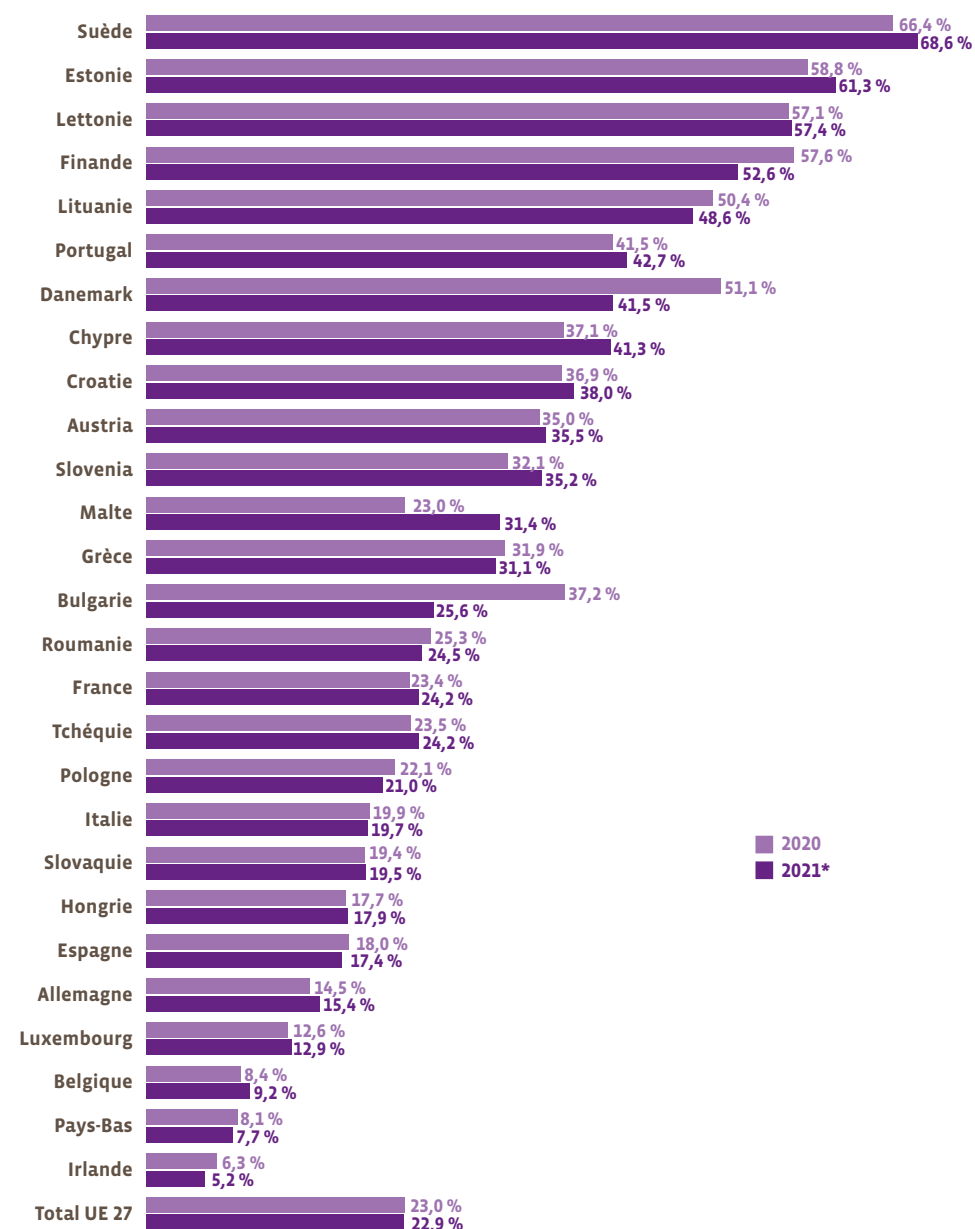
européenne en 2021, mesurée à 2 781,4 TWh (part de 14,3 % en 2020). À noter que la production d'électricité éolienne maritime a mieux résisté que la production éolienne terrestre, puisqu'elle a augmenté légèrement de 0,8 %, passant de 47,4 TWh en 2020 à 47,7 TWh en 2021. Il est à noter que la Belgique a la particularité d'avoir une part de l'éolien offshore majoritaire dans sa production éolienne (57,7 % en 2021) et devrait rapidement être rejointe par le Danemark (47,3 %) et les Pays-Bas (44,2 %) compte tenu des investissements éoliens offshore réalisés par ces deux pays.

L'hydraulique est le deuxième grand pilier de la production d'électricité renouvelable de l'Union européenne. 2021, à l'image de 2020, a globalement été une bonne année à l'échelle de l'Union européenne pour la filière (hors pompage et pour une production non normalisée). L'énergie générée a augmenté légèrement de 1,1 TWh et cela s'est traduit par une diminution de sa part dans la production d'électricité renouvelable en Europe, qui diminue à 32,3 % en 2021 (32,7 % en 2020). Dans l'Union européenne, la légère augmentation de la production hydroélectrique hors pompage cache une forte hétérogénéité au niveau des États membres. Sur les 5 premiers pays producteurs (Suède, France,

Italie, Autriche et Espagne), seule la Suède a vu son niveau de production augmenter (+ 2,1 % par rapport à 2020, soit un gain de 1,5 TWh). Les baisses de production mesurées en France (- 4,7 %, - 3 TWh), en Italie (- 4,6 %, - 2,2 TWh) et en Autriche (- 7,7 %, - 3,2 TWh) ont été les plus importantes. Ces baisses ont, à l'échelle de l'Union européenne, été compensées par la forte augmentation des productions hydroélectriques de la Grèce (+ 76,6 %, + 2,6 TWh), de la Roumanie (+ 13,2 %, + 2 TWh), de la Bulgarie (+ 70,9 %, + 2 TWh) et de la Croatie (+ 25,9 %, + 1,5 TWh).

L'énergie solaire a définitivement changé de statut en 2021 car elle est non seulement la filière qui a augmenté le plus rapidement dans l'Union européenne mais également celle qui a contribué le plus à la production d'électricité renouvelable. Selon Eurostat, la production d'électricité solaire de l'Union européenne a atteint 163,8 TWh en 2021 (158,6 TWh de solaire photovoltaïque et 5,2 TWh de solaire thermodynamique), soit une croissance de 12,9 % et un gain de 18,6 TWh entre 2020 et 2021. La part de l'électricité solaire dans le total de la production d'électricité renouvelable passe ainsi de 13,7 % en 2020 à 15,2 % en 2021. Le solaire talonne désormais

Part des énergies renouvelables dans la chaleur et le rafraîchissement des pays de l'Union européenne – directive 2009/28/CE pour 2020 et directive (EU) 2018/2001 pour 2021



* Les données jusqu'en 2020 sont calculées sur la base de la directive 2009/28/CE, tandis que les données pour 2021 suivent la directive (UE) 2018/2001. Note : Les sources renouvelables pour le chauffage et le rafraîchissement correspondent à la somme de la consommation finale d'énergie des carburants renouvelables dans les secteurs industrie et autres, de la production de chaleur dérivée des carburants renouvelables, des pompes à chaleur et du rafraîchissement renouvelable. La consommation d'énergie finale et la chaleur dérivée du biogaz mélangé au réseau sont incluses. Pour 2020, la consommation d'énergie finale et la chaleur dérivée des biocarburants solides, des biocarburants liquides et du biogaz (pur et mélangé dans le réseau) est conforme aux exigences de la directive 2009/28/CE. Pour 2021, la consommation d'énergie finale et la chaleur dérivée des biocarburants solides, des biocarburants liquides et du biogaz (pur et mélangé dans le réseau) est conforme aux exigences de la directive (EU) 2018/2001. Source : Eurostat (mis à jour le 24 janvier 2023)

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. Selon EurObserv'ER, pour l'année 2021, environ 3,2 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.

Conforme ou non, la biomasse solide a été la principale filière contributrice à l'augmentation de la chaleur renouvelable. Sa contribution augmente de 6,2 Mtep entre 2020 et 2021 pour atteindre 84,4 Mtep. Cette augmentation s'explique essentiellement par un hiver globalement plus froid que les précédents mais également plus long. Et donc en grande partie par la forte demande de chaleur dans le secteur résidentiel, particulièrement importante en Allemagne et en France mais aussi en Belgique, en Italie et en Autriche. La chaleur biomasse solide vendue dans les réseaux de chaleur (issue du secteur de la transformation) a augmenté encore plus franchement. Les hausses les plus importantes ont été enregistrées en Suède et en Finlande. La biomasse solide représente encore près des trois quarts (74,6% en 2021) de la consommation de chaleur renouvelable et de froid renouvelable de l'Union européenne. Sa part dans la chaleur et le froid renouvelables est toutefois en léger retrait en 2021, une nouvelle fois grignotée par la chaleur et le froid renouvelables des pompes à chaleur.

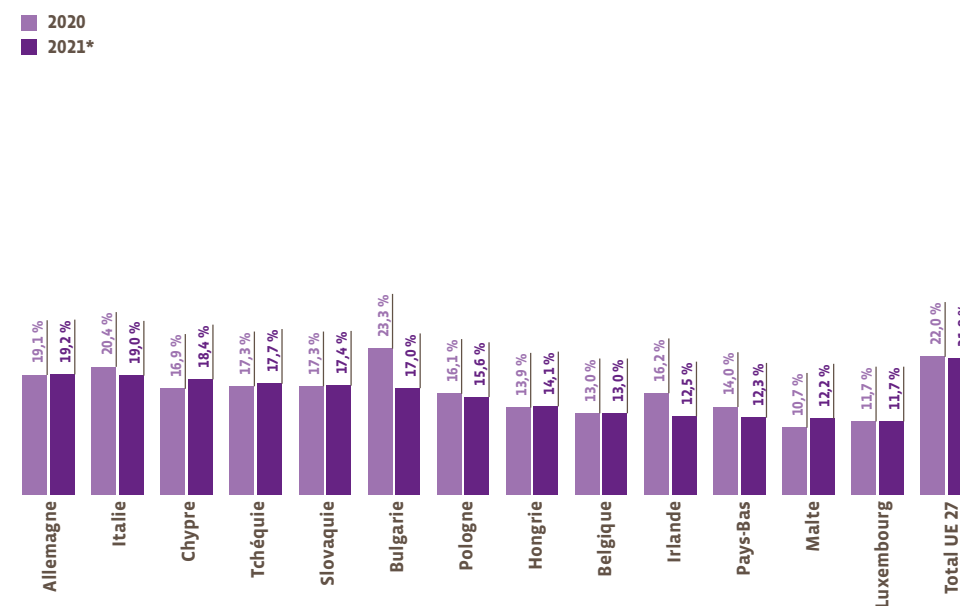
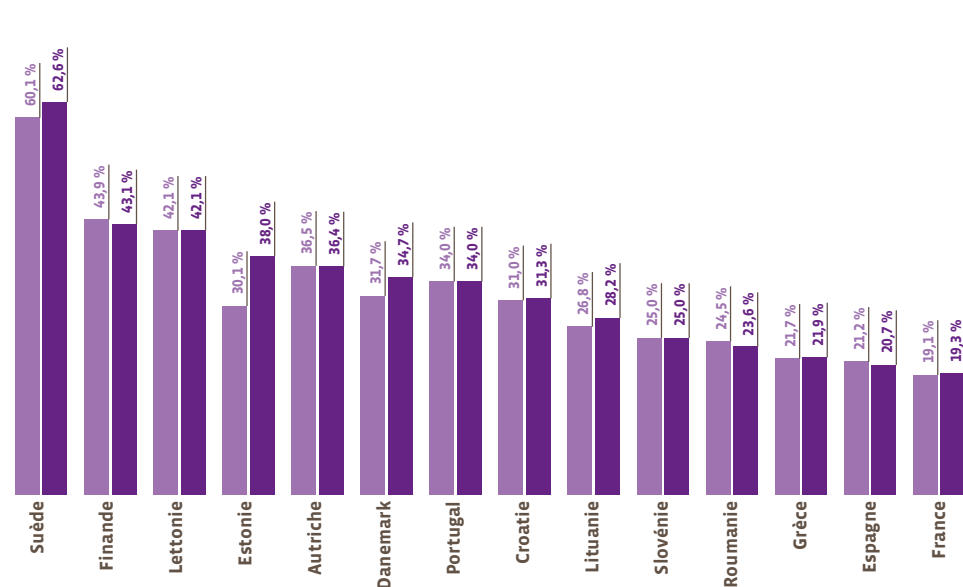
En 2021, les PAC ont moins contribué que la biomasse solide à la chaleur (et au froid) renouvelable sur le plan énergétique (+ 1,9 Mtep entre 2020 et 2021), pour un total de 15,3 Mtep. Cependant, la dynamique de croissance des PAC est bien supérieure à celle de la biomasse solide (+ 14,1% pour les PAC, + 8% pour la biomasse solide). La part des PAC dans la chaleur (et le froid) renouvelable est logiquement en augmentation, passant de 12,9% en 2020 à 13,5% en 2021. Les PAC profitent en 2021 à la fois d'une période de chauffe plus longue mais également d'une dynamique de marché très favorable avec plus de 5,2 millions de PAC vendues en 2021 (toutes technologies), contre 4,5 millions en 2020. La contribution des PAC augmente ainsi de 1,9 Mtep entre 2020 et 2021 pour atteindre un total de 15,3 Mtep en 2021. Elle profite à la fois de la politique des pays qui font le choix de favoriser réglementairement l'électrification des besoins de chaleur (France, Finlande, Suède, Danemark ou Pays-Bas) et de l'augmentation des besoins de refroidissement estival (autre conséquence du réchauffement climatique) pour la composante des pompes à chaleur réversibles en mode froid. Pour la décennie en cours, tout concourt à une accélération de la contribution des PAC aux objectifs climatiques, rendue possible par une politique beaucoup plus offensive en matière de rénovation énergétique des bâtiments.

À côté des PAC, d'autres filières ont contribué positivement à l'augmentation de la consommation totale de chaleur renouvelable, mais à des degrés moindres : le biogaz (pur ou mélangé dans le réseau) gagne + 0,22 Mtep, soit 4,3 Mtep en 2021, les déchets municipaux renouvelables + 0,17 Mtep, soit un total de 4,2 Mtep, la biomasse liquide + 0,09 Mtep, soit un total de 1,2 Mtep, et la géothermie + 0,04 Mtep, soit un total de 0,9 Mtep. La contribution du solaire thermique a été nulle entre 2020 et 2021 (un total de 2,5 Mtep) à l'échelle de l'Union européenne. Elle s'explique par une année moins ensoleillée en Allemagne, au Danemark et en Autriche qui a masqué une dynamique plus favorable en Grèce, en Italie, en Pologne et en Espagne.

OBJECTIFS SPÉCIFIQUES DE LA DIRECTIVE RED II UNE PART RENOUVELABLE DE 37,5% 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

Part de l'énergie produite à partir de sources renouvelables dans la consommation brute d'énergie finale (%) – directive 2009/28/CE pour 2020 et directive (EU) 2018/2001 pour 2021



* Les données jusqu'en 2020 sont calculées sur la base de la directive 2009/28/CE, tandis que les données pour 2021 suivent la directive (UE) 2018/2001. Source : Eurostat (mis à jour le 1^{er} février 2023)

(EU) 2018/2001 est spécifique, car il prend en compte une production normalisée pour l'hydraulique et l'éolien 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, biomasse et gazeuse conforme aux critères de la RED II. La production normalisée de l'hydraulique ainsi retenue pour l'Union européenne à 27 a été de 348,3 TWh en 2021 (345,2 TWh en 2020), et celle de l'éolien a été de 406,4 TWh en 2021 (376,4 TWh en 2020). 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 13,9 TWh d'électricité biomasse ont été écartés.

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 1 085 TWh en 2021. La production d'électricité totale retenue (le dénominateur) est de 2 892,9 TWh en 2021. La part renouvelable dans la consommation brute d'électricité est ainsi estimée à 37,5 % en 2021 selon les spécifications et modalités de calcul de la RED II (EU 2018/2001). La comparaison avec la situation de 2020 (part mesurée à 37,4 %), où le calcul avait été effectué sur la base de directive RED I (2009/28/CE) n'est pas évidente. En effet, comme le précise Eurostat dans l'outil Shares qu'il a mis en place pour le calcul du suivi des objectifs de la directive, avec le changement de base juridique entre 2020 et 2021, une rupture de série s'est produite entre ces deux années. Pour la production d'électricité, la principale rupture statistique s'explique par les nouveaux critères de conformité de la production

d'électricité biomasse solide et gazeuse, en plus de la biomasse liquide, qui a retiré du calcul 13,9 TWh. Selon EurObserv'ER, cette production manquante correspond à une différence de l'ordre de 0,3 point de pourcentage dans la part renouvelable dans la consommation brute d'électricité. La progression des énergies renouvelables dans la consommation brute d'électricité aurait donc dû être plus importante si les règles de calcul avaient été les mêmes. En dépit du changement de mode de calcul, on peut noter de fortes variations dans la part d'électricité renouvelable de certains pays. Entre 2020 et 2021, on peut noter la très forte progression de la part d'électricité renouvelable des Pays-Bas. Alors que le pays fait partie des plus impactés par la mise en place de la RED II, du fait de son utilisation de granulés de bois importés dans des grandes centrales électriques, il affiche une augmentation de 4 points de pourcentage entre 2020 et 2021 pour atteindre une part d'électricité renou-

vable de 30,4 %, qui s'explique par ses investissements conséquents dans ses filières solaire et éolienne. La progression est également très significative en Espagne, qui gagne 3 points de pourcentage, ce qui lui permet d'atteindre une part d'électricité renouvelable de 46 %. Cette progression s'explique par une année beaucoup plus venteuse pour la production éolienne, un ajout d'1 GW éolien et aussi une augmentation significative de la puissance solaire photovoltaïque du pays (+ 3,6 GW entre 2020 et 2021). Moins positif, une douzaine de pays ont vu une diminution de leur part d'électricité renouvelable entre 2020 et 2021. La Bulgarie a par exemple été très impactée statistiquement par la mise en œuvre des critères de durabilité de la biomasse solide (part en baisse de 4,8 points de pourcentage), avec seulement 0,3 % de son électricité biomasse solide jugée conforme. Il faudra attendre une année de mise en place des indicateurs pour savoir si le différentiel s'explique par la mise en

œuvre d'une méthodologie tardive de calcul de cet indicateur ou d'une production d'électricité non éligible. En Irlande, seuls 4,5 % de l'électricité biomasse solide ont été jugés conformes à la RED II, ce qui peut s'expliquer par l'importation de granulés jugés non conformes. Ce faible niveau de conformité explique en grande partie la baisse de la part de son électricité renouvelable (- 2,1 pp). Même cas de figure au Danemark, où seuls 51,1 % de l'électricité biomasse ont été jugés conformes. Cette faible part est là aussi en grande partie responsable de la perte de 2,7 pp de sa part d'électricité renouvelable.

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. L'Autriche est le pays de l'Union disposant de la part la plus élevée (76,2 % en 2021), devant la Suède (75,7 %) et le Danemark (62,6 %). La part de l'électricité renouvelable est également majoritaire au Portugal (58,4), en Croatie (53,5 %) et en Lettonie (51,4 %). En 2021, seuls 5 pays disposaient d'une part d'électricité renouvelable inférieure à 15 % : Malte (9,7 %), Hongrie (13,7 %), Luxembourg (14,2 %), Tchéquie (14,5 %) et Chypre (14,8 %)

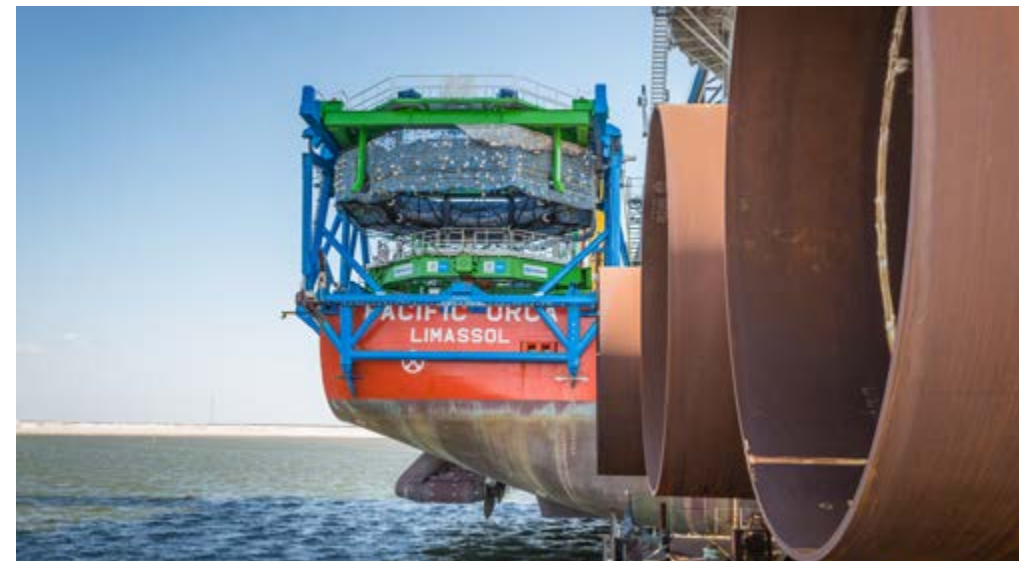
UNE NOUVELLE ANNÉE RÉFÉRENCE POUR LA CHALEUR ET LE FROID RENOUEVABLES

La mise en œuvre des critères de durabilité pour la biomasse solide et gazeuse de la RED II pour la première fois en 2021 a également eu un impact dans le calcul de la part d'énergie renouvelable dans la chaleur et le froid. La très légère baisse de cette part entre 2020, année calculée sur la base de la RED I, et l'année 2021 qui suit les spécifications de la RED II (-0,1 point de pourcentage entre les deux années) n'est donc pas significative. Les bases de calculs étant différentes, les deux indicateurs ne sont pas directement comparables, sauf à réintégrer ou déduire selon l'année de référence la part jugée non conforme. L'impact du changement de méthodologie est par ailleurs plus important que pour la production d'électricité du fait de l'importance de l'utilisation de l'énergie biomasse pour la production de chaleur, la part de l'énergie biomasse dans la production d'électricité étant bien moindre. L'outil Shares d'Eurostat a ainsi mesuré la chaleur et le froid renouvelables à 110,4 Mtep en 2021. C'est 6 Mtep de plus qu'en 2020, sachant qu'en 2020 la totalité de la chaleur biomasse solide et biogaz

était prise en considération. Le dénominateur, à savoir la totalité des combustibles (pompes à chaleur incluses) consommés pour le chauffage et le froid, a quant à lui été mesuré à 482,5 Mtep en 2021, ce qui donne une part renouvelable de 22,9 %. Selon les calculs d'Eurostat, qui a examiné les fiches pays détaillées de l'outil Shares, la consommation de chaleur et de froid renouvelables prise en compte aurait dû être très légèrement inférieure, de l'ordre de 109,8 Mtep, quelques centaines de ktep de biomasse liquide et de biogaz auraient dû être retirés pour cause de non-conformité. Eurostat, qui est au fait de ces légères différences dues à une ancienne version de son outil Shares, a fait le choix de ne pas republier immédiatement une version mise à jour, jugeant l'impact minime sur les résultats des calculs. L'année 2021 étant une année de mise en place des spécifications de la RED II, des corrections seront apportées dans la version 2022 de l'outil Shares. La prise en compte pour la première fois d'un calcul spécifique pour le froid renouvelable (estimé à 463,8 ktep en 2021), qui est désormais comptabilisé à part des indicateurs de chaleur, a également entraîné une rupture statistique concernant l'énergie renouvelable provenant des pompes à chaleur et autres systèmes capables de produire du froid. Cette distinction permet de donner une estimation de la contribution de l'énergie renouvelable provenant des pompes à chaleur aux seuls besoins de chauffage (estimée à 14,7 Mtep en 2021).

À l'instar de la production d'électricité, la mise en place des nouveaux critères d'éligibilité de la biomasse solide par la RED II a eu des conséquences sur la part énergie renouvelable dans la chaleur et le froid des pays qui ont déclaré une partie de la production non conforme. Les pays les plus affectés par ce changement de méthode de calcul sont les mêmes que ceux cités précédemment, à savoir la Bulgarie, qui perd 11,6 points de pourcentage dans le suivi de cet indicateur entre 2020 et 2021 (de 37,2 % à 25,6 %), le Danemark, qui perd 9,5 pp (de 51,1 % à 41,5 %) et la Finlande (- 5 pp, de 57,6 % à 52,6 %). Les baisses ont été moins importantes pour la Lituanie, la Pologne, l'Irlande, l'Espagne et les Pays-Bas. Encore une fois, 2021 devra être analysée comme la nouvelle année de référence et il faudra attendre le calcul de suivi de cet indicateur de l'année 2022 pour faire des comparaisons sur des indicateurs de méthodologie identiques.

Selon les calculs d'Eurostat, la mise en œuvre des critères de conformité pour la biomasse solide



et gazeuse a rendu inéligibles 2,6 Mtep de chaleur renouvelable en 2021 (2,3 pour la biomasse solide et 0,3 Mtep pour le biogaz). Cette production manquante correspond à une différence de l'ordre de 0,5 point de pourcentage dans la part renouvelable dans la chaleur et le froid. La progression des énergies renouvelables dans la consommation de chaleur et de froid aurait donc été positive si les méthodologies de calculs des années 2020 et 2021 avaient été les mêmes.

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. Elle représente les deux tiers de la consommation de chaleur en Suède (68,6 % en 2021), pays qui exploite à la fois pleinement son potentiel forestier (industries et réseaux de chaleur) et qui a généralisé l'utilisation des pompes à chaleur dans l'habitat. Elle est également majoritaire en Estonie (61,3 %), en Lettonie (57,4 %) et en Finlande (52,6 %). Elle est en revanche fortement minoritaire dans les pays du Benelux (12,9 % au Luxembourg, 9,2 % en Belgique et 7,7 % aux Pays-Bas) et en Irlande (5,2 %).

VERS UN DOUBLEMENT DE LA PART RENOUEVABLE EN 2030 ?

2021 constitue un nouveau départ, une nouvelle année référence. Elle situe la part globale de l'énergie provenant de sources renouvelables à 21,8 %. Selon le choix

du nouvel objectif qui sera décidé lors de la révision de la RED II, il faudra plus au moins doubler cette part pour atteindre les ambitions de l'Union européenne en matière climatique.

Pour les raisons évoquées précédemment, la part de 2021 comparée à celle de 2020 calculée à l'aune de la précédente directive ne doit pas s'interpréter par un recul de la part renouvelable de 0,2 point, mais par une volonté du législateur de rendre la croissance des énergies renouvelables la plus durable possible avec un impact minimal sur la biodiversité et avec une efficacité maximum en termes de réduction des gaz à effet de serre. Entre parenthèses, si les mêmes règles avaient été appliquées rétroactivement en 2020, la part énergie renouvelable dans la consommation brute d'énergie finale totale aurait continué à augmenter, selon Eurostat, entre 2020 et 2021 entre 0,1 et 0,2 de point de pourcentage.

Une des caractéristiques de la nouvelle directive est que, contrairement à la précédente, les pays de l'Union européenne n'ont plus d'objectifs nationaux formalisés dans le texte. Les pays sont tenus de proposer leurs propres objectifs et d'établir un plan national de développement dans le cadre d'Horizon 2030, et ce sera à la Commission européenne d'évaluer ces plans et de prendre des mesures à l'échelle européenne pour s'assurer qu'ils correspondent aux objectifs globaux de l'Union européenne. Il n'est donc plus question de suivre les progrès de chaque État

membre à l'aide d'une trajectoire indicative, comme c'était le cas avec la précédente directive. La seule référence sera la progression de la part renouvelable de chaque État membre et le rythme commun permettant d'atteindre l'objectif communautaire de 2030. Dans ce cadre, les mécanismes de transfert permettant aux pays d'atteindre leurs objectifs nationaux en 2020 via des mécanismes de solidarité ont logiquement été beaucoup moins utilisés, passant de 1 909,9 ktep en 2020 (montant reçu par les pays demandeurs) à 305,6 ktep en 2021. L'utilisation de ces mécanismes de transfert n'a pas été renouvelée par les Pays-Bas et l'Irlande, ce qui a contribué à la diminution de leur part renouvelable entre 2020 et 2021. En 2021, ils ont par contre été utilisés par la Belgique (209,5 ktep reçues), le Luxembourg (68,8 ktep reçues), la Slovaquie (17,9 ktep reçues) et Malte (5,2 ktep reçues), améliorant le total de leur part renouvelable. L'Allemagne a quant à elle reçu 4,3 ktep du Danemark liées à un appel d'offres transfrontalier concernant une centrale solaire photovoltaïque. L'utilisation de ces mécanismes de transfert continue d'être encouragée par la Commission européenne. Ces transferts continuent de s'effectuer dans le cadre de projets et collaborations communs, comme les investissements réalisés dans des infrastructures communes ayant pour but de faciliter l'intégration des énergies renouvelables, également de mises à disposition de moyens communs pour développer des technologies innovantes ou travailler sur des initiatives en matière de stockage. Il est également prévu par la directive que ces mécanismes de transfert et projets communs bénéficient à des pays tiers en dehors de l'Union européenne via l'importation d'hydrogène vert ou de biométhane. Parmi les projets communs, on peut citer l'accord entre la Belgique et le Danemark, qui prévoit des investissements communs en matière de réseau sous-marin pour que la Belgique puisse bénéficier des futurs projets éoliens offshore danois. Également, pour les pays qui, faute de place sur le territoire, prévoient d'atteindre les objectifs nationaux 2030 via des mécanismes de transferts avec d'autres pays, comme c'est le cas entre le Luxembourg avec le Danemark. Des nouveaux projets transfrontaliers dans le domaine des énergies renouvelables ont d'ailleurs été validés par la Commission européenne en août 2022, comme le projet CEO «Alliance pour une chaîne de valeur de l'hydrogène vert européenne et transfrontière», mené en collaboration entre l'Allemagne, l'Italie, les Pays-Bas et l'Espagne, ou le projet

Elwind, projet commun et hybride d'énergie éolienne en mer entre l'Estonie et la Lettonie.

La directive 2018/2001 a dès son adoption en décembre 2018 été assortie d'une clause de révision à la hausse d'ici à 2023 de son principal objectif de part globale des énergies renouvelables. Un an plus tard, le 11 décembre 2019, la Commission a présenté son Pacte vert (Green Deal) visant à faire de l'Europe un continent climatiquement neutre d'ici à 2050 en fournissant une énergie propre, abordable et sûre. Pour y parvenir, les 27 membres de l'Union européenne se sont engagés à réduire leurs émissions d'au moins 55 % d'ici à 2030, par rapport aux niveaux de 1990. Cette ambition, à la hauteur des enjeux de la lutte contre le changement climatique, a conduit la Commission à proposer en juillet 2021 un nouveau paquet législatif permettant la mise en œuvre de ce Pacte vert dans lequel est proposée une modification de la directive RED II afin d'aligner ses objectifs énergies renouvelables sur ses nouvelles ambitions climatiques. Comme rappelé brièvement dans le préambule de cette conclusion, la Commission a proposé de porter l'objectif contraignant des sources d'énergies renouvelables dans le bouquet énergétique de l'Union à 40 % d'ici à 2030 et de promouvoir l'utilisation de carburants à faibles émissions, tels que l'hydrogène vert produit à partir d'énergie renouvelable, dans l'industrie notamment. En mai 2022, la Commission a présenté en urgence le plan REPowerEU, qui propose de rehausser à 45 % l'objectif énergie renouvelable pour 2030 afin d'accélérer la transition et d'éliminer progressivement la dépendance énergétique de l'UE vis-à-vis de la Russie, en accélérant le développement des pompes à chaleur, du biométhane et de l'hydrogène vert et via la mise en place d'un ambitieux plan solaire.

La mise à jour du cadre d'action en matière d'énergies renouvelables et les modalités pour atteindre le nouvel objectif 2030 de 40 ou de 45 % étaient fin février 2023 toujours en cours de négociation entre États membres. La révision de la directive énergies renouvelables devrait logiquement être actée dans les prochains mois. L'horloge ayant tourné, il restera moins de huit ans aux pays membres pour atteindre collectivement et solidairement leur objectif 2030. ■





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

La part des énergies renouvelables dans le parc de bâtiments a déjà beaucoup progressé au cours des dernières années en Europe. Celles-ci sont en général particulièrement efficaces pour la production d'électricité. Dans le secteur du chauffage et du refroidissement, la consommation d'EnR reste cependant un peu à la traîne. 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 700 %

de la consommation électrique, tandis que l'éclairage et les appareils ménagers n'en représentent qu'environ 140 % (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 plus particulièrement sur l'autoconsommation d'électricité d'origine photovoltaïque.

INTÉGRATION DES ENR DANS LE CHAUFFAGE ET LE REFROIDISSEMENT

Une grande diversité de technologies décentralisées dans les bâtiments respectifs ou centralisées dans des réseaux de chaleur répondent à la demande en chauffage et refroidissement. Les technologies 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 urbaines prennent de plus en plus d'importance pour continuer à décarboner ce secteur, notamment dans les zones urbaines à forte densité de population. L'infrastructure urbaine et les centrales de production d'électricité pertinentes pour l'intégration des énergies renouvelables dans les bâtiments comprennent principalement les réseaux de chaleur, y compris les centrales de cogénération biomasse et les installations produisant uniquement de la chaleur, les installations de géothermie, ainsi que 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 ENR 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 ENR 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 ENR 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 ENR 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 ENR dans la génération d'électricité). Alors que les parts des différents vecteurs énergétiques reflètent l'énergie finale, la part totale des renouvelables et de la chaleur résiduelle s'appuie sur l'énergie utile pour

estimer correctement la contribution des pompes à chaleur.

La **part des énergies renouvelables dans les réseaux de chaleur** représente le type de vecteur énergétique qu'ils utilisent. Elle est calculée à partir de la quantité d'énergie générée par les technologies renouvelables pour les réseaux de chaleur, divisée par l'énergie totale générée pour eux qui provient aussi de carburants d'origine fossile. Cet indicateur donne donc un aperçu de la part d'énergie durable dans l'alimentation des réseaux de chaleur. La part totale des ENR 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 ENR 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 ENR dans la consommation et sur le marché, **la part des technologies renouvelables dans les ventes de chauffage** représente la dynamique et le développement des ENR, 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'électricité dans le secteur du chauffage. En divisant la consommation d'élec-

tricité 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.

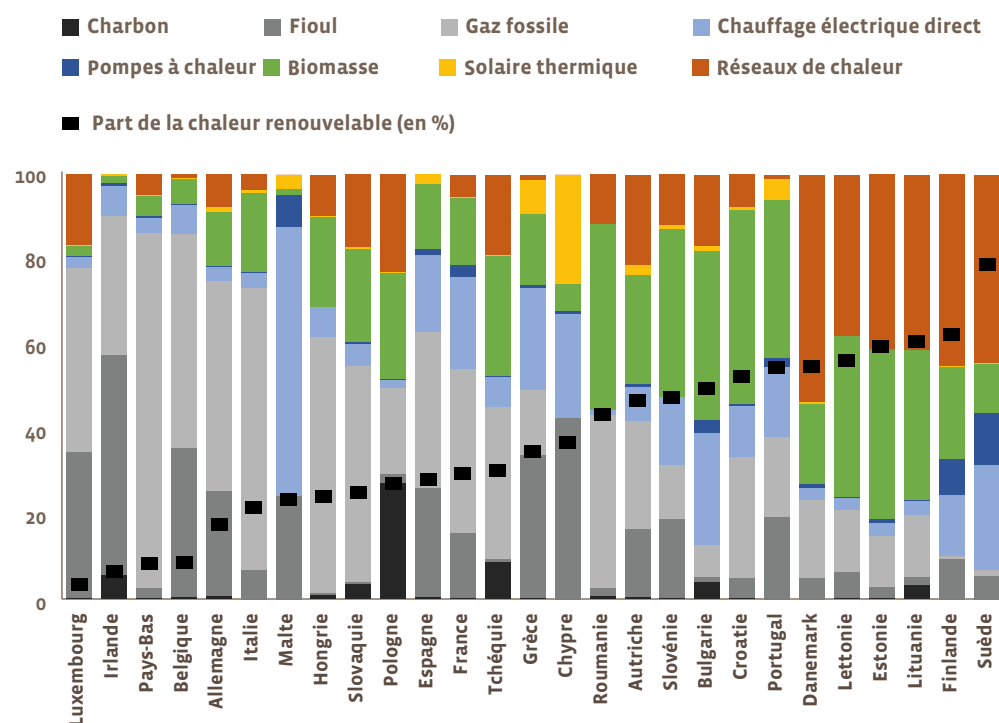
La **part de l'intégration des technologies** montre le degré d'association des secteurs du chauffage et de l'électricité dans les technologies décentralisées des bâtiments. La part totale des chaudières électriques directes et des pompes à chaleur décentralisées dans les bâtiments est décrite à cet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



RÉSULTATS DE L'INTÉGRATION DES ENR DANS LE CHAUFFAGE ET LE REFROIDISSEMENT

1

Parts dans la consommation de chaleur en 2020



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 ENR 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 2020, pour les

bâtiments résidentiels et les services. Il s'agit d'un indicateur combiné de l'intégration des énergies renouvelables dans les bâtiments et dans 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 EnR dans la consommation n'évolue que très peu d'une année à l'autre. Le gaz reste une source de

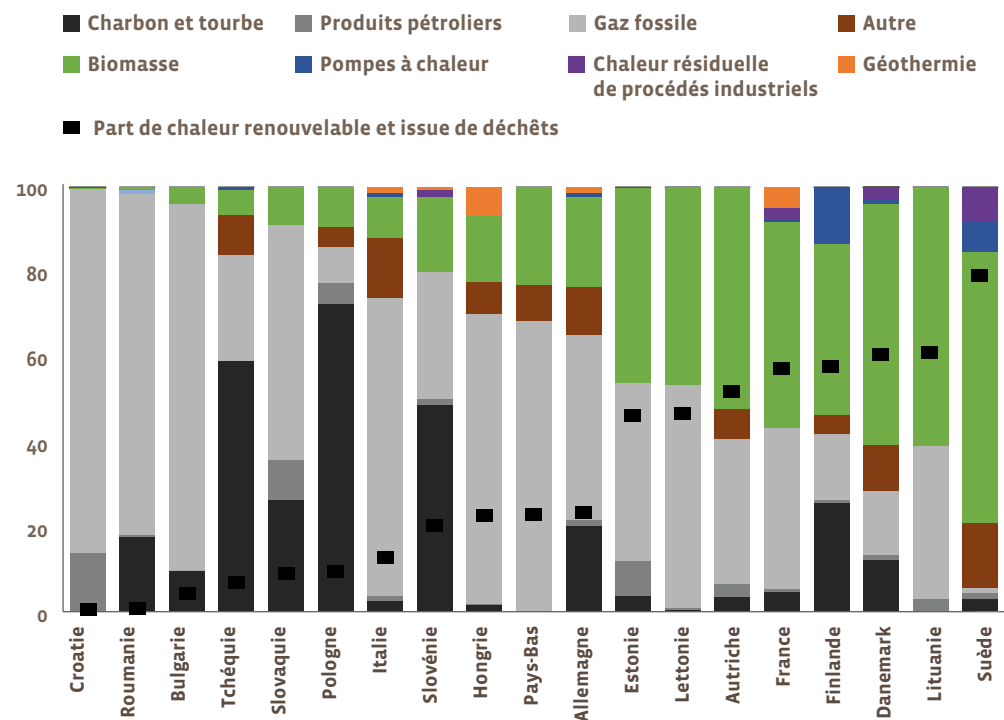


chauffage incontournable pour la plupart des pays, notamment les Pays-Bas, l'Italie et, dans une moindre mesure, la Hongrie, la Slovaquie et la Belgique où il domine toujours le secteur. À Chypre, en Irlande, au Luxembourg et en Grèce, les chaudières au fioul sont une des principales sources de chauffage. Même si ces dernières sont en recul constant sur le marché du chauffage, elles constituent toujours une part non négligeable du mix de certains pays comme l'Irlande, Chypre, la Belgique, le Luxembourg, la Grèce, l'Espagne, l'Allemagne et Malte. En Pologne, l'utilisation du charbon représente une grande part des technologies de chauffage, tandis que le chauffage électrique direct joue un rôle important à Malte, en Bulgarie, en Suède, à Chypre, en Grèce et en France. Le chauffage urbain est particulièrement plébiscité dans les pays scandinaves, ainsi que dans les pays baltes et

d'autres pays d'Europe de l'Est. Dans ces derniers, il s'inscrit dans une longue tradition et peut s'appuyer sur les infrastructures existantes. La part de chaleur résiduelle issue de procédés industriels et de sources renouvelables correspond à la part totale d'EnR dans le chauffage décentralisé et dans le chauffage centralisé par réseaux de chaleur. Elle comprend les parts d'EnR dans l'électricité utilisée pour générer de la chaleur. Les EnR et la chaleur résiduelle dominant en Suède (80%), en Finlande (63%), en Lituanie (61%), en Estonie (60%), en Lettonie (57%) et au Danemark (55%). Dans ces pays, une grande part de la consommation provient de réseaux de chaleur alimentés par des EnR (principalement de la biomasse) et de la chaleur résiduelle de procédés industriels. Dans plusieurs autres pays, la part importante des EnR repose essentiellement

sur l'utilisation décentralisée de biomasse. Les parts de marché du Portugal (55%), de la Croatie (53%) et de la Bulgarie (50%) sont importantes 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 Slovaquie (41%), en Estonie (39%), en Lettonie (38%) et au Portugal (34%). Les pompes à chaleur décentralisées gagnent chaque année en importance. Des parts de marché plus importantes ne sont toutefois atteintes que dans les pays scandinaves comme la Suède (12%) et la Finlande (9%). 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 2020



Remarques : Basé sur les données de 2020 pour : BG, DE, AT, FI ; sur les données de 2019 pour : SE ; sur les données de 2018 pour : HR, RO, NL, PO, CZ, SK, SI, HU, IT, EE, FR, DK, LT. 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, projet DHC Trend et données issues d'instituts nationaux de statistique des États membres

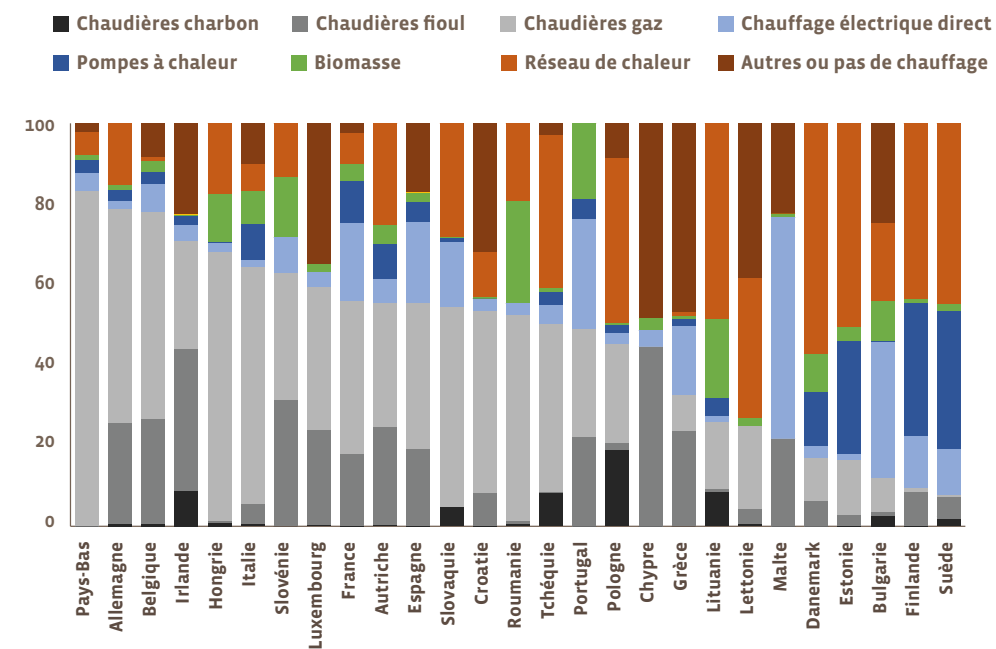
PART DES ENR DANS LES RÉSEAUX DE CHALEUR

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 (73%), en République tchèque (59%) et

en Slovénie (49%). L'utilisation du fioul pour alimenter les réseaux de chaleur joue toujours un rôle important dans le mix énergétique de la Croatie (14%), la Slovaquie (10%) et l'Estonie (8%). Les biocarburants issus de la biomasse, du biogaz et des déchets renouvelables constituent les énergies renouvelables prédominantes dans les réseaux de chaleur. Les réseaux de chaleur fonctionnent principalement à partir de biocarburants en Suède (63%), en Lituanie (61%), au Dane-

mark (57%), en Autriche (52%), en France (48%), en Lettonie (47%), en Estonie (46%) et en Finlande (40%). Les pompes à chaleur à grande échelle sont surtout utilisées en Finlande (14%), en Suède (7%) et au Danemark (1%). La chaleur résiduelle issue de procédés industriels recule dans la plupart des pays par rapport à l'année précédente, en particulier en Bulgarie et en Pologne. Ce déclin peut s'expliquer par l'arrêt de procédés industriels provoqué par la crise du Covid-19. La Suède (9%) enre-

Part des systèmes de chauffage aux ENR installés dans le parc immobilier en 2020



Remarques : L'énergie solaire n'est pas considérée comme un système autonome, car elle est principalement utilisée en combinaison avec d'autres systèmes. L'utilisation des réseaux de chaleur est calculée à partir du nombre d'usagers divisé par la taille moyenne des ménages. Les données de chauffage par chaudières à gaz, charbon et fioul du parc immobilier sont celles de 2019 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 et statistiques du marché de Solar Heat Europe

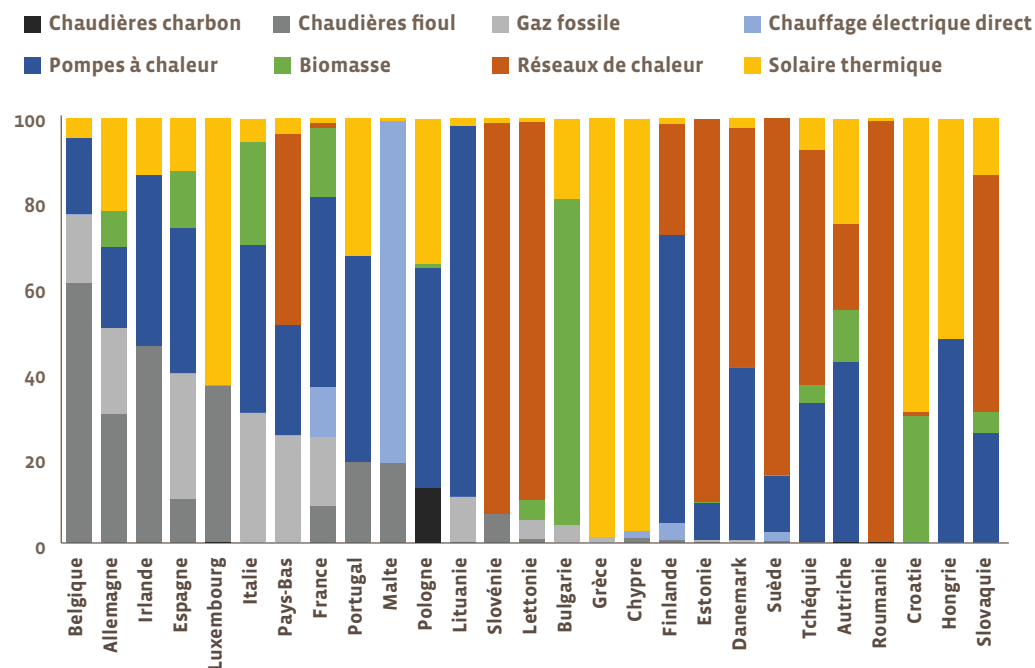
gistre la part la plus importante de chaleur résiduelle issue de procédés industriels. La géothermie ne représente que des parts infimes dans une poignée de pays comme la Hongrie (7%) et la France (5%). Le solaire thermique joue un rôle pratiquement négligeable dans le mix des réseaux de chaleur de l'UE et figure donc dans la catégorie « 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 ENR DANS LE PARC IMMOBILIER ET LES VENTES

La Figure 3 illustre la part des différentes technologies dans le parc immobilier, c'est-à-dire pour les logements. Contrairement à la figure 1 ci-dessus, 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 caté-

gorie est fortement représentée à Chypre et en Grèce. Elle est aussi très importante en Lettonie, au Luxembourg, en Irlande et à Malte. 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

Part des ventes de chauffage aux EnR en 2020



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. 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

système distinct, les logements qui utilisent 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.

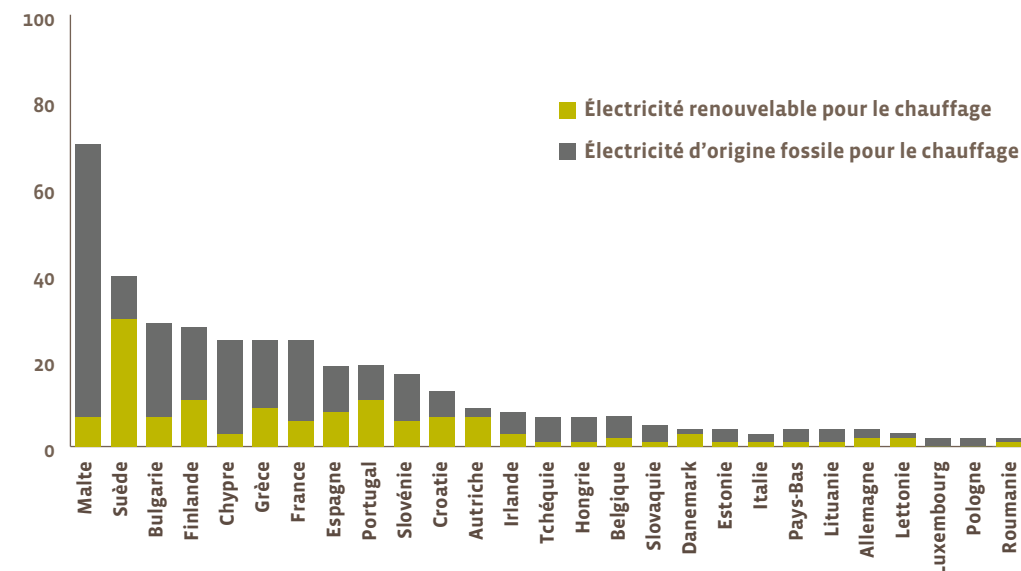
La Figure 4 illustre la part des ventes de technologies renouvelables utilisées pour le chauffage et le refroidissement. Contrairement à la Figure 3 ci-dessus, la Figure 4 souligne la dynamique

du marché du chauffage en montrant la part des ventes des technologies renouvelables de chauffage pour l'année concernée. Cela illustre leur dynamique sur le marché, à savoir l'avancée des technologies renouvelables dans ce secteur.

La dynamique des réseaux de chaleur est très forte dans la plupart des pays, notamment en Roumanie, en Slovaquie, en Estonie et en Lettonie. Celle des pompes à chaleur décentralisées est forte sur les marchés lituanien, finlandais, portugais, hongrois, polonais,

autrichien, français et danois. Les technologies de chauffage électrique direct, qui représentaient une part importante des ventes en 2019, reculent face aux pompes à chaleur et il n'y a qu'à Malte qu'elles représentent encore une part élevée des ventes. 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. La Croatie, le Luxembourg et la Hongrie affichent toutefois aussi des parts des ventes importantes. Les

Part de l'électricité renouvelable et d'origine fossile dans le chauffage en 2020



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

chaudières à biomasse affichent une belle progression en Bulgarie, en Croatie, en Italie et en France.

Les ventes de systèmes de chauffage fonctionnant à partir de combustibles fossiles sont toujours importantes dans des pays comme la Belgique, l'Allemagne, l'Irlande, l'Espagne, le Luxembourg et l'Italie. Dans l'ensemble, la part des énergies renouvelables dans les ventes révèle une plus grande dynamique par rapport à l'année précédente dans la plupart des États membres. L'utilisation des EnR 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

Suite à l'augmentation de la part des EnR 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 services et immeubles résidentiels, 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 montre que, même si l'électricité gagne du terrain en tant que source de chaleur, la moyenne d'utilisation des EnR pour le chauffage reste inférieure à 5% dans l'UE. Les pays utilisant

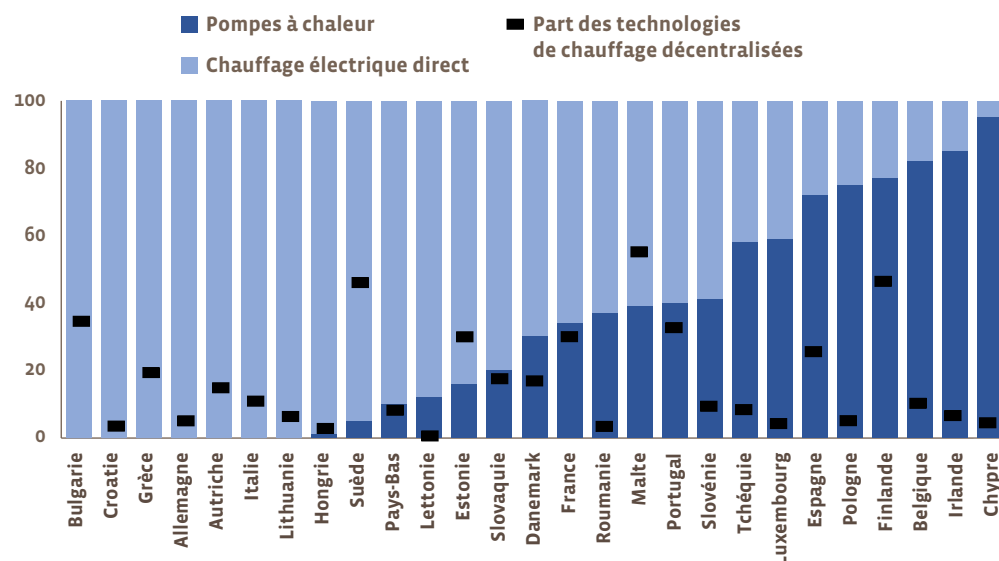
le plus l'électricité renouvelable dans leur mix de solutions de chauffage sont Malte, la Suède, la Bulgarie, la Finlande, Chypre et la Grèce. La France, l'Espagne et le Portugal affichent également une part importante d'électricité dans leur mix. À Malte, en Bulgarie et à Chypre, celle-ci est toutefois en grande partie toujours produite à partir de carburants 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

6

Part de marché de l'intégration des technologies (décentralisées) dans le secteur en 2020



Source : d'après les indicateurs du marché

l'intégration des EnR, 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 les bâtiments, comme les pompes à chaleur et les chauffages électriques directs (décentralisés). À Malte, en Finlande et en Suède, les parts de marché dépassent 40 %, et en Bulgarie, au Portugal, en France et en Estonie, elles atteignent au moins 30 %. Toutefois, dans la moitié des pays, les pompes à chaleur et chauffages électriques directs décentralisés jouent encore un rôle mineur, avec des parts de marché inférieures à 10 %.

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

Dans l'ensemble, les chaudières au gaz naturel restent la technologie de chauffage la plus répandue, devant les réseaux de chaleur. Ces dernières années, les réseaux de chaleur ont pris de l'importance pour décarboner le secteur du chauffage et du refroidissement, notamment dans les zones urbaines à forte densité de population. Les chaudières au charbon et au fioul disparaissent progressivement, comme le montrent les parts de consommation et de vente sur le marché. Toutefois, en raison de

la longue durée de vie de ces dispositifs et du maintien des ventes de chaudières fonctionnant aux combustibles fossiles, on peut estimer qu'elles continueront à jouer un rôle important dans le chauffage à l'avenir et freineront de ce fait les efforts de décarbonisation du secteur du chauffage et du refroidissement. Ceci est notamment vrai pour les chaudières à gaz, qui continuent d'être subventionnées dans plusieurs pays. Ce soutien de la part des États s'explique par les perspectives d'utilisation de carbu-

rants synthétiques ou d'hydrogène vert pour alimenter ces chaudières. Malgré la progression relativement forte des pompes à chaleur dans certains pays, les parts de consommation demeurent faibles par rapport aux systèmes de chauffage reposant sur les 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 source d'alimentation 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.

En résumé, certains pays enregistrent une consommation élevée d'énergie renouvelable ainsi qu'une forte progression des ventes de systèmes renouvelables. Les pompes à chaleur sont notamment 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 chauffage renouvelable et la chaleur résiduelle ont plus progressé que les 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)

Comme indiqué précédemment, les EnR sont particulièrement répandues dans le domaine de la production d'électricité. Outre les installations à échelle industrielle, des acteurs décentralisés comme des ménages, des propriétaires d'entreprise ou des coopératives sont devenus actifs dans ce domaine en produisant et consommant leur propre électricité. Ils sont alors des autoconsommateurs individuels ou collectifs, en fonction de qui possède les actifs utilisés pour produire l'électricité. L'autoconsommation collective peut notamment exister au niveau d'un appartement, d'un bâtiment, d'un quartier ou d'un village.

Le chapitre suivant s'intéresse à l'intégration de l'électricité renouvelable au niveau des bâtiments, en se concentrant sur l'autoconsommation d'énergie photovoltaïque (PV) qui est la technologie la plus mature et la plus abordable disponible. Les autres technologies, comme les petites éoliennes, sont pour le moment plus marginales. Les centrales thermiques ou hydroélectriques de petite échelle peuvent jouer un rôle pour certains autoconsommateurs industriels, mais elles sont également exclues de l'analyse.

D'une manière générale, on peut considérer que, bien que le phénomène se généralise et se développe dans le paysage énergétique de l'UE, l'autoconsommation reste mal suivie et pas évaluée de manière

systématique. Il est donc difficile de l'étudier dans sa globalité. Voilà pourquoi l'analyse actuelle a pour objectif d'évaluer sous plusieurs angles l'autoconsommation d'électricité générée par une technologie photovoltaïque au sein de l'UE. Pour ce faire, elle combine la collecte de données empiriques et des approches technico-économiques. Il est important d'analyser les tendances de l'autoconsommation, car l'autoconsommation d'électricité renouvelable contribue non seulement à améliorer la pénétration des EnR dans l'UE, mais elle joue aussi un rôle déterminant pour impliquer les citoyens et les sensibiliser plus généralement aux énergies renouvelables, ce qui participe in fine à la démocratisation de la transition énergétique.

Au cours des dix dernières années, la capacité installée cumulée de systèmes solaires photovoltaïques a significativement progressé dans les États membres de l'UE. Cette évolution s'accompagne de mécanismes financiers incitatifs proposés par les États membres pour faciliter l'accès aux systèmes solaires de production électrique. D'une manière générale, il est important que les États membres agissent conformément à la directive UE 2018/2001 relative à la promotion de l'utilisation de l'énergie produite à partir de sources renouvelables, pour s'assurer que l'électricité générée pour l'autoconsommation ou injectée dans

le réseau n'est pas soumise «à des procédures et à des frais discriminatoires ou disproportionnés et à des frais d'accès au réseau qui ne reflètent pas les coûts». Les frais et redevances ne peuvent être levés que si certaines conditions sont réunies. Les États membres doivent s'assurer que l'électricité excédentaire peut être échangée entre les acteurs du marché. Cela étant, les cadres réglementaires d'autoconsommation peuvent considérablement différer d'un État membre à l'autre et les pays proposent des incitations différentes en matière d'injection d'électricité excédentaire dans le réseau. Il convient également de distinguer les systèmes BAPV (photovoltaïque appliqué au bâtiment) et BIPV (photovoltaïque intégré au bâtiment) qui sont parfois soutenus de manière différente (par exemple en France). Les systèmes BAPV ne remplissent qu'une seule fonction (la production d'électricité) et sont attachés ou ajoutés aux surfaces d'un bâtiment, tandis que les systèmes BIPV, pour le moment moins développés, présentent une double fonctionnalité : production d'énergie et élément constitutif du bâtiment.

En général, ce sont les propriétaires des bâtiments ou des systèmes photovoltaïques de production d'électricité qui décident de l'allocation de l'électricité auto-produite. Ils arbitrent entre l'autoconsommation et l'injection dans

le réseau de l'énergie produite, en fonction de facteurs économiques et de leurs préférences personnelles. En général, l'allocation de l'électricité auto-produite dépend des politiques publiques et de facteurs propres au marché. Outre les revenus produits par le rachat d'électricité auto-produite qui ont une influence sur 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 de stockage complémentaires pour l'électricité et 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

La part d'autoconsommation d'origine photovoltaïque est définie comme la part de la production photovoltaïque totale directement consommée par le propriétaire du système photovoltaïque et évaluée pour plusieurs pays, à savoir : l'Italie, la France, l'Allemagne, l'Espagne, la Lituanie, Malte, le Portugal et la Suède. Ces pays sont choisis de manière à inclure ceux avec des parts élevées et faibles de photovoltaïque dans leur produc-

tion générale d'électricité, ainsi que des États membres de différentes parties et régions de l'Europe. D'autres pays seront inclus dans l'analyse des prochaines éditions pour, à terme, couvrir tous les États membres de l'UE.

Pour évaluer l'autoconsommation d'énergies renouvelables dans les bâtiments et ainsi obtenir un panorama holistique, nous avons combiné trois approches.

D'abord, **une étude empirique** a été réalisée à partir de différentes sources de données (sites Internet et rapports statistiques nationaux, études et informations compilées par différents ministères...). Ces données empiriques livrent des informations sur la part de l'autoconsommation dans différents pays, ainsi que sur les capacités photovoltaïques cumulées, mais sans se concentrer sur les systèmes photovoltaïques résidentiels de petite échelle.

Ensuite, **l'étude technique** évalue la part d'autoconsommation technique définie comme le chevauchement du profil de génération (production d'énergie solaire) 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. Cela s'explique par la disponibilité limitée des données sur le stockage et la répartition de la consommation énergétique résidentielle. Les systèmes photovoltaïques résidentiels ne sont pas non plus différenciés en fonction de leur lieu d'installation, tandis que les BIPV intégrés aux bâtiments (dans la toiture ou la façade) et les BAPV appliqués aux bâtiments (sur

la toiture ou au sol, juste à côté du bâtiment) sont comptés ensemble et 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. Si les données disponibles regroupent les plages de capacité des installations photovoltaïques résidentielles de petite échelle par tailles de système (en dessous de 5 kW ou au-delà de 50 kW), celles-ci sont aussi prises en compte.

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» correspond à la demande et à 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 d'un profil 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 la quantité 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 ↘

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	Feed-In, pas d'autoconsommation
4	Tarif d'achat > Prix réseau > LCOE	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).

Aucun 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.

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 tarif change en cours d'année, comme en Allemagne, 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.

transparence Entso-E et par Eurostat, et inclut la production de tous les systèmes photovoltaïques installés dans un pays, quelle que soit sa capacité.

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.

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

RÉSULTATS DE L'APPROCHE EMPIRIQUE

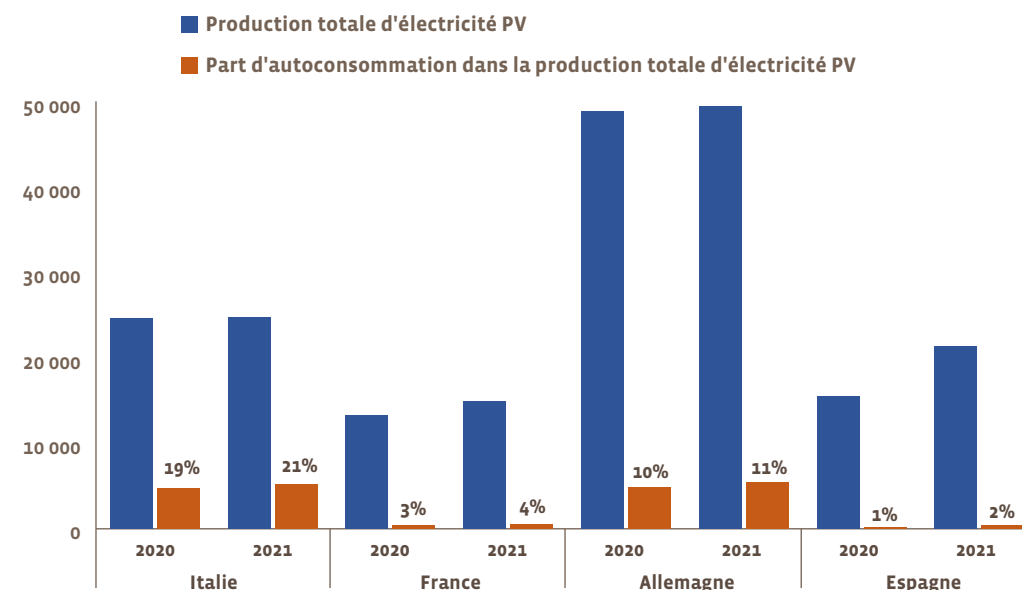
Pour la première étape, le déploiement du photovoltaïque sur les bâtiments ainsi que la part d'autoconsommation d'électricité photovoltaïque sont évalués de manière empirique, à l'aide de différentes sources de données. Dans la littérature, il existe une distinction

entre les installations photovoltaïques centralisées et décentralisées, ainsi qu'entre les BAPV et les BIPV. Les données statistiques officielles collectées par les entités nationales n'offrent toutefois généralement pas ce niveau de granularité et intègrent l'autoconsommation de tous les types d'installations photovoltaïques dans

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

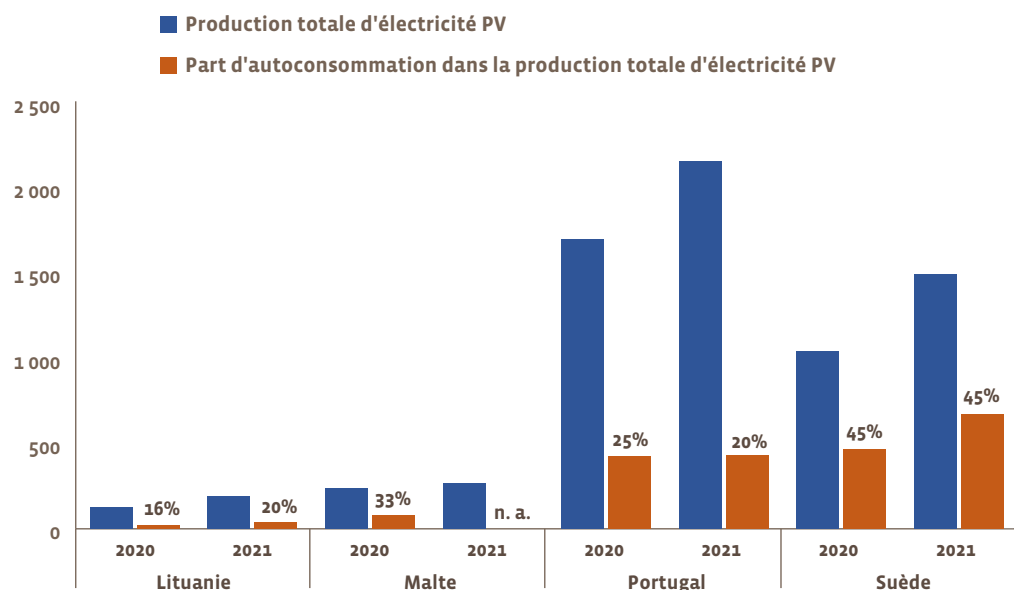
7

Production d'électricité d'origine photovoltaïque en 2020 et 2021



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)

Production d'électricité d'origine photovoltaïque en 2020 et 2021



Sources : Département des statistiques de Lituanie (Lituanie); Point de contact national (Malte); Direction générale de l'énergie et la géologie (DGEG) (Portugal); Office suédois de la statistique (Suède)

autoconsommée dans la production totale d'électricité photovoltaïque dans huit 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 2 500 GWh par an (Lituanie, Malte, Portugal, Suède).

Comme on peut le voir, la part d'autoconsommation varie considérablement entre les États membres, de presque 00 % à 450 %. Dans le sous-ensemble de pays analysés,

cette part est la plus élevée en Suède où elle reste constante à 45 % entre 2020 et 2021, malgré une augmentation significative de la production totale d'électricité d'origine photovoltaïque. Pour Malte, la part d'autoconsommation en 2020 représentait 33 %, mais aucune donnée n'était disponible pour 2021. Le Portugal et l'Italie affichent aussi des parts d'autoconsommation élevées, mais avec une tendance opposée. Les données italiennes affichent une hausse de l'autoconsommation de 19 % en 2020 à 21 % en 2021, tandis que le Portugal enregistre une chute de 25 % à 20 % sur la même période. L'électricité totale produite à partir de

systèmes photovoltaïques a augmenté au Portugal, alors qu'elle est restée relativement stable en Italie. En Lituanie, la production totale d'électricité d'origine photovoltaïque et la part d'autoconsommation ont toutes les deux augmenté, passant de 16 % en 2020 à 20 % en 2021. Quant à l'Allemagne, les données suggèrent que la (légère) augmentation de la production totale d'électricité d'origine photovoltaïque entre 2020 et 2021 était proportionnelle à l'augmentation de la part d'autoconsommation. Pour les pays étudiés, la part d'autoconsommation était la plus basse pour la France et l'Espagne, en dessous de 5 % pour les deux années.

Part d'autoconsommation théorique maximum par an et par pays

	2020
Allemagne	58 %
Espagne	61 %
France	59 %
Italie	58 %
Lituanie	53 %
Malte	n/a
Portugal	55 %
Suède	n/a

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

Comme il n'existe aucune définition ou norme uniforme pour mesurer et calculer l'autoconsommation, les chiffres des statistiques nationales ne sont que partiellement comparables. On attend une amélioration de la disponibilité, l'accessibilité et la qualité des données sur l'autoconsommation pour les années à venir.

RÉSULTATS DE L'APPROCHE TECHNIQUE

L'étude prend en compte les aspects techniques, en particulier les profils de génération et de charge des ménages. Elle évalue la part potentielle d'autoconsommation technique d'électricité d'origine photovoltaïque. Elle est définie comme le chevauchement des profils de génération (production d'énergie photovoltaïque) et de charge (consommation résidentielle d'énergie). Elle représente donc l'autoconsommation potentielle théorique maximum. Le Tableau 2 illustre cette part d'autoconsommation théorique maximum en 2020 pour les pays étudiés.

Dans les périodes où la production est supérieure à la charge, l'autoconsommation équivaut à la charge, car la demande totale en électricité peut être couverte par la production photovoltaïque. L'électricité excédentaire peut être injectée dans le réseau. Quand la production est nulle, l'autoconsommation est également nulle. Quand le système photovoltaïque produit moins d'électricité que demandé, par exemple tôt le matin, toute l'électricité générée est utilisée en autoconsommation et le reste de la demande est alimenté par le réseau.

Cette approche ne tient pas compte des systèmes de stockage ou de maîtrise de la demande d'énergie qui ne peuvent donc pas servir de source d'alimentation. Comme la part d'autoconsommation technique repose sur différentes hypothèses et approches, les calculs donnent des résultats différents des constatations empiriques. Il apparaît toutefois clairement qu'il existe un important potentiel pour mieux exploiter l'autoconsommation dans la plupart des pays. L'écart considérable entre les parts maximums d'autoconsommation empirique et technique suggère que l'autoconsommation est loin d'être pleinement exploitée d'un point de vue technique. Les parts optimales calculées correspondent aux valeurs trouvées dans la littérature pour différents types de consommateurs, comme les ménages ou les bureaux. En général, l'existence de

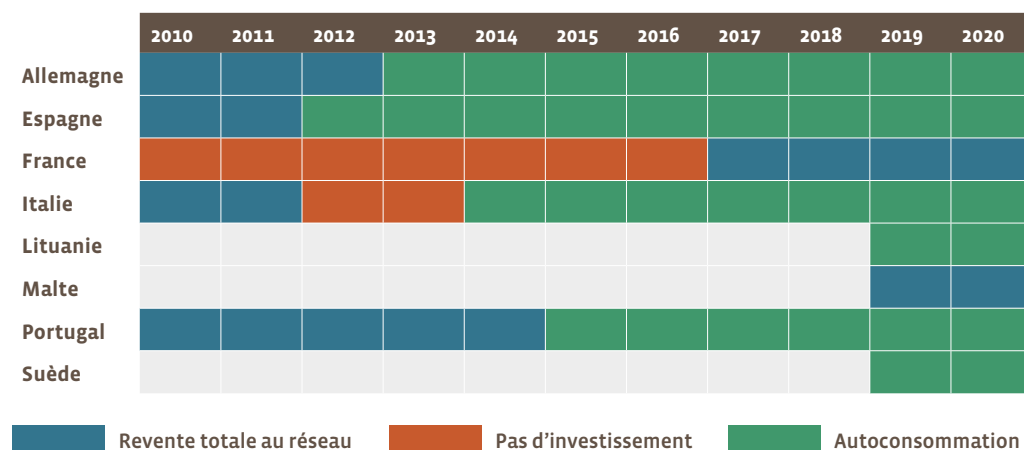
systèmes de stockage sur batterie augmente considérablement la capacité à répondre à la demande.

RÉSULTATS DE L'APPROCHE ÉCONOMIQUE

Comme indiqué précédemment, l'autoconsommation peut encore se développer d'un point de vue technique. L'écart entre la part d'autoconsommation techniquement réalisable et 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

3

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



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

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 4 donne les résultats sur plusieurs années pour les huit 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 également ce que montrent

les résultats. Dans l'ensemble, le scénario de l'autoconsommation semble prendre le dessus et constituait aussi en 2020 la décision la plus rentable dans six des huit pays analysés. Cela suggère que, dans de nombreux pays, des incitations financières sont mises en place pour stimuler l'autoconsommation. 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'autoconsommation moins attractive. Il est important de garder en tête 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 de ces conditions.

Ceux-ci dépendent évidemment aussi de préférences personnelles (hors raison économique), comme l'envie de vivre en autosuffisance, de disposer d'un prix de l'électricité stable ou de bénéficier de mécanismes de soutien supplémentaires. Les résultats ci-dessus donnent toutefois une première idée des décisions les plus probables prises par les ménages d'un pays donné, pour une année particulière, et offrent donc un éclairage sur la rentabilité ou non de l'autoconsommation.

CONCLUSION SUR L'INTÉGRATION DES ENR DANS LES BÂTIMENTS

Le présent chapitre analyse l'intégration de l'électricité renouvelable dans les bâtiments et l'autoconsommation en combinant différentes approches. Alors que l'approche économique fait ressortir les pays où l'autoconsommation est économiquement réalisable et constitue un choix avisé, l'approche technique indique la part théorique d'autoconsommation sans tenir compte des possibilités de stockage. Les résultats empiriques reflètent la situation réelle par an et par pays, et incluent les effets des solutions de stockage (principalement les batteries), des décisions de consommation ne reposant pas sur des critères

économiques et des problèmes de qualité des données.

Dans l'ensemble, on peut conclure que l'autoconsommation d'électricité possède un énorme potentiel technique. C'est également vrai pour le potentiel économique dans la plupart des pays où l'autoconsommation est un scénario dominant. D'après l'analyse empirique, nous pouvons constater qu'il existe vraisemblablement de gros écarts entre le niveau actuel d'autoconsommation et son niveau technique optimal, notamment en France et en Espagne. L'analyse économique suggère que l'autoconsommation constitue une solution attractive dans la plupart des pays.

On peut également supposer que les politiques directes de soutien qui ciblent la rémunération ne constituent pas les freins principaux, mais que ces derniers peuvent prendre d'autres formes, comme l'accès au réseau, les frais ou taxes ou procédures administratives. Si les procédures administratives pour l'installation, la connexion ou l'administration des systèmes photovoltaïques sont perçues comme étant fastidieuses ou difficiles à comprendre, il est probable qu'elles dissuaderont les ménages d'investir.



FOCUS: LES PARTS DE MARCHÉ DES DIFFÉRENTES TECHNOLOGIES DANS LES PUISSANCES ÉLECTRIQUES INSTALLÉES EN 2021

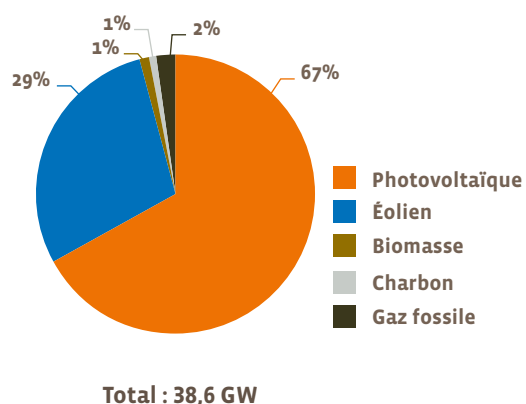
En 2021, 96 % des capacités électriques nouvellement raccordées au sein de l'Union européenne étaient relatives à des technologies renouvelables. Le photovoltaïque reste de loin la première technologie devant l'éolien.

Le graphique 1 montre qu'en 2021, 96 % des capacités électriques nouvellement raccordées au sein des pays de l'Union européenne provenaient de technologies renouvelables (contre 91 % en 2020), soit 37,3 MW sur un total de 38,6 MW. Le photovoltaïque est le secteur le plus représentatif avec 25,7 MW installés, soit 67 % des capacités électriques supplémentaires de 2021. Portée par un marché européen très actif, cette technologie assoit un peu plus sa prédominance car en 2020 sa part avait été de 55 %. L'éolien se maintient autour de 30 % (29 % en 2021 contre 32 % en 2020) malgré une année 2021 marquée par de faibles capacités installées en mer. Du côté des énergies fossiles, charbon et gaz ont représenté 3 % à eux deux et aucune nouvelle capacité nucléaire 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 2021. Seuls quatre pays ont mis en service des centrales électriques fossiles en 2021. En premier lieu la Pologne, qui a 496 MW à partir de charbon et 190 MW à partir de gaz. Ces puissances ont représenté 1,87 % des capacités électriques supplémentaires totales raccordées dans le pays. Autre pays à avoir ajouté des unités d'énergie fossile dans son parc électrique: l'Allemagne. Le pays

1

Répartition par technologie des capacités électriques supplémentaires raccordées en 2021 au sein de l'UE-27

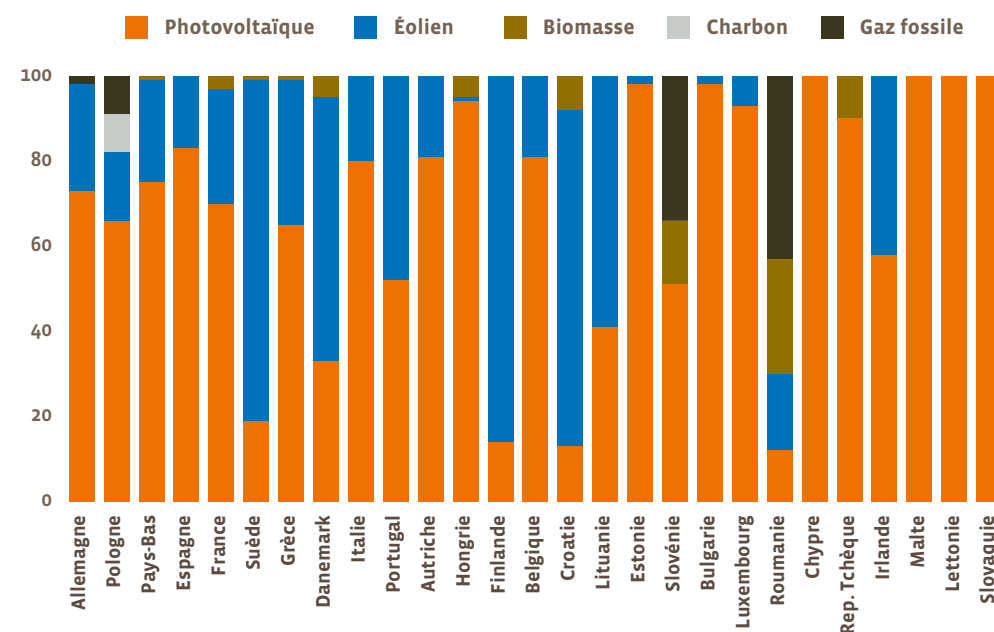


Source : EurObserv'ER - Enerdata

a raccordé 186 MW de puissance électrique au gaz fossile, soit seulement 2,4 % des capacités électriques supplémentaires totales raccordées en 2021. Enfin, la Slovaquie et la Roumanie ont également étoffé leur parc de production électrique par de nouvelles capacités fonctionnant à partir de gaz fossile (respectivement 62 et 41 MW). Il est à noter que la Roumanie a été le seul pays membre de l'Union européenne où les capacités à partir de technologies fossiles raccordées en 2021 ont été supérieures à celles émanant d'énergie renouvelable. ■

2

Capacités électriques supplémentaires installées en 2021 par pays et technologie (en pourcentage)



Source : EurObserv'ER - Enerdata

FOCUS : CAPACITÉS DE STOCKAGE DE L'ÉLECTRICITÉ

LES DÉFIS DU STOCKAGE DE L'ÉLECTRICITÉ

Alors que la part de la consommation d'électricité d'origine renouvelable ne cesse de croître en Europe, les défis posés par le stockage de cette énergie sont devenus une question centrale. Les paysages énergétiques des États membres de l'Union européenne sont en pleine mutation de part l'électrification des usages, la réduction de la consommation d'énergie fossile et le développement des énergies renouvelables sur les réseaux électriques. Un problème peut survenir lorsque la production d'électricité issue des technologies renouvelables à cycle variable, comme l'énergie photovoltaïque ou éolienne, n'est pas concomitante avec la demande des consommateurs sur le réseau électrique. C'est là que le stockage de l'électricité intervient pour faciliter l'intégration des énergies renouvelables sur les réseaux et les marchés. Les technologies renouvelables ont beaucoup à gagner en augmentant leur capacité à être exploitées pour se prémunir contre certaines situations, comme les épisodes d'effondrement des prix de vente sur les marchés de gros, en partie induits par un excédent de capacité de production par rapport à la consommation. Par ailleurs, la réduction des importations de gaz russe incite à développer fortement d'autres solutions pour stabiliser le réseau électrique. La réactivité offerte en certains points clés du réseau par des équipements de stockage permet d'optimiser les fluctuations de charge et de fréquence, dans le but de se prémunir contre les risques de pannes locales ou, pire encore, de black-out généralisé.

Les technologies d'équipements de stockage disponibles sont répertoriées dans le tableau 1 et regrou-

pées par famille. Actuellement, la solution de stockage d'électricité la plus utilisée en Europe en termes de capacité disponible est celle des technologies mécaniques, plus précisément sous la forme d'installations de pompage-turbinage (PHS) avec deux réservoirs d'eau. Pendant les périodes de faible demande d'électricité, l'installation pompe l'eau du réservoir inférieur vers le réservoir supérieur pour la capter, de sorte que lorsque le réseau est confronté à un pic de demande d'électricité, l'eau peut être libérée par les turbines. Celles-ci la renvoient ensuite vers le réservoir inférieur. Associées à d'autres infrastructures hydro-électriques, elles offrent au réseau électrique la plus grande partie de sa flexibilité. Cependant, tous les pays ne disposent pas de reliefs topographiques naturels adaptés pour développer ce type d'installations. L'autre solution mature de stockage de l'électricité est l'utilisation de batteries exploitant une réaction électrochimique. La technologie la plus répandue est celle des batteries lithium-ion.

Il existe également des technologies de stockage de l'électricité sous forme de chaleur qui élèvent la température d'un fluide ou d'un solide, modifient l'état physique d'un matériau ou produisent des réactions chimiques endothermiques (qui absorbent la chaleur). Les turbines à vapeur utilisent cette chaleur restituée en inversant le changement d'état pour produire de l'électricité. Le principal développement en Europe a concerné la sous-technologie des sels fondus, mais dans un contexte assez restreint : celui du stockage de l'électricité sur les sites d'énergie solaire à concentration. Le dernier type de technologie impliquant des réactions chimiques est connu sous le nom

1

Technologies et sous-technologies de stockage électrique

Technologies	Sous-technologies
Mécanique	Station de transfert par pompage (PHS)
	Stockage thermodynamique argon (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)
	Volant d'inertie
Électro-chimique	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) en 2021

	Mécanique		Thermique		Électrochimique		Chimique		Total
	Stations de pompage turbinage	Autres technologies	Sels fondus	Autres technologies	Batteries li-ion	Autres technologies	Indéterminé	Power to gas	
Allemagne	6 719,2	321,0	0,0	1,5	572,3	4,4	0,0	15,2	7 633,6
Italie	7 330,6	0,0	4,7	0,4	17,4	39,1	0,0	1,2	7 393,3
Espagne	4 703,8	0,0	1 069,2	61,0	7,0	0,0	0,0	0,0	5 841,0
Autriche	5 015,8	0,0	0,0	0,0	2,5	0,0	0,0	0,0	5 018,3
France	4 207,3	0,0	9,0	12,0	38,3	1,0	94,6	0,0	4 362,2
Portugal	2 991,8	0,0	0,0	0,0	6,0	0,0	0,0	0,0	2 997,8
Pologne	1 746,2	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	1 747,5
Belgique	1 304,0	0,0	0,0	0,0	107,1	1,4	0,0	0,0	1 412,5
Bulgarie	1 399,0	0,0	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	0,0	1 294,0
Tchéquie	1 175,0	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	1 178,0
Slovaquie	1 017,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1 017,3
Lituanie	900,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	900,0
Grèce	699,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	699,0
Croatie	619,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	619,3
Irlande	292,0	0,0	0,0	4,6	111,0	0,0	19,0	0,0	426,6
Slovénie	185,0	0,0	0,0	0,0	12,6	0,0	0,0	0,0	197,6
Suède	91,0	0,0	0,0	10,0	5,0	0,0	0,0	0,0	106,0
Roumanie	91,5	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	92,5
Pays-Bas	0,0	0,0	0,0	0,0	34,4	3,0	0,0	0,0	37,4
Hongrie	0,0	0,0	0,0	0,0	6,5	0,0	0,0	0,0	6,5
Finlande	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5	2,0	0,0	0,0	5,5
Danemark	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	0,0	0,0	1,3	2,9
Estonie	0,0	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
Lettonie*	n, c	n, c	n, c	n, c	n, c	n, c	n, c	n, c	n, c
Malte*	n, c	n, c	n, c	n, c	n, c	n, c	n, c	n, c	n, c
Total UE-27	41 781,7	321,0	1 082,9	89,5	930,5	50,8		17,6	44 387,6

*La base de données n'inclut pas les projets de Lettonie et de Malte. Source : EurObserv'ER 2022

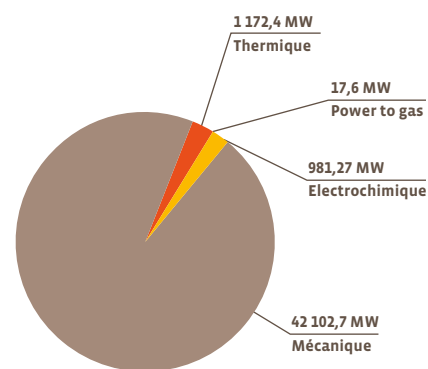
de power to gas (P2G), qui offre un potentiel même si les capacités utilisées pour le stockage de l'électricité sont faibles. Ces réactions chimiques utilisent l'électricité pour produire des gaz de synthèse (par exemple du dihydrogène), qui peuvent être combinés avec différentes molécules et stockés sous forme gazeuse, comme le méthane, qui peut également être injecté dans le réseau de gaz, liquide (ammonium) ou, dans une moindre mesure, sous forme solide utilisée pour générer de l'électricité. Actuellement, l'utilisation directe du gaz de synthèse à des fins industrielles est généralement plus avantageuse que son stockage et la régénération de l'électricité dans des centrales électriques au gaz, car le rendement électrique de la conversion du gaz en électricité ne peut dépasser 35%. Globalement, il faut noter que l'utilisation directe d'électricité renouvelable est, dans la plupart des cas, plus efficace pour réduire nos émissions de gaz à effet de serre que la production de gaz de synthèse. Il existe bien sûr de nombreuses autres techniques de stockage de l'électricité, mais elles ne sont pas encore économiquement viables et donc peu développées.

LE COÛT COMME PRINCIPAL OBSTACLE

Le coût économique est la principale raison pour laquelle le stockage électrochimique est aujourd'hui si peu développé. Par ailleurs, certaines technologies (par exemple, le stockage thermique ou à air comprimé) offrent des rendements trop faibles pour des utilisations ponctuelles. La réduction du coût de production de l'énergie permettrait de compenser les pertes de rendement. En plus des obstacles techniques et économiques, le stockage doit également surmonter de nombreux obstacles réglementaires pour trouver sa place sur les marchés de l'énergie. Certaines des initiatives les plus récentes s'apparentent davantage à des projets pilotes ou de recherche. Cependant, celles qui ont trouvé un modèle économique reproductible à grande échelle sont peu nombreuses. Ainsi, les mécanismes de régulation de plusieurs pays tentent de créer un cadre adapté au stockage d'énergie, afin que celui-ci puisse fonctionner comme un outil d'équilibrage du réseau, en se basant principalement sur les mécanismes de capacité qui valorisent moins la quantité d'énergie stockée que la qualité des installations (à savoir la puissance et la réactivité). Cependant, la crise actuelle de l'énergie pourrait favoriser le développement du système

1

Capacités installées par technologie dans l'UE-27 (en MW)



Source : EurObserv'ER 2022

de stockage de l'électricité sur un marché où les centrales à gaz en cours de développement représentent aujourd'hui l'une des principales alternatives de flexibilité, en tant que capacités de production de pointe. L'idée est de créer un modèle rentable pour des infrastructures qui ne produisent que peu d'énergie, mais qui le font à des moments très précis mais cruciaux. C'est la première fois, depuis le deuxième choc pétrolier (1979), qu'une crise énergétique a un tel impact en touchant l'ensemble de l'Europe, au point que les ménages eux-mêmes sont menacés de pénurie d'énergie. Cela pourrait conduire à un équipement important d'installations individuelles coûteuses par des ménages qui n'ont plus confiance dans le réseau électrique pour surmonter ce type de problème.

PLUS DE 44 GW DÉJÀ MIS EN ŒUVRE DANS L'UE-27

Ce chapitre se fonde sur la base de données des technologies et installations européennes de stockage de l'énergie commencée par la Commission européenne en 2020 et qui identifie plus de 800 installations de stockage à travers l'Europe. EurObserv'ER a collecté des données en 2021 et 2022 pour mettre à jour cette base de données avec de nouveaux projets et consolider les informations des installations existantes. Il s'agit d'installations dites « front of the meter », à savoir des équipements de stockage connectés au

réseau de production ou au réseau de transport. Ces installations, généralement de grande taille, sont placées avant le compteur électrique. Elles diffèrent des installations « derrière le compteur » que l'on trouve dans les réseaux internes des secteurs résidentiel, commercial et industriel, et qui sont donc externes aux réseaux électriques publics. Par exemple, le stockage des batteries de véhicules électriques est classé comme « derrière le compteur », et n'entre donc pas dans le cadre de cette étude.

Fin 2022, 44,4 GW de capacité de stockage totale étaient connectés aux réseaux de production ou de transport de l'UE-27. La technologie de stockage par pompage domine avec 41,8 GW. Elle est particulièrement bien développée en Italie, en Allemagne, en Autriche, en Espagne et en France, chacun de ces pays ayant plus de 4 GW de stockage. Le stockage thermique par sels fondus représente 1,1 GW, dont la quasi-totalité est installée en Espagne, qui est le pays qui concentre la très grande majorité des centrales solaires à concentration de l'UE. Le stockage par batterie li-ion représente 930 MW, principalement développés en Allemagne (572 MW). Viennent ensuite quelques sites pilotes d'électrolyseurs destinés à l'équilibrage du réseau (17,6 MW).

Le tableau 3 donne le détail des projets prévus dans l'Union européenne (autorisés, en cours de construction, etc.). La capacité totale identifiée s'élève à 26,5 GW. Si le stockage mécanique domine cette capacité (24,3 GW), le stockage électrochimique prévoit une augmentation de 1,6 GW dans les prochaines années.

PLEINS FEUX SUR LES PRINCIPAUX ACTEURS

À la lumière de sa nouvelle loi sur le climat, adoptée en mai 2021, l'Espagne a introduit de nouvelles mesures incitatives pour promouvoir l'expansion des capacités de stockage d'énergie dans le pays. Selon la législation, les capacités de stockage nationales doivent passer à 20 GW en 2030 et à 30 GW en 2050. Cette augmentation concerne les unités de stockage à grande échelle, connectées au réseau, ainsi que les unités plus petites, principalement utilisées pour l'autoconsommation résidentielle ou commerciale. D'après les dernières données d'EurObserv'ER, l'Espagne dispose à ce jour d'une capacité de stockage d'énergie de plus de 17,2 GW, essentiellement basée sur des systèmes de pompage hydraulique. Alors que le plan national intégré pour l'énergie et le climat 2021-2030 (PNIEC)

prévoit la mise en service d'au moins 3,5 GW de stockage par pompage, 2,5 GW de capacité de stockage par batterie d'ici 2030. Par conséquent, l'un des plus grands projets de batteries annoncés dans l'UE-27 est également situé en Espagne. La compagnie d'électricité espagnole Endesa développe le plus grand Bess (battery energy storage system) d'Espagne à Andorre, appelé Teruel, avec une capacité totale d'environ 318 MW. La première phase de ce projet d'environ 160 MW doit être mise en service en 2022, tandis que les phases suivantes, qui auront une capacité de 54 et 105 MW, seront mises en service respectivement en 2023 et 2026. Par ailleurs, le projet Second Life a été lancé au siège de la compagnie d'électricité espagnole Endesa. Ce projet utilise des batteries de véhicules électriques comme source d'énergie en les stockant et les interconnectant au sein de l'usine Endesa de Melilla. Le projet Second Life a une capacité de 4 MW et peut produire jusqu'à 1,7 MWh.

L'Allemagne, qui est l'un des plus grands utilisateurs de solutions de stockage d'énergie dans l'UE, dispose actuellement d'une capacité de stockage d'énergie de 13,8 GW en exploitation ou en projet. Comme dans les autres États, la majeure partie de cette capacité provient de centrales hydroélectriques de pompage. Toutefois, on observe une évolution vers des solutions basées sur des batteries. Selon les calculs de scénarios de l'Institut Fraunhofer pour les systèmes d'énergie solaire (ISE), l'Allemagne aura besoin d'une capacité de stockage d'électricité d'environ 100 GW d'ici 2030 et d'environ 180 GW d'ici 2045, afin d'atteindre l'objectif de 80% d'électricité renouvelable d'ici 2030 et de 100% d'ici 2045. Le plus grand système de batteries électrochimiques en service est celui de BigBattery Lausitz, avec une capacité utilisable de 66 MW. Il a été mis en service en novembre 2020. Toutefois, la compagnie d'électricité allemande RWE prévoit un système de batteries de 117 MW sur les sites des centrales électriques de Lingen et de Werne, dont la mise en service est prévue pour début 2023. Les batteries seront virtuellement couplées aux centrales hydroélectriques au fil de l'eau de RWE le long de la Moselle. En régulant à la hausse ou à la baisse le débit de ces centrales, RWE pourra ainsi fournir de l'énergie supplémentaire pour équilibrer le réseau. De cette façon, les batteries et les centrales hydroélectriques travaillent pratiquement main dans la main pour contribuer à la stabilité du réseau. Le système prévu comprend 420 supports de

Capacités en projet par pays en (MW) en 2021

	Mécanique		Thermique		Électrochimique		Chimique		Total
	Stations de pompage turbinage	Autres technologies	Sels fondus	Autres technologies	Batteries li-ion	Autres technologies	Indéterminé	Power to gas	
Espagne	9 146,7	0,0	0,0	0,0	338,6	0,0	0,0	0,0	9 485,3
Allemagne	5 746,0	0,0	0,0	0,0	92,5	0,0	0,0	250,1	6 088,6
Irlande	1 260,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	869,7	0,0	2 129,7
Autriche	1 440,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1 440,0
Grèce	1 182,0	0,0	52,0	0,0	0,0	0,8	15,2	0,0	1 250,0
Croatie	1 243,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1 243,7
Roumanie	1 028,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1 028,8
Bulgarie	864,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	864,0
Portugal	668,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	669,0
Belgique	550,0	0,0	0,0	0,0	25,0	0,0	0,0	0,0	575,0
Estonie	550,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	550,0
Slovénie	420,0	0,0	0,0	0,0	15,0	0,0	0,0	0,0	435,0
Pays-Bas	0,0	320,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,8	0,0	323,8
Lituanie	225,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	226,0
France	12,0	0,0	0,0	0,0	48,1	10,0	100,0	5,0	175,1
Italie	0,0	0,0	0,0	0,0	20,0	4,0	0,7	0,0	24,7
Finlande	0,0	0,0	0,0	0,0	10,6	0,0	0,0	0,0	10,6
Tchéquie	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0	0,0	10,0
Chypre	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0	0,0	5,0
Danemark	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0
Slovaquie	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,6
Hongrie	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Luxembourg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pologne	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Suède	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Lettonie*	n, c	n, c	n, c	n, c	n, c	n, c	n, c	n, c	n, c
Malte*	n, c	n, c	n, c	n, c	n, c	n, c	n, c	n, c	n, c
Total UE-27	24 336,2	320,0	52,0	0,0	566,4	14,8	990,3	256,1	26 535,8

*La base de données n'inclut pas les projets de Lettonie et de Malte. Source : EurObserv'ER 2022

batteries lithium-ion, enfermés dans 47 conteneurs répartis sur deux sites distincts. La centrale de Werne aura une capacité de 72 MW tandis que celle de Lingen atteindra 45 MW. Autre projet, sur le campus Euref de Berlin, le constructeur automobile Audi a installé un système de stockage d'énergie d'une capacité de 1 MW à des fins de recherche. L'objectif est de développer les capacités de stockage existantes des voitures électriques pour de nouvelles applications en utilisant des stratégies de charge intelligentes. Les batteries de l'unité de stockage proviennent de véhicules d'essai du constructeur automobile, ce qui leur offre une seconde vie. Par ailleurs, l'Allemagne abrite de nouveaux types de stockage d'énergie au stade expérimental : à Hambourg, Siemens et Gamesa ont inauguré un système de stockage d'énergie électrothermique (Etes) de 30 MW. Etes utilise l'électricité pour chauffer des pierres volcaniques à des températures d'environ 600 °C. Cette chaleur peut être ensuite reconvertie en électricité à l'aide d'une turbine à vapeur classique. Le power to gas (PtG) est une autre technologie qui devrait être largement utilisée à l'avenir. En 2020, la fédération de l'industrie gazière DVGW a recensé 35 projets PtG en Allemagne. Les avantages systémiques de l'utilisation du PtG (stockabilité physico-technique, réseau de gaz existant et infrastructure de stockage) soulagent le secteur de l'électricité classique par une plus grande flexibilité et peuvent potentiellement conduire à des réductions de coûts. Le DVGW estime que, théoriquement, jusqu'à 200 TWh d'énergie pourraient être stockés dans des cavernes de gaz souterraines en Allemagne – ce qui équivaut à peu près à 23 000 fois la capacité d'une centrale de pompage-turbinage de pointe. Le développement massif des infrastructures de gaz naturel est toutefois contesté face aux efforts de décarbonisation et à la promesse gouvernementale de neutralité climatique d'ici 2045.

Bien que relativement petit par rapport à l'Italie, l'Espagne, l'Allemagne ou la France, le Portugal est très bien doté en capacité de stockage mécanique. En effet, avec près de 3 000 MW, il est le sixième pays de l'Union européenne en termes de capacité. De plus, le Portugal mène actuellement de nombreux projets visant à augmenter sa capacité installée pour atteindre à terme le seuil des 3 400 MW. La construction des projets Gouvaes (880 MW) et Daivoes (160 MW) s'est achevée en 2022. Ces deux stations de pompage-turbinage font partie du complexe hydroélectrique de Tâmagá, le

plus grand actuellement en construction dans l'Union européenne, et constitueront un important moyen de flexibilité pour le pays, qui produit près de 60 % de son électricité (58,03 % en 2020) à partir de sources renouvelables. La dernière unité, l'Alto Tâmagá (118 MW), est encore en construction.

Un autre pays pourrait bien devenir un acteur important sur le marché du stockage. Il s'agit de la Croatie, qui, bien que dotée de seulement 620 MW de Step hydrauliques, prévoit de développer plus de 1 200 MW grâce à quatre projets de plusieurs centaines de MW chacun. Parmi ceux-ci, VRDOVO est le plus puissant avec deux turbines géantes pour une capacité totale de 540 MW (et 490 MW en mode pompage). Le projet est porté par le consortium Vis Viva, qui vise à développer plusieurs autres infrastructures énergétiques à faible émission de carbone en Croatie. Cette immense centrale sera construite dans une zone à la topographie particulièrement adaptée à l'hydroélectricité, non loin de la centrale hydroélectrique de Peruca, dont le bassin servira de réservoir bas, tandis qu'un réservoir haut sera construit dans la vallée de Ravno Vrdovo, 600 mètres plus haut.

En raison de la topographie des Pays-Bas, l'installation de centrales à accumulation par pompage est exclue. Le pays se concentre donc sur le développement de capacités de stockage électrochimique, principalement basées sur des batteries li-ion. À fin 2022, environ 118,5 MW de batteries li-ion étaient soit déployées, soit en cours de construction. Les plus grands projets de batteries en exploitation sont les installations de stockage Rhino (12 MW) et Buffalo (25 MW), toutes deux situées à proximité des parcs éoliens Mammoetocht et Neushoorntocht à Lelystad. Toutefois, le projet Castor, qui sera mis en service au printemps 2023, dépassera le stockage Buffalo avec une capacité de 30 MW/63 MWh pour devenir le plus grand système de stockage électrochimique du pays. Outre les systèmes de stockage électrochimique, les Pays-Bas développent un projet innovant de stockage d'énergie à air comprimé (Caes) de 320 MW, prévu dans les anciennes grottes salines de Zuidwending. L'air sera comprimé par d'énormes compresseurs et devrait permettre de stocker jusqu'à 2 GWh d'électricité par jour en utilisant un approvisionnement en électricité 100 % renouvelable. L'air comprimé, dont le rendement est estimé à moins de 50 %, pourra être décompressé dans des turbines pour fournir du courant électrique. La mise en service du projet Caes a été retardée d'un an et est désormais prévue pour 2026.

Comme les Pays-Bas, le Danemark n'a pas la possibilité topographique de déployer des solutions de stockage par pompage. Cependant, avec ses énormes capacités éoliennes en mer et sur terre, le pays développe des moyens alternatifs pour stocker l'électricité, principalement sous forme de batteries et d'autres technologies nouvelles. Financé par le programme européen Horizon 2020, le projet 2LiPP (2nd Life for power plants) est un exemple de cette innovation. Prévu pour une mise en service en 2024, le projet vise à faire la démonstration d'un système de stockage hybride évolutif, conçu pour aider les centrales de cogénération à passer d'une exploitation à base de combustibles fossiles à des usages de stockage. La centrale de démonstration utilisera une combinaison de trois technologies de stockage d'énergie différentes : volant d'inertie, batteries li-ion recyclées et stockage par sels fondus. Le plus grand projet de stockage d'énergie au Danemark sera toutefois le Caes Green Hydrogen Hub, dans le nord du Jutland. D'une capacité de 320 MW il devrait être mis en service en 2026. Utilisant la technologie du stockage d'énergie à air comprimé (Caes) alimenté par l'hydrogène, le projet servira de facilitateur pour une intégration accrue de l'éolien terrestre et offshore en fournissant des services d'équilibrage et des services système.

L'Irlande est extrêmement ambitieuse en matière de développement de la capacité de stockage électrique malgré sa population d'à peine 5 millions d'habitants. Le pays souhaite développer à la fois sa capacité de stockage mécanique, qui est aujourd'hui relativement discrète avec moins de 300 MW, et sa capacité de stockage électrochimique. L'objectif est d'atteindre plus de 1 200 MW de stockage mécanique, notamment grâce au projet innovant Marex de 900 MW. Il s'agit

d'une solution Step basée sur un réservoir côtier dans le comté de Mayo, au nord de l'Irlande, qui pourra stocker de l'eau salée marine. Il s'inscrit dans un objectif plus large de coopération avec le Royaume-Uni pour la construction d'une ligne haute tension de 750 MW entre les deux États afin de fluidifier la production d'énergie renouvelable dans cette région à très fort potentiel. En effet, le déploiement de parcs éoliens offshore dans cette zone est particulièrement pertinent en raison des vitesses de vent pouvant atteindre 10 m/s à 100 m d'altitude. Parallèlement, bien que peu de détails techniques aient été officiellement publiés, l'Irlande est de loin le pays le plus ambitieux en termes de capacité de stockage électrochimique. Avec plus de 1 350 MW annoncés, le pays a suscité la curiosité de nombreux acteurs pour une technologie qui représente actuellement moins de 200 MW installés dans toute l'Union européenne. Au total, plus de 50 projets de stockage électrochimique sont attendus, certains en cours d'appel d'offres, d'autres en cours d'autorisation. L'un d'entre eux, le Lumcloon Bess (battery energy storage system), est entré en service à la fin de 2020. D'une capacité de 100 MW, il a été porté par la jeune société de projet Lumcloon Energy en partenariat avec les Coréens de Hanwha Energy Corporation. Il fournit une capacité de batterie de haute puissance et de haute réactivité pour soutenir le gestionnaire de réseau irlandais. Autre projet, le Bess d'Aghada d'une capacité de 19 MW est entré en service en 2022. Au vu des annonces très ambitieuses du pays, des obstacles tels que l'acceptabilité risquent d'entrer en conflit avec le développement de stations de stockage électrochimique à grande échelle en Irlande. L'une des principales craintes des opposants est le risque d'incendie associé aux batteries. ■



FOCUS : LES COMMUNAUTÉS D'ÉNERGIE RENOUVELABLE

Le contexte international actuel pose de manière brutale la question de la souveraineté énergétique 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 en remettant la production d'énergie entre les mains de particuliers ou de collectivités, c'est ce que l'on désigne par l'énergie citoyenne. Ici les citoyens participent non seulement au financement des opérations d'énergie renouvelable en entrant dans le capital des projets mais ils sont également impliqués dans leur gouvernance. L'Union européenne s'est saisie de cette approche citoyenne à travers le paquet Énergie propre, considérant officiellement pour la première fois les citoyennes et les citoyens européens comme des acteurs importants de la transition énergétique. En effet, les directives 2018/2001 de décembre 2018 et 2019/944 de juin 2019 ont introduit respectivement les concepts de « renewable energy community (REC) » et de « citizen energy community (CEC) ». Bien que définis par des critères légèrement différents et par des directives différentes, ces deux concepts ont pour vocation de créer un cadre réglementaire propice aux projets d'énergie renouvelable portés par des citoyens.

Beaucoup ont pu penser au départ que le mouvement de l'énergie citoyenne n'était qu'une lubie de quelques activistes rêveurs. C'est pourtant un mouvement concret, ancré dans les territoires, qui mobilise des millions de citoyens et citoyennes

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

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

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

en Europe au travers de projets économiquement solides et qui renforce la cohésion sociale ainsi que l'acceptabilité des projets. L'énergie citoyenne n'est en effet pas seulement – et c'est déjà beaucoup – 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 proche et concrète, elle

permet de dépasser, dans de nombreux cas, 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 et inflexible qui correspondrait à ce que doit être une véritable communauté d'énergie renouvelable. Cette partie va s'efforcer de rendre compte des différentes approches nationales, voire régionales, dans leur multiplicité et de l'avancée des différents États dans leur entreprise de transposition des directives européennes dans leur propre législation. Dans son travail, l'équipe d'EurObserv'ER s'est notamment appuyée sur la fédération REScoop.eu, qui fédère de nombreux acteurs européens actifs dans la promotion de l'énergie citoyenne, ainsi que sur le projet Collective Action Models for the Energy Transition and Social Innovation (Comets) soutenu par la Commission européenne, qui a visé à établir la contribution des Collective Action Initiatives à la transition énergétique.

Ainsi, le projet Comets a identifié pour la plupart des pays de l'Union européenne des initiatives d'actions collectives regroupant elles-mêmes des projets participants à la transition énergétique des territoires. Dans l'ensemble, ce sont près de 10 000 opérations qui ont été identifiées (voir tableau).

Comets

L'objectif du projet Comets est d'étudier les initiatives d'action collective (IAC) en tant que principal moteur de l'innovation sociale dans le secteur de l'énergie. Le rôle des IAC dirigées par les citoyens (par exemple, les communautés énergétiques, les coopératives, les groupes d'achat) et leur contribution à la transition énergétique n'ont pas été quantifiés à un niveau global, et leur potentiel de contribution n'a pas été estimé ou compris de manière suffisamment approfondie. Le projet Comets vise à combler ces lacunes en quantifiant la contribution globale des IAC à la transition énergétique aux niveaux national et européen, en étudiant leur évolution et leur mise à l'échelle de manière approfondie dans six pays sélectionnés. La définition des IAC présente quelques différences avec celles du REC et de la CEC, mais elles ont en commun des points importants :

- les membres participent volontairement et ont un contrôle total sur leurs projets (un membre, une voix) ;
- les projets doivent bénéficier à la communauté locale ;
- comme le REC, une IAC peut porter sur des opérations concernant les énergies renouvelables, les économies d'énergie ou le conseil et les services en matière d'énergie durable.

1

Actions identifiées par le projet Comets

États membres	Nombre d'IAC	Nombre de projets	Citoyens engagés
Allemagne	> 3 012	4 530	300 000
Pays-Bas	1 001	1 442	120 000
Danemark	130	1 109	5 000-500 000
France	347	760	130 000
Belgique	90	576	120 000
Suède	312	311	80 000-100 000
Autriche	282	> 282	> 564
Finlande	77	150	112 000
Estonie	131	137	393-1 300
Pologne	112	> 112	784
Italie	82	64	n.a
République tchèque	35	35	17 000
Croatie	10	8 à 10	1 300
Lituanie	8	8	160
Luxembourg	4	7	n.a
Slovénie	7	7	n.a

Source: Comets

UNE MULTIPLICITÉ D'APPROCHES EN FONCTION DES PAYS

En France, l'énergie citoyenne est entrée pour de bon dans le paysage politique en 2010 à l'occasion de la création de l'association Énergie partagée, dont la charte introduit le terme pour la première fois de « projet citoyen ». Mais c'est en mars 2021, deux ans après le 100^e projet labélisé par Énergie partagée, qu'une ordonnance introduit officiellement la notion de communauté d'énergie dans le droit français, tel que le prévoyaient les directives européenne 2018/2001 de décembre 2018 et 2019/944 de juin 2019. Énergie partagée est organisée autour de deux entités. D'un côté l'association, qui joue le rôle de porte-parole des acteurs de l'énergie citoyenne et qui mène des actions de lobbying auprès des pouvoirs publics. D'un autre côté existe la coopérative, qui finance et accompagne directement les initiatives citoyennes locales dans la mise en œuvre de leurs

projets d'énergie renouvelable grâce à l'épargne citoyenne de ses sociétaires. Énergie partagée et Centrales villageoises, l'autre association dont le modèle consiste à développer des petites installations de toitures solaires citoyennes, sont les structures pionnières de l'énergie citoyenne en France. Fin 2022, on comptait plus de 580 projets citoyens en service (et une centaine en développement) sur le territoire. À cela s'ajoutent des projets portés principalement par les collectivités sans forcément de gouvernance citoyenne directe, mais qui s'inscrivent dans une même dynamique, celle de la réappropriation des questions de production par les territoires. Au total, ce sont plus de 35 500 citoyens qui ont investi une partie de leur épargne dans ce type de projets. Dans les faits, la quasi-totalité des opérations réalisées sont relatives à de la production d'électricité. Très peu de projets concernent la production de chaleur renouvelable. En termes de technologie, le photovoltaïque

2

État des projets citoyens en France

Technologies renouvelables de production d'électricité	Nombre de projets	Puissance (en MW)	Production annuelle (en GWh)
Photovoltaïque	547	86,06	107,40
Éolien	15	109,2	228,1
Hydroélectricité	5	1,5	5,994
Total	567	196,76	341,49

Technologies renouvelables de production de chaleur	Nombre de projets	Puissance (en MWth)	Production annuelle (en GWh)
Biomasse solide	13	16,4	30,5

Production de gaz renouvelable	Nombre de projets	Puissance (en MWth)	Production annuelle de biogaz (en GWh)
Biogaz	2	2,3	20,6

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

est la plus représentée en nombre mais c'est l'éolien qui porte la puissance électrique la plus importante. En 2021, le gouvernement français a introduit, via l'ordonnance du 4 mars, des notions de communautés d'énergie renouvelable (CER) et communautés d'énergie citoyennes (CEC). Un décret d'application de cette ordonnance était prévu au printemps 2022 mais il était toujours attendu à la fin de l'année. L'objectif de ce futur décret est de créer un cadre propice aux projets citoyens. En plus d'officialiser le concept, il s'agit par exemple d'inciter financièrement les porteurs de projets à passer par un développement de type citoyen.

L'ALLEMAGNE, LE PAYS PRÉCURSEUR

En Allemagne, les CER et les CEC existent déjà depuis quelques décennies bien qu'aucun cadre réglementaire ne soit officiellement posé. Cependant, à la fin de l'année 2022, la transposition de la directive européenne a au moins partiellement eu lieu. Avant cela, 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 Parlement 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 pour cent des droits de vote doivent être détenus par des personnes physiques résidant dans une zone de code postal qui est entièrement ou partiellement dans un rayon de 50 kilomètres 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. Selon le Deutscher Genossenschafts- und Raiffeisenverband (DGRV), la fédération des coopératives allemandes, 914 coopératives d'énergie ont été fondées en Allemagne depuis 2006. Parmi celles-ci, 847 coopératives sont toujours en activité. Au total, 220 000 personnes faisaient partie de

coopératives d'énergie à la fin de 2021 et ont investi 3,3 milliards d'euros dans des opérations qui ont produit 8 TWh d'électricité renouvelable, soit environ 3,5 % de la production totale d'électricité renouvelable du pays. Ainsi, le village de Feldheim, dans le Brandebourg, est un exemple de communauté énergétique citoyenne de longue date. Tous les foyers du village sont alimentés en chaleur et en électricité par des centrales à énergie renouvelable via des réseaux locaux autosuffisants. Connecté à un parc éolien de 123 MW et à une batterie de stockage de 10 MW, le village dispose de sa propre centrale au biogaz (526 kW_{el} & 560 kW_{th}) ainsi que d'une centrale de chauffage aux copeaux de bois, qui est utilisée pendant les périodes de pointe. Le réseau de chauffage urbain local est détenu par Feldheim Energie GmbH & Co. KG, une société en commandite formée par les ménages et les entreprises raccordés et la municipalité voisine de Treuenbrietzen.

LA LOI ÉVOLUE EN AUTRICHE

En juillet 2021, le parlement autrichien a adopté la loi sur l'expansion des énergies renouvelables (EAG) dont l'objectif est de convertir l'approvisionnement en électricité du pays à 100% d'électricité provenant de sources d'énergie renouvelables d'ici 2030 et d'atteindre la neutralité climatique d'ici 2040. La possibilité de créer des communautés énergétiques fait partie de cette nouvelle législation. Avant juillet 2021, des centrales communes permettaient de consommer et de produire de l'électricité dans plusieurs foyers, par exemple dans un immeuble collectif. Depuis que la législation a été adoptée par le Parlement, cela est également possible au-delà des limites de la propriété dans le cadre des communautés énergétiques. Les participants à une communauté énergétique peuvent ainsi faire bénéficier de la production et de l'approvisionnement en énergie – qu'il s'agisse d'électricité, de chaleur ou de gaz – à des populations plus larges. Cela devrait apporter des avantages économiques, mais surtout cela devrait offrir la possibilité aux citoyens de participer activement et d'avoir leur mot à dire dans les politiques énergétiques locales. Selon la loi sur l'expansion des énergies renouvelables, l'objectif principal d'une communauté énergétique doit être explicitement de « ne pas résider dans le gain financier », mais « d'apporter des avantages écologiques, économiques ou sociaux à la communauté ». Dans la législation, une

distinction est faite entre les communautés énergétiques citoyennes (Bürgerenergiegemeinschaft, BEG) et les communautés énergétiques renouvelables limitées localement (erneuerbare Energiegemeinschaft, EEG). En fonction du nombre de participants et de la connexion au réseau électrique, une EEG locale ou régionale peut être établie. Les participants d'une EEG locale sont interconnectés aux niveaux des réseaux basse tension. Si les niveaux des réseaux moyenne tension sont concernés, on parle d'une EEG régionale.

Jusqu'à présent, un nombre restreint de projets a été mis en service avec succès. La plupart sont encore en cours de planification ou de mise en œuvre. Selon une enquête menée en mars 2022 par Österreichs Energie, l'organe représentatif de l'industrie électrique autrichienne, auprès des gestionnaires de réseau, 14 EEG sont en activité, 34 sont en cours de réalisation et 88 sont en phase de planification. OurPower est l'une des premières communautés énergétiques citoyennes d'Autriche couvrant l'ensemble du pays. Pour les participants, la BEG offre en outre la possibilité de participer directement à l'expansion des énergies renouvelables et de consommer l'électricité qui en est issue. Cette approche est particulièrement intéressante pour les particuliers habitant en immeuble (où la réalisation d'opérations renouvelables est plus difficile que dans des maisons individuelles) ou ayant peu de moyens financiers. Toutefois, les GEE ne peuvent produire, consommer, stocker ou vendre que de l'électricité et pas de la chaleur. De plus, si les petites GEE bénéficient d'avantages parce qu'elles n'utilisent pas l'ensemble du réseau public, ce n'est pas le cas des BEG. Environ 200 centrales vertes participent actuellement à OurPower, produisant environ 40% de leur électricité à partir de l'énergie solaire, 30% de l'énergie éolienne, 20% de l'énergie hydraulique et 10% de la biomasse.

LES PROJETS CITOYENS EN WALLONIE

Il y a environ 42 coopératives citoyennes membres du réseau REScoop en Belgique. Toutefois, la compétence énergie renouvelable est partagée entre les différentes régions. En Wallonie, la Fédération wallonne des coopératives citoyennes d'énergie renouvelable, REScoop Wallonie, suit le développement et investit dans les projets citoyens grâce à son réseau de 19 coopératives réunissant quelque 15 000 socié-

3

Projets citoyens en Wallonie

Technologies renouvelables	Nombre de projets	Puissance (en MW)	Production annuelle (en GWh)
Photovoltaïque	16	1,84	1,6
Éolien	19	38	65
Hydroélectricité	4	1,7	4,101
Sites biogaz	2	1,01	5,379
Total	41	43,35	76,08

Source: REScoop Wallonia

taires. Elles ont créé le Comptoir citoyen des énergies (Cociter), un fournisseur d'électricité verte coopératif. Cela a permis de développer plus de 43 MW de projet d'électricité renouvelable (dont 38 MW d'éolien). Environ 16 projets de chauffage biomasse ont également été menés par la fédération. L'une coopérative membre, Courant d'air, a d'ailleurs développé un outil nommé Photovoltaïque pour tous, pour simuler les performances et les coûts d'installation solaire en toiture et pour trouver des professionnels locaux. Un décret législatif du 5 mai 2022 est venu officialiser les concepts de communauté d'énergie renouvelable et communautés d'énergie citoyennes en traduisant la directive RED II. Cependant ce texte ne détaille pas encore ce que représente un projet d'énergie renouvelable citoyen. Un décret gouvernemental devrait être publié en 2023 pour préciser cela. Le gouvernement wallon a d'autre part adopté le Pax eolienica II, destiné à promouvoir le développement de l'éolien dans la région. Il propose un début de définition du concept de projet citoyen mais uniquement dans le cas de projets éoliens. Les développeurs ont à présent l'obligation d'ouvrir le capital de leur projet aux citoyens ainsi qu'aux collectivités locales jusqu'à un seuil de 24,99% pour chacune de ces entités.

De leur côté, les régions de Flandre et de Bruxelles ont également transposé la directive européenne. Au niveau fédéral, REScoop Wallonie et REScoop Vlaanderen (fédération des coopératives en Flandre) ont créé une coopérative commune à toute la Belgique pour le développement des projets citoyens en mer: Seacoop.

UN CONCEPT QUI PEINE À SE CONCRÉTISER EN EUROPE

Comme nous le voyons à travers les différents exemples européens, l'énergie citoyenne se traduit par des approches ou des concepts différents en fonction des pays. Bien que certains États aient connu une dynamique intéressante depuis plusieurs années et qu'une partie croissante des pays membres aient transposé les directives européennes en la matière, la plupart d'entre eux ne soutiennent ni ne suivent explicitement le développement d'initiatives renouvelables citoyennes. 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. ■

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 2020 et 2021

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. 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 la filière 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 2021, la nouvelle capacité éolienne nette raccordée dans l'Union européenne est restée en dessous du seuil de 11 GW (10 796,5 MW). Le faible niveau d'activité offshore a été le principal fait marquant de l'année écoulée. Avec seulement 604,8 MW de nouvelle capacité offshore installée en 2021, la filière a divisé sa croissance par quatre par rapport aux 2 452,8 MW installés en 2020. La puissance ajoutée et la capacité totale installée annuelles sont des indicateurs incontournables pour estimer le nombre total d'emplois découlant du modèle. La chute brutale du segment offshore a entraîné le déclin de l'emploi pour l'ensemble de la filière. Avec 211 500 emplois identifiés au total, EurObserv'ER estime que l'emploi a considérablement reculé dans l'Union européenne en 2021 (perte de 68 900 emplois par rapport à 2020). Cela s'ajoute à une baisse du chiffre d'affaires (9,6 milliards d'euros) et de la valeur ajoutée brute (3,8 milliards d'euros). Alors que l'éolien devenait le premier secteur en matière de chiffre d'affaires dans notre étude de 2020, l'emploi l'a fait reculer en 2021, plaçant la technologie en

quatrième place, derrière les biocarburants solides, les pompes à chaleur et le photovoltaïque.

En matière de résultats individuels par pays, les Pays-Bas, l'Espagne et l'Allemagne sont ceux qui enregistrent les plus grosses pertes d'emplois et d'activité en 2021. On estime que l'Allemagne, leader européen de l'industrie éolienne, est passée de 83 500 emplois à 69 200 en 2021. Ce déclin s'explique par le fait qu'aucun site n'a été raccordé en 2021. Le même phénomène a été observé en Espagne, ou encore aux Pays-Bas. La très faible capacité nouvellement installée en 2021 (0,3 GW) explique la grosse chute du nombre d'emplois en Espagne par rapport à l'année précédente. De ce fait, le nombre total d'emplois dans la filière éolienne en Espagne est revenu à son niveau antérieur. Les Pays-Bas ont subi une perte significative de 31 600 emplois, principalement en raison du faible niveau d'activité enregistré en 2021, avec seulement 1 GW de nouvelle capacité raccordée, contre 2,1 GW en 2020. À l'inverse, le Danemark a enregistré une hausse importante de son niveau d'emploi dans l'éolien (de

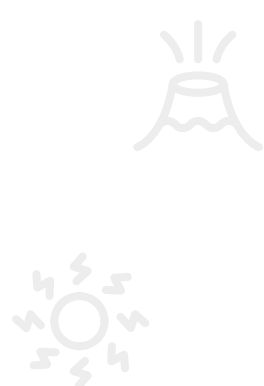
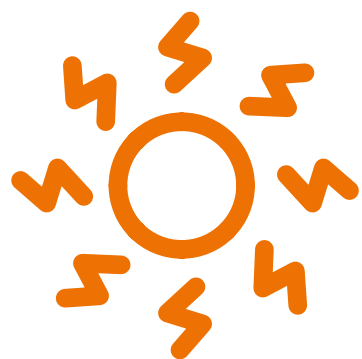
22 800 équivalents temps plein à 31 900) et de son chiffre d'affaires (2 760 millions d'euros en 2021, soit une hausse de 38 % par rapport à 2020). Le pays a été le seul à raccorder un parc éolien offshore en 2021 avec le site de Kriegers Flak. De même, la Suède a enregistré une hausse de son niveau d'emploi en 2021, principalement parce que le pays était le plus gros marché éolien d'Europe. En 2021, 2 104 MW ont été installés et il est prévu d'ajouter 2,2 GW en 2022.

Le déclin de l'activité correspond à la situation à laquelle l'industrie fait face. Les PDG des cinq plus gros fabricants d'éoliennes en Europe ont adressé une lettre au président de la Commission européenne pour l'alerter de la situation très difficile que traverse la chaîne d'approvisionnement de la filière éolienne en Europe. Cette lettre indique que lors des deux dernières années, la filière a dû fermer des usines de fabrication d'éoliennes et de leurs composants en Allemagne, en Espagne et au Danemark, bastions traditionnels de l'éolien en Europe. ■

Emploi et chiffre d'affaires

	Emplois (directs et indirects)		Chiffre d'affaires (en millions d'euros)		Valeur ajoutée brute directe (en millions d'euros)	
	2020	2021	2020	2021	2020	2021
Allemagne	83 500	69 200	13 960	11 710	6 090	5 110
Danemark	22 800	31 900	5 080	6 670	2 000	2 760
Espagne	44 300	23 000	5 860	3 320	2 430	1 440
France	15 800	14 500	2 640	2 460	1 050	970
Suède	9 600	14 100	1 880	2 700	950	1 360
Pays-Bas	42 100	10 500	6 350	1 670	2 700	680
Pologne	10 900	8 600	840	690	370	300
Portugal	10 300	7 200	750	570	300	230
Grèce	6 300	6 600	590	630	260	280
Italie	6 000	6 100	1 040	1 050	440	450
Finlande	2 300	4 400	430	780	190	340
Croatie	2 100	2 600	140	160	60	70
Lituanie	600	2 200	40	110	20	50
Autriche	1 100	2 000	230	380	90	160
Belgique	12 700	2 000	2 700	440	1 080	170
Roumanie	2 500	2 000	210	170	90	80
Irlande	3 100	1 600	520	310	220	130
Bulgarie	600	700	40	50	20	20
Hongrie	1 200	700	80	40	30	20
Tchéquie	1 100	600	100	60	30	20
Estonie	800	300	60	30	20	10
Lettonie	100	200	10	10	< 10	< 10
Chypre	100	100	10	10	< 10	< 10
Luxembourg	200	100	40	10	10	< 10
Malte	< 100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 10
Slovénie	< 100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 10
Slovaquie	< 100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 10
Total UE-27	280 400	211 500	43 630	34 060	18 500	14 710

Source: EurObserv'ER



PHOTOVOLTAÏQUE

Le marché du solaire photovoltaïque dans l'Union européenne est resté très actif en 2021, malgré les perturbations de la chaîne d'approvisionnement des composants et l'augmentation du prix des modules. EurObserv'ER a évalué que la capacité nette maximum de l'Union européenne a augmenté d'au moins 22,8 GW en 2021. Cette augmentation de 24,9% sur un an a fait progresser la capacité cumulée annuelle de l'Union européenne de 16,7% pour l'année, à 158,9 GW. Concernant les retombées socio-économiques, EurObserv'ER estime que la filière photovoltaïque représente 27,6 milliards d'euros de chiffre d'affaires en 2021 (contre 20,9 milliards d'euros en 2020), 11 480 millions d'euros de valeur ajoutée brute (contre 8 760 millions d'euros en 2020) et 223 100 d'équivalents temps plein (une hausse corrélée à celle du chiffre d'affaires).

Avec 56 000 emplois (contre 55 600 en 2020), l'Allemagne reste au premier rang des employeurs dans la filière photovoltaïque de l'Union européenne. Cela s'explique par sa nouvelle capacité installée

de 5 GWc en 2021, supérieure aux 4,7 GWc installés en 2020. Les chiffres de l'emploi pour ces deux années sont très similaires, car le marché est resté très stable. En 2021, les estimations d'emploi sont à la hausse en Espagne par rapport à 2020. Le pays a installé 2,8 GW de capacité photovoltaïque nette en 2021, soit plus qu'en 2020 (1,5 GW). La majeure partie de cette capacité a été installée à travers des contrats d'achat d'électricité. Cela fait de l'Espagne le plus gros marché solaire à fonctionner sans subventions ou prix garantis par l'État. De nombreux autres pays affichent une estimation à la hausse du nombre d'emplois, en raison d'une augmentation de la nouvelle capacité installée. Les Pays-Bas et l'Italie affichent par exemple une hausse du niveau d'emploi en 2021 (respectivement 3 100 et 3 700 emplois) et restent classés dans les six pays employant le plus de personnes dans la filière. De même, leurs chiffres d'affaires respectifs ont augmenté de 17% (hausse de 460 millions d'euros) et 32% (hausse de 520 millions d'euros).



SOLARWATT

	Emplois (directs et indirects)		Chiffre d'affaires (en millions d'euros)		Valeur ajoutée brute directe (en millions d'euros)	
	2020	2021	2020	2021	2020	2021
Allemagne	55 600	56 000	8 310	8 440	3 700	3 750
Pologne	20 200	35 200	1 410	2 470	570	1 000
Espagne	19 100	25 400	2 040	2 680	890	1 170
France	3 600	23 300	520	3 350	210	1 380
Pays-Bas	18 600	21 700	2 690	3 150	1 020	1 190
Italie	11 400	15 100	1 650	2 170	630	830
Portugal	2 400	7 200	130	390	50	150
Grèce	5 500	7 000	450	570	180	230
Autriche	2 200	5 000	400	880	170	380
Belgique	4 300	4 300	830	840	300	300
Danemark	2 500	3 500	500	700	200	280
Suède	4 000	3 100	700	530	330	250
Estonie	400	2 500	30	180	10	70
Hongrie	6 300	2 300	360	140	150	50
Tchéquie	2 900	2 200	220	180	80	60
Finlande	1 300	2 000	260	410	100	160
Roumanie	1 500	1 900	110	130	40	50
Bulgarie	1 800	1 800	90	100	30	30
Lituanie	800	1 500	30	70	20	30
Chypre	< 100	600	10	50	< 10	20
Luxembourg	200	500	40	70	10	30
Irlande	200	300	20	50	10	20
Malte	300	200	20	10	10	10
Slovaquie	200	200	20	20	10	10
Lettonie	100	100	10	< 10	< 10	< 10
Slovénie	100	100	10	10	< 10	< 10
Croatie	< 100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 10
Total UE-27	165 700	223 100	20 870	27 610	8 760	11 480

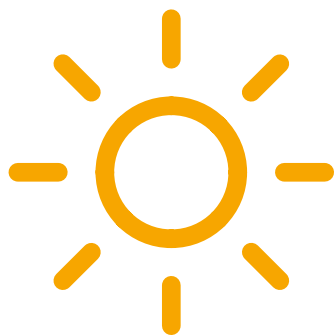
Source: EurObserv'ER



EurObserv'ER constate, en 2021, une croissance assez remarquable de la filière et des retombées socio-économiques associées pour la plupart des États membres. En France, une augmentation substantielle de 2,8 GWc de capacité photovoltaïque installée a conduit à une grosse augmenta-

tion du nombre d'emplois dans la filière (19 700 emplois en plus par rapport à 2020). De ce fait, la modélisation de l'emploi génère aussi une hausse significative du chiffre d'affaires (2,8 milliards d'euros) et de la valeur ajoutée brute (1,2 milliard d'euros) en 2021. Cette augmentation est accentuée

par la sous-estimation des chiffres de 2020 pour la France, en raison d'une hausse limitée de la capacité installée visible lors des premières estimations. En outre, la Pologne est apparue comme le deuxième plus grand marché photovoltaïque en 2021 (avec 3,7 GWc de capacité nouvellement installée), signe d'une tendance favorable qui se reflète également dans son chiffre d'affaires de 2,5 milliards d'euros (soit presque le double de 2020) et ses 35 200 emplois. Deux autres pays, le Portugal et l'Autriche, affichent des chiffres de l'emploi en légère hausse qui découlent des chiffres élevés des capacités nouvellement installées (respectivement 548 MWc et 766 MWc). Avec 4 800 nouveaux emplois et 260 millions d'euros de chiffre d'affaires en plus, le Portugal a triplé son niveau d'emploi. L'Autriche a plus que doublé son niveau d'emploi (2 800 nouveaux emplois), son chiffre d'affaires (hausse de 480 millions d'euros) et sa valeur ajoutée brute (hausse de 210 millions d'euros). D'autre part, certains pays ont vu leur marché décliner, comme la Hongrie où beaucoup moins de systèmes photovoltaïques ont été installés en 2021 par rapport à 2020 et où on estime que 4 000 emplois ont disparu sur la même période. ■



SOLAIRE THERMIQUE

Les chiffres couvrent ici les technologies à panneaux solaires thermiques plats et d'héliothermodynamique. La modélisation d'EurObserv'ER estime à 5,2 milliards d'euros le chiffre d'affaires du secteur, avec 38 300 emplois concernés en 2021. Ces données reflètent une augmentation importante du chiffre d'affaires du secteur, qui a plus que doublé par rapport à 2020. Les niveaux d'emploi ont aussi bien progressé, avec 18 200 emplois, soit près du double par rapport à 2020.

La majeure partie de cette augmentation des niveaux d'emploi provient des 13 900 emplois créés en Allemagne, ce qui place le pays en tête pour la plupart des emplois de la filière au sein de l'Union européenne. Cette belle augmentation peut aussi s'expliquer par la forte croissance de la capacité installée des systèmes solaires thermiques (1,6 GWth). De même, ces fortes augmentations se retrouvent dans les chiffres d'affaires (en hausse de 2,2 milliards d'euros) et les valeurs ajoutées brutes (hausse de 940 millions d'euros). Le Danemark a également bien progressé en

2021. En matière d'énergie solaire thermique, le pays se spécialise surtout dans la niche des réseaux de chaleur intégrant cette énergie et possédait 125 sous-réseaux de ce type fin 2021. Il a été estimé que la filière employait près de 32 000 (31 900) personnes, avec un chiffre d'affaires de 6,7 milliards d'euros (hausse de 31 % par rapport à 2020).

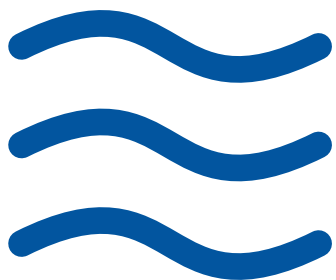
Par ailleurs, les résultats de l'Espagne ne sont pas bons et les indicateurs socio-économiques ont suivi cette tendance sous l'effet de la contraction d'environ 20 % du marché du solaire thermique national en 2021. Les estimations pour le pays indiquent un total de 23 000 emplois et un chiffre d'affaires de 3,3 milliards d'euros, ce qui est inférieur aux niveaux de 2020. Dans ce pays, l'emploi n'est pas seulement dynamisé par l'activité continue d'installation des capteurs solaires thermiques pour la fourniture d'eau chaude, mais aussi par les activités d'exploitation-maintenance dans le secteur de l'héliothermodynamique. L'Espagne abrite toutefois le plus grand parc de centrales héliothermodynamiques de l'Union

européenne. Le segment de marché de l'héliothermodynamique a stagné ces dernières années, avec peu de nouvelles installations dans l'Union européenne. L'emploi dans le secteur devrait donc provenir principalement des fournisseurs de technologies et des fabricants de composants basés dans l'UE. Actuellement, les installations proprement dites se font principalement en dehors de l'Union européenne. L'activité de solaire thermique dans le reste de l'Union européenne a été limitée en 2021, mais a légèrement progressé, conduisant à des estimations relativement stables pour les autres États membres. ■

Emploi et chiffre d'affaires

	Emplois (directs et indirects)		Chiffre d'affaires (en millions d'euros)		Valeur ajoutée brute directe (en millions d'euros)	
	2020	2021	2020	2021	2020	2021
Allemagne	3 100	17 000	430	2 590	190	1 130
Espagne	6 400	5 400	950	840	450	410
Pologne	1 500	2 800	110	200	40	70
Grèce	1 800	2 300	150	210	50	80
Autriche	1 400	1 900	260	360	110	150
Danemark	300	1 500	50	290	20	110
France	1 000	1 500	140	220	60	90
Italie	1 000	1 500	130	200	50	80
Bulgarie	1 000	1 300	50	60	20	20
Portugal	600	800	30	40	10	10
Hongrie	200	400	10	20	< 10	10
Chypre	200	300	10	20	< 10	10
Tchéquie	100	200	10	10	< 10	< 10
Belgique	100	100	20	10	10	< 10
Finlande	< 100	100	10	10	< 10	< 10
Croatie	200	100	10	< 10	< 10	< 10
Irlande	100	100	10	10	< 10	< 10
Pays-Bas	100	100	10	10	< 10	< 10
Roumanie	100	100	10	10	< 10	< 10
Suède	100	100	10	10	< 10	10
Slovaquie	100	100	< 10	10	< 10	< 10
Estonie	< 100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 10
Lituanie	< 100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 10
Luxembourg	< 100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 10
Lettonie	< 100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 10
Malte	< 100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 10
Slovénie	< 100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 10
Total UE-27	20 100	38 300	2 480	5 200	1 170	2 320

Source : EurObserv'ER



HYDROÉLECTRICITÉ

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.

La France a enregistré la plus grosse capacité installée en 2021 (+ 580 MW). De la même façon, les effectifs estimés ont significativement augmenté, avec 11 700 emplois en plus. Les estimations pour l'Allemagne, l'Autriche, l'Espagne, le Portugal et la République tchèque affichent également une augmentation de capacité et du nombre d'emplois. L'Italie n'a en revanche pas enregistré d'augmentation de capacité, alors que le pays avait affiché la plus grosse progression en la matière en 2020. L'estimation du nombre d'emplois en Italie reflète le plus gros déclin de tous les États membres (perte de 5 300 emplois par rapport à 2020). Nous considérons que l'apparition des pics observés pour l'hydroélectricité est une conséquence de la méthode de modélisation utilisée.

Le niveau d'emploi global a gagné 12 900 ETP dans l'Union européenne, pour atteindre 48 800 emplois dans l'hydroélectricité. Une hausse similaire

est observée pour le chiffre d'affaires total, estimé à 6,4 milliards d'euros. Le chiffre le plus élevé peut être observé dans les États membres disposant des capacités hydroélectriques les plus importantes : la France (26,2 GW), l'Italie (22,8 GW), l'Autriche (14,7 GW) et l'Espagne (20,1 GW).

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 des centrales hydroélectriques existantes. Celles-ci sont les plus élevées dans les pays possédant les plus gros parcs hydroélectriques. ■

Emploi et chiffre d'affaires

	Emplois (directs et indirects)		Chiffre d'affaires (en millions d'euros)		Valeur ajoutée brute directe (en millions d'euros)	
	2020	2021	2020	2021	2020	2021
France	3 800	15 500	560	2 220	220	920
Italie	11 600	6 300	1 630	910	660	350
Allemagne	3 100	4 700	480	720	210	320
Autriche	2 100	4 500	400	810	150	340
Espagne	3 600	4 000	430	460	190	210
Portugal	2 000	2 700	120	160	40	60
Suède	2 000	2 100	370	380	170	180
Tchéquie	600	1 400	50	100	20	40
Roumanie	1 100	1 400	90	110	30	40
Grèce	800	900	70	80	30	30
Bulgarie	800	800	50	50	20	20
Croatie	700	600	40	40	20	10
Finlande	400	500	70	90	30	40
Lettonie	500	500	30	30	10	10
Pologne	500	500	40	40	20	20
Slovaquie	500	500	40	40	20	20
Slovénie	400	400	30	30	10	10
Lituanie	300	300	10	10	10	10
Belgique	200	200	40	40	10	10
Hongrie	< 100	200	< 10	10	< 10	< 10
Luxembourg	200	200	30	30	10	10
Irlande	100	100	10	10	< 10	< 10
Chypre	< 100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 10
Danemark	< 100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 10
Estonie	100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 10
Malte	< 100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 10
Pays-Bas	< 100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 10
Total UE-27	35 900	48 800	4 650	6 420	1 950	2 720

Source : EurObserv'ER



GÉOTHERMIE

La géothermie consiste à extraire la chaleur contenue dans le sol et à l'utiliser pour chauffer les bâtiments, les refroidir ou produire de l'électricité. Elle est principalement utilisée pour chauffer les habitations et locaux commerciaux, mais d'autres applications sont possibles, notamment dans l'agriculture (chauffage de serres, séchage de produits agricoles...), la pisciculture, le chauffage des piscines ou le refroidissement. Tout 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 augmenté de 100 millions d'euros pour atteindre 910 millions d'euros et le nombre d'emplois a augmenté à 7 300 en 2021 (contre 6 100 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 2021, la plus grande augmentation de capacité en géothermie de chauffage a été observée en Pologne : de 61 MWth à 137 MWth installés. Avec un chiffre d'affaires de 90 millions d'euros et 1 200 emplois, la Pologne domine la filière géothermie. Les Pays-Bas conservent un niveau élevé d'activité en 2021 avec l'ajout de 71 MWth pour le chauffage et le refroidissement par géothermie. Cela s'observe dans les 1 000 emplois et 170 millions d'euros de chiffre d'affaires estimés. L'Italie arrive juste derrière, en tant qu'acteur historiquement important de la filière, avec 1 000 emplois et un chiffre d'affaires de 160 millions d'euros qui s'expliquent par son importante capacité existante en matière de génération d'électricité et de chauffage. Avec un chiffre d'affaires de 130 millions d'euros et 800 emplois, la France occupe la quatrième place en Europe dans le secteur de la géothermie, après les Pays-Bas, l'Italie et la Pologne. L'Allemagne et la Hongrie suivent ensuite avec respectivement 700 et 500 emplois dans la filière. ■



Emploi et chiffre d'affaires

	Emplois (directs et indirects)		Chiffre d'affaires (en millions d'euros)		Valeur ajoutée brute directe (en millions d'euros)	
	2020	2021	2020	2021	2020	2021
Pologne	100	1 200	10	90	< 10	30
Italie	1 000	1 000	150	160	60	60
Pays-Bas	1 100	1 000	180	170	70	60
France	700	800	120	130	40	50
Allemagne	500	700	80	110	30	50
Hongrie	500	500	30	30	10	10
Autriche	200	100	40	20	20	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
Portugal	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	6 100	7 300	810	910	440	470

Source : EurObserv'ER



POMPES À CHALEUR

Pour les pompes à chaleur, après une forte croissance en 2020, nous observons une nouvelle augmentation significative en termes de chiffre d'affaires de l'industrie et d'emploi dans l'UE en 2021. Il est à noter qu'une part des bons résultats de 2021 est due à un changement dans le traitement des données d'entrée de notre modèle. Les données d'entrée représentent désormais plus précisément le nombre estimé de pompes à chaleur installées dans les pays où il y a également une quantité importante de démantèlement d'anciennes pompes à chaleur. Les estimations pour l'Italie ont augmenté de manière significative à la suite de ce changement, la propulsant à la première place en termes de chiffre d'affaires (plus de 20 milliards d'euros) et d'emploi (141 300 ETP). En revanche, nous constatons un recul significatif de la France, dû à une surestimation des valeurs qui avait été faite l'an passé pour 2020. Toutefois, malgré cette correction, la France reste le deuxième plus grand secteur des pompes à chaleur de l'UE, grâce à un marché des pompes à chaleur important et

actif. La Grèce connaît une baisse similaire. La Slovénie (- 1,1 milliard d'euros et 13 600 emplois) et le Portugal (- 470 millions d'euros et 9 700 emplois) sont d'autres pays qui enregistrent une baisse notable de l'emploi et du chiffre d'affaires estimé. Pour la Slovénie et le Portugal, la baisse est due à la diminution du nombre de nouvelles pompes à chaleur installées en 2021 par rapport à 2020.

La modélisation a abouti à un chiffre d'affaires global pour le secteur estimé à 52 milliards d'euros en 2021 (en hausse de plus de 11 milliards d'euros) et à un niveau d'emploi évalué à 377 300 travailleurs. L'Espagne, le Portugal et l'Allemagne restent des acteurs importants avec plus de 20 000 personnes employées dans le secteur. Aux Pays-Bas, on observe une forte augmentation en termes d'emploi (+ 6 400 ETP) et de chiffre d'affaires (+ 1 milliard). Les pompes à chaleur restent le secteur des énergies renouvelables le plus important de l'UE en termes d'emploi. Il convient de noter que les données de marché présentées dans ce document pour l'Italie, l'Espagne et la France

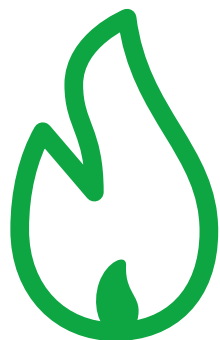
ne sont pas directement comparables à celles d'autres pays, car elles incluent les pompes à chaleur dont la fonction principale est le refroidissement, une approche qui est conforme à la directive européenne sur les énergies renouvelables.

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 2021 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 à l'UE. La chaîne de valeur et la création de pompes à chaleur restent des exemples positifs 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. ■

Emploi et chiffre d'affaires

	Emplois (directs et indirects)		Chiffre d'affaires (en millions d'euros)		Valeur ajoutée brute directe (en millions d'euros)	
	2020	2021	2020	2021	2020	2021
Italie	35 900	141 300	5 320	20 650	1 970	7 900
France	89 000	64 600	13 500	9 760	5 480	3 950
Espagne	30 900	33 600	3 560	3 860	1 470	1 600
Allemagne	24 400	27 400	3 930	4 370	1 690	1 890
Portugal	31 700	22 500	1 800	1 290	680	480
Pays-Bas	13 700	20 100	2 200	3 230	800	1 180
Suède	12 300	15 000	2 360	2 850	1 040	1 260
Pologne	5 900	8 200	410	580	160	220
Finlande	6 400	7 700	1 150	1 380	460	560
Grèce	24 100	5 500	2 240	570	870	220
Belgique	3 900	4 200	800	870	290	310
Danemark	3 500	3 700	670	710	270	290
Malte	2 600	3 100	210	250	80	100
Slovaquie	3 500	3 100	290	240	100	90
Slovénie	15 500	2 800	1 300	230	500	90
Autriche	1 800	2 600	340	480	140	200
Lituanie	5 500	2 500	240	110	120	60
Estonie	1 900	2 300	140	170	50	60
Tchéquie	2 000	1 900	170	160	60	50
Hongrie	1 500	1 800	90	110	30	40
Irlande	800	1 200	110	170	40	70
Roumanie	900	1 100	60	70	20	30
Bulgarie	700	700	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	318 800	377 300	40 970	52 190	16 370	20 700

Source : EurObserv'ER



BIOGAZ

La digestion anaérobie est un processus naturel de dégradation biologique de la matière organique dans un environnement dépourvu d'oxygène, sous l'action de micro-organismes. Le biogaz de méthanisation issu de la fermentation anaérobie est réparti dans plusieurs segments, en fonction de l'origine et du traitement des déchets : décharge, traitement des eaux usées, déchets non dangereux et matière végétale brute. Le biogaz est utilisé pour produire de la chaleur et/ou de l'électricité, mais peut aussi être directement injecté dans les réseaux de transport et de distribution de gaz.

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 2021, la production d'énergie primaire issue du biogaz dans l'Union européenne est restée relativement stable par rapport à 2020, autour de 14 600 ktep. La main-d'œuvre employée dans le biogaz a légèrement diminué, totalisant 47 100 emplois en 2021, soit une perte de 1 800 emplois à plein

temps par rapport à 2020. Le secteur a réalisé un chiffre d'affaires de 5,5 milliards d'euros, en légère baisse par rapport aux 5,75 milliards d'euros enregistrés l'année précédente. La valeur ajoutée brute a diminué dans l'Union européenne en parallèle à la baisse de chiffre d'affaires dans la filière. Les niveaux d'emploi estimés pour l'Allemagne, l'Italie, la République tchèque et la France ont tous baissé de 500 à 600 équivalents temps plein par rapport à 2020, mais la main-d'œuvre dans ces pays reste la plus importante du

secteur. Le chiffre d'affaires de la filière affiche également une baisse dans ces quatre pays. D'après nos estimations, la Pologne enregistre le cinquième chiffre d'affaires le plus élevé du secteur et possède une main-d'œuvre comparable à celle de la France. L'Espagne suit ensuite, avec une augmentation estimée de 500 équivalents temps plein entre 2020 et 2021. Cette augmentation suit celle de l'électricité produite à partir de biogaz en Espagne par rapport à l'année précédente (928 GWh contre 881 GWh en 2020). ■



Emploi et chiffre d'affaires

	Emplois (directs et indirects)		Chiffre d'affaires (en millions d'euros)		Valeur ajoutée brute directe (en millions d'euros)	
	2020	2021	2020	2021	2020	2021
Allemagne	24 800	24 200	3 400	3 320	1 540	1 500
Italie	6 900	6 300	750	690	390	360
Tchéquie	3 900	3 400	260	230	110	90
France	3 100	2 600	410	350	170	140
Pologne	2 600	2 600	140	140	50	50
Espagne	800	1 300	80	130	40	60
Croatie	800	800	50	50	20	20
Grèce	500	700	30	40	10	20
Lettonie	500	500	30	20	10	10
Pays-Bas	500	500	80	90	40	40
Portugal	400	500	20	30	10	10
Slovaquie	500	500	40	40	20	20
Autriche	500	400	70	60	30	30
Belgique	400	400	110	100	40	30
Hongrie	500	400	30	20	10	10
Bulgarie	300	300	20	20	10	10
Danemark	500	300	90	60	40	20
Finlande	300	300	30	30	10	10
Lituanie	200	300	10	20	10	10
Chypre	100	100	10	10	< 10	< 10
Irlande	100	100	20	20	10	10
Luxembourg	100	100	10	10	< 10	< 10
Suède	100	100	< 10	10	< 10	10
Slovénie	200	100	20	10	10	< 10
Estonie	< 100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 10
Malte	< 100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 10
Roumanie	< 100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 10
Total UE-27	48 900	47 100	5 750	5 530	2 640	2 520

Source : EurObserv'ER



BIOCARBURANTS

Le secteur européen des biocarburants a légèrement progressé en 2021 (EurObserv'ER y englobe le biodiesel, le bioéthanol et le biogaz pour les transports). La consommation globale de biocarburants a augmenté de 7,8 % entre 2020 et 2021, atteignant 17 022 ktep (+ 1 229 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 légèrement augmenté à 12,1 milliards d'euros, tandis que le niveau d'emploi a progressé, passant de 141 600 à 148 300 emplois en 2021. Il faut noter que la méthodologie utilisée pour évaluer le secteur de la biomasse couvre les activités d'approvisionnement en biomasse, c'est-à-dire le secteur agricole. Les biocarburants restent le cinquième plus gros créateur d'emploi dans les énergies renouvelables au sein de l'UE, derrière la biomasse solide, les pompes à chaleur, le solaire photovoltaïque 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 (21 400 emplois pour un chiffre d'affaires de 970 millions d'euros) arrive numéro un en matière d'emploi dans les biocarburants, tandis que la Roumanie (17 800 emplois pour un chiffre d'affaires de 740 millions d'euros) et la Hongrie (17 000 emplois et 980 millions d'euros) talonnent la France en 2021. 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 2021, 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 18 800 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 13 500 personnes. L'Allemagne a enregistré une hausse du chiffre d'affaires généré par les biocarburants (1,8 milliard d'euros, contre 1,6 milliard en 2020) et une augmentation corrélée des chiffres de l'emploi avec 12 400 personnes employées en 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)	
	2020	2021	2020	2021	2020	2021
Pologne	17 900	21 400	820	970	310	370
France	21 900	18 800	2 600	2 250	1 100	950
Roumanie	20 100	17 800	830	740	380	340
Hongrie	15 800	17 000	920	980	440	470
Espagne	13 900	13 500	1 380	1 340	720	700
Allemagne	10 900	12 400	1 570	1 770	700	790
Suède	6 500	7 300	400	450	170	190
Lituanie	4 800	7 200	240	350	100	150
Italie	5 700	5 700	600	590	300	300
Slovaquie	4 100	4 400	340	360	150	160
Tchéquie	4 300	4 300	280	280	110	110
Lettonie	2 600	3 300	130	170	40	50
Bulgarie	2 400	3 100	150	200	60	70
Autriche	2 100	2 600	320	390	140	180
Grèce	2 700	2 600	140	130	70	60
Belgique	1 700	1 600	460	430	170	160
Croatie	1 200	1 600	80	100	40	50
Pays-Bas	1 200	1 200	260	270	110	110
Finlande	600	1 000	80	150	30	60
Estonie	200	400	10	20	< 10	10
Irlande	100	300	20	40	10	20
Portugal	400	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	141 600	148 300	11 720	12 070	5 220	5 360

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 urbains renouvelables 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 2,5 milliards d'euros en 2021, avec une valeur ajoutée brute de 1,1 milliard d'euros. Avec 14 500 équivalents temps plein directs et indirects, on constate une augmentation de 1 700 emplois par rapport à 2020. Celle-ci s'explique par une hausse manifeste de la capacité des installations de valorisation énergétique des déchets entre 2020 et 2021. Les hausses les plus évidentes ont été observées en Pologne (110 millions d'euros et 1 600 emplois en plus) et en Autriche (180 millions d'euros et 1 000 emplois en plus). En parallèle,



on observe une chute significative dans les estimations de la Suède: 110 millions d'euros et 600 emplois en moins.

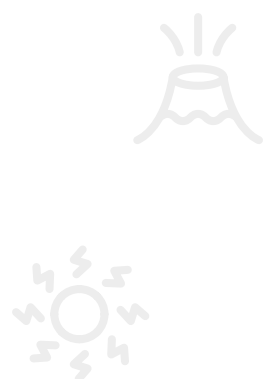
EurObserv'ER estime qu'environ les deux tiers du chiffre d'affaires et de l'emploi reposent sur des investissements dans de nouvelles capacités (Capex) et que le tiers restant peut être attribué à l'exploitation-maintenance des unités de valorisation énergétique des déchets.

Selon la modélisation d'EurObserv'ER, l'Allemagne est le premier acteur en termes de retombées socio-économiques, avec 750 millions d'euros de chiffre d'affaires et 3 900 emplois dans le secteur. La Pologne arrive en deuxième position avec une main-d'œuvre estimée à 1 900 personnes et un chiffre d'affaires de 130 millions d'euros pour ce secteur en 2021. L'Italie suit avec 1 700 emplois à temps plein. ■

Emploi et chiffre d'affaires

	Emplois (directs et indirects)		Chiffre d'affaires (en millions d'euros)		Valeur ajoutée brute directe (en millions d'euros)	
	2020	2021	2020	2021	2020	2021
Allemagne	3 200	3 900	660	750	290	330
Pologne	300	1 900	20	130	10	60
Italie	1 200	1 700	220	300	80	120
Autriche	300	1 300	60	240	20	100
France	1 200	1 300	230	240	90	90
Pays-Bas	800	800	180	160	70	70
Suède	1 400	800	310	200	150	90
Belgique	300	300	80	70	30	30
Danemark	800	300	190	90	80	40
Espagne	500	300	70	50	30	20
Finlande	300	200	70	50	30	20
Portugal	500	200	40	20	10	10
Tchéquie	< 100	100	< 10	< 10	< 10	< 10
Hongrie	100	100	10	10	< 10	< 10
Irlande	100	100	30	20	10	10
Lituanie	< 100	100	< 10	< 10	< 10	< 10
Luxembourg	< 100	100	< 10	30	< 10	10
Bulgarie	500	< 100	30	< 10	10	< 10
Chypre	< 100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 10
Estonie	200	< 100	20	10	10	< 10
Grèce	< 100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 10
Croatie	< 100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 10
Lettonie	< 100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 10
Malte	< 100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 10
Roumanie	< 100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 10
Slovénie	< 100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 10
Slovaquie	100	< 100	10	< 10	< 10	< 10
Total UE-27	12 800	14 500	2 330	2 480	1 040	1 130

Source: EurObserv'ER



BIOCARBURANTS SOLIDES

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 atteint des niveaux records dans l'Union européenne en 2021. Cette augmentation significative, qui correspond à une hausse de la consommation de 7,8 Mtep (de 96,4 Mtep à 104,2 Mtep), s'explique 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. Suivant la même logique, la production d'électricité et de chaleur à partir de biocarburants solides a respectivement progressé en 2021, de 83 GWh à 90 GWh (+ 8,4 %) et de 11,4 Mtep à 13,1 Mtep (+ 15 %). Ces augmentations ont eu un impact sur les résultats socio-économiques de la filière, avec une estimation de 353 800 personnes employées en 2021 (hausse de 70 800 par rapport à 2020) et un chiffre d'affaires de 38,5 milliards d'euros (hausse de 8,7 milliards d'euros par rapport à 2020). Les biocarburants solides constituent une fois encore la plus grosse source d'énergie renouvelable en 2021,



ENOVA

	Emplois (directs et indirects)		Chiffre d'affaires (en millions d'euros)		Valeur ajoutée brute directe (en millions d'euros)	
	2020	2021	2020	2021	2020	2021
Pologne	32 700	46 900	1 360	2 160	590	910
Allemagne	33 000	41 300	4 650	5 990	2 500	3 100
France	24 300	24 900	3 730	3 840	1 740	1 810
Pays-Bas	7 600	23 300	1 090	3 610	500	1 440
Suède	21 500	22 900	4 320	4 590	1 820	1 940
Italie	19 200	21 100	1 370	1 670	800	910
Finlande	12 600	19 200	3 260	4 560	2 090	2 750
Lettonie	10 800	17 700	550	890	210	340
Espagne	20 900	17 400	1 550	1 060	710	520
Tchéquie	12 400	15 900	710	940	260	340
Danemark	4 700	12 900	740	2 180	310	900
Bulgarie	9 700	12 200	410	530	160	210
Hongrie	9 200	12 100	320	480	130	190
Croatie	8 600	10 400	310	380	160	190
Autriche	8 000	9 800	1 730	2 070	800	950
Lituanie	9 500	9 200	350	320	170	150
Portugal	12 400	8 700	970	790	510	460
Roumanie	6 100	8 700	290	420	120	180
Estonie	10 300	8 300	920	780	340	300
Slovaquie	4 700	5 400	300	340	150	170
Irlande	1 500	2 100	130	200	60	90
Slovénie	800	1 100	70	90	40	50
Belgique	1 300	1 000	460	400	140	120
Grèce	400	800	40	90	20	30
Luxembourg	600	300	100	50	40	20
Chypre	100	100	< 10	< 10	< 10	< 10
Malte	< 100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 10
Total UE-27	283 000	353 800	29 750	38 450	14 390	18 090

Source : EurObserv'ER

devant les pompes à chaleur, le solaire photovoltaïque et l'éolien. En termes de chiffre d'affaires, la biomasse est aussi numéro un, devant les pompes à chaleur et l'éolien. 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 plus de 95% de la

biomasse combustible utilisée par la filière provient de pays de l'UE. En 2021, les importations hors UE ne représentaient que 3,5% de la consommation totale. Concernant les pays, l'Allemagne présente le chiffre d'affaires le plus élevé (5,99 milliards d'euros) et arrive en deuxième place en matière d'effectifs, avec 41 300 personnes travaillant pour la filière. La Pologne, l'un des pays les plus agricoles de l'UE, emploie 46 900 personnes, alors que le

chiffre d'affaires du secteur est significativement inférieur (2,2 milliards d'euros). La différence de ratios entre emplois et chiffres d'affaires est due à la façon de modéliser les différents types d'activités. La Finlande, la Suède et la France arrivent derrière en matière de chiffre d'affaires (respectivement 4,6 milliards d'euros, 4,6 milliards d'euros et 3,8 milliards d'euros). La France reste troisième en matière de main-d'œuvre, avec 24 900 emplois. ■



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 1,47 million de personnes sont directement ou indirectement employées dans le secteur des énergies renouvelables de l'Union européenne. Cela représente une augmentation brute de 156 700 emplois (12 %) entre 2020 et 2021. Il convient de noter qu'une modification des calculs pour les pompes à chaleur a un effet important sur l'augmentation totale. En excluant les pompes à chaleur, nous constatons une augmentation de près de 100 000 ETP dans les autres secteurs renouvelables.
- 18 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 (256 800 emplois, 17 % des emplois de l'UE dans les énergies renouvelables), l'Italie (206 100 emplois, 14 %), la France (167 800 emplois, 11 %), la Pologne (129 300 emplois, 9 %) et l'Espagne (124 000 emplois, 8 %).

- La plus forte croissance estimée de l'emploi a été observée en Italie en raison d'une modification du calcul pour les pompes à chaleur. D'autres augmentations importantes sont observées en Pologne (+ 36 700 nouveaux emplois, soit + 40 %), au Danemark (+ 19 000, soit + 54 %) et en Autriche (+ 10 500 emplois, soit + 53 %). Les plus fortes baisses ont été observées en Espagne (- 16 500 emplois, soit - 12 %), en Grèce (- 15 700, soit - 37 %) et en Slovaquie (- 12 500 emplois, soit - 71 %).
- Le secteur des pompes à chaleur (377 300 emplois, 26 % du total de l'UE) est le premier employeur, devant la biomasse solide (353 800 emplois, 24 %) et le solaire photovoltaïque (223 100 emplois, 17 %). La plus forte hausse de l'emploi a été enregistrée dans le secteur de la biomasse solide, avec 70 800 emplois supplémentaires (+ 25 %), suivi du solaire photovoltaïque qui a vu la création de 57 400 emplois (+ 35 %). Des augmentations ont également été enregistrées dans les biocarburants, l'hydroélectricité, la géothermie et les déchets urbains renouvelables. Ces augmentations contrebalancent le déclin des pompes à chaleur, de l'éolien et du biogaz.

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 2021 à 185 milliards d'euros, ce qui représente une croissance brute d'environ 22 milliards d'euros par rapport à 2020 (+ 13 %). En excluant les pompes à chaleur, nous constatons une augmentation du chiffre d'affaires de près de 11 milliards d'euros dans les autres secteurs renouvelables.

- 17 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 (39,8 milliards d'euros), l'Italie (28,4 milliards d'euros), la France (24,8 milliards d'euros), l'Espagne (13,8 milliards d'euros) et les Pays-Bas (12,3 milliards d'euros). Les quatre premiers sont également ceux qui ont les meilleures valeurs ajoutées, devant la Suède.
- Les plus fortes hausses de chiffre d'affaires, selon la modélisation d'EurObserv'ER, ont été observées en Italie (+ 15,5 milliards d'euros), notamment dues à un changement de la méthode de calcul dans le secteur des pompes à chaleur. Les autres croissances ont été observées au Danemark (+ 3,4 milliards d'euros), en Pologne (+ 2,3 milliards d'euros) et en Finlande (+ 2,1 milliards d'euros). Les plus fortes baisses ont été enregistrées en Belgique (- 2,3 milliards d'euros) et en Espagne (- 2,2 milliards d'euros).
- Les principales filières renouvelables en termes de chiffre d'affaires sont les pompes à chaleur avec 52,2 milliards d'euros devant la biomasse solide avec 38,5 milliards d'euros, suivie de l'éolien et du photovoltaïque. Ces secteurs sont aussi ceux qui ont les meilleures valeurs ajoutées brutes : 20,7 milliards d'euros pour les pompes à chaleur, 18,1 milliards d'euros pour la biomasse solide, 14,7 milliards d'euros pour l'éolien et 11,5 milliards d'euros pour le photovoltaïque. ■

EMPLOIS 2020

	Total	Pompes à chaleur	Biomasse solide	Éolien	Photo-voltaïque	Biocarburants	Biogaz	Hydraulique	Solaire thermique	Déchets renouvelables	Géothermie
Allemagne	242 100	24 400	33 000	83 500	55 600	10 900	24 800	3 100	3 100	3 200	500
France	164 400	89 000	24 300	15 800	3 600	21 900	3 100	3 800	1 000	1 200	700
Espagne	140 500	30 900	20 900	44 300	19 100	13 900	800	3 600	6 400	500	100
Italie	99 900	35 900	19 200	6 000	11 400	5 700	6 900	11 600	1 000	1 200	1 000
Pologne	92 600	5 900	32 700	10 900	20 200	17 900	2 600	500	1 500	300	100
Pays-Bas	85 800	13 700	7 600	42 100	18 600	1 200	500	< 100	100	800	1 100
Portugal	60 800	31 700	12 400	10 300	2 400	400	400	2 000	600	500	100
Suède	57 600	12 300	21 500	9 600	4 000	6 500	100	2 000	100	1 400	< 100
Grèce	42 300	24 100	400	6 300	5 500	2 700	500	800	1 800	< 100	< 100
Danemark	35 400	3 500	4 700	22 800	2 500	< 100	500	< 100	300	800	< 100
Hongrie	35 400	1 500	9 200	1 200	6 300	15 800	500	< 100	200	100	500
Roumanie	32 600	900	6 100	2 500	1 500	20 100	< 100	1 100	100	< 100	100
Tchéquie	27 500	2 000	12 400	1 100	2 900	4 300	3 900	600	100	100	< 100
Belgique	25 000	3 900	1 300	12 700	4 300	1 700	400	200	100	300	< 100
Finlande	24 400	6 400	12 600	2 300	1 300	600	300	400	< 100	300	< 100
Lituanie	22 000	5 500	9 500	600	800	4 800	200	300	< 100	< 100	< 100
Autriche	19 700	1 800	8 000	1 100	2 200	2 100	500	2 100	1 400	300	200
Bulgarie	17 900	700	9 700	600	1 800	2 400	300	800	1 000	500	< 100
Slovénie	17 500	15 500	800	< 100	100	< 100	200	400	< 100	< 100	100
Lettonie	15 000	< 100	10 800	100	100	2 600	500	500	< 100	< 100	< 100
Estonie	14 200	1 900	10 300	800	400	200	< 100	100	< 100	200	< 100
Croatie	14 000	< 100	8 600	2 100	< 100	1 200	800	700	200	< 100	100
Slovaquie	13 900	3 500	4 700	< 100	200	4 100	500	500	100	100	< 100
Irlande	6 200	800	1 500	3 100	200	100	100	100	100	100	< 100
Malte	3 700	2 600	< 100	< 100	300	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100
Luxembourg	1 800	< 100	600	200	200	< 100	100	200	< 100	< 100	< 100
Chypre	1 100	< 100	100	100	< 100	< 100	100	< 100	200	< 100	< 100
Total UE-27	1 313 300	318 800	283 000	280 400	165 700	141 600	48 900	35 900	20 100	12 800	6 100

Source: EurObserv'ER

EMPLOIS 2021

	Total	Pompes à chaleur	Biomasse solide	Photo-voltaïque	Éolien	Biocarburants	Hydraulique	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

CHIFFRE D'AFFAIRES 2020 (EN M€)

	Total	Éolien	Pompes à chaleur	Biomasse solide	Photo-voltaïque	Biocarburants	Biogaz	Hydraulique	Solaire thermique	Déchets renouvelables	Géothermie
Allemagne	37 470	13 960	3 930	4 650	8 310	1 570	3 400	480	430	660	80
France	24 450	2 640	13 500	3 730	520	2 600	410	560	140	230	120
Espagne	15 930	5 860	3 560	1 550	2 040	1 380	80	430	950	70	10
Pays-Bas	13 050	6 350	2 200	1 090	2 690	260	80	< 10	10	180	180
Italie	12 860	1 040	5 320	1 370	1 650	600	750	1 630	130	220	150
Suède	10 370	1 880	2 360	4 320	700	400	< 10	370	10	310	10
Danemark	7 350	5 080	670	740	500	< 10	90	< 10	50	190	10
Belgique	5 510	2 700	800	460	830	460	110	40	20	80	< 10
Finlande	5 370	430	1 150	3 260	260	80	30	70	10	70	< 10
Pologne	5 160	840	410	1 360	1 410	820	140	40	110	20	10
Portugal	3 910	750	1 800	970	130	40	20	120	30	40	< 10
Autriche	3 850	230	340	1 730	400	320	70	400	260	60	40
Grèce	3 730	590	2 240	40	450	140	30	70	150	< 10	< 10
Hongrie	1 860	80	90	320	360	920	30	< 10	10	10	30
Tchéquie	1 820	100	170	710	220	280	260	50	10	< 10	< 10
Roumanie	1 630	210	60	290	110	830	< 10	90	10	< 10	10
Slovénie	1 480	< 10	1 300	70	10	< 10	20	30	< 10	< 10	10
Estonie	1 220	60	140	920	30	10	< 10	< 10	< 10	20	< 10
Slovaquie	1 070	< 10	290	300	20	340	40	40	< 10	10	< 10
Lituanie	950	40	240	350	30	240	10	10	< 10	< 10	< 10
Bulgarie	890	40	40	410	90	150	20	50	50	30	< 10
Irlande	880	520	110	130	20	20	20	10	10	30	< 10
Lettonie	800	10	< 10	550	10	130	30	30	< 10	< 10	< 10
Croatie	670	140	< 10	310	< 10	80	50	40	10	< 10	< 10
Malte	310	< 10	210	< 10	20	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Luxembourg	270	40	< 10	100	40	< 10	10	30	< 10	< 10	< 10
Chypre	100	10	< 10	< 10	10	< 10	10	< 10	10	< 10	< 10
Total UE-27	162 960	43 630	40 970	29 750	20 870	11 720	5 750	4 650	2 480	2 330	810

Source: EurObserv'ER

CHIFFRE D'AFFAIRES 2021 (EN M€)

	Total	Pompes à chaleur	Biomasse solide	Éolien	Photo-voltaïque	Biocarburants	Hydraulique	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

VALEUR AJOUTÉE BRUTE DIRECTE 2020 (EN M€)

	Total	Éolien	Pompes à chaleur	Biomasse solide	Photo-voltaïque	Biocarburants	Biogaz	Hydraulique	Solaire thermique	Déchets renouvelables	Géothermie
Allemagne	16 940	6 090	1 690	2 500	3 700	700	1 540	210	190	290	30
France	10 160	1 050	5 480	1 740	210	1 100	170	220	60	90	40
Espagne	6 940	2 430	1 470	710	890	720	40	190	450	30	< 10
Italie	5 380	440	1 970	800	630	300	390	660	50	80	60
Pays-Bas	5 330	2 700	800	500	1 020	110	40	< 10	< 10	70	70
Suède	4 660	950	1 040	1 820	330	170	< 10	170	< 10	150	< 10
Finlande	2 960	190	460	2 090	100	30	10	30	< 10	30	< 10
Danemark	2 950	2 000	270	310	200	< 10	40	< 10	20	80	< 10
Pologne	2 130	370	160	590	570	310	50	20	40	10	< 10
Belgique	2 080	1 080	290	140	300	170	40	10	10	30	< 10
Autriche	1 670	90	140	800	170	140	30	150	110	20	20
Portugal	1 630	300	680	510	50	10	10	40	10	10	< 10
Grèce	1 510	260	870	20	180	70	10	30	50	< 10	< 10
Hongrie	830	30	30	130	150	440	10	< 10	< 10	< 10	10
Roumanie	720	90	20	120	40	380	< 10	30	< 10	< 10	< 10
Tchéquie	700	30	60	260	80	110	110	20	< 10	< 10	< 10
Slovénie	620	< 10	500	40	< 10	< 10	10	10	< 10	< 10	< 10
Slovaquie	490	< 10	100	150	10	150	20	20	< 10	< 10	< 10
Estonie	480	20	50	340	10	< 10	< 10	< 10	< 10	10	< 10
Lituanie	480	20	120	170	20	100	10	10	< 10	< 10	< 10
Irlande	390	220	40	60	10	10	10	< 10	< 10	10	< 10
Bulgarie	350	20	10	160	30	60	10	20	20	10	< 10
Croatie	350	60	< 10	160	< 10	40	20	20	< 10	< 10	< 10
Lettonie	330	< 10	< 10	210	< 10	40	10	10	< 10	< 10	< 10
Malte	170	< 10	80	< 10	10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Luxembourg	130	10	< 10	40	10	< 10	< 10	10	< 10	< 10	< 10
Chypre	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Total UE-27	70 480	18 500	16 370	14 390	8 760	5 220	2 640	1 950	1 170	1 040	440

Source: EurObserv'ER

VALEUR AJOUTÉE BRUTE DIRECTE 2021 (EN M€)

	Total	Pompes à chaleur	Biomasse solide	Éolien	Photo-voltaïque	Biocarburants	Hydraulique	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

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

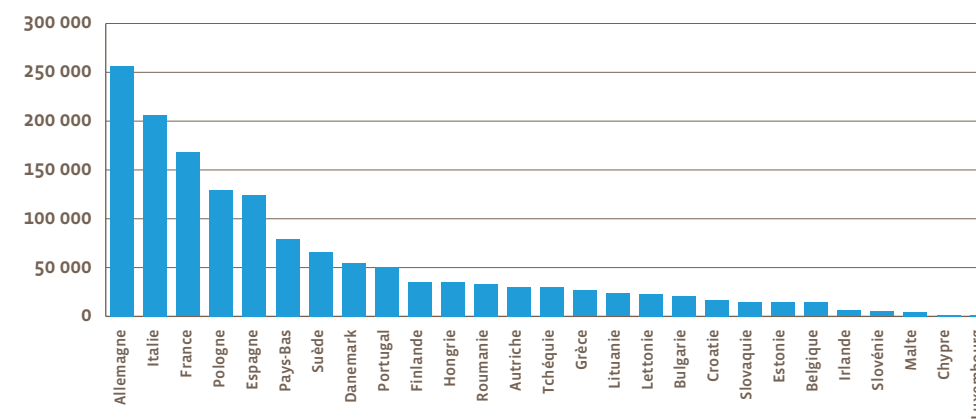
Le déploiement des technologies énergétiques renouvelables peut avoir un impact sur l'activité économique des autres secteurs, et notamment des secteurs énergétiques basés sur les combustibles fossiles. Dans la présente section, EurObserv'ER réalise une estimation indicative de l'impact de cette substitution, 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 remplacement est formulé en termes de demande d'énergie finale substituée. Soulignons qu'il ne s'agit que d'une couverture partielle d'une interaction plus complexe dans le monde réel entre le secteur des énergies renouvelables et celui des énergies fossiles.

L'édition 2022 de « L'état des énergies renouvelables en Europe » comprend l'indicateur de l'emploi déplacé du secteur des énergies fossiles vers les énergies renouvelables, pour tous les États membres de l'Union européenne et pour l'année 2021. Cet impact est évalué pour les six sous-secteurs suivants : production d'électricité, exploitation minière, pétrole pour la production d'électricité, raffinage, production et extraction de chaleur, fourniture de pétrole brut et de gaz naturel. L'évaluation concerne les emplois directs. Notre approche ne couvre que l'impact sur les activités d'exploitation-maintenance et de production de combustible (l'impact sur l'exploitation-maintenance est supposé être proportionnel à la production remplacée). Il convient de noter que la réduction des activités de construction de nouvelles installations conventionnelles n'est pas prise en compte, pas plus que les effets contraires, c'est-à-dire les effets qui influencent les secteurs fossiles à travers d'autres mécanismes (par exemple, l'impact de l'augmentation du gaz sur le

secteur du charbon). 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 les renouvelables, est de nature complètement différente selon que l'on se trouve en Hongrie ou en Roumanie par exemple. Cela s'explique par la différence de composition du secteur des combustibles fossiles et par le type de technologies renouvelables déployées. Les pays qui disposent d'activités minières liées au charbon sont plus sensibles à l'influence du développement des énergies renouvelables que ceux 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 exploitent des matières premières (biogaz, biomasse solide, biocarburants et déchets urbains renouvelables) génèrent un nombre relativement élevé d'emplois par MW. Par conséquent, le développement de l'emploi dans la production des matières premières utilisées pour ces technologies renouvelables se traduit par un impact proportionnellement moins important sur le secteur des combustibles fossiles que le développement de l'industrie éolienne, par exemple. ■

1

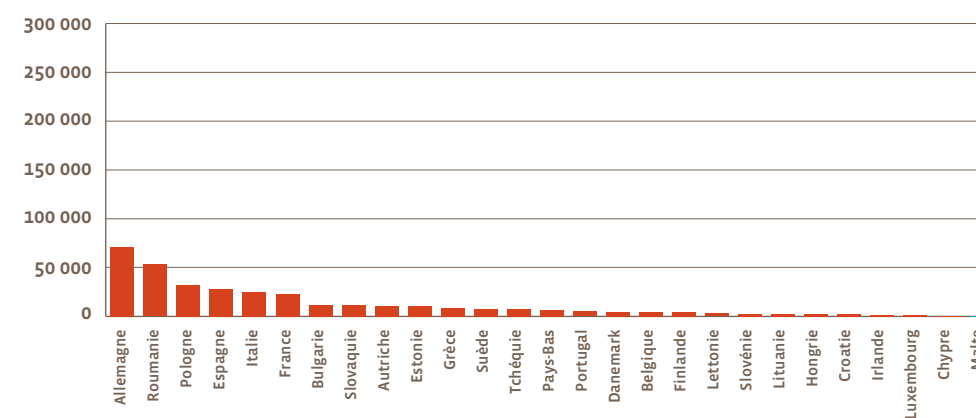
Emplois dans les énergies renouvelables tels que reportés dans les tableaux précédents (données pour 2021)



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 2021)



Source : EurObserv'ER

INDICATEURS D'INVESTISSEMENT

Dans le présent chapitre, EurObserv'ER propose des indicateurs relatifs au financement des énergies renouvelables. Ces indicateurs couvrent les investissements dans l'application de technologies renouvelables (par exemple, la construction de centrales électriques renouvelables), 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'Union européenne (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 de l'édition précédente, 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 commencer immédiatement ; dans d'autres, un accord financier est signé, mais la construction ne commencera 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 2022» de Bloomberg indique un investissement dans la transition énergétique de 154 milliards de dollars dans les États membres de l'UE en 2021, 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

47, 27 et 11 milliards d'euros dans ces technologies bas carbone. Plus de la moitié des investissements en Allemagne et en France ont été dépensés pour la mobilité électrique (devant l'énergie renouvelable et le chauffage électrique), tandis que l'Espagne a dépensé légèrement plus de la moitié de son investissement dans 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 2020 et 2021.



ÉOLIEN

Depuis 2017, on observe une augmentation notable des investissements dans l'éolien terrestre. Les investissements dans de nouvelles capacités de production éolienne offshore ont beaucoup augmenté en 2020, avant de reculer légèrement en 2021. Le total des investissements dans la capacité de production éolienne a augmenté de 10%, passant de 25,4 milliards d'euros

en 2020 à 27,8 milliards d'euros en 2021. La puissance additionnelle associée a progressé plus fortement (43%), passant de 13 GW à 18 GW. Cela indique une baisse des coûts d'investissement dans le secteur éolien entre les deux années. Ceci est analysé plus en détail dans les sections suivantes, à la fois pour les investissements éoliens terrestres et offshore.

En 2020, les Pays-Bas arrivaient en tête des États membres en matière d'investissement dans l'éolien, avec environ 7,9 milliards d'euros (principalement dans l'éolien offshore), mais ils ont été détrônés par l'Allemagne en 2021, qui a investi 8 milliards d'euros. La France reste à la deuxième place sur les deux années, même si son volume de

1

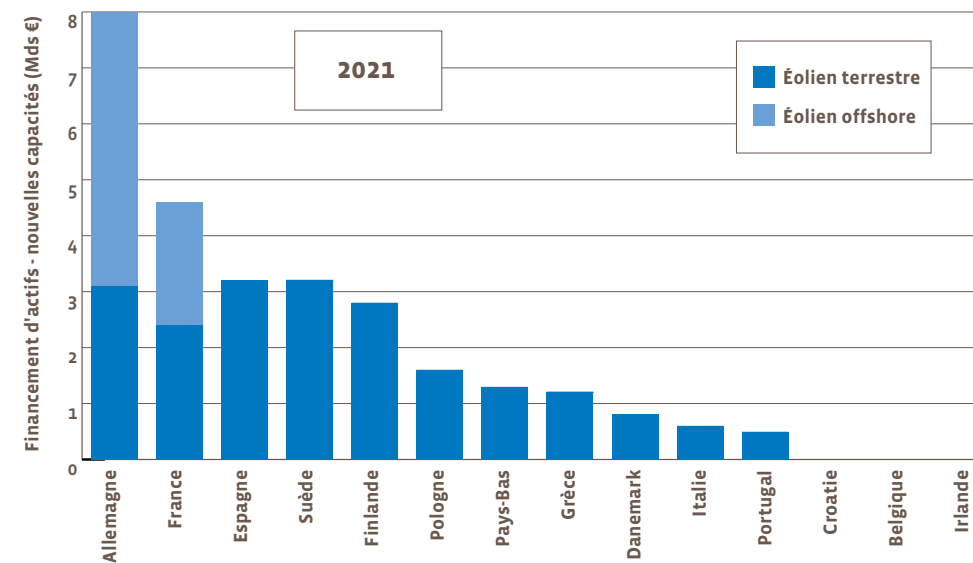
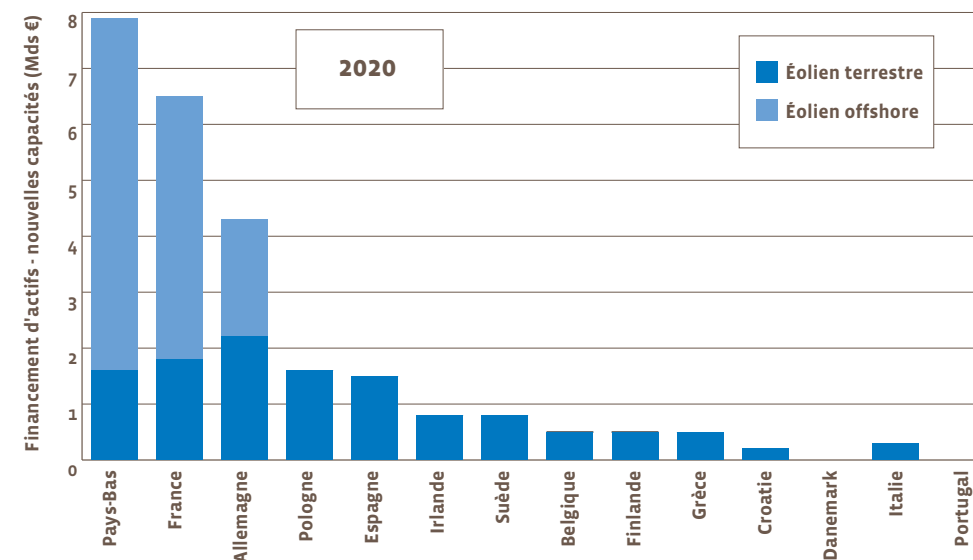
Financement d'actifs dans le secteur éolien (onshore + offshore) dans les États membres de l'UE en 2020 et 2021

	2020		2021	
	Financement d'actifs - nouvelles capacités (Mds €)	Capacités associées (GW)	Financement d'actifs - nouvelles capacités (Mds €)	Capacités associées (GW) ¹
Allemagne	4,3	1,7	8,0	3,5
France	6,5	2,2	4,6	2,2
Espagne	1,5	1,5	3,2	2,9
Suède	0,8	0,8	3,2	2,6
Finlande	0,5	0,4	2,8	2,5
Pologne	1,6	1,3	1,6	1,3
Pays-Bas	7,9	3,2	1,3	1,2
Grèce	0,5	0,2	1,2	0,7
Danemark	0,0	0,2	0,8	0,2
Italie	0,3	0,2	0,6	0,5
Portugal	0,0	0,0	0,5	0,4
Belgique	0,5	0,4	0,0	0,0
Irlande	0,8	0,5	0,0	0,3
Croatie	0,2	0,2	0,0	0,0
Total UE 27	25,4	12,8	27,8	18,3

1. Ces données de capacité peuvent différer de celles rapportées dans le chapitre sur les indicateurs énergétiques qui sont les chiffres les plus récents et les plus précis. 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 2020 et 2021



Source: calculs propres basés sur WindEurope et Eurostat

financement d'actifs dans l'éolien a baissé de 6,5 à 4,6 milliards d'euros entre 2020 et 2021. L'Espagne, la Pologne, la Grèce, l'Italie, la Finlande et la Suède ont investi dans l'éolien sur les deux années et toutes, à l'exception de la Pologne, ont au minimum doublé leur investissement en 2021.

BASCULE DES INVESTISSEMENTS DE L'ÉOLIEN OFFSHORE VERS L'ÉOLIEN TERRESTRE

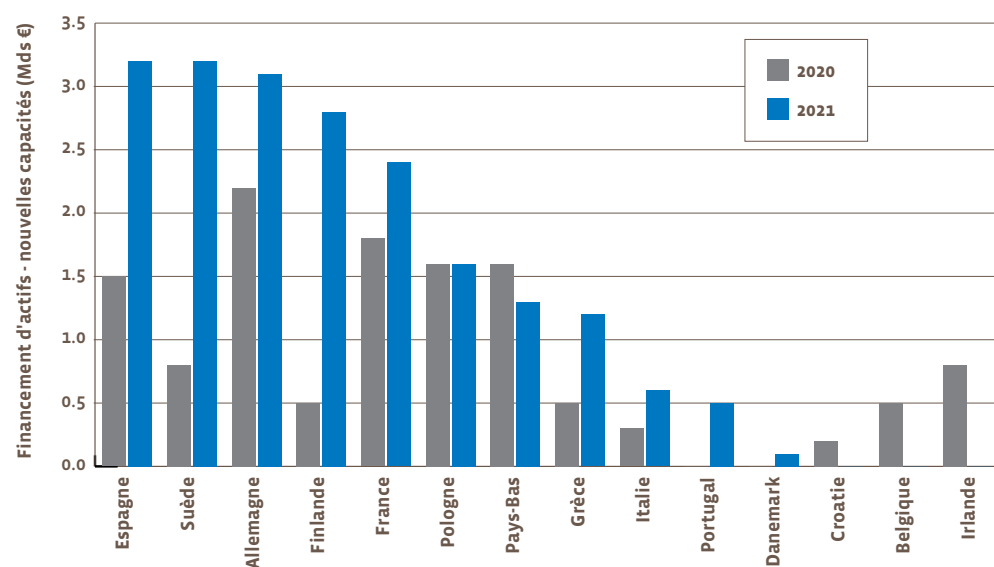
En 2020, le total des investissements des États membres dans l'éolien était pratiquement réparti à parts égales entre l'éolien terrestre (48%)

et l'éolien offshore (52%). Cette répartition s'est fortement modifiée en 2021. Les investissements dans l'éolien terrestre ont augmenté de 63%, passant de 12 milliards d'euros en 2020 à 20 milliards d'euros en 2021. Par conséquent, les investissements dans l'éolien terrestre ont représenté 72% du total des investissements dans la filière en 2021. En revanche, les investissements offshore ont reculé de 40% (de 13,1 milliards d'euros en 2020 à 7,8 milliards d'euros en 2021). La part de l'éolien offshore dans la totalité des investissements de la filière a donc chuté de 28% en 2021. La puissance additionnelle associée

aux investissements dans l'éolien terrestre a progressé de 74%, passant de 9,25 GW en 2020 à 16,05 GW en 2021. Quant à l'éolien offshore, sa puissance additionnelle associée a légèrement reculé en parallèle à la baisse des investissements, passant de 3,5 GW en 2020 à 2,2 GW en 2021. Par rapport à l'éolien terrestre, cela indique une légère augmentation des coûts d'investissement dans les installations éoliennes en mer. WindEurope corrobore cela en indiquant que les dépenses moyennes par MW de capacité offshore s'élevaient respectivement à 3,4 millions d'euros en 2020 et à 3,5 millions d'euros en 2021. Pour

2

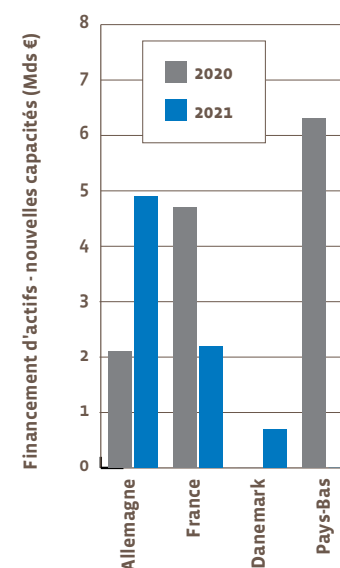
Financement d'actifs dans le secteur de l'éolien terrestre pour les membres de l'UE en 2020 et en 2021



Source : calculs propres basés sur WindEurope et Eurostat

3

Financement d'actifs dans le secteur de l'éolien offshore pour les membres de l'UE en 2020 et en 2021



Source : calculs propres basés sur WindEurope et Eurostat

l'éolien terrestre, les coûts d'investissement sont, sans surprise, bien inférieurs (1,3 million par MW en 2020 comme en 2021)

L'ESPAGNE ET LA SUÈDE SURPASSENT L'ALLEMAGNE POUR L'ÉOLIEN TERRESTRE

En 2020, l'Allemagne arrivait en tête des États membres en matière d'investissement dans l'éolien terrestre, avec environ 2,2 milliards d'euros investis, et a augmenté son investissement de 41% en 2021 pour atteindre 3,1 milliards d'euros. Dans le même temps, l'Espagne a doublé ses investissements dans les installations éoliennes terrestres et la Suède les a quadruplés entre 2020

et 2021. Avec 3,2 milliards d'euros d'investissement chacune, l'Espagne et la Suède surpassent ainsi légèrement l'Allemagne en 2021. La Finlande affiche une augmentation encore plus forte de ses investissements dans l'éolien terrestre, passant de 0,5 milliard d'euros en 2020 à 2,8 milliards d'euros en 2021. Cela fait de la Finlande le 4^e État membre ayant le plus investi dans l'éolien terrestre en 2021, devant la France avec 2,4 milliards d'euros, qui se classait pourtant deuxième en 2020. Quant à la puissance additionnelle associée, l'Espagne arrive en tête en 2020, avec 1,5 GW, et en 2021, avec 2,9 GW. L'Allemagne et la Pologne ont atteint 1,3 GW en

2020, se classant ainsi deuxièmes, tandis que la Suède et la Finlande sont passées devant en 2021 avec respectivement 2,6 GW et 2,5 GW. En 2021, l'Allemagne a enregistré une capacité additionnelle de production de 2,1 GW, se classant ainsi à la 4^e place parmi les États membres. La plus forte progression a été observée en Finlande, qui a multiplié sa puissance additionnelle associée par plus de 6, passant de 0,4 GW en 2020 à 2,5 GW en 2021. Une augmentation de la puissance additionnelle associée supérieure à celle des volumes d'investissement indique une baisse des coûts d'investissement dans les installations éoliennes terrestres. Une tendance similaire peut aussi être observée au niveau général de l'Union européenne, en particulier en Grèce, aux Pays-Bas et en Allemagne.

RALENTISSEMENT DE L'ÉOLIEN OFFSHORE AUX PAYS-BAS, TANDIS QUE L'ALLEMAGNE ACCÉLÈRE

Parmi le nombre limité d'acteurs de l'éolien offshore, les Pays-Bas ont réalisé d'énormes investissements en 2020 (6,3 milliards d'euros), mais ont reculé en 2021. Dans le même temps, l'Allemagne a investi plus du double dans des installations éoliennes offshore. Avec un volume d'investissement de 4,9 milliards d'euros en 2021, l'Allemagne arrive en tête des investissements dans la filière au sein de l'UE, alors qu'elle se classait troisième en 2020 avec 2,1 milliards d'euros investis. Le changement

2

État des lieux du financement d'actifs éoliens terrestres dans les pays membres de l'UE en 2020 et 2021

	2020		2021	
	Financement d'actifs – nouvelles capacités (Mds €)	Capacités associées (GW)	Financement d'actifs – nouvelles capacités (Mds €)	Capacités associées (GW)
Belgique	0,5	0,4	-	-
Danemark	-	0,2	0,1	-
Allemagne	2,2	1,3	3,1	2,1
Irlande	0,8	0,5	-	0,3
Grèce	0,5	0,2	1,2	0,7
Espagne	1,5	1,5	3,2	2,9
France	1,8	1,2	2,4	1,6
Croatie	0,2	0,2	Sans objet	Sans objet
Italie	0,3	0,2	0,6	0,5
Pays-Bas	1,6	1,1	1,3	1,2
Pologne	1,6	1,3	1,6	1,3
Portugal	-	-	0,5	0,4
Finlande	0,5	0,4	2,8	2,5
Suède	0,8	0,8	3,2	2,6
Total UE 27	12,3	9,2	20,0	16,1

Source : calculs propres basés sur WindEurope et Eurostat

drastique observé aux Pays-Bas doit être interprété en gardant en tête les investissements particulièrement élevés en 2020 et le fait que plusieurs gigawatts d'électricité éolienne offshore sont en cours de planification et de construction. Par ailleurs, les conditions macroéconomiques de 2021 ont été fortement affectées par la pandémie, ce qui a conduit à une augmentation des coûts et a créé un contexte d'investissement incertain. Voilà pourquoi 2021 pourrait

ne pas représenter un déclin, mais plutôt une année exceptionnelle, pour les Pays-Bas comme pour d'autres États membres. La France se classe toujours en deuxième position pour les investissements dans l'éolien offshore, même si elle accuse un ralentissement, passant de 4,7 milliards d'euros investis en 2020 à 2,2 milliards d'euros en 2021. En outre, le Danemark a également investi 0,7 milliard d'euros dans des installations éoliennes offshore.

Comme pour la baisse des volumes investis, la puissance additionnelle associée dans l'éolien offshore a également chuté de 37 %, passant 3,5 GW en 2020 à 2,2 GW en 2021. En 2020, environ la moitié de la puissance additionnelle provenait des Pays-Bas, alors qu'en 2021, c'est l'Allemagne qui représentait plus de la moitié de la puissance additionnelle de l'Union européenne. Dans l'ensemble, les données sur le financement d'actifs et la puissance additionnelle

3

État des lieux du financement d'actifs éoliens offshore dans les pays membres de l'UE en 2020 et 2021

	2020		2021	
	Financement d'actifs – nouvelles capacités (Mds €)	Capacités associées (GW)	Financement d'actifs – nouvelles capacités (Mds €)	Capacités associées (GW)
Danemark	-	-	0,7	0,2
Allemagne	2,1	0,4	4,9	1,4
France	4,7	1,0	2,2	0,6
Pays-Bas	6,3	2,1	0,0	-
Total UE 27	13,1	3,5	7,8	2,2

Source : calculs propres basés sur WindEurope et Eurostat

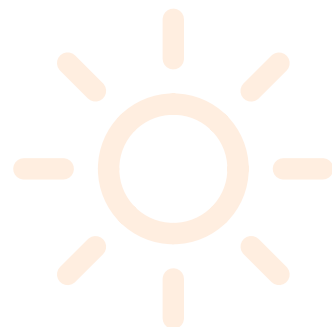
associée dans l'éolien offshore montrent une chute des coûts d'investissement. Toutefois, WindEurope indique que les dépenses moyennes par MW de capacité offshore s'élevaient respectivement à 3,4 millions d'euros en 2020 et à 3,5 millions d'euros en 2021. Cela peut s'expliquer par un manque d'informations sur les investissements pour les États membres ou par la contribution relativement faible de certaines installations qui génèrent normalement des dépenses en capital spécifiques plus élevées. ■

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 précédentes éditions du rapport d'EurObserv'ER ne contient que les investissements à grande échelle. Dans le rapport actuel, outre les investissements dans le photovoltaïque à grande échelle par les États membres, les

investissements à petite échelle, comme les installations photovoltaïques avec des capacités inférieures à 1 MW qui représentent la majeure partie des installations photovoltaïques dans la plupart des pays de l'UE, ont été inclus dans les estimations des données d'investissement.

Dans l'ensemble, il a été estimé que l'investissement total dans le solaire photovoltaïque dans



les États membres de l'Union européenne atteignait 18 milliards d'euros, avec une puissance additionnelle associée de 20 GW. Légèrement plus du tiers des investissements sont destinés à des installations de 20 kW à 1 MW, puis les investissements servent aux installations à grande échelle de plus de 1 MW et aux installations résidentielles de petite échelle de moins de 20 kW. ↘



1

État des lieux des investissements dans les installations photovoltaïques (commercial et résidentiel) pour l'ensemble de l'UE en 2020

	2020	
	Investissements estimés (M€)	Capacités associées (MW)
Allemagne	4 220	4 807
Pays-Bas	3 798	3 724
Pologne	2 103	2 416
Espagne	2 048	3 528
Belgique	1 139	938
France	1 018	997
Italie	807	749
Hongrie	664	731
Suède	454	400
Grèce	436	454
Danemark	260	224
Autriche	260	341
Portugal	170	199
Finlande	111	96
Chypre	90	78
Estonie	90	87
Irlande	86	34
Slovénie	81	92
Bulgarie	57	49
Tchéquie	37	36
Malte	33	33
Luxembourg	31	27
Croatie	24	24
Lituanie	7	61
Lettonie	2	2
Roumanie	0	0
Slovaquie	0	0
Total UE 27	18 029	20 127

Source : calculs propres basés sur IEA, BMWK et Eurostat



En raison de la disponibilité limitée des informations d'investissement en 2021, il n'a pas été possible d'estimer l'investissement total de tous les États membres. Une analyse détaillée des États membres est toutefois donnée dans les sections suivantes avec les informations disponibles pour 2021.

L'ALLEMAGNE RESTE EN TÊTE

L'Allemagne a affiché les investissements les plus élevés dans le solaire photovoltaïque, ainsi que la plus forte puissance additionnelle associée, à la fois en 2020 et en 2021. Les volumes d'investissement de l'Allemagne ont augmenté de 23 % entre 2020 et 2021, passant

de 4,2 milliards d'euros à 5,2 milliards d'euros. Les Pays-Bas sont le deuxième pays à avoir le plus investi dans le solaire photovoltaïque en 2020 et en 2021, même si leurs volumes d'investissement ont légèrement baissé, passant de 3,8 milliards d'euros à 3,7 milliards d'euros. Les investissements de l'Espagne et de la France étaient également solides et en progression, pour atteindre respectivement 3,5 milliards d'euros et 3,3 milliards d'euros en 2021.

Contrairement aux observations du précédent baromètre, la puissance additionnelle associée n'a pas augmenté aussi fortement que le financement global des actifs dans

la filière entre 2020 et 2021. Cela indique une augmentation des coûts d'investissement du photovoltaïque sur la même période. Cela peut s'expliquer par le contexte macroéconomique particulier qui a fait grimper les coûts de livraison et par les perturbations de l'approvisionnement causées par la pandémie. Parmi les États membres de l'UE, l'Allemagne arrive aussi en tête pour la puissance additionnelle associée, qui a progressé de 19 % entre 2020 et 2021, passant de 4,8 GW à 5,7 GW. La ventilation de l'investissement en Allemagne en 2020 était similaire à celle observée au niveau de l'UE, avec une part plus importante investie dans des installations entre 20 kW et

2

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

	2021	
	Investissements estimés (M€)	Capacités associées (MW)
Allemagne	5 210	5 702
Pays-Bas	3 705	3 632
Espagne	3 466	4 900
France	3 280	3 351
Italie	1 052	938
Danemark	833	718
Suède	613	500
Portugal	489	571
Autriche	281	740
Finlande	116	100

Source : calculs propres basés sur IEA, BMWK et Eurostat

1 MW, qui représentent environ la moitié de la puissance additionnelle. L'Espagne et les Pays-Bas arrivaient également dans le trio de tête des États membres aux plus grosses puissances additionnelles. Elle est passée de la troisième à la deuxième place en augmentant sa puissance additionnelle de 3,5 GW en 2020 à 4,9 GW en 2021. À l'inverse, les Pays-Bas ont reculé à la troisième place, car leur puissance additionnelle est passée de 3,7 GW en 2020 à 3,6 GW en 2021.

VENTILATION VARIABLE DE L'INVESTISSEMENT DANS LE PHOTOVOLTAÏQUE ENTRE LES ÉTATS MEMBRES

La ventilation des investissements dans le photovoltaïque varie considérablement d'un État membre à l'autre. Par exemple, 76 % de l'investissement espagnol en 2020

concernaient les installations centralisées connectées au réseau. La Pologne affichait, à l'inverse, des choix d'investissement différents. En 2020, 92 % des investissements en Pologne ont financé des installations électriques décentralisées, avec 50 % destinés à des installations résidentielles de petite échelle et 42 % pour des installations commerciales d'échelle moyenne. En 2021, la part des investissements en Pologne dans les petites installations photovoltaïques résidentielles a continué d'augmenter pour représenter 67 %. De même, la Suède a investi plus de la moitié de ses actifs dans de petites installations de moins de 20 kW et des installations résidentielles photovoltaïques décentralisées et raccordées au réseau, tandis que les investissements dans des bâtiments commerciaux

n'ont représenté que 26,5 % de la capacité totale installée en 2021. En fonction de la demande, la ventilation de l'investissement peut aussi varier selon les secteurs. Par exemple, la France a réparti ses investissements de manière homogène en 2020, avec 44 % dans des installations commerciales, 32 % dans des centrales photovoltaïques centralisées et 23 % dans le secteur résidentiel. En 2021, les parts des secteurs commercial et résidentiel ont respectivement baissé à 29 % et 16 %, alors que les investissements dans le secteur industriel ont représenté une part de 26 %. De son côté, l'Italie a principalement concentré ses investissements sur des projets photovoltaïques relativement petits, avec une capacité moyenne de 11,8 kW, et seulement 10 % des installations financées avaient une capacité supérieure à 1 MW. ■

COÛTS DES ÉNERGIES RENOUVELABLES ET PRIX DE L'ÉNERGIE

La compétitivité est un facteur important pour la démocratisation des technologies renouvelables dans le secteur de l'énergie. En 2021 et 2022, le prix de l'énergie issue de vecteurs conventionnels (combustibles fossiles et énergie produite à partir de ceux-ci) a augmenté, ce qui a considérablement affecté l'attractivité des énergies renouvelables. L'effet du prix de l'énergie conventionnelle sur la situation actuelle est comparable à ce qui arrive au coût de développement des énergies renouvelables. Même si le coût des énergies renouvelables est susceptible de baisser grâce au déploiement et à la maîtrise de la technologie, dans les circonstances macroéconomiques actuelles (2022), le coût des renouvelables pourrait aussi augmenter du fait de l'augmentation de la demande aux quatre coins du monde et de l'instabilité des marchés.

Cette section s'intéresse au coût des énergies renouvelables et au prix des énergies conventionnelles, mais les incertitudes ne nous permettent de mettre à jour que partiellement le coût des renouvelables.

Pour calculer le coût actualisé des énergies renouvelables (LCOE), nous présentons les éléments suivants : 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.

Par ailleurs, 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 (taxes et prélèvements inclus) de la section finale viennent compléter ce panorama de la compétitivité.

Données sur les coûts d'investissement en Europe

COÛTS D'INVESTISSEMENT

Au cours des dernières décennies, les tendances en matière d'énergies renouvelables sont restées relativement stables. Elles reflètent en particulier une diminution des coûts d'investissement et une augmentation des rendements énergétiques qui induisent 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. 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. Les deux rapports commentés dans cette section dégagent des conclusions similaires. Le contexte économique volatil et incertain en 2021 et 2022 empêche toutefois de généraliser une situation de baisse continue des coûts ou, à l'inverse, de leur augmentation. Les résultats des rapports de

2021 de l'Irena et l'IEA, deux organismes qui surveillent l'évolution des énergies renouvelables, sont commentés dans cette section. L'Irena¹ indique que la tendance à long terme de réduction des coûts pour les investissements dans les énergies renouvelables se poursuit sur une voie similaire. Elle possède sa propre base de données qui permet d'observer ces baisses de coûts dans de nombreux pays européens. En 2020 et 2021, l'éolien terrestre a ainsi enregistré des baisses de coûts d'investissement en Croatie, en Allemagne, en Grèce, en Italie, en Espagne et en Suède. Ces coûts sont cependant apparus en augmentation dans d'autres pays (Finlande, France, Pays-Bas, Pologne et Royaume-Uni) tandis qu'ils se sont par exemple maintenus au Danemark. Pour le solaire photovoltaïque, d'après l'Irena, les perturbations dans la chaîne d'approvisionnement en 2021 sont à l'origine d'une hausse des coûts des matériaux et de leur pénurie. Par conséquent, le prix des modules cristallins a augmenté de 4 % à 7 % entre 2020 et 2021, pour tous les types de modules. À l'inverse, lors de l'évaluation des systèmes photovoltaïques installés à l'échelle industrielle, il est apparu que leur coût total avait baissé entre 2020 et 2021. Cela s'est confirmé pour quelques

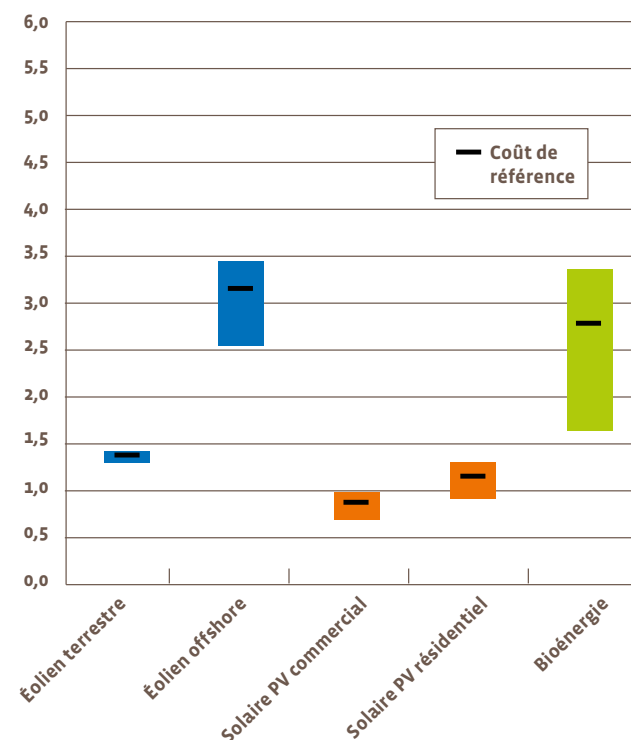
pays européens (France et Pays-Bas), alors que d'autres pays n'ont observé aucune modification des coûts sur la même période (Italie, Espagne, Royaume-Uni). L'Irena souligne aussi que pour le solaire photovoltaïque, des différences régionales montrent toujours une grande disparité des coûts observés. Par exemple, le coût du photovoltaïque à l'échelle industrielle en 2021 aux Pays-Bas était 50 % supérieur à celui observé en Autriche. Pour l'éolien offshore, l'Irena indique une baisse générale du coût total des installations, jusqu'à l'année 2021 incluse.

L'IEA indique une augmentation des prix des produits, de l'énergie et des frais d'expédition qui a généré une hausse des coûts de production et de transport des modules solaires photovoltaïques, des éoliennes et des biocarburants à travers le monde. Par rapport au prix des produits en 2019, l'IEA estime que les coûts d'investissement dans le solaire photovoltaïque et l'éolien terrestre à l'échelle industrielle ont augmenté de 25 %. Les fabricants, installateurs et concepteurs d'équipements absorbent la hausse des coûts de différentes manières, mais les plus petites entreprises sont plus exposées à ce risque. Par ailleurs, l'augmenta-

1. Source: Coûts de la production d'électricité de source renouvelable en 2021 (juillet 2022), <https://www.irena.org/Publications/2022/Jul/Renewable-Power-Generation-Costs-in-2021>

1

Coûts des investissements dans les énergies renouvelables pour l'année 2020 selon JRC tel qu'utilisé dans la section LCOE (M€/MW)



Source: JRC

tion du prix des produits n'affecte pas immédiatement les coûts d'investissement, car les concepteurs, fabricants et autres acteurs de la chaîne d'approvisionnement conservent généralement des stocks de matériel et disposent de contrats négociés à partir de prix antérieurs. L'augmentation du coût des matières premières et de la logistique finira toutefois par affecter l'ensemble de la chaîne de valeurs. La hausse

des coûts a provoqué une baisse du nombre de projets d'énergie renouvelable qui, à son tour, a pour effet de faire augmenter les prix. En outre, les enchères pour les projets d'énergie renouvelable affichent des prix plus élevés en 2021 qu'en 2020, mais cette hausse ne se traduit pas directement en augmentation des coûts d'investissement. Si le prix des produits reste élevé tout au long de l'année 2022, l'IEA estime que trois ans de

baisse des coûts pour le solaire et cinq ans pour l'éolien permettront de compenser l'effet de hausse. Il en va de même pour les biocarburants, dont les prix ont augmenté de 70 % à 150 % dans plusieurs parties du monde.

L'attractivité et l'avantage concurrentiel des vecteurs énergétiques renouvelables dépendent aussi du prix des vecteurs énergétiques conventionnels (électricité, chaleur, carburants pour les transports). Par conséquent, l'augmentation des coûts d'investissement et de financement provoquera une augmentation des valeurs du LCOE, mais ne se reflétera pas forcément dans une baisse de la compétitivité.

Il est difficile de se prononcer sur les coûts d'investissement dans les renouvelables en 2021. L'année se caractérise en partie par une baisse continue des coûts d'investissement, une tendance qui pourrait s'arrêter en 2022 en raison de l'instabilité économique croissante et de la hausse de l'inflation, dans un contexte de pénurie persistante des matières et de la main-d'œuvre. Les indicateurs pointent, d'autre part, une hausse des coûts dès 2021.

Les coûts d'investissement en 2021 sont considérés comme égaux à ceux du précédent rapport d'EurObserv'ER 2020 en raison de l'incertitude et la volatilité de ces tendances qui montrent plusieurs évolutions des coûts d'investissement. En prévision de l'augmentation des prix en 2022, les coûts

d'investissement restent inchangés pour les besoins de l'analyse. Pour les coûts d'exploitation-maintenance, il est difficile de connaître les évolutions, même si la situation économique peut aussi les avoir fait augmenter. Nous suivons ici les hypothèses de l'Irena dans lesquelles les coûts d'exploitation-maintenance en 2021 sont les mêmes qu'en 2020. Les estimations de CMPC ont toutefois été mises à jour avec de nouvelles données pour les valeurs de 2021. Les valeurs de LCOE seront donc différentes de celles estimées pour l'année 2020. Un aperçu des coûts d'investissement utilisés pour le calcul des coûts actualisés des énergies renouvelables (LCOE) est présenté dans la Figure A. On remarquera que dans ce rapport également, toutes les technologies sont caractérisées par des fourchettes de valeurs. Ces fourchettes s'appliquent à la technologie en général et pas exclusivement aux technologies ciblées dans l'Union européenne. On peut observer que les coûts d'investissement varient de manière significative d'une technologie à l'autre. Outre les coûts d'investissement, les coûts d'exploitation-maintenance et les rendements énergétiques, 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 section suivante, est un paramètre qui décrit ce phénomène. ■





Coût moyen pondéré du capital

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 section 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 permet d'assurer une cohérence des résultats dans le temps.

Les catégories de risque des technologies, les pourcentages de coût des capitaux propres et les parts de dette utilisés pour nos calculs de coût du capital sont présentés dans le Tableau 1.



LIMITES DE 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

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 combinés pour estimer 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++), qui reposent sur des données analysées par des experts⁵. Dans notre approche, nous avons repris la même division des risques par technologie pour tous les États membres que celle appliquée pour les Pays-Bas dans les calculs du SDE++. Nous nous sommes servis du coût des capitaux propres pour les Pays-Bas comme point de départ pour calculer le coût des capitaux

propres des autres États membres. Nous avons ajusté le coût des capitaux propres pour chaque État membre en soustrayant le taux sans risque⁶ des Pays-Bas du coût des 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.

1. Euro-area-statistics.org 2021. Statistiques de la zone euro. Taux de prêt moyens pratiqués par les banques pour des petits et des grands montants.
2. PWC. 2022. Worldwide Tax Summaries. <https://taxsummaries.pwc.com/>
3. Source : Eindadvies basisbedragen SDE++ 2021, PBL, 2021, <https://www.pbl.nl/publicaties/eindadvies-basisbedragen-sde-plus-plus-2021>. Part de dette des technologies à risque faible, moyen et élevé.
4. Source : Agence néerlandaise pour l'entreprise (RVO), SDE++ (subvention visant à encourager la production d'énergie durable et la transition écologique). Coût des capitaux propres des technologies à risque faible, moyen et élevé.

5. Source : Eindadvies basisbedragen SDE++ 2021, PBL, 2021, <https://www.pbl.nl/publicaties/eindadvies-basisbedragen-sde-plus-plus-2021>.
6. Organe des régulateurs européens des communications électroniques (Orece), 2021. Rapport de l'Orece sur les calculs des paramètres du WACC conformément à la communication de la Commission européenne sur le WACC du 6 novembre 2019 (rapport sur les paramètres du WACC 2021). Taux sans risque pour l'ensemble des pays de l'UE-27 sur la base des notations de crédit par pays de Standard & Poors.

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 encore 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, 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 (comme l'hydroélectricité et le 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 installées offshore 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.

1

Catégories de risques technologiques, pourcentages du coût des capitaux propres et parts de la dette par technologie

	Éolien terrestre	Solaire PV	Éolien offshore	Hydro-électricité	Bioénergie et autres technologies
Risque technologique	Faible	Faible	Moyen	Moyen	Élevé
Coût du capital	6 %	6 %	8 %	8 %	12 %
Part de la dette	70/30 80/20 90/10	85/15 90/10 95/5	65/35 75/25 85/15	60/40 70/30 80/20	50/50 60/40 70/30

Source : EurObserv'ER

technologies similaires entre les différents États membres. Pour de prochaines recherches, il conviendra de revoir ces hypothèses simplistes.

ACTUALISATION DES PARAMÈTRES DE CMPC

La proportion de la dette par rapport aux capitaux propres a été actualisée pour les technologies solaires photovoltaïques et éoliennes offshore en raison de leurs nouvelles évolutions. Selon le régime de subventions néerlandais³, le ratio dette/capitaux propres du solaire photovoltaïque est passé à 90/10 en 2021 quand les promoteurs de projets ont augmenté le ratio d'endettement net sur capitaux propres de leurs investissements. Cela leur permet de financer plus de projets avec le même montant de capitaux propres (moins de capitaux propres sont nécessaires par investissement) et ainsi d'accroître leurs recettes. Ce ratio permet aux projets solaires photovoltaïques de rester conformes aux ratios de couverture du service de la dette (DSCR) requis par les institutions financières qui régissent la proportion de dette des projets. Le ratio dette/capitaux propres maximum pour le solaire photovoltaïque a été estimé à 95/5 et son ratio minimum à 85/15, ce qui se traduit par une faible fourchette de minima et de maxima pour le ratio D/E par rapport aux ratios de 2020. En outre, le niveau d'endettement (pourcentage de financement de la dette) dans le financement de projets éoliens terrestres a augmenté de 60% à 75% ces dernières années, d'après une étude de PWC². Les coûts en capital ont donc baissé, car la dette coûte généralement moins cher que les fonds propres.

RÉSULTATS

Le Tableau 2 dresse un aperçu des valeurs de CMPC calculées par technologie et par État membre.

Nous observons que pour les technologies à risque faible, comme l'éolien terrestre et le solaire photovoltaïque, les valeurs de CMPC vont de 2 % ou 3 % dans certains États membres (comme l'Allemagne, les Pays-Bas ou le Danemark), à plus de 4 % dans d'autres (la Grèce, la Roumanie, la Pologne...). Pour les technologies à risque plus élevé, comme la bioénergie, les estimations de CMPC sont comprises entre 4 % et 7 % dans certains États membres (l'Autriche, la Belgique, l'Allemagne...) quand d'autres affichent des fourchettes plus hautes, entre 6 % et 9 % (comme 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 du centre et de l'est de l'Europe, notamment la Grèce, la Pologne et la Roumanie, disposent de conditions de financement moins favorables pour toutes les technologies, en parti-

culier pour celles qui sont considérées comme les plus risquées à déployer.

Les valeurs de CMPC sont utilisées, conjointement aux hypothèses sur les coûts d'investissement, les coûts d'exploitation et de maintenance, le rendement énergétique et la durée de vie des installations, pour estimer le coût actualisé des énergies renouvelables (LCOE), présenté dans la section suivante.

Il existe actuellement une incertitude macroéconomique mondiale significative qui induit une volatilité des indicateurs typiquement utilisés pour interpréter les possibilités d'investissement actuelles et à venir. Les niveaux d'inflation sont préoccupants et les banques centrales augmentent les taux d'intérêt pour les contrôler. Cette augmentation des taux d'intérêt fait grimper le coût de la dette et des capitaux propres, et donc le coût du capital. Les résultats de ce rapport s'appuient sur les données de l'année 2021 et ne prennent donc pas en compte la situation macroéconomique actuelle (2022). Nous prévoyons que les résultats du rapport de l'an prochain, s'appuyant sur les données de 2022, refléteront le climat économique actuel et donc des valeurs de CMPC bien plus élevées pour toutes les technologies et tous les États membres de l'UE. ■

1. Source : Eindadvies basisbedragen SDE++ 2021, PBL, 2021, <https://www.pbl.nl/publicaties/eindadvies-basisbedragen-sde-plus-plus-2021>.

2. « Financing offshore wind », étude réalisée à la demande d'Invest-NL, août 2020.

Estimations 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 élevée	Estimation basse	Estimation moyenne	Estimation élevée
Autriche	1,7%	2,2%	2,7%	NA	NA	NA	1,5%	1,7%	2,2%	2,6%	3,3%	4,0%	4,5%	5,6%	6,7%
Belgique	1,6%	2,1%	2,6%	2,1%	2,9%	3,6%	1,3%	1,6%	2,1%	2,5%	3,2%	3,9%	4,4%	5,5%	6,6%
Bulgarie	2,9%	3,3%	3,8%	NA	NA	NA	2,7%	2,9%	3,3%	3,7%	4,4%	5,0%	5,6%	6,6%	7,6%
Croatie	2,2%	2,8%	3,5%	NA	NA	NA	1,9%	2,2%	2,8%	3,2%	4,1%	4,9%	5,3%	6,5%	7,7%
Chypre	3,4%	3,8%	4,3%	NA	NA	NA	3,1%	3,4%	3,8%	4,2%	4,9%	5,6%	6,1%	7,2%	8,3%
Tchéquie	2,7%	3,2%	3,7%	NA	NA	NA	2,4%	2,7%	3,2%	3,6%	4,3%	5,0%	5,5%	6,6%	7,7%
Danemark	1,8%	2,3%	2,7%	2,3%	3,0%	3,7%	1,6%	1,8%	2,3%	2,7%	3,3%	4,0%	4,5%	5,6%	6,7%
Estonie	3,0%	3,4%	3,9%	NA	NA	NA	2,8%	3,0%	3,4%	3,8%	4,5%	5,1%	5,7%	6,7%	7,7%
Finlande	1,9%	2,4%	2,9%	2,5%	3,1%	3,8%	1,7%	1,9%	2,4%	2,8%	3,5%	4,1%	4,7%	5,7%	6,8%
France	1,6%	2,1%	2,6%	2,1%	2,8%	3,5%	1,3%	1,6%	2,1%	2,5%	3,2%	3,9%	4,4%	5,5%	6,6%
Allemagne	1,7%	2,1%	2,6%	2,2%	2,9%	3,5%	1,5%	1,7%	2,1%	2,5%	3,2%	3,9%	4,4%	5,5%	6,5%
Grèce	3,6%	4,3%	5,0%	NA	NA	NA	3,2%	3,6%	4,3%	4,7%	5,6%	6,5%	6,8%	8,1%	9,4%
Hongrie	3,1%	3,7%	4,3%	NA	NA	NA	2,8%	3,1%	3,7%	4,1%	4,9%	5,7%	6,1%	7,3%	8,5%
Irlande	3,8%	4,1%	4,3%	4,2%	4,7%	5,2%	3,6%	3,8%	4,1%	4,5%	4,9%	5,4%	6,1%	7,0%	7,9%
Italie	1,9%	2,5%	3,2%	NA	NA	NA	1,6%	1,9%	2,5%	2,9%	3,8%	4,6%	5,0%	6,2%	7,5%
Lettonie	4,1%	4,3%	4,6%	NA	NA	NA	4,0%	4,1%	4,3%	4,7%	5,2%	5,6%	6,4%	7,2%	8,1%
Lituanie	2,5%	2,9%	3,3%	NA	NA	NA	2,3%	2,5%	2,9%	3,3%	3,9%	4,5%	5,1%	6,1%	7,2%
Luxembourg	1,6%	2,1%	2,6%	NA	NA	NA	1,4%	1,6%	2,1%	2,5%	3,2%	3,9%	4,4%	5,5%	6,6%
Malte	2,0%	2,5%	3,0%	NA	NA	NA	1,7%	2,0%	2,5%	2,9%	3,6%	4,4%	4,8%	6,0%	7,1%
Pays-Bas	1,7%	2,1%	2,6%	1,9%	2,4%	2,9%	1,4%	1,7%	2,1%	2,5%	3,2%	3,9%	4,4%	5,5%	6,6%
Pologne	2,8%	3,5%	4,1%	NA	NA	NA	2,5%	2,8%	3,5%	3,9%	4,7%	5,5%	5,9%	7,1%	8,3%
Portugal	2,4%	3,0%	3,6%	3,0%	3,8%	4,5%	2,1%	2,4%	3,0%	3,4%	4,2%	4,9%	5,4%	6,5%	7,7%
Roumanie	2,5%	3,3%	4,1%	NA	NA	NA	2,1%	2,5%	3,3%	3,7%	4,7%	5,7%	5,9%	7,3%	8,8%
Slovaquie	2,6%	3,0%	3,4%	NA	NA	NA	2,4%	2,6%	3,0%	3,4%	4,0%	4,6%	5,2%	6,2%	7,2%
Slovénie	2,1%	2,6%	3,0%	NA	NA	NA	1,8%	2,1%	2,6%	3,0%	3,6%	4,3%	4,8%	5,9%	7,0%
Espagne	1,8%	2,4%	3,0%	2,4%	3,2%	3,9%	1,6%	1,8%	2,4%	2,8%	3,6%	4,3%	4,8%	5,9%	7,1%
Suède	1,9%	2,4%	2,9%	2,5%	3,2%	3,8%	1,7%	1,9%	2,4%	2,8%	3,5%	4,2%	4,7%	5,8%	6,8%

* Les autres technologies comprennent la géothermie, le biogaz et la biomasse solide. Source: EurObserv'ER

Coût actualisé des énergies renouvelables

Dans cette section, les coûts actualisés des énergies renouvelables (LCOE en €/kWh ou en €/MWh) sont estimés pour plusieurs technologies renouvelables, à partir des coûts d'investissement (qui n'ont pas été actualisés depuis le précédent rapport, édition 2021 de « L'état des énergies renouvelables en Europe », voir section correspondante) et des estimations de CMPC présentées dans la section précédente. 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 rapports JRC 2014 et 2018, les hypothèses de prix des combustibles ont été empruntées à Elbersen et al. (2016) et interpolées à partir de données modélisées. Tout comme les coûts d'investissement, les prix de la biomasse n'ont pas été mis à jour dans cette

édition en raison de la situation macroéconomique incertaine. Une attention particulière est accordée à la valeur réelle des coûts (toutes les valeurs de LCOE sont exprimées en euros pour l'année 2020). Par ailleurs, les facteurs liés à la localisation et au fonc-

tionnement 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 généra-

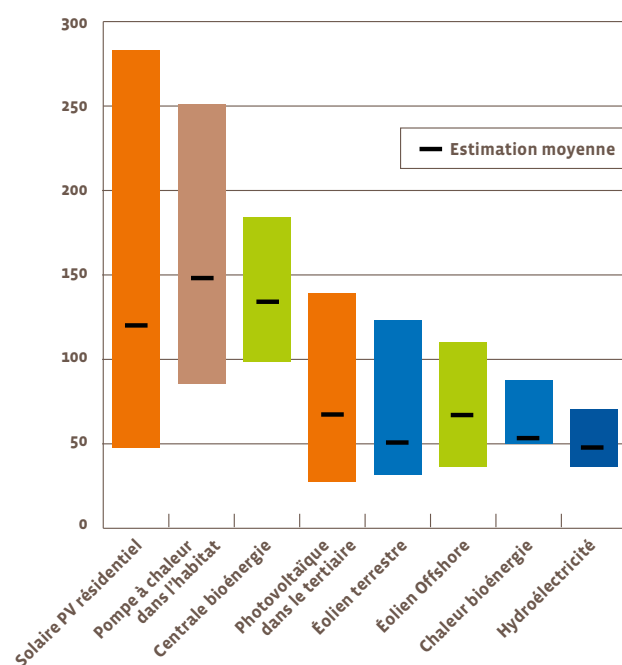
lement meilleur marché dans les zones possédant des ressources en vent moyennes à élevées, car les éoliennes y produisent plus d'électricité que dans les zones où la vitesse du vent est plus faible. Ces situations produisent à peu près les mêmes coûts, mais avec une production d'électricité supérieure, 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 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.

1

Estimation des coûts actualisés des énergies renouvelables dans l'Union européenne [EUR/MWh] pour l'année 2021



Note: Les coûts d'investissement se réfèrent à la situation de 2020 et seules les estimations de CMPC ont été actualisées.
Source: EurObserv'ER

ÉLECTRICITÉ RENOUVELABLE

En regardant la tendance, le LCOE du solaire photovoltaïque a continué de baisser ces dernières années, comme également démontré dans les précédentes éditions de « L'état des énergies renouvelables en Europe ». Les systèmes photovoltaïques résidentiels sont de petite taille (ils doivent s'adapter aux toitures) et donc relativement chers. Dans le photovoltaïque résidentiel, 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 site Internet d'EurObserv'ER présente le LCOE calculé pour le solaire photovoltaïque dont il ressort que le

photovoltaïque résidentiel est le moins cher en Espagne et au Portugal avec un coût de production plus économique que celui de l'électricité domestique (voir section suivante). À partir de l'analyse actuelle, qui se réfère en partie à l'année 2020, le niveau de coût moyen du photovoltaïque résidentiel est estimé à 120 €/MWh. D'après les calculs, il ressort que la génération d'électricité à partir de la bioénergie se situe approximativement entre 100 €/MWh et 180 €/MWh à travers l'Europe. Le solaire photovoltaïque commercial bénéficie des économies d'échelle et, dans sa fourchette basse, ses prix sont très compétitifs, notamment en Espagne, au Portugal, en Italie et en Grèce. D'après les calculs, le photovoltaïque commercial devrait pouvoir générer de l'électricité à des coûts inférieurs à 132 €/MWh dans tous les États membres de l'Union européenne. Les coûts moyens de l'électricité

issue de l'éolien terrestre sont légèrement inférieurs à ceux du photovoltaïque commercial, avec une fourchette de coûts similaire. 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. Les valeurs de LCOE les plus basses pour l'éolien offshore sont celles du Danemark, des Pays-Bas et de l'Espagne, tandis que les valeurs les plus élevées sont celles de l'Allemagne, de la Belgique et de la Finlande. Traditionnellement, l'hydroélectricité est une technologie concurrentielle depuis de nombreuses années dans beaucoup de pays. C'est une technologie à forte intensité de capital, mais, en raison du nombre d'heures de fonctionnement généralement élevé, l'électricité produite peut se trouver à des niveaux de LCOE inférieurs, entre 36 €/MWh et 66 €/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

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.

Comme préalablement indiqué dans les sections sur les coûts d'investissement et le coût moyen pondéré du capital, il est difficile de bien évaluer le coût des énergies renouvelables en raison de l'incertitude macroéconomique. Pour le coût actualisé des énergies renouvelables, nous avons choisi de conserver des coûts d'investissement constants conformément

pour plusieurs technologies sur le site Internet d'EurObserv'ER. Le graphique représente les valeurs cumulées pour l'Union européenne dans son ensemble. ■

aux observations des rapports de l'Irena et l'IEA. Les prix des combustibles issus de la biomasse sont supposés être les mêmes qu'en 2020. Le coût moyen pondéré du capital a été adapté à la situation de 2021, ce qui a induit une légère modification des valeurs de LCOE. L'incertitude macroéconomique s'est accrue en 2022, ce qui sera reflété dans la prochaine édition de « L'état des énergies renouvelables en Europe ». ■



Prix de l'énergie

Les prix de l'électricité et du gaz naturel sont surveillés par Eurostat. Ils sont indiqués dans les Figures 1 et 2 pour 2020 et 2021. Les prix de l'énergie sont composés de plusieurs coûts : celui du vecteur énergétique lui-même (énergie et approvisionnement), les redevances d'utilisation des

réseaux et les divers frais, taxes, impôts et charges.

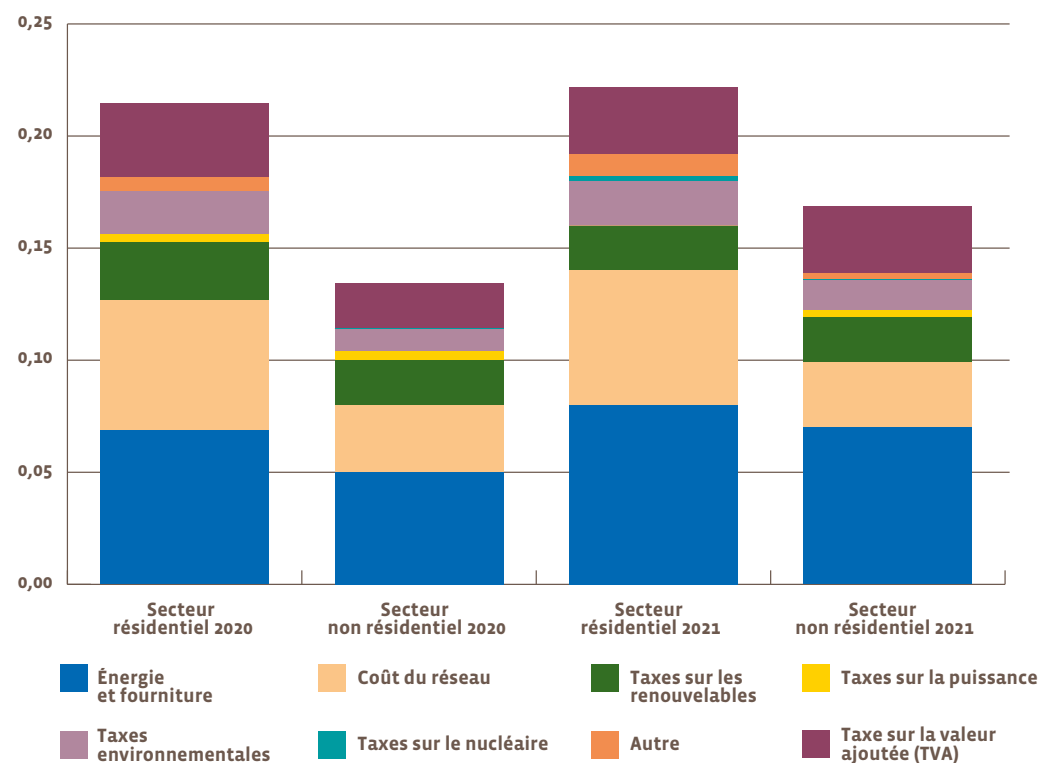
MULTIPLES COMPOSANTES DES PRIX DE L'ÉNERGIE

Pour l'électricité et le gaz naturel, plusieurs coûts supplémentaires sont imposés sur le prix de l'éner-

gie. 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

1

Prix de l'électricité moyen dans l'Union européenne en 2020 et 2021 [€/kWh]



Prix de l'électricité : les composantes du prix de l'électricité [€/kWh] sont basées sur une moyenne de toutes les tranches de consommation. Prix du gaz : les composantes du prix du gaz [€/kWh] sont basées sur une moyenne de toutes les tranches de consommation. Source : Eurostat, 2022



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 et sur les énergies renouvelables 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

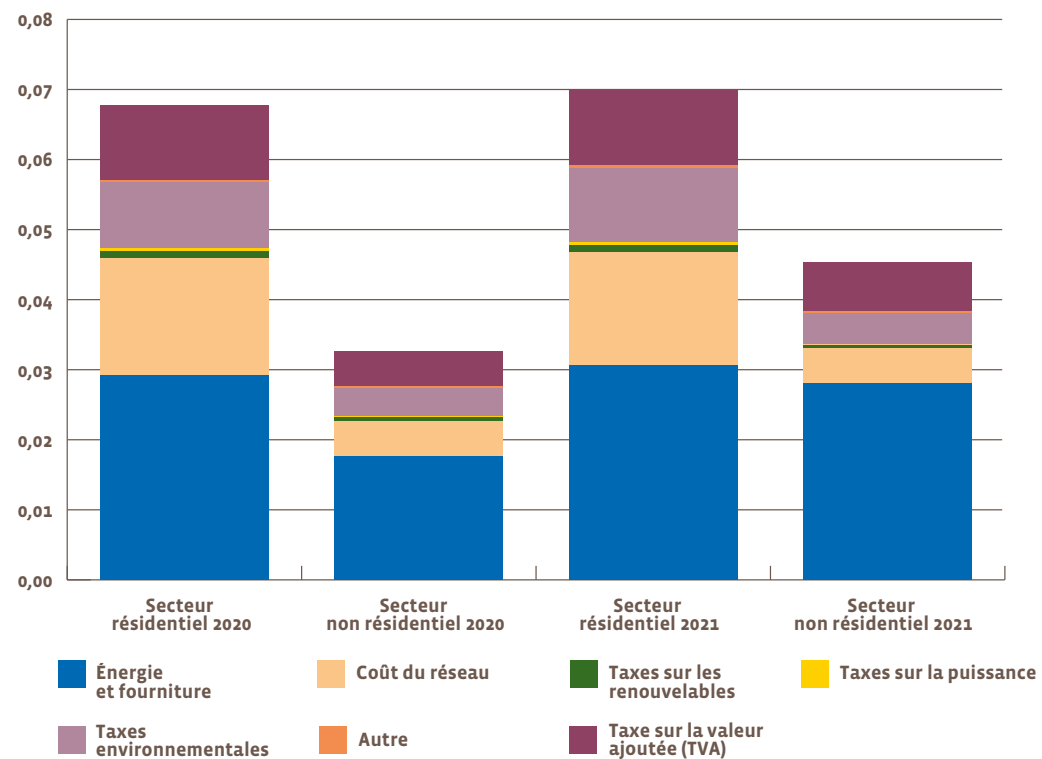
pays : la Belgique, l'Italie et la Slovaquie. En général, les taxes imposées sur les ménages (petits consommateurs par rapport aux autres) sont relativement élevées. Les taxes environnementales et sur les énergies renouvelables sont les plus importantes et comparables à la valeur moyenne de la taxe sur 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 2019 et 2020 sont respectivement indiquées dans les Figures 1 et 2. On observe qu'entre 2020 et 2021, les

prix de l'énergie et de son approvisionnement ont augmenté pour le gaz et l'électricité. Pour les clients non résidentiels, l'augmentation a été plus marquée que pour les ménages. En matière d'électricité, les taxes sur les énergies renouvelables ont baissé à la fois pour les ménages et pour les clients non résidentiels. Dans l'ensemble, le prix total du gaz et celui de l'électricité ont tous deux augmenté. L'électricité domestique a augmenté de 5% et le gaz domestique de 3%. Pour les clients non résidentiels, l'électricité a augmenté de 13% et le gaz de 39%. ■



2

Prix du gaz fossile moyen dans l'Union européenne en 2020 et 2021 [€/kWh]



Prix de l'électricité : les composantes du prix de l'électricité [€/kWh] sont basées sur une moyenne de toutes les tranches de consommation. Prix du gaz : les composantes du prix du gaz [€/kWh] sont basées sur une moyenne de toutes les tranches de consommation. Source : Eurostat, 2022



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.

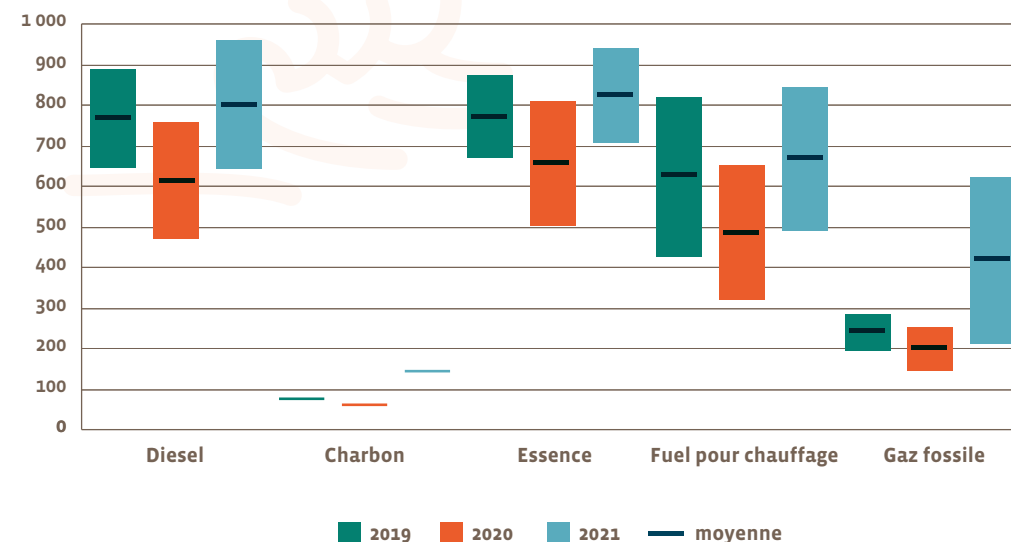
À l'horizon 2030, la directive RED II impose un objectif contraignant pour toute l'Union européenne de 32 % d'EnR dans la consommation énergétique finale brute. Les États membres ont dû proposer un niveau indicatif d'effort en matière de renouvelables pour

contribuer à cet objectif européen dans leurs 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. Ces proposi-

1. Plans nationaux énergie-climat : https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-strategy/national-energy-and-climate-plans-necps_en.

1

Fourchette de prix des combustibles fossiles dans l'Union européenne (hors taxes et prélèvements) (M€/Mtep)



Source : Eurostat, Commission européenne, Nasdaq

tions ne sont pas encore intégrées dans la législation définitive. Des négociations tripartites entre le Parlement, le Conseil et la Commission sont en cours.

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.

Les quantités de combustibles fossiles évités sont analysées 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-dessous présente les fourchettes de prix des combustibles observées dans les 27 États membres de l'Union européenne en 2019, 2020 et 2021, pour cinq vecteurs énergétiques : le charbon, le diesel, l'essence, le gaz naturel et le fioul. Les prix du charbon font référence aux

prix de gros. Pour le charbon, aucun tarif spécifique par pays n'est disponible dans les sources consultées, c'est donc le prix européen qui a été utilisé. Les prix de gros du gaz ne sont pas disponibles en série chronologique et sont donc estimés pour la tranche de consommation I5² des clients non résidentiels. Les prix de gros des carburants pour le transport et le chauffage n'étant pas disponibles, ils ont été remplacés par les prix de détail. Ces cinq vecteurs sont supposés couvrir, de façon acceptable, les combustibles présentés dans le rapport de l'AEE (AEE, 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 baissé entre 2019 et 2020 en raison de la crise du Covid. En 2021, tous les prix ont significativement augmenté du fait de la reprise économique qui a contracté les marchés des produits et appliqué une pression à la hausse sur l'ensemble des prix. 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 en 2021³.

2. *Tranche de consommation I5: 1 000 000 GJ < Consommation < 4 000 000 GJ, prix du gaz pour les clients non résidentiels, nrg_pc_203, Eurostat.*

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. Cela correspond à l'évolution indiquée par l'Agence européenne pour l'environnement (AEE, 2022).
- 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 (t CO₂/TJ) ; voir Annexe VI du Règlement (UE) n° 601/2012 de la Commission). L'expression « émissions brutes de GES évitées » illustre le caractère théorique des effets des GES estimés de cette façon, car ces contributions ne représentent pas nécessairement les « économies nettes de GES » et ne reposent pas sur l'estimation du cycle de vie ou le bilan carbone complet. Tenir compte du cycle de vie des émissions pourrait produire des résultats sensiblement différents.
- On considère que les contributions des vecteurs énergétiques renouvelables (RES-E, RES-H/C et RES-T) au mix énergétique global ont remplacé les contributions qui auraient sinon été obtenues par les vecteurs énergétiques initiaux (combustibles pour l'électricité, le chauffage et les transports) :
 - pour l'électricité renouvelable (RES-E), un facteur de génération d'émissions moyennes pondérées est déterminé. Il s'agit d'un facteur d'émissions pondérées à partir du type de combustible utilisé pour produire de l'électricité dans chaque pays, sur une base annuelle. Pour cela, les technologies/com-

bustibles 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).



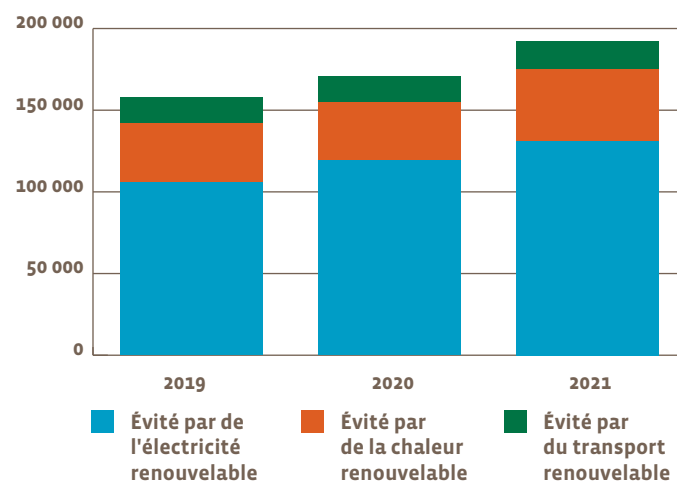
En 2021 et 2020 l'utilisation d'énergie renouvelable a respectivement remplacé environ 192 Mtep et 171 Mtep de combustibles fossiles par rapport au niveau d'utilisation des renouvelables en 2005. Ces chiffres correspondent à un coût annuel évité de 35 milliards d'euros en 2020, pour les 27 États membres de l'UE, et 48 milliards d'euros en 2021. En 2020, 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 2021.

CONSOMMATION DE COMBUSTIBLES FOSSILES ÉVITÉE ET COÛTS ÉVITÉS PAR TECHNOLOGIE

La consommation d'électricité renouvelable a contribué à hauteur de 68 % au total des combustibles fossiles évités en 2021 (en matière d'énergie). Les énergies renouvelables dans le secteur du chauffage et du refroidissement y ont contribué à hauteur de 23 % 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, 17,7 milliards d'euros en 2020 et 25,5 milliards d'euros en 2021. Dans les transports renouvelables, les coûts évités atteignaient 9,2 milliards d'euros en 2020 et 13,6 milliards d'euros en 2021. Enfin, pour le chauffage renouvelable, le coût évité s'élevait à 8,1 milliards d'euros en 2020 et 9,2 milliards d'euros en 2021. Pour interpréter correctement

2

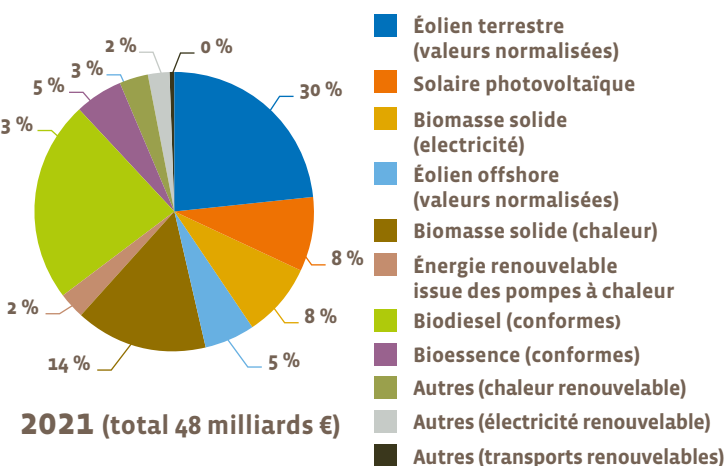
Combustibles fossiles évités par secteur (ktep)



Remarque : année de référence 2005. Remarque : pour 2021, des données estimatives ont été utilisées. Source : EurObserv'ER sur la base des données de l'AEE

3

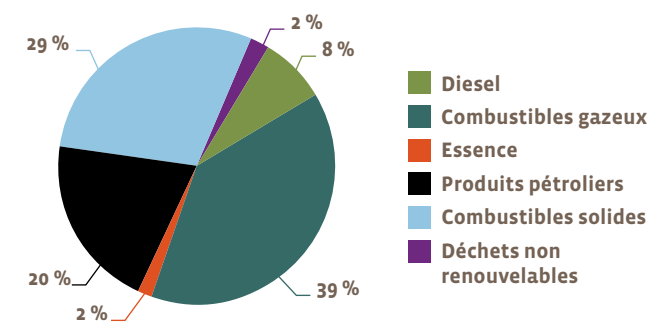
Dépenses évitées dans l'UE-27 grâce aux énergies renouvelables



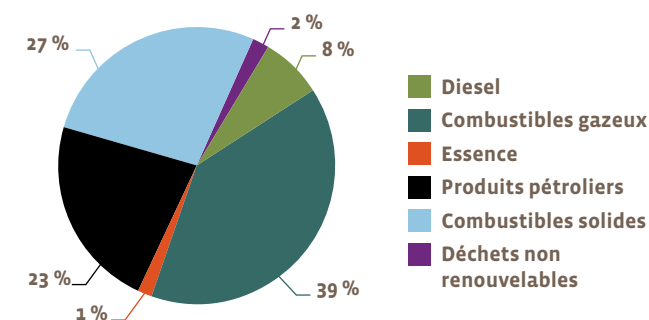
Remarque : année de référence 2005. Remarque : pour 2021, des données estimatives ont été utilisées. Source : EurObserv'ER sur la base des données de l'AEE

4

Énergies fossiles substituées dans l'UE-27 en 2020 et 2021



2020 (total 171 Mtep)



2021 (total 192 Mtep)

Remarque : année de référence 2005. Remarque : pour 2021, des données estimatives ont été utilisées. Source : EurObserv'ER sur la base des données de l'AEE.

ces résultats, il est important de tenir compte d'un certain nombre de remarques méthodologiques, mentionnées au début du chapitre. Alors que la pénétration des énergies renouvelables (exprimée en combustibles fossiles évités) a progressé d'environ 13 % entre 2020 et 2021, l'effet sur les dépenses évitées a été plus prononcé que la croissance des énergies renouvelables, avec une hausse de 38 % (de 35 milliards d'euros à 48 milliards d'euros). Cela s'explique par la forte hausse des prix des combustibles fossiles entre 2020 et 2021.

Parmi les technologies énergétiques renouvelables, l'éolien terrestre a évité l'achat de combustibles fossiles à hauteur de 14,6 milliards d'euros en 2021 (10 milliards d'euros en 2020, production normalisée pour les deux années) par rapport à 2005. Quant au biodiesel dans les transports, il a permis d'économiser 11,0 milliards d'euros en 2021 (7,4 milliards en 2020, pour les carburants conformes les deux années). La biomasse solide destinée à la production de chaleur arrive en troisième position avec 6,6 milliards d'euros de coûts évités en 2021 (4,8 milliards d'euros en 2020).

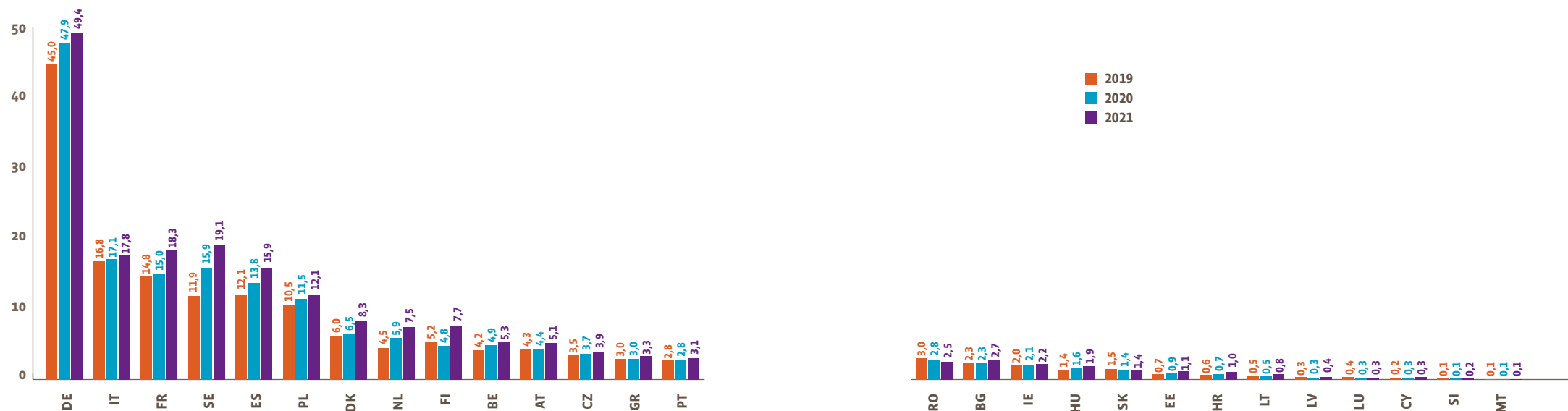
Le camembert illustre la part de chaque technologie dans le total des dépenses évitées en 2021.

Les combustibles fossiles évités sont majoritairement le gaz naturel (39 % en 2020 et 2021), suivi des combustibles solides (principalement le charbon, 29 % en 2020 et 27 % en 2021). Les produits pétroliers évités représentent respectivement à 20 % et 23 % en 2020 et 2021. Les autres combustibles (carburants pour le transport

et déchets non renouvelables) couvrent la partie restante (12 % en 2020 et 11 % en 2021).

5

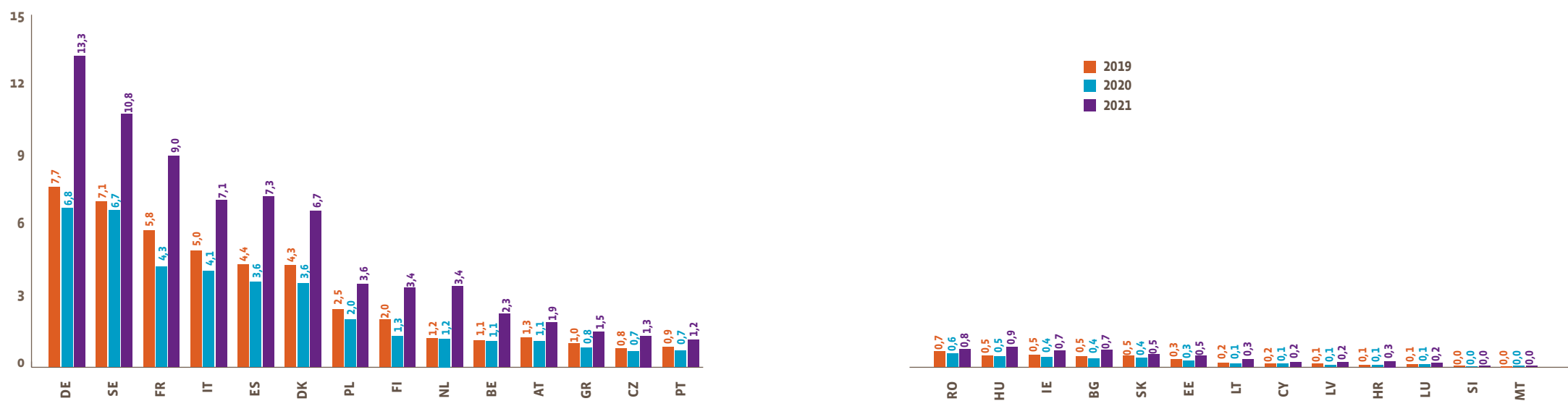
Énergies fossiles évitées (ktep)



Remarque : année de référence 2005. Remarque : pour 2021, des données estimatives ont été utilisées. Source : EurObserv'ER sur la base des données de l'AE

6

Dépenses évitées (milliards €)



Remarque : année de référence 2005. Remarque : pour 2021, 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.

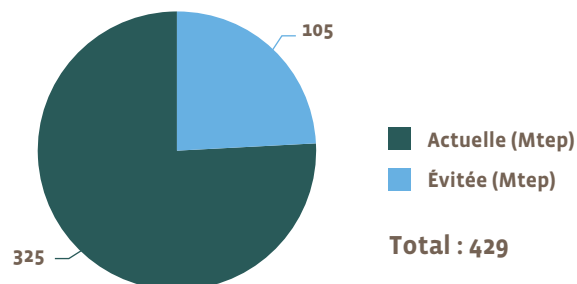
Comme on peut s'y attendre, les coûts évités suivent l'évolution des prix des combustibles fossiles : les prix de 2021 étant supérieurs à ceux de 2020.

Les résultats permettent d'observer que les pays affichant les plus grandes quantités de combustibles fossiles évités ne sont pas nécessairement ceux avec le plus de dépenses évitées. Cela s'explique par le fait que ces pays affichent généralement une croissance relativement inférieure en matière de biocarburants pour remplacer les combustibles fossiles chers, comme le gazole et l'essence. Ces données sont représentées dans les figures 5 et 6.

Les figures 7 et 8 indiquent la proportion estimée de combustibles évités grâce à l'augmentation de la consommation d'EnR depuis 2005 par rapport à la consommation totale de combustible dans l'Union européenne. Il est pertinent de comparer la consommation de combustible évitée avec la consommation d'énergie primaire. Celle-ci indique en effet la consommation intérieure brute excluant toute utilisation non énergétique des vecteurs énergétiques (par exemple, le gaz fossile utilisé non pour la combustion, mais pour la production de produits chimiques). Pour les carburants destinés au transport, la comparaison n'est

7

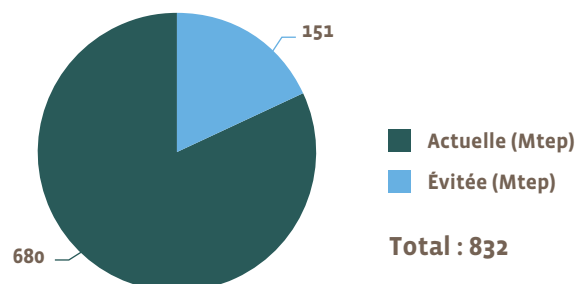
Effets sur les combustibles solides (Mtep) en 2021



Remarque : année de référence 2005. Remarque : pour 2021, des données estimatives ont été utilisées. Source : EurObserv'ER sur la base des données de l'AEE

8

Effets sur les combustibles gazeux (Mtep) en 2021



Remarque : année de référence 2005. Remarque : pour 2021, des données estimatives ont été utilisées. Source : EurObserv'ER sur la base des données de l'AEE

pas possible, car ce ne sont pas des combustibles primaires, mais secondaires. 2021 est l'année de référence utilisée.

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

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

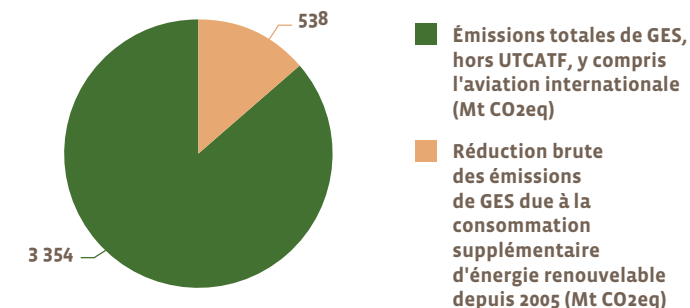
Enfin, les figures 9 et 10 indiquent les économies d'émissions des GES estimées en 2020 et 2021 grâce à l'augmentation de la consommation d'énergies renouvelables depuis 2005, pour l'Union européenne dans son ensemble et par État membre.

Pour l'UE en 2021, les émissions brutes de gaz à effet de serre ont baissé de 601 Mt de CO₂eq grâce à la consommation d'énergie renouvelable additionnelle. Alors que les émissions totales de GES de l'UE étaient d'environ 3 526 Mt de CO₂eq en 2021, l'adoption d'énergie renouvelable additionnelle a permis une réduction des émissions brutes de GES de 14,6% 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 538 Mt de CO₂eq en 2020 à environ 601 Mt de CO₂eq en 2021.

9

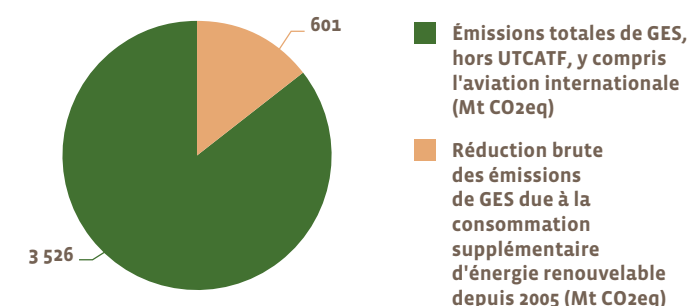
Effet sur les émissions de GES (Mt CO₂) en 2020



Remarque : année de référence 2005. Remarque : pour 2021, des données estimatives ont été utilisées. Source : EurObserv'ER sur la base des données de l'AEE

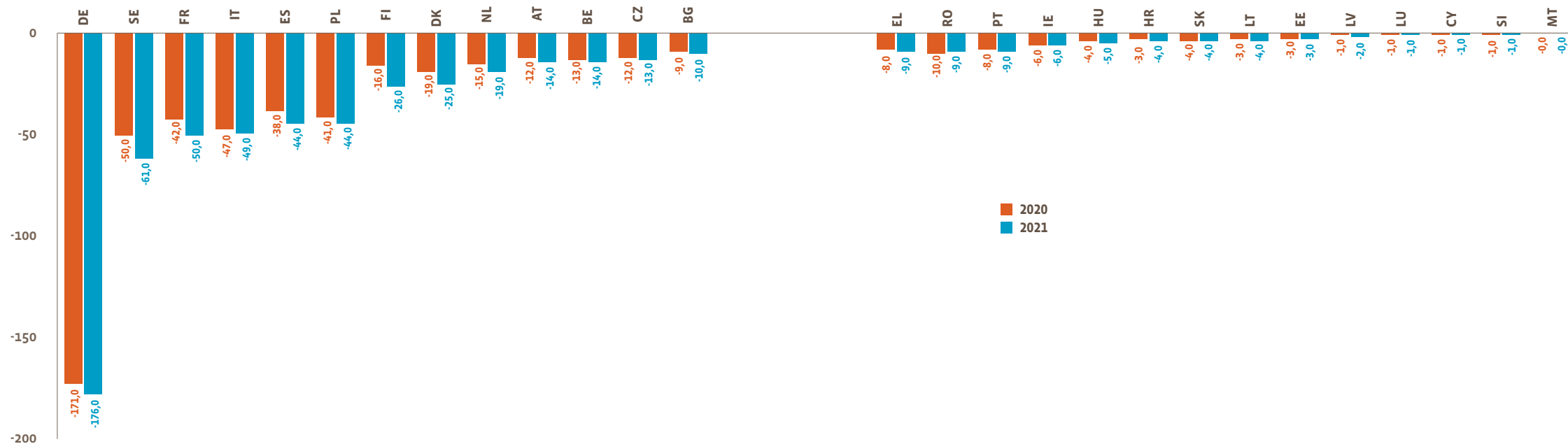
10

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



Remarque : année de référence 2005. Remarque : pour 2021, 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)



Remarque : année de référence 2005. Remarque : pour 2021, 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 2021, les pays affichant les réductions estimées les plus importantes sont l'Allemagne (176 Mt de CO₂eq), la Suède (61 Mt de CO₂eq), la France et l'Italie (respectivement 50 Mt de CO₂eq et 49 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 analysons 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 issu du secteur public (zone gris clair de la figure 1) ainsi que du secteur privé (zone gris foncé 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

1

Financement et exécution de la R&D par secteur

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

est d'inciter le secteur privé à prendre la relève, et de générer des retombées positives.

Pour l'élaboration du présent rapport, les données relatives aux investissements publics et privés ont été fournies par le Centre commun de recherche/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 convient de remarquer que, comme les données pour 2021 sont incomplètes, le texte de ce chapitre s'appuie sur celles, plus exhaustives, de 2019 pour les financements privés de brevets et de R&D, et de 2020 pour la R&D publique. Le texte fait référence aux données de 2019 quand les données de dépenses publiques pour 2020 ne sont pas entièrement à jour.

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.

1. IEA. International Energy Agency RD&D Online Data Service. Consultable à l'adresse: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/energy-technology-rd-and-d-budget-database-2>
2. A. Fiorini, A. Georgakaki, F. Pasimeni, E. Tzimas, « Monitoring R&I in low-carbon energy technologies », EUR 28446 EN (2017), doi: 10.2760/447418. Disponible à l'adresse suivante: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC105642>

INVESTISSEMENTS PUBLICS DANS LA R&D

Les investissements publics dans la R&D sont détaillés par technologie renouvelable.

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 2018 et 2019 sont disponibles.

INDICATEURS PUBLICS DE R&D

ÉNERGIE SOLAIRE

		Dépenses publiques de R&D (en millions d'euros)		Part des dépenses publiques de R&D dans le PIB	
		2019	2020	2019	2020
UE-27	Allemagne	118,50	101,56	0,0034 %	0,0030 %
	France	66,46	78,00	0,0027 %	0,0034 %
	Pays-Bas	16,09	18,40	0,0020 %	0,0023 %
	Espagne	15,98	12,11	0,0013 %	0,0011 %
	Belgique	11,08	9,71	0,0023 %	0,0021 %
	Suède	4,84	8,77	0,0010 %	0,0018 %
	Pologne	7,58	6,47	0,0014 %	0,0012 %
	Autriche	8,25	6,18	0,0021 %	0,0016 %
	Finlande	6,46	5,21	0,0027 %	0,0022 %
	Danemark	2,86	1,90	0,0009 %	0,0006 %
	Tchéquie	1,77	1,22	0,0008 %	0,0006 %
	Irlande	0,40	0,40	0,0001 %	0,0001 %
	Lituanie	0,43	0,36	0,0009 %	0,0007 %
	Hongrie	n.a.	0,23	n.a.	0,0002 %
	Slovaquie	0,19	0,22	0,0002 %	0,0002 %
	Estonie	0,32	0,05	0,0012 %	0,0002 %
Total UE-27		289,55	250,78	0,0021 %	0,0019 %
Commission européenne		120,05	63,81	0,0009 %	0,0005 %
Autres Pays	États-Unis	381,65	297,24	0,0020 %	0,0016 %
	Corée du Sud	60,91	56,69	0,0042 %	0,0039 %
	Royaume-Uni	37,85	43,59	0,0015 %	0,0018 %
	Suisse	40,25	38,75	0,0064 %	0,0060 %
	Japon	33,12	30,33	0,0007 %	0,0007 %
	Australie	12,59	23,71	0,0010 %	0,0020 %
	Canada	15,12	20,93	0,0010 %	0,0014 %
	Norvège	8,26	7,54	0,0023 %	0,0024 %
	Turquie	12,85	1,98	0,0019 %	0,0003 %
	Nouvelle-Zélande	0,31	0,51	0,0002 %	0,0003 %

Sources: JRC Setis, Eurostat, base de données WDI

Dans le domaine de l'énergie solaire, les États-Unis arrivent en tête des investissements publics dans la R&D en 2019 et 2020, devant l'Union européenne. Pour 2019, la Corée arrive juste derrière avec la Suisse, le Royaume-Uni et le Japon sur ses talons. Le tableau révèle une baisse significative des investissements publics dans la R&D aux États-Unis. Les données ne sont pas disponibles pour la Chine ni pour divers autres pays. Au sein de l'Union européenne, la Commission européenne est à l'origine des plus gros investissements publics. Deux pays dominent largement les investissements publics effectués au sein de l'Union européenne: l'Allemagne et la France. Même si l'Allemagne affiche une baisse de 17% de ses investissements publics, elle enregistre avec la France 72% des investissements publics de l'Union européenne (en 2020). L'Italie, les Pays-Bas, l'Espagne et la Belgique arrivent ensuite (valeurs de 2020).

Si l'on analyse les dépenses exprimées en fonction du PIB, l'Union européenne affiche des valeurs similaires, quoique légèrement inférieures, tandis que les investissements publics des États-Unis et de la Commission européenne sont ceux qui ont le plus baissé. Il convient en outre de souligner le niveau d'engagement relativement élevé de la dépense publique pour la R&D en Suisse: 0,006% du PIB. La part du PIB investie en Corée et en Norvège est aussi relativement supérieure à celle des autres pays de l'Union européenne. Au sein de l'UE, ce sont l'Allemagne, la Finlande et la France qui consacrent la plus grosse part de leur budget à l'énergie solaire, suivis de la Belgique et l'Autriche. ■

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	
		2019	2020	2019	2020
UE-27	Allemagne	14,36	15,69	0,0004 %	0,0005 %
	France	9,72	13,23	0,0004 %	0,0006 %
	Pays-Bas	11,32	3,64	0,0014 %	0,0005 %
	Suède	0,09	2,44	0,0000 %	0,0005 %
	Hongrie	n.a.	1,18	n.a.	0,0009 %
	Autriche	0,02	0,53	0,0000 %	0,0001 %
	Belgique	0,72	0,39	0,0002 %	0,0001 %
	Irlande	0,46	0,38	0,0001 %	0,0001 %
	Pologne	0,09	0,32	0,0000 %	0,0001 %
	Espagne	n.a.	0,29	n.a.	0,0000 %
	Slovaquie	0,45	0,22	0,0005 %	0,0002 %
	Tchéquie	0,64	0,16	0,0003 %	0,0001 %
	Total UE-27		44,73	38,47	0,0003 %
Commission européenne		18,25	16,49	0,0001 %	0,0001 %
Autres Pays	États-Unis	78,68	99,78	0,0004 %	0,0005 %
	Suisse	21,06	17,96	0,0033 %	0,0028 %
	Japon	14,89	17,48	0,0003 %	0,0004 %
	Canada	12,68	5,81	0,0008 %	0,0004 %
	Nouvelle-Zélande	6,81	3,70	0,0036 %	0,0020 %
	Royaume-Uni	1,10	1,76	0,0000 %	0,0001 %
	Corée du Sud	1,70	1,61	0,0001 %	0,0001 %
	Norvège	1,74	1,30	0,0005 %	0,0004 %
Australie	0,09	0,06	0,0000 %	0,0000 %	

Sources: JRC Setis, Eurostat, base de données WDI

En ce qui concerne l'énergie géothermique, les États-Unis totalisent de loin les plus gros investissements publics en R&D de tous les pays étudiés. Avec 99,8 millions d'euros en 2020, ils ont pratiquement investi deux fois plus que l'ensemble de l'Union européenne (38,5 millions d'euros). Au sein de l'Union européenne, la Commission européenne est le premier financeur de la R&D. À l'échelle des États membres, deux pays dominent les investissements nationaux publics: l'Allemagne et la France. Les investissements de la Suisse et du Japon sont également significatifs. Comparées à celles pour l'énergie solaire, les dépenses publiques restent relativement faibles. Si l'on rapporte leurs valeurs au PIB, la Suisse et les États-Unis affichent un engagement supérieur à celui de l'Union européenne.

La Suisse et la Nouvelle-Zélande sont les pays qui consacrent la plus grosse part de leur PIB aux investissements publics dans la R&D en 2020. Au sein de l'Union européenne, c'est la Hongrie qui consacre la plus grosse part de son PIB aux investissements publics dans la R&D, devant la France. ■

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	
		2019	2020	2019	2020
UE-27	France	2,03	3,40	0,0001%	0,0001%
	Autriche	2,87	3,25	0,0007%	0,0009%
	Suède	2,72	2,32	0,0006%	0,0005%
	Allemagne	1,78	2,31	0,0001%	0,0001%
	Espagne	1,81	0,42	0,0001%	0,0000%
	Pologne	0,33	0,24	0,0001%	0,0000%
	Tchéquie	0,19	0,07	0,0001%	0,0000%
	Finlande	0,09	0,05	0,0000%	0,0000%
	Total UE-27	12,84	12,06	0,0001%	0,0001%
Commission européenne		23,95	10,18	0,0002%	0,0001%
Autres Pays	États-Unis	98,35	134,24	0,0005%	0,0007%
	Suisse	15,35	15,08	0,0024%	0,0023%
	Canada	14,53	13,72	0,0010%	0,0009%
	Turquie	0,11	6,30	0,0000%	0,0010%
	Norvège	7,71	5,77	0,0022%	0,0018%
	Corée du Sud	2,09	0,60	0,0001%	0,0000%
	Royaume-Uni	n.a.	0,26	n.a.	0,0000%
	Australie	0,12	0,07	0,0000%	0,0000%
	Nouvelle-Zélande	0,01	0,01	0,0000%	0,0000%

Sources : JRC Setis, Eurostat, base de données WDI

L'énergie hydraulique est une filière modeste en matière d'investissement public en R&D, notamment par rapport à l'énergie solaire. Parmi les pays étudiés, les États-Unis enregistrent les meilleurs scores avec 134,35 millions d'euros d'argent public investis en 2020 (cf. tableau). La Suisse et le Canada affichent des engagements remarquables, quoique bien inférieurs à ceux des États-Unis. Au sein de l'Union européenne, le financement de la Commission européenne s'élève à 10,2 millions d'euros, tandis que dans ce domaine, les engagements des États membres sont légèrement supérieurs (12,1 millions d'euros en 2020) et les pays qui contribuent le plus sont la France, l'Autriche, la Suède et le Danemark. Les parts de PIB montrent également que l'engagement des États-Unis est significativement supérieur à celui de l'Union européenne. La Suisse et la Norvège se distinguent avec les parts de PIB les plus importantes, tandis que la Turquie affiche également des investissements publics dans la R&D en augmentation qui représentent un pourcentage relativement élevé de son PIB. ■

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	
		2019	2020	2019	2020
UE-27	France	67,36	65,24	0,0028%	0,0028%
	Allemagne	42,09	50,40	0,0012%	0,0015%
	Suède	18,23	18,46	0,0038%	0,0038%
	Danemark	14,34	12,72	0,0046%	0,0041%
	Finlande	13,58	11,19	0,0057%	0,0047%
	Autriche	10,61	10,49	0,0027%	0,0028%
	Tchéquie	6,51	7,31	0,0029%	0,0034%
	Pays-Bas	8,55	7,30	0,0011%	0,0009%
	Espagne	5,38	6,98	0,0004%	0,0006%
	Belgique	0,87	3,53	0,0002%	0,0008%
	Irlande	2,37	2,38	0,0007%	0,0006%
	Lituanie	1,54	1,70	0,0032%	0,0034%
	Pologne	2,52	1,68	0,0005%	0,0003%
	Hongrie	n.a.	0,31	n.a.	0,0002%
	Estonie	0,12	0,12	0,0004%	0,0004%
	Slovaquie	0,04	0,01	0,0000%	0,0000%
Total UE-27	202,65	199,81	0,0014%	0,0015%	
Commission européenne		69,25	90,07	0,0005%	0,0007%
Autres Pays	États-Unis	224,79	248,08	0,0012%	0,0013%
	Japon	56,87	83,63	0,0013%	0,0019%
	Canada	37,28	55,10	0,0024%	0,0038%
	Corée du Sud	20,19	28,41	0,0014%	0,0020%
	Norvège	17,04	26,22	0,0048%	0,0082%
	Suisse	20,04	23,72	0,0032%	0,0037%
	Royaume-Uni	15,70	13,22	0,0006%	0,0006%
	Australie	3,83	4,91	0,0003%	0,0004%
	Nouvelle-Zélande	1,57	1,57	0,0008%	0,0008%
Turquie	0,75	0,29	0,0001%	0,0000%	

Sources : JRC Setis, Eurostat, base de données WDI

Le secteur des biocarburants enregistre toujours des investissements publics dans la R&D parmi les plus importants au sein des filières renouvelables dans l'Union européenne. Avec 200 millions d'euros de financement public de la R&D en 2020, le secteur des biocarburants arrive derrière le solaire (250 millions d'euros) et devance l'éolien (163 millions d'euros). En valeur absolue, les États-Unis affichent les dépenses publiques en R&D les plus élevées au monde : 248 millions d'euros en 2020. Au sein de l'Union européenne, la Commission européenne offre un financement supplémentaire (90 millions d'euros), après quoi la France et l'Allemagne enregistrent les meilleures contributions nationales. Parmi les autres pays enregistrés, les investissements du Japon (84 millions d'euros) et du Canada (55 millions d'euros) sont également significatifs. En ce qui concerne la part du PIB, l'Union européenne devance légèrement les États-Unis et les parts de PIB de la Finlande, du Danemark et de la Suède sont particulièrement élevées. ■

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	
		2019	2020	2019	2020
UE-27	Allemagne	77,88	77,62	0,0022 %	0,0023 %
	Danemark	19,90	21,10	0,0064 %	0,0068 %
	France	20,67	17,95	0,0008 %	0,0008 %
	Pays-Bas	48,37	15,77	0,0059 %	0,0020 %
	Espagne	25,04	15,04	0,0020 %	0,0013 %
	Belgique	8,33	5,81	0,0017 %	0,0013 %
	Suède	2,75	5,04	0,0006 %	0,0010 %
	Finlande	1,40	1,76	0,0006 %	0,0007 %
	Irlande	0,96	1,07	0,0003 %	0,0003 %
	Autriche	1,19	0,99	0,0003 %	0,0003 %
	Tchéquie	0,60	0,25	0,0003 %	0,0001 %
	Pologne	0,35	0,24	0,0001 %	0,0000 %
	Lituanie	0,14	0,10	0,0003 %	0,0002 %
	Total UE-27	208,45	162,73	0,0015 %	0,0012 %
Commission européenne	44,06	47,84	0,0003 %	0,0004 %	
Autres Pays	Japon	137,51	161,98	0,0031 %	0,0037 %
	États-Unis	86,17	94,33	0,0005 %	0,0005 %
	Corée du Sud	48,48	66,12	0,0033 %	0,0046 %
	Royaume-Uni	25,68	14,72	0,0010 %	0,0006 %
	Suisse	5,91	6,13	0,0009 %	0,0009 %
	Norvège	254,97	5,69	0,0717 %	0,0018 %
	Canada	5,82	5,35	0,0004 %	0,0004 %
	Turquie	0,70	0,57	0,0001 %	0,0001 %
Australie	0,29	0,53	0,0000 %	0,0000 %	

Sources : JRC Setis, Eurostat, base de données WDI

L'éolien est l'une des trois filières bénéficiant le plus des investissements publics, avec le solaire et les biocarburants. En 2019, ces investissements ont principalement été réalisés par la Norvège (les valeurs de 2020 peuvent ne pas être à jour). Pour 2020, les pays suivants affichent les plus gros investissements publics dans la R&D de l'éolien : l'Union européenne, le Japon, les États-Unis et la Corée (dans cet ordre). Au sein de l'Union européenne, ce sont l'Allemagne, le Danemark et la France qui enregistrent les valeurs les plus élevées. À cela viennent s'ajouter 48 millions d'euros financés par la Commission européenne. En termes de part du PIB, la Corée et le Japon s'illustrent en 2020 en affichant la valeur la plus élevée. En la matière, les chiffres de l'Union européenne sont supérieurs à ceux de la Suisse, des États-Unis et du Canada. ■

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	
		2019	2020	2019	2020
UE-27	France	10,62	8,01	0,0004 %	0,0003 %
	Danemark	0,69	5,87	0,0002 %	0,0019 %
	Suède	4,37	5,54	0,0009 %	0,0012 %
	Irlande	4,98	3,06	0,0014 %	0,0008 %
	Espagne	1,06	0,91	0,0001 %	0,0001 %
	Belgique	0,27	0,22	0,0001 %	0,0000 %
	Pologne	0,04	0,07	0,0000 %	0,0000 %
	Total UE-27	22,05	23,68	0,0002 %	0,0002 %
Commission européenne	24,36	36,13	0,0002 %	0,0003 %	
Autres Pays	Royaume-Uni	20,33	17,32	0,0008 %	0,0007 %
	Japon	8,49	6,20	0,0002 %	0,0001 %
	Canada	1,50	3,47	0,0001 %	0,0002 %
	Corée du Sud	1,96	1,25	0,0001 %	0,0001 %
	Australie	0,14	0,14	0,0000 %	0,0000 %
	Norvège	0,11	0,10	0,0000 %	0,0000 %
Turquie	n.a.	0,05	n.a.	0,0000 %	

Sources : JRC Setis, Eurostat, base de données WDI

L'énergie océanique est un secteur relativement modeste en termes d'investissement public dans la R&D. Les plus gros investissements publics dans la R&D de l'énergie océanique (2020) proviennent de la Commission européenne, devant ceux de l'Union européenne et du Royaume-Uni. Au niveau national, la France, le Danemark et la Suède ont le plus investi en 2020. Le Danemark domine en matière de parts de PIB en atteignant 0,0019 % de ses investissements en R&D par milliard de milliards d'euros de PIB en 2020. En termes de parts de PIB, la Suède (0,0012 %) et l'Irlande (0,0008 %) arrivent juste derrière. Globalement, l'Union européenne a investi seulement 0,0002 % de son PIB en fonds publics dans la R&D. ■

INDICATEURS PUBLICS DE R&D

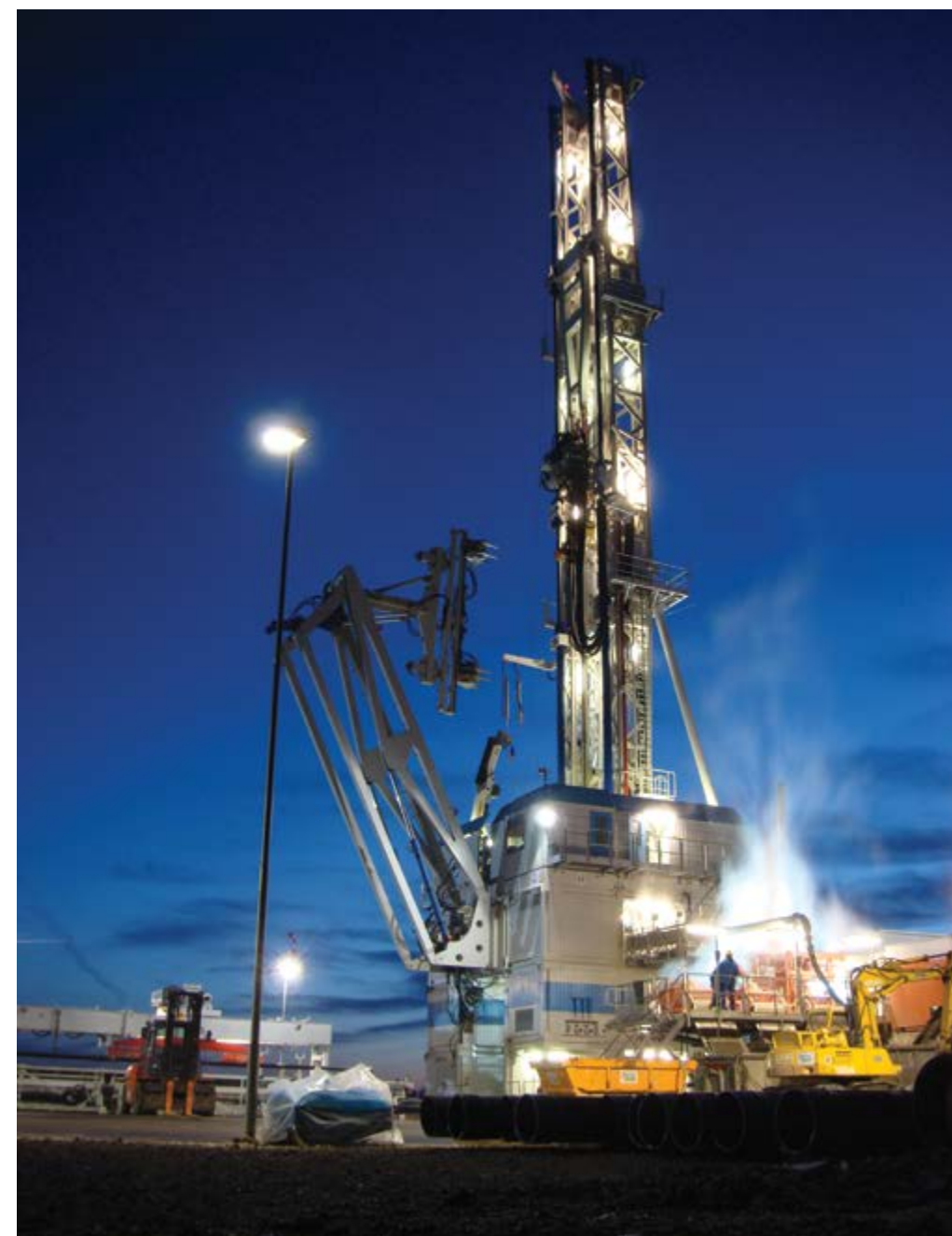
TOTAL DES TECHNOLOGIES
RENOUVELABLES

		Dépenses publiques de R&D (en millions d'euros)		Part des dépenses publiques de R&D dans le PIB	
		2019	2020	2019	2020
UE-27	Allemagne	254,61	247,58	0,0073 %	0,0073 %
	France	176,86	185,85	0,0073 %	0,0080 %
	Pays-Bas	84,35	45,10	0,0104 %	0,0057 %
	Suède	33,00	42,58	0,0069 %	0,0089 %
	Danemark	37,86	41,59	0,0122 %	0,0133 %
	Espagne	49,27	35,74	0,0040 %	0,0032 %
	Autriche	22,93	21,44	0,0058 %	0,0056 %
	Belgique	22,21	19,66	0,0046 %	0,0043 %
	Finlande	21,52	18,21	0,0090 %	0,0077 %
	Pologne	10,90	9,02	0,0020 %	0,0017 %
	Tchéquie	9,71	9,00	0,0043 %	0,0042 %
	Irlande	9,16	7,29	0,0026 %	0,0020 %
	Lituanie	2,12	2,16	0,0043 %	0,0043 %
	Hongrie	0,01	1,72	0,0000 %	0,0012 %
	Slovaquie	0,67	0,45	0,0007 %	0,0005 %
Estonie	0,46	0,16	0,0016 %	0,0006 %	
Total UE-27	780,26	687,52	0,0056 %	0,0051 %	
Commission européenne	299,91	264,52	n.a.	n.a.	
Autres Pays	États-Unis	869,63	873,67	0,0046 %	0,0047 %
	Japon	250,88	299,62	0,0056 %	0,0068 %
	Corée du Sud	135,33	154,69	n.a.	n.a.
	Canada	86,94	104,38	0,0057 %	0,0072 %
	Suisse	102,60	101,65	0,0162 %	0,0156 %
	Royaume-Uni	100,65	90,87	0,0040 %	0,0038 %
	Norvège	289,81	46,63	0,0815 %	0,0147 %
	Australie	17,06	29,43	0,0014 %	0,0025 %
	Turquie	14,42	9,19	0,0022 %	0,0015 %
Nouvelle-Zélande	8,71	5,78	0,0046 %	0,0031 %	

Note: La somme correspondant à la totalité des technologies n'apparaît que si le pays dispose de données pour chacune de ces technologies (s'il manque des données pour une ou plusieurs technologies, le total ne peut pas être calculé).

Sources: JRC Setis, Eurostat, base de données WDI

Les résultats cumulés des investissements publics dans la R&D pour toutes les technologies renouvelables dans l'Union européenne révèlent une forte position en 2020 avec près d'un milliard d'euros, en tenant compte des contributions nationales (687,5 millions d'euros) et de la Commission européenne (264,5 millions d'euros). Les États-Unis représentent la deuxième plus grande contribution en matière d'investissement public dans la R&D des technologies renouvelables, avec 873,7 millions d'euros. Dans l'ensemble, l'Union européenne a investi 0,0051 % de son PIB dans la R&D en 2020. La Suisse, la Norvège et le Danemark se distinguent en outre avec les parts de PIB les plus importantes. ■



INDICATEURS PRIVÉS DE R&D

ÉNERGIE SOLAIRE

		Dépenses privées de R&D (en millions d'euros)		Part des dépenses privées de R&D dans le PIB	
		2018	2019	2018	2019
UE-27	Allemagne	488,98	383,46	0,0145 %	0,0110 %
	France	148,76	121,29	0,0063 %	0,0050 %
	Pays-Bas	60,45	51,29	0,0078 %	0,0063 %
	Espagne	53,71	40,24	0,0045 %	0,0032 %
	Italie	94,53	39,62	0,0053 %	0,0022 %
	Portugal	1,22	28,43	0,0006 %	0,0133 %
	Autriche	32,82	23,79	0,0085 %	0,0060 %
	Suède	46,32	16,13	0,0098 %	0,0034 %
	Danemark	14,25	13,20	0,0047 %	0,0043 %
	Belgique	12,37	12,58	0,0027 %	0,0026 %
	Pologne	17,63	7,80	0,0035 %	0,0015 %
	Finlande	11,89	7,25	0,0051 %	0,0030 %
	Chypre	n.a.	6,69	n.a.	0,0289 %
	Irlande	3,22	4,19	0,0010 %	0,0012 %
	Tchéquie	n.a.	3,90	n.a.	0,0017 %
	Croatie	n.a.	1,67	n.a.	0,0030 %
	Hongrie	5,47	1,67	0,0040 %	0,0011 %
	Luxembourg	0,84	1,67	0,0014 %	0,0027 %
	Roumanie	3,65	1,67	0,0018 %	0,0007 %
Slovénie	n.a.	0,46	n.a.	0,0009 %	
Total UE-27		997,93	767,00	0,0074 %	0,0055 %

Sources : JRC Setis, Eurostat, base de données WDI

Dans le secteur de l'énergie solaire au sein de l'Union européenne, l'Allemagne est, de loin, le principal acteur en matière d'investissements privés dans la R&D et représente 50% du total des investissements dans l'Union européenne. Les pays suivants arrivent ensuite, loin derrière l'Allemagne en 2019 : la France, l'Italie, les Pays-Bas et l'Espagne (dans cet ordre). En ce qui concerne les dépenses de R&D exprimées par rapport au PIB, l'Allemagne affiche, sans surprise, la part la plus élevée (0,0110% en 2019). Les secteurs privés à Chypre et au Portugal ont investi une part relativement importante de leur PIB dans le solaire (respectivement 0,0289% et 0,0133%). La part des dépenses privées par rapport au PIB des autres États membres ne dépasse pas 0,01%. La part du PIB total de l'Union européenne affiche une baisse à 0,0055% en 2019. ■

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	
		2018	2019	2018	2019
UE-27	Autriche	n.a.	4,17	n.a.	0,0010 %
	Hongrie	n.a.	4,17	n.a.	0,0028 %
	Allemagne	23,82	3,92	0,0007 %	0,0001 %
	Finlande	6,02	3,13	0,0026 %	0,0013 %
	France	n.a.	2,30	n.a.	0,0001 %
	Italie	15,24	2,08	0,0009 %	0,0001 %
	Slovaquie	n.a.	2,08	n.a.	0,0022 %
	Pays-Bas	5,83	1,16	0,0008 %	0,0001 %
	Suède	0,51	0,80	0,0001 %	0,0002 %
	Total UE-27		57,27	23,82	0,0004 %

Sources : JRC Setis, Eurostat, base de données WDI

Dans le secteur de la géothermie, les dépenses privées de R&D (tout comme les dépenses publiques) sont pratiquement deux fois inférieures à celles de l'énergie solaire. En 2018, l'Allemagne enregistre les plus gros investissements, suivie par l'Italie, la Finlande, les Pays-Bas et le Danemark. Les investissements dans la R&D de la géothermie ont été divisés par plus de deux en 2019 dans l'Union européenne, principalement du fait d'une baisse critique des investissements en Allemagne. La Finlande arrive en tête en matière de part du PIB investi dans la R&D en 2018, juste devant le Danemark. ■

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	
		2018	2019	2018	2019
UE-27	Allemagne	9,06	30,29	0,0003%	0,0009%
	France	24,74	11,35	0,0010%	0,0005%
	Pologne	n.a.	2,65	n.a.	0,0005%
	Autriche	4,15	1,47	0,0011%	0,0004%
	Suède	5,32	1,33	0,0011%	0,0003%
	Espagne	0,87	0,88	0,0001%	0,0001%
	Finlande	6,02	0,88	0,0026%	0,0004%
	Pays-Bas	0,99	0,88	0,0001%	0,0001%
	Slovénie	3,16	0,88	0,0069%	0,0018%
	Italie	0,99	0,59	0,0001%	0,0000%
Total UE-27		63,20	51,23	0,0005%	0,0004%

Sources : JRC Setis, Eurostat, base de données WDI

Tout comme la géothermie, le secteur de l'hydroélectricité est assez modeste en ce qui concerne les investissements privés dans la R&D. Ces derniers restent toutefois bien plus importants que les investissements publics, comme c'était le cas lors des années précédentes. La France affiche de loin les valeurs les plus élevées en 2018, devant l'Allemagne, la Finlande, la Suède et l'Autriche. En 2019, l'Allemagne a enregistré un volume d'investissement remarquablement élevé qui a fait du pays le plus gros investisseur privé cette année-là. La part totale du PIB de l'Union européenne que représentent les investissements privés dans la R&D a légèrement baissé à 0,0004% entre 2018 et 2019. Malgré la chute des investissements dans la R&D en 2019, la Slovénie reste le pays de l'Union européenne avec la part de PIB la plus grande consacrée à l'hydroélectricité (0,0018%). Les parts de PIB de tous les autres pays étaient inférieures à 0,001% en 2019. ■

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	
		2018	2019	2018	2019
UE-27	Danemark	102,39	92,87	0,0339%	0,0300%
	Finlande	46,60	37,10	0,0200%	0,0155%
	Pays-Bas	42,45	35,13	0,0055%	0,0043%
	France	20,07	24,73	0,0008%	0,0010%
	Italie	18,15	23,44	0,0010%	0,0013%
	Suède	6,60	20,35	0,0014%	0,0043%
	Autriche	6,99	19,16	0,0018%	0,0048%
	Allemagne	44,01	18,64	0,0013%	0,0005%
	Luxembourg	n.a.	9,86	n.a.	0,0158%
	Belgique	7,94	7,56	0,0017%	0,0016%
	Lettonie	n.a.	5,23	n.a.	0,0170%
	Portugal	1,75	5,23	0,0009%	0,0024%
	Roumanie	n.a.	5,23	n.a.	0,0023%
	Hongrie	39,63	4,18	0,0291%	0,0029%
	Espagne	5,59	3,45	0,0005%	0,0003%
Tchéquie	2,33	0,65	0,0011%	0,0003%	
Total UE-27		355,57	312,81	0,0026%	0,0022%

Sources : JRC Setis, Eurostat, base de données WDI

Les biocarburants restent le troisième secteur en matière d'investissements privés dans la R&D, derrière l'éolien et le solaire. En 2019, le Danemark, la Finlande, les Pays-Bas, la France et l'Italie (dans cet ordre) ont enregistré les investissements privés les plus élevés au sein de l'Union européenne. La Hongrie avait massivement investi 40 millions d'euros de fonds privés en R&D en 2018, mais seulement 4 millions d'euros en 2019. De même, les investissements de l'Allemagne ont drastiquement baissé (18,6 millions d'euros en 2019). D'autres pays ont augmenté leurs investissements par rapport à 2018, comme l'Autriche, la France, l'Italie et la Slovénie. Il n'en demeure pas moins que le total des investissements dans la R&D au sein de l'Union européenne a chuté de 12% entre 2018 et 2019. Un pays se distingue pour avoir investi une part importante de son PIB (0,03%) en fonds privés pour la R&D en 2019 : le Danemark. ■

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	
		2018	2019	2018	2019
UE-27	Danemark	599,32	735,20	0,1982%	0,2375%
	Allemagne	632,99	343,96	0,0188%	0,0099%
	Espagne	52,64	76,41	0,0044%	0,0061%
	France	14,02	39,22	0,0006%	0,0016%
	Autriche	29,72	28,45	0,0077%	0,0072%
	Pays-Bas	37,71	27,19	0,0049%	0,0033%
	Suède	20,10	14,87	0,0043%	0,0031%
	Italie	3,13	9,13	0,0002%	0,0005%
	Finlande	3,99	5,57	0,0017%	0,0023%
	Belgique	34,24	2,80	0,0074%	0,0006%
	Chypre	n.a.	2,55	n.a.	0,0110%
	Lettonie	n.a.	1,27	n.a.	0,0042%
	Pologne	2,50	1,27	0,0005%	0,0002%
	Portugal	n.a.	0,85	n.a.	0,0004%
Total UE-27		1 438,72	1 288,75	0,0106%	0,0092%

Sources : JRC Setis, Eurostat, base de données WDI

Depuis 2017, l'éolien attire les plus grands volumes d'investissements privés dans la R&D (1,4 milliard d'euros en 2018) au sein de l'Union européenne (suivi par le solaire). Plus de 80 % des investissements dans l'Union européenne proviennent de l'Allemagne et du Danemark (en 2018 et en 2019). Tous les autres États membres ont dépensé un peu plus de 200 millions d'euros dans l'éolien, l'Espagne arrivant en tête des investissements. En 2019, elle était suivie par la France, l'Autriche et les Pays-Bas. Au total, une chute significative des investissements est observée en 2019, principalement due à des engagements plus limités de l'Allemagne. En matière de parts du PIB, le Danemark se démarque avec la valeur de loin la plus élevée (0,24 % en 2019) par rapport à la part du PIB totale des dépenses de l'Union européenne qui représente 0,0092 %.

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	
		2018	2019	2018	2019
UE-27	France	8,47	12,20	0,0004%	0,0005%
	Italie	n.a.	8,87	n.a.	0,0005%
	Suède	6,08	3,14	0,0013%	0,0007%
	Pays-Bas	3,20	2,40	0,0004%	0,0003%
	Allemagne	5,69	1,80	0,0002%	0,0001%
	Finlande	2,13	1,20	0,0009%	0,0005%
	Irlande	n.a.	1,20	n.a.	0,0003%
	Slovénie	n.a.	1,20	n.a.	0,0025%
	Espagne	0,53	0,53	0,0000%	0,0000%
	Total UE-27		29,34	32,53	0,0002%

Sources : JRC Setis, Eurostat, base de données WDI

L'énergie océanique est encore l'un des secteurs les plus modestes en termes d'investissement privé dans la R&D. La France, la Suède et l'Allemagne étaient très engagées sur cette technologie en 2018 et représentent plus des deux tiers du total des investissements dans l'Union européenne cette année-là. En 2019, une hausse de 10 % a été enregistrée dans l'Union européenne pour atteindre plus de 30 millions d'euros d'investissements privés en 2019. La Suède, la Finlande et le Danemark sont les pays qui ont dépensé les plus grosses parts de PIB dans la R&D de la filière en 2018. Comme pour la géothermie, la part totale des dépenses privées par rapport au PIB de l'Union européenne était de 0,0002 % pour l'énergie océanique en 2018 et en 2019.

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	
	2018	2019	2018	2019
Danemark	723,97	841,28	0,2395 %	0,2718 %
Allemagne	1 204,54	782,08	0,0358 %	0,0225 %
France	216,05	211,08	0,0091 %	0,0087 %
Espagne	113,34	121,51	0,0094 %	0,0098 %
Pays-Bas	150,64	118,06	0,0195 %	0,0145 %
Italie	132,04	83,73	0,0075 %	0,0047 %
Autriche	73,68	77,04	0,0191 %	0,0194 %
Suède	84,94	56,62	0,0180 %	0,0119 %
Finlande	76,66	55,13	0,0328 %	0,0230 %
Portugal	2,96	34,51	0,0014 %	0,0161 %
Belgique	56,52	22,94	0,0123 %	0,0048 %
Pologne	24,80	11,73	0,0050 %	0,0022 %
Luxembourg	6,70	11,53	0,0112 %	0,0185 %
Hongrie	45,10	10,02	0,0331 %	0,0068 %
Chypre	n.a.	9,24	n.a.	0,0399 %
Roumanie	8,20	6,90	0,0040 %	0,0031 %
Lettonie	n.a.	6,50	n.a.	0,0212 %
Irlande	11,60	5,39	0,0036 %	0,0015 %
Tchéquie	5,30	4,56	0,0025 %	0,0020 %
Slovénie	3,16	2,54	0,0069 %	0,0052 %
Slovaquie	n.a.	2,08	n.a.	0,0022 %
Croatie	n.a.	1,67	n.a.	0,0030 %
Total UE-27	2 942,03	2 476,15	0,0217 %	0,0177 %

Note: La somme correspondant à la totalité des technologies n'apparaît que si le pays dispose de données pour chacune de ces technologies (s'il manque des données pour une ou plusieurs technologies, le total ne peut pas être calculé).
Sources: JRC Setis, Eurostat, base de données WDI

Enfin, si l'on examine l'investissement privé en R&D dans l'ensemble des technologies renouvelables, on constate la position dominante de l'Allemagne en 2018 qui a été dépassée par le Danemark en 2019. Cette année-là, l'Allemagne a pris la deuxième place, devant la France, l'Espagne et les Pays-Bas. Le secteur éolien a reçu plus de 50% du total des investissements privés en R&D dans l'Union européenne, tandis que le secteur de l'énergie solaire arrive deuxième avec 31% du total des investissements privés. La part du PIB du Danemark est de loin la plus élevée en 2019 (0,27%). Parmi les autres pays aux investissements conséquents, l'Allemagne, la Finlande, la Lettonie, le Luxembourg et le Portugal affichent les valeurs les plus élevées. La part totale du PIB de l'Union européenne est passée de 0,022% en 2018 à 0,018% en 2019, ce qui correspond à la baisse totale des investissements privés dans la R&D. 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. ■



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 2019 et 2020, l'Union européenne et les États-Unis arrivent en tête en ce qui concerne les dépenses publiques de R&D, devant la Corée (données manquantes pour la Chine). Au sein de l'Union euro-

péenne, les plus gros investissements en 2020 sont enregistrés par l'Allemagne, la France et la Commission européenne. Concernant les investissements privés en R&D dans l'Union européenne, l'Allemagne, la France et les Pays-Bas arrivent en tête (en 2019);

- en ce qui concerne l'énergie géothermique, les États-Unis arrivent en première position, loin devant l'Allemagne, la France et les Pays-Bas qui occupent les places suivantes du classement. L'Allemagne, la Finlande et la France affichent les plus grosses dépenses privées de R&D de l'Union européenne;

- dans l'hydroélectricité, les États-Unis dominent les investissements publics de R&D, devant la Suisse, le Canada et l'Union européenne. Au sein de l'UE, la Commission européenne arrive en tête, devant la France, l'Autriche et la Suède. En ce qui concerne les investissements privés dans l'UE, l'Allemagne et la France présentent les valeurs les plus élevées;

- dans les biocarburants, les États-Unis présentent les plus gros investissements publics en R&D, devant la Commission euro-

péenne et le Japon (en 2020). Au sein de l'Union européenne, les plus grosses contributions sont enregistrées par la France et l'Allemagne. Le Danemark, la Finlande et les Pays-Bas arrivent en tête des investissements privés au sein de l'Union européenne (en 2019);

- dans l'éolien, l'Union européenne arrive en tête des dépenses publiques en R&D, devant le Japon et les États-Unis (en 2020). Au sein de l'UE, les plus grosses contributions proviennent principalement de l'Allemagne, devant le Danemark et la France. 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, 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, de la Suède et du Danemark. Concernant les investissements privés en R&D dans l'Union européenne, la France, l'Italie et la Suède sont les pays les plus engagés en 2019;

- 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 Norvège et la Corée suivent ensuite à bonne distance. Le Danemark 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 les Pays-Bas (en 2019). ■



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 macroéco-

nomique globale. Les brevets peuvent être analysés sous différents angles et avec différents objectifs, sachant que les méthodes et définitions appliquées différeront également. Nous mettons ici l'accent sur une perspective intérieure et macroéconomique, en fournissant des informations sur les capacités technologiques des économies dans le domaine des énergies renouvelables.

Note méthodologique

Les chiffres du présent rapport ont été fournis par JRC/Setis. Ils sont issus de la base de données mondiale World Patent Statistical Database (Patstat¹), développée par l'Office européen des brevets (OEB). C'est la version du printemps 2022 de la base de données Patstat qui a été utilisée (mise à jour JRC: 2022²). Il faut compter un délai de 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

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 Mountraki, A., Georgakaki, A., Shtjefni, D., Ince, E. et Charleston, G., 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>



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 2018 et 2019. Pour les pays extracommunautaires, il convient de noter que la catégorie «RdM» désigne le reste du monde et inclut les valeurs du Royaume-Uni.

4. Les brevets permettent aux entreprises de protéger leurs efforts de recherche et d'innovation. 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.
5. A. Fiorini, A. Georgakaki, F. Pasimeni, E. Tzimas, «Monitoring R&D in low-carbon energy technologies», EUR 28446 EN (2017). Disponible à l'adresse suivante : <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC105642>

PHOTOVOLTAÏQUE

	Nombre de familles de brevets		Spécialisation des brevets		Brevets par billion d'euros de PIB	
	2018	2019	2018	2019	2018	2019
UE-27						
Allemagne	187,3	158,0	0,4	0,4	55,6	45,5
France	107,7	95,6	0,7	0,7	45,6	39,2
Pays-Bas	31,0	39,5	0,8	1,2	40,1	48,6
Espagne	33,7	33,9	1,9	2,1	28,0	27,3
Pologne	27,4	28,0	1,3	1,8	54,9	52,6
Italie	32,7	26,3	1,0	0,9	18,5	14,6
Autriche	12,2	13,1	0,5	0,6	31,7	33,0
Portugal	1,0	8,5	0,6	3,3	4,9	39,7
Suède	15,2	7,8	0,5	0,3	32,4	16,3
Belgique	9,8	7,5	0,6	0,7	21,3	15,7
Danemark	5,7	5,7	0,2	0,2	18,7	18,3
Finlande	5,7	5,7	0,3	0,4	24,6	23,6
Roumanie	8,7	4,5	2,0	1,2	42,1	20,1
Tchéquie	2,2	2,0	0,6	0,5	10,4	8,9
Chypre	0	2,0	0	4,4	0	86,3
Irlande	2,3	1,4	0,4	0,2	7,1	3,8
Slovaquie	2,0	1,3	1,3	1,7	22,3	14,1
Grèce	1,3	0,9	2,0	1,5	7,4	5,0
Croatie	0	0,5	0	1,9	0	9,0
Hongrie	1,5	0,5	1,0	0,4	11,0	3,4
Luxembourg	1,5	0,5	0,7	0,2	24,9	8,0
Lituanie	1,4	0,4	3,9	0,7	31,1	8,5
Slovénie	0	0,3	0	0,3	0	5,6
Bulgarie	0,5	0	0,6	0	8,9	0
Estonie	0	0	0	0	0	0
Lettonie	1,0	0	3,1	0	34,3	0
Malte	0	0	0	0	0	0
Total UE-27	491,9	443,9	0,6	0,6	36,4	31,7

Continue page suivante

Autres Pays						
Canada	6 679,4	5 420,2	1,1	1,1	547,5	432,3
Corée du Sud	1 485,0	1 409,2	1,4	1,5	980,6	971,9
Japon	743,2	630,4	0,6	0,6	168,0	140,1
États-Unis	428,2	374,1	0,6	0,6	282,7	19,9
Reste du monde*	430,8	375,0	1,0	1,0	7,3	6,0
<i>dont le Royaume-Uni</i>	<i>40,5</i>	<i>25,3</i>	<i>0,5</i>	<i>0,4</i>	<i>16,0</i>	<i>10,1</i>

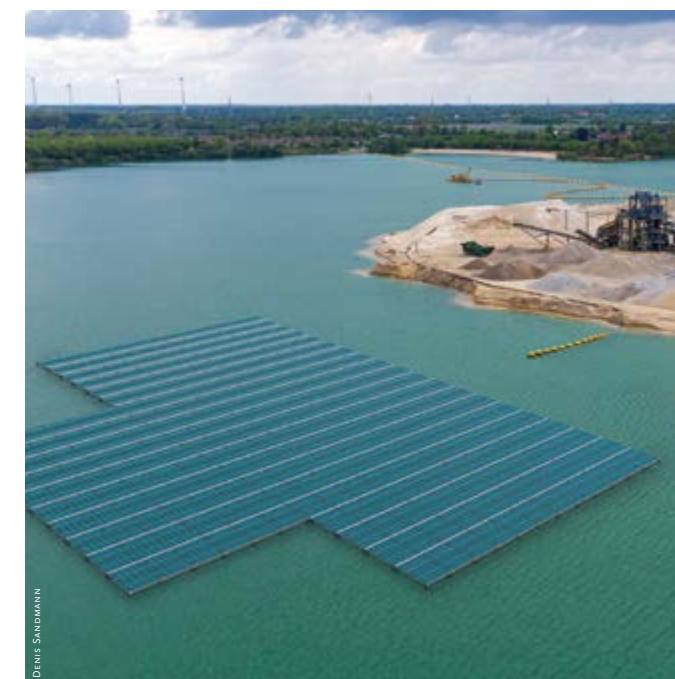
* Royaume-Uni inclus. Remarque: Les valeurs sont potentiellement biaisées par l'intégration des brevets qui sont seuls dans leur famille (singletons). Sources: JRC Setis, Eurostat, base de données WDI

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 le plus grand nombre de brevets par milliard 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, des Pays-Bas, de l'Espagne et de la Pologne (2019). Parmi les pays déposant beaucoup de brevets, la Pologne, les Pays-Bas, l'Allemagne, le Portugal et la France affichent les meilleurs scores en matière de brevets par rapport au PIB au sein de l'Union européenne.

L'Union européenne enregistre un niveau similaire à 2018 pour le nombre de brevets spécialisés, avec les indices de spécialisation les plus élevés au Portugal, en Espagne et en Pologne. En

dehors de l'Union européenne, seule la Corée a affiché une légère augmentation du nombre de dépôts de brevets spécialisés

dans l'énergie solaire entre 2018 et 2019, tandis que les autres pays ont conservé le même niveau de spécialisation. ■



GÉOTHERMIE

	Nombre de familles de brevets		Spécialisation des brevets		Brevets par billion d'euros de PIB	
	2018	2019	2018	2019	2018	2019
UE-27						
Allemagne	5,1	6,8	0,6	0,6	1,5	2,0
Autriche	0,2	2,0	0,4	3,6	0,4	5,0
Finlande	1,1	2,0	3,5	4,9	4,5	8,3
Hongrie	0	2,0	0	57,8	0	13,6
France	0,3	1,1	0,1	0,3	0,1	0,5
Italie	2,5	1,0	4,5	1,3	1,4	0,6
Pologne	6,0	1,0	17,0	2,4	12,0	1,9
Slovaquie	0	1,0	0	47,9	0	10,6
Pays-Bas	1,5	0,6	2,4	0,7	1,9	0,8
Suède	1,2	0,3	2,1	0,5	2,5	0,7
Belgique	0	0	0	0	0	0
Bulgarie	0	0	1,0	1,0	0	0
Chypre	0	0	1,0	1,0	0	0
Tchéquie	0	0	1,0	1,0	0	0
Danemark	1,0	0	1,6	0	3,3	0
Estonie	0	0	1,0	1,0	0	0
Grèce	0	0	1,0	1,0	0	0
Espagne	1,0	0	3,2	0	0,8	0
Croatie	0	0	1,0	1,0	0	0
Irlande	0	0	1,0	1,0	0	0
Lituanie	0	0	1,0	1,0	0	0
Luxembourg	0	0	1,0	1,0	0	0
Lettonie	0	0	1,0	1,0	0	0
Malte	0	0	1,0	1,0	0	0
Portugal	0	0	1,0	1,0	0	0
Roumanie	0	0	1,0	1,0	0	0
Slovénie	0	0	0	0	0	0
Total UE-27	19,8	17,9	1,3	0,9	1,5	1,3

Continue page suivante

Autres Pays						
Canada	83,3	137,7	0,8	1,0	6,8	11,0
Corée du Sud	34,0	41,6	1,9	1,7	22,4	28,7
Japon	11,8	14,1	0,5	0,5	2,7	3,1
États-Unis	9,4	6,5	0,7	0,4	6,2	0,3
Reste du monde*	18,1	14,0	2,5	1,4	0,3	0,2
<i>dont le Royaume-Uni</i>	<i>0,7</i>	<i>1,0</i>	<i>0,5</i>	<i>0,6</i>	<i>0,3</i>	<i>0,4</i>

* Royaume-Uni inclus. Remarque: Les valeurs sont potentiellement biaisées par l'intégration des brevets qui sont seuls dans leur famille (singletons). Sources: JRC Setis, Eurostat, base de données WDI

En ce qui concerne le nombre de brevets déposés, le secteur de la géothermie s'avère beaucoup plus modeste que celui de l'énergie solaire. Parmi les États membres, moins de 20 demandes de brevet ont été déposées en 2018 et en 2019. L'Allemagne, l'Autriche, la Finlande, la Hongrie, la France et l'Italie sont les pays qui déposent le plus de brevets dans l'Union européenne. En dehors de l'UE, la Chine arrive clairement en tête avec 138 brevets déposés en 2019. La Corée et le Japon arrivent ensuite avec un nombre de dépôts de brevets à deux chiffres et la Corée enregistre à elle seule plus de dépôts de brevets que l'ensemble de l'Union européenne. Par ailleurs, la Corée a déposé le plus grand nombre de brevets par rapport à son PIB, devant la Chine et la Hongrie. Les États membres qui suivent au classement en 2019 sont: la Slovaquie, la Finlande et l'Autriche. Parmi les pays déposant beaucoup de brevets, la Slovaquie et la

Hongrie ont affiché un niveau de spécialisation élevé. En dehors de l'Union européenne, les niveaux de spécialisation restent relativement faibles. ■



HYDROÉLECTRICITÉ

	Nombre de familles de brevets		Spécialisation des brevets		Brevets par billion d'euros de PIB	
	2018	2019	2018	2019	2018	2019
UE-27						
Allemagne	6,5	19,1	0,2	0,7	1,9	5,5
France	16,2	8,7	1,8	0,9	6,9	3,6
Pologne	4,5	6,3	3,6	5,8	9,0	11,9
Italie	1,0	1,6	0,5	0,8	0,6	0,9
Roumanie	1,0	1,5	3,8	5,7	4,9	6,7
Grèce	0	1,0	0	22,8	0	5,5
Espagne	0,6	1,0	0,5	0,9	0,5	0,8
Autriche	3,0	0,8	2,1	0,6	7,8	2,1
Suède	3,0	0,7	1,5	0,3	6,4	1,4
Finlande	3,8	0,5	3,6	0,5	16,4	2,1
Pays-Bas	0,5	0,5	0,2	0,2	0,6	0,6
Slovénie	1,6	0,5	23,0	7,0	34,9	10,3
Lituanie	0,5	0,3	22,4	5,8	11,0	5,1
Belgique	1,0	0	1,0	0	2,2	0
Bulgarie	0	0	0	0	0	0
Chypre	0	0	0	0	0	0
Tchéquie	1,5	0	6,9	0	7,1	0
Danemark	0	0	0	0	0	0
Estonie	0	0	0	0	0	0
Croatie	0	0	0	0	0	0
Hongrie	0	0	0	0	0	0
Irlande	1,0	0	2,6	0	3,1	0
Luxembourg	0	0	1,0	1,0	0	0
Lettonie	0	0	1,0	1,0	0	0
Malte	0	0	0	0	0	0
Portugal	0,5	0	5,0	0	2,4	0
Slovaquie	2,3	0	24,8	0	25,0	0
Total UE-27	48,4	42,5	0,9	0,8	3,6	3,0

Continue page suivante

Autres Pays						
Canada	426,1	412,4	1,2	1,2	34,9	32,9
Japon	60,2	51,2	0,7	0,7	13,6	11,4
Corée du Sud	43,5	49,1	0,7	0,8	28,7	33,8
États-Unis	12,8	8,0	0,3	0,2	8,5	0,4
Reste du monde*	35,4	50,3	1,4	1,9	0,6	0,8
<i>dont le Royaume-Uni</i>	<i>2,8</i>	<i>2,7</i>	<i>0,6</i>	<i>0,6</i>	<i>1,1</i>	<i>1,1</i>

* Royaume-Uni inclus. Remarque: La valeur 0 signale qu'il n'y a pas de demande de brevet. Remarque: Les familles de brevets uniques ont été incluses. Sources: JRC Setis, Eurostat, base de données WDI

Le nombre de brevets est plus élevé dans le domaine de l'énergie hydroélectrique que dans la géothermie. De nouveau, c'est la Chine qui domine, loin devant le Japon, la Corée et l'Union européenne. Au sein de l'UE, l'Allemagne et la France arrivent en tête, devant la Pologne et l'Italie (2019). Ces pays, les plus actifs, n'affichent toutefois pas de spécialisation significative.

Si l'on exprime les dépôts de brevets en fonction du PIB, la Chine et la Corée arrivent en tête au niveau mondial, tandis que la Pologne et l'Allemagne dominent au sein de l'Union européenne. ■



BIOCARBURANTS

	Nombre de familles de brevets		Spécialisation des brevets		Brevets par billion d'euros de PIB	
	2018	2019	2018	2019	2018	2019
UE-27						
France	28,6	33,7	1,2	1,7	12,1	13,8
Allemagne	22,8	20,2	0,3	0,3	6,8	5,8
Pays-Bas	16,1	11,1	2,7	2,3	20,8	13,7
Finlande	13,3	9,9	4,7	4,3	56,8	41,3
Danemark	12,8	9,8	2,2	1,8	42,4	31,7
Italie	8,0	7,5	1,6	1,7	4,5	4,2
Pologne	19,0	7,3	5,8	3,2	38,1	13,8
Suède	1,7	5,5	0,3	1,3	3,5	11,5
Espagne	2,2	4,3	0,8	1,8	1,8	3,5
Autriche	2,5	4,2	0,7	1,3	6,5	10,5
Roumanie	2,0	4,0	2,9	7,1	9,7	17,8
Belgique	2,0	2,7	0,7	1,5	4,3	5,6
Portugal	1,0	2,0	3,8	5,1	4,9	9,3
Luxembourg	0	1,0	0	2,8	0	16,0
Lettonie	0,5	1,0	9,8	9,6	17,2	32,6
Hongrie	9,0	0,8	36,4	4,1	66,1	5,5
Tchéquie	2,0	0,4	3,5	0,6	9,5	1,7
Grèce	0	0,4	0	3,9	0	2,0
Bulgarie	0	0	0	0	0	0
Chypre	0	0	1,0	1,0	0	0
Estonie	0	0	0	0	0	0
Croatie	0	0	1,0	1,0	0	0
Irlande	3,2	0	3,3	0	9,9	0
Lituanie	1,0	0	17,2	0	22,0	0
Malte	0	0	1,0	1,0	0	0
Slovénie	1,0	0	5,5	0	21,8	0
Slovaquie	0,5	0	2,1	0	5,6	0
Total UE-27	149,2	125,9	1,0	1,1	11,0	9,0

Continue page suivante

Autres Pays						
Canada	1 001,1	804,7	1,1	1,1	82,1	64,2
Corée du Sud	137,3	122,6	0,8	0,9	90,7	84,5
États-Unis	85,4	72,7	0,7	0,8	56,4	3,9
Japon	148,8	96,2	0,7	0,6	33,6	21,4
Reste du monde*	111,9	93,7	1,7	1,7	1,9	1,5
<i>dont le Royaume-Uni</i>	<i>7,0</i>	<i>11,0</i>	<i>0,6</i>	<i>1,1</i>	<i>2,8</i>	<i>4,4</i>

* Royaume-Uni inclus. Remarque: Les valeurs sont potentiellement biaisées par l'intégration des brevets qui sont seuls dans leur famille (singletons). Sources: JRC Setis, Eurostat, base de données WDI

La Chine a également déposé, de très loin, le plus grand nombre de brevets en 2018 et 2019 dans les biocarburants. L'Union européenne, la Corée et le Japon suivent ensuite. Les États membres qui déposent le plus de brevets sont la France, l'Allemagne, les Pays-Bas et la Finlande. Par rapport à leur PIB respectif, la Corée, la Chine, la Finlande et le Danemark se distinguent des pays avec un nombre important de familles de brevets. Dans le reste du monde, le Japon est le pays qui dépense ensuite le plus en dépôts de brevets par rapport à son PIB en 2019.

La Lettonie s'illustre en affichant le niveau de spécialisation le plus élevé, devant la Roumanie, la Finlande et la Hongrie. En dehors de l'Union européenne, aucun pays n'affiche un indice de spécialisation particulièrement significatif ou remarquable. ■



ÉOLIEN

	Nombre de familles de brevets		Spécialisation des brevets		Brevets par billion d'euros de PIB	
	2018	2019	2018	2019	2018	2019
UE-27						
Danemark	286,4	302,1	25,3	26,1	947,4	975,9
Allemagne	243,5	172,8	1,6	1,3	72,4	49,8
Espagne	29,6	41,3	5,4	7,8	24,6	33,1
France	28,8	24,2	0,7	0,6	12,2	9,9
Pays-Bas	24,2	21,8	2,2	2,1	31,3	26,9
Autriche	12,1	14,6	1,7	2,1	31,3	36,8
Pologne	9,0	12,8	1,4	2,5	18,0	23,9
Italie	5,6	6,7	0,6	0,7	3,2	3,7
Suède	6,9	6,3	0,7	0,7	14,6	13,2
Roumanie	3,3	5,0	2,5	4,1	16,2	22,3
Lettonie	0	2,5	0	11,1	0	81,5
Finlande	3,1	1,9	0,6	0,4	13,3	7,9
Belgique	16,3	1,1	3,1	0,3	35,3	2,3
Chypre	0	1,0	0	6,6	0	43,1
Lituanie	0	0,8	0	4,1	0	17,0
Irlande	0	0,5	0	0,3	0	1,4
Malte	0	0,3	0	3,6	0	23,5
Portugal	0	0,3	0	0,4	0	1,6
Bulgarie	1,0	0	4,1	0	17,8	0
Tchéquie	0	0	0	0	0	0
Estonie	0	0	0	0	0	0
Grèce	0,9	0	4,2	0	4,8	0
Croatie	0	0	1,0	1,0	0	0
Hongrie	0,3	0	0,5	0	1,8	0
Luxembourg	3,0	0	4,5	0	49,9	0
Slovénie	0	0	0	0	0	0
Slovaquie	0	0	0	0	0	0
Total UE-27	673,9	616,1	2,5	2,4	49,8	43,9

Continue page suivante

Autres Pays						
Canada	1863,6	1753,1	1,1	1,1	152,8	139,8
États-Unis	191,3	135,7	0,8	0,7	126,3	7,2
Corée du Sud	127,7	127,1	0,4	0,4	84,3	87,6
Japon	139,4	114,2	0,3	0,3	31,5	25,4
Reste du monde*	116,2	115,4	0,9	0,9	2,0	1,8
<i>dont le Royaume-Uni</i>	<i>30,5</i>	<i>16,2</i>	<i>1,3</i>	<i>0,7</i>	<i>12,1</i>	<i>6,5</i>

* Royaume-Uni inclus. Remarque: Les valeurs sont potentiellement biaisées par l'intégration des brevets qui sont seuls dans leur famille (singletons). Sources: JRC Setis, Eurostat, base de données WDI

Dans l'énergie éolienne, c'est aussi la Chine qui enregistre le plus grand nombre de dépôts de brevets. Elle est suivie par l'Union européenne, les États-Unis, la Corée et le Japon (2019). Au sein de l'Union européenne, le Danemark et l'Allemagne sont les pays les plus actifs, devant l'Espagne, la France et les Pays-Bas. On remarque que l'Union européenne affiche une spécialisation nettement supérieure dans le dépôt de brevets pour la filière éolienne par rapport à la Chine (mais aussi par rapport aux autres technologies renouvelables). Le Danemark illustre tout particulièrement cette tendance. En matière de nombre de brevets par rapport au PIB, le Danemark est le numéro 1 mondial de l'éolien. La Chine, la Corée et l'Allemagne suivent très loin derrière. Dans les pays déposant beaucoup de brevets, l'Espagne est ensuite celui pour qui cette activité est la plus conséquente par rapport à son PIB, devant les Pays-Bas.

L'Union européenne a clairement affiché les indices de spécialisation les plus élevés par rapport au reste du monde, notamment grâce au Danemark. Parmi les pays déposant beaucoup de brevets,

l'Espagne arrive ensuite et affiche un indice de spécialisation relativement élevé (supérieur à celui de l'Allemagne, le numéro 1 des dépôts de brevets pour l'éolien). ■



ÉNERGIE OCÉANIQUE

	Nombre de familles de brevets		Spécialisation des brevets		Brevets par billion d'euros de PIB	
	2018	2019	2018	2019	2018	2019
UE-27						
France	9,3	7,0	1,6	1,2	3,9	2,9
Italie	1,0	3,5	0,8	2,7	0,6	1,9
Suède	3,3	2,3	2,5	1,9	7,1	4,9
Espagne	1,4	2,2	1,9	3,1	1,1	1,8
Portugal	1,5	2,0	22,5	17,4	7,3	9,3
Allemagne	3,7	1,3	0,2	0,1	1,1	0,4
Pays-Bas	1,5	1,0	1,0	0,7	1,9	1,2
Pologne	0	1,0	0	1,5	0	1,9
Roumanie	0,5	1,0	2,8	6,0	2,4	4,5
Finlande	1,0	0,5	1,4	0,7	4,3	2,1
Irlande	0	0,5	0	2,0	0	1,4
Slovénie	0	0,5	0	11,1	0	10,3
Autriche	0	0	0	0	0	0
Belgique	0	0	0	0	0	0
Bulgarie	0	0	0	0	0	0
Chypre	0	0	1,0	1,0	0	0
Tchéquie	0	0	1,0	1,0	0	0
Danemark	1,0	0	0,7	0	3,3	0
Estonie	0	0	1,0	1,0	0	0
Grèce	0	0	1,0	1,0	0	0
Croatie	0	0	0	0	0	0
Hongrie	0	0	1,0	1,0	0	0
Lituanie	0	0	1,0	1,0	0	0
Luxembourg	0	0	0	0	0	0
Lettonie	0	0	1,0	1,0	0	0
Malte	0	0	0	0	0	0
Slovaquie	0	0	0	0	0	0
Total UE-27	24,2	22,8	0,7	0,7	1,8	1,6

Continue page suivante

Autres Pays						
Canada	276,3	285,3	1,2	1,3	22,7	22,8
Corée du Sud	39,7	18,4	0,9	0,4	26,2	12,7
États-Unis	31,2	17,1	1,0	0,6	20,6	0,9
Japon	16,2	11,0	0,3	0,2	3,7	2,4
Reste du monde*	26,1	32,2	1,5	1,9	0,4	0,5
<i>dont le Royaume-Uni</i>	<i>4,0</i>	<i>11,6</i>	<i>1,3</i>	<i>3,9</i>	<i>1,6</i>	<i>4,6</i>

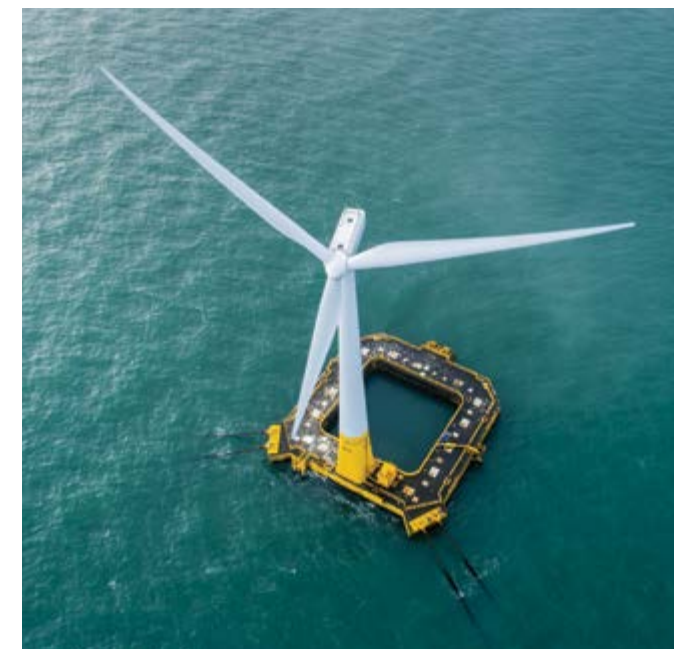
* Royaume-Uni inclus. Remarque: Les valeurs sont potentiellement biaisées par l'intégration des brevets qui sont seuls dans leur famille (singletons). Sources: JRC Setis, Eurostat, base de données WDI

L'énergie océanique reste un secteur très modeste en termes de dépôts de brevets. Mais ici encore, la Chine s'illustre en dominant la filière. Elle est suivie par l'Union européenne, la Corée et les États-Unis qui distancent le Japon. Au sein de l'Union européenne, la France est particulièrement active, devant l'Italie, la Suède et l'Espagne (2019). La Chine et la Corée arrivent en tête en matière de dépôts de brevets par rapport au PIB. Parmi les États membres, ce sont la Slovénie et le Portugal qui déposent le plus dans les dépôts de brevets par rapport à leur PIB, devant la Suède. En dehors de l'Union européenne, le Royaume-Uni arrive troisième pour le nombre de dépôts de brevets par billion de PIB.

Le Portugal affiche aussi l'indice de spécialisation le plus élevé dans cette filière, devant la Slovénie et la Roumanie. La France, le pays déposant le plus de brevets,

affiche un indice de spécialisation relativement bas au sein de l'Union européenne. Le Royaume-Uni affiche un indice de spéciali-

sation élevé, supérieur à celui de la France, malgré un nombre relativement faible de brevets déposés. ■



TOTAL DES TECHNOLOGIES RENOUVELABLES

	Nombre de familles de brevets		Brevets par billion d'euros de PIB	
	2018	2019	2018	2019
UE-27				
Allemagne	468,75	378,23	139	109
Danemark	306,89	317,55	1 015	1 026
France	191,01	170,38	81	70
Espagne	68,42	82,78	57	66
Pays-Bas	74,89	74,63	97	92
Pologne	65,90	56,42	132	106
Italie	50,83	46,54	29	26
Autriche	29,94	34,75	78	87
Suède	31,30	22,94	67	48
Finlande	27,98	20,46	120	85
Roumanie	15,50	16,00	75	71
Portugal	4,00	12,83	19	60
Belgique	29,05	11,28	63	24
Lettonie	1,50	3,50	51	114
Hongrie	10,75	3,30	79	23
Chypre	n.a.	3,00	n.a.	129
Tchéquie	5,70	2,38	27	11
Irlande	6,56	2,36	20	7
Slovaquie	4,75	2,33	53	25
Grèce	2,19	2,28	12	12
Lituanie	2,92	1,50	64	31
Luxembourg	4,50	1,50	75	24
Slovénie	2,60	1,27	57	26
Croatie	n.a.	0,50	n.a.	9
Malte	n.a.	0,33	n.a.	24
Bulgarie	1,50	n.a.	27	n.a.
Estonie	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Total UE-27	1 407,45	1 269,05	104	91

Continue page suivante

Autres Pays				
Canada	10 329,83	8 813,40	847	703
Corée du Sud	1 867,14	1 767,96	n.a.	n.a.
Japon	1 119,71	917,02	253	204
États-Unis	758,23	614,15	501	33
Reste du monde*	738,56	680,50	13	11
<i>dont le Royaume-Uni</i>	<i>85,56</i>	<i>67,77</i>	<i>34</i>	<i>27</i>

* Royaume-Uni inclus. Remarque: Les valeurs sont potentiellement biaisées par l'intégration des brevets qui sont seuls dans leur famille (singletons). Sources: JRC Setis, Eurostat, base de données WDI

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 2019, 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. ■



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), lorsqu'on inclut les dépôts de brevets ne couvrant que le marché intérieur (singletons). 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 enre-

gistre 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.

Note 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.

$$RCA_i = 100 \cdot \text{tanhyp} \left(\log \frac{E_{ij} / \sum_k E_{ik}}{\sum_l E_{lj} / \sum_l \sum_k E_{lk}} \right)$$



La part des exportations d'une technologie renouvelable d'un pays i est mesurée par les exportations de cette technologie, par rapport à l'ensemble des exportations du pays i . Cette part est ensuite comparée à la part des exportations de cette même technologie au niveau mondial (somme de tous les autres pays). La part des filières renouvelables montre, quant à elle, la part des exportations des technologies renouvelables par rapport à toutes les exportations. Par conséquent, pour ce pays, l'ACR représente la part des exportations d'une technologie (l'éolien par exemple) par rapport à la part mondiale des exportations de cette même technologie. Si la part du pays i est plus importante que la part mondiale, alors on peut dire que le pays i est spécialisé dans ce domaine. La fonction « tanhyp-log » ne modifie pas cette interprétation générale, mais symétrise cet indicateur en le normalisant dans un intervalle compris entre -100 et +100, contrairement à l'indice ATR (avantage technologique révélé). D'autre part, l'ACR fait référence à tous les groupes de produits commercialisés tandis que l'ATR, employé pour le dépôt de brevets, concerne les technologies énergétiques.

L'ACR doit être interprété par rapport au reste du portefeuille du pays et à la part mondiale. Par exemple, si le pays n'a qu'une part minimale (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 2019 et 2020. 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)¹.

1. 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 « 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.

TOTAL DES TECHNOLOGIES RENEUVELABLES

Échanges commerciaux de l'UE-27 (incluant les échanges intra-UE), 2020

	Importations (en millions €)	Exportations (en millions €)	Exportations nettes (en millions €)	Part des exportations mondiales de technologies énergétiques renouvelables	Spécialisation des exporta- tions (ACR)
Danemark	423	1891	1469	2,8%	57
Allemagne	3749	4664	915	6,9%	-7
Hongrie	273	434	162	0,6%	-4
Slovaquie	48	76	29	0,1%	-58
France	1243	1252	9	1,9%	-19
Bulgarie	73	76	3	0,1%	-22
Slovénie	114	114	0	0,2%	-12
Malte	5	0	-5	0,0%	-97
Luxembourg	50	43	-7	0,1%	-10
Lettonie	27	5	-21	0,0%	-78
Chypre	22	0	-21	0,0%	-94
Estonie	111	50	-61	0,1%	-13
Lituanie	110	45	-65	0,1%	-43
Irlande	85	18	-67	0,0%	-92
Autriche	384	309	-75	0,5%	-31
Tchéquie	226	138	-88	0,2%	-63
Pays-Bas	3538	3437	-100	5,1%	19
Croatie	159	45	-113	0,1%	-17
Finlande	128	10	-119	0,0%	-89
Portugal	386	229	-157	0,3%	-3
Italie	658	470	-188	0,7%	-55
Roumanie	250	7	-243	0,0%	-92
Espagne	1266	996	-270	1,5%	-10
Belgique	845	522	-324	0,8%	-34
Suède	570	212	-357	0,3%	-43
Grèce	491	36	-455	0,1%	-53
Pologne	1034	211	-823	0,3%	-59
Total UE-27	16 266	15 292,65717	-973	23 %	-13

Échanges commerciaux de l'UE-27 (incluant les échanges intra-UE), 2020

	Importations (en millions €)	Exportations (en millions €)	Exportations nettes (en millions €)	Part des exportations mondiales de technologies énergétiques renouvelables	Spécialisation des exporta- tions (ACR)
Chine	6 379	22 228	15 849	32,9%	32
Suisse	360	194	(166)	0,3%	-67
Brésil	1 435	1 257	(179)	1,9%	18
Japon	3 364	3 111	(253)	4,6%	9
Norvège	334	4	(330)	0,0%	-96
Russie	461	112	(349)	0,2%	-79
Canada	1 098	365	(733)	0,5%	-56
Royaume-Uni	1 147	285	(862)	0,4%	-63
Turquie	1 125	164	(961)	0,2%	-55
Inde	1 618	420	(1 198)	0,6%	-39
États-Unis	23 507	20 027	(3 481)	29,6%	-1
Reste du monde	10 305	4 179	(6 125)	6,2%	-13

En 2020, les plus grands importateurs d'équipements liés au photovoltaïque, à l'éolien, aux biocarburants et à l'hydroélectricité de l'UE étaient l'Allemagne (3 749 millions d'euros), les Pays-Bas (3 538 millions d'euros) et l'Espagne (1 266 millions d'euros). L'Allemagne et les Pays-Bas étaient aussi les deux principaux exportateurs de technologies renouvelables en 2020 avec des montants respectifs de 4 664 et 3 437 millions d'euros. Parmi les partenaires commerciaux, la Chine arrive en tête de très loin avec 6 379 millions d'euros d'importation et 22 228 millions d'euros d'exportation en 2020.

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 Slovaquie, la France, la Bulgarie et la Slovénie. Ces pays ayant exporté plus de technologies renouvelables qu'ils n'en ont importé en 2020, leur balance commerciale est excédentaire. Tous les autres pays de cette étude présentent des balances com-

merciales déficitaires. Les pays affichant le solde le plus négatif sont les États-Unis, l'Inde, la Turquie, le Royaume-Uni, 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 2020 avec 33%. L'Union européenne arrive ensuite avec une part de 23% des exportations en 2020. Les principaux pays exportateurs après la Chine sont l'Allemagne, les États-Unis, le Pays-Bas, le Japon et le Danemark. Les pays affichant les parts les plus modestes sont Malte, Chypre, la

Échanges commerciaux de l'UE-27 (incluant les échanges intra-UE), 2021

	Importations (en millions €)	Exportations (en millions €)	Exportations nettes (en millions €)	Part des exportations mondiales de technologies énergétiques renouvelables	Spécialisation des exporta- tions (ACR)
Danemark	465	1688	1223	2,2 %	51
Allemagne	4300	5080	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	1560	1305	(255)	1,7 %	-21
Roumanie	295	6	(289)	0,0 %	-94
Suède	711	211	(500)	0,3 %	-48
Espagne	1682	922	(761)	1,2 %	-19
Italie	1274	464	(810)	0,6 %	-59
Pays-Bas	4659	3645	(1014)	4,6 %	16
Pologne	1420	229	(1190)	0,3 %	-61
Grèce	1378	170	(1208)	0,2 %	-30
Total UE-27	21166	16132	(5034)	21 %	-16

Échanges des principaux partenaires commerciaux de l'UE avec le reste du monde, 2021

	Importations (en millions €)	Exportations (en millions €)	Exportations nettes (en millions €)	Part des exportations mondiales de technologies énergétiques renouvelables	Spécialisation des exporta- tions (ACR)
Chine	8265	29744	21479	37,9 %	37
Japon	3215	3233	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	1385	355	(1030)	0,5 %	-61
Brésil	2787	1058	(1729)	1,3 %	1
Royaume-Uni	2644	360	(2284)	0,5 %	-59
Inde	3797	475	(3322)	0,6 %	-45
États-Unis	8641	4543	(4098)	5,8 %	-15
Reste du monde	26614	22130	(4484)	28,2 %	-1

Lettonie, la Finlande, la Roumanie, l'Irlande et la Norvège.

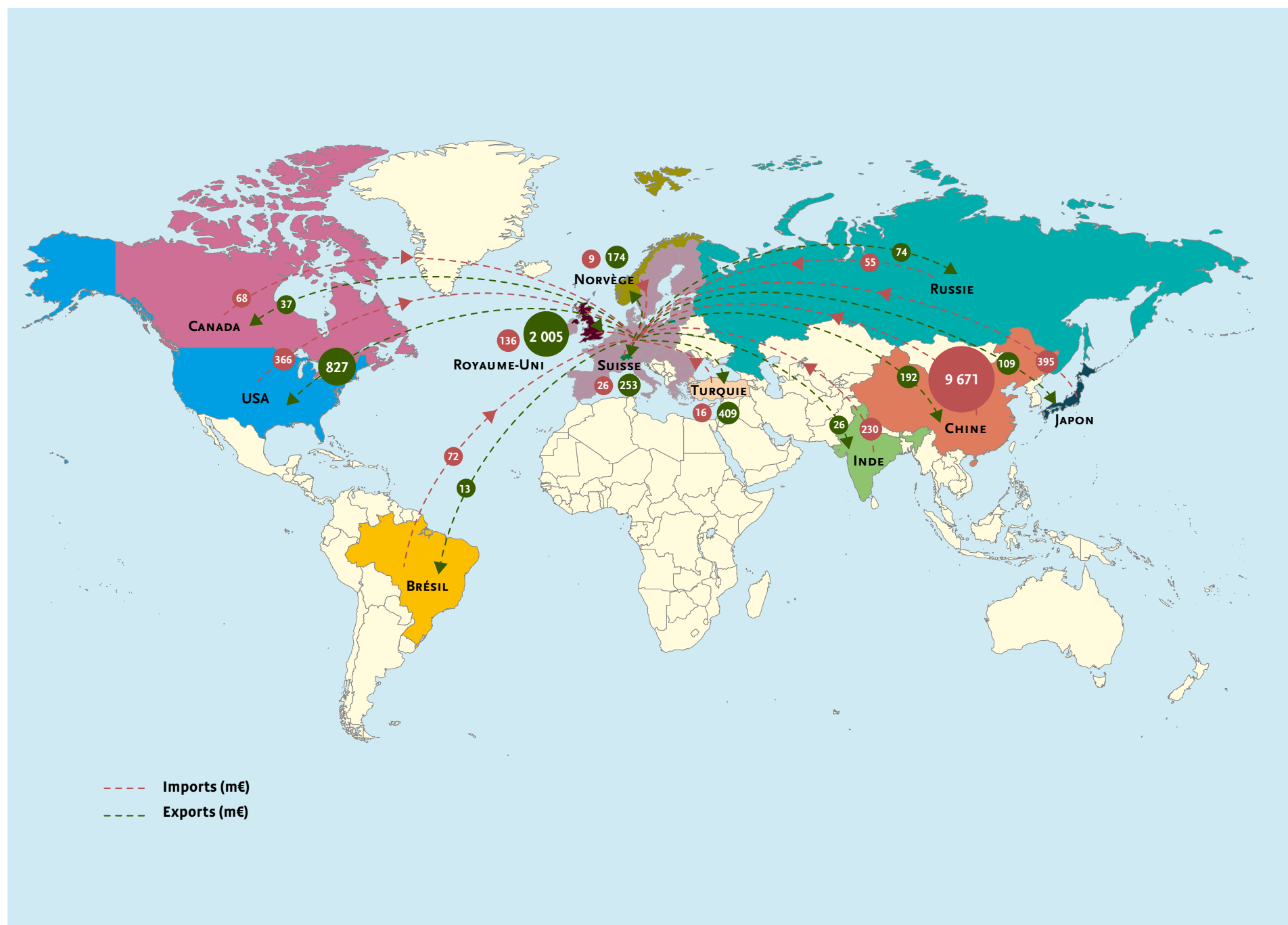
Dans une dernière étape, nous allons examiner la spécialisation des exportations (ACR). Ici, le Danemark arrive en tête, ce qui montre que les biens liés aux technologies renouvelables ont un poids important dans son portefeuille d'exportation. On observe également des valeurs de spécialisation positives 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 2020.

L'importation et l'exportation totales de technologies renou-

velables ont toutes les deux progressé dans l'Union européenne en 2021 par rapport à 2020. Les importations ont plus progressé que les exportations, ce qui a significativement accru le déficit de la balance commerciale dans les filières renouvelables en 2021 pour l'Union européenne. Les augmentations relatives les plus importantes des importations peuvent être observées aux Pays-Bas (1122 millions d'euros), en Grèce (887 millions d'euros) et en Italie (616 millions d'euros). Les importations de la Belgique sont celles qui ont le plus reculé dans l'Union européenne (285 millions d'euros). Quelques pays affichent également une grande augmentation relative de leurs importations, notamment l'Allemagne, l'Espagne,

la Pologne et la France. D'autre part, les exportations ont progressé significativement en Allemagne (416 millions d'euros) et plus modestement aux Pays-Bas (208 millions d'euros) et en Grèce (134 millions d'euros). Une forte augmentation relative des exportations a été observée en Hongrie, au Portugal, en Belgique et en République tchèque, même si les volumes exportés par ces États membres ne dépassent pas les 100 millions d'euros. Les exportations nettes ont considérablement décliné aux Pays-Bas en raison d'une baisse des exportations de technologies éoliennes. La Belgique affiche une balance commerciale excédentaire en 2021, alors qu'elle était déficitaire en 2020.

Échanges des principaux partenaires commerciaux de l'UE avec le reste du monde, 2021



En observant les principaux partenaires commerciaux, on remarque une forte augmentation des importations en Inde (2 180 millions d'euros) et en Chine (1 886 millions d'euros) en 2021 par rapport à 2020. Un recul important des importations est observé aux États-Unis (1 663 millions d'euros), en Turquie (166 millions d'euros), au Japon (148 millions d'euros) et en Norvège (71 millions d'euros). Concernant les exportations, les plus gros changements ont été observés en Chine (7 517 millions d'euros d'augmentation) et plus modestement aux États-Unis (364 millions d'euros d'augmentation) et au Japon (122 millions d'euros de baisse). Les balances commerciales suivent ces tendances, l'Inde affichant la plus grosse augmentation de son solde déficitaire. Le déficit de la balance commerciale s'est aussi accru au Brésil en 2021 par rapport à 2020. La balance commerciale des États-Unis, de la Turquie, de la Norvège et de la Russie est toujours déficitaire, mais leur situation s'est améliorée entre 2020 et 2021.

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%. Pour l'ensemble de l'Union européenne, la part des exportations a baissé, passant de 23% en 2020 à près de 21% en 2021.

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 de plus de 3 000 milliards d'euros en 2021 par rapport à 2020. En 2021, la balance commerciale des technologies renouvelables de l'Union européenne est également déficitaire avec le Japon, l'Inde, le Brésil et le Canada. Celle-ci est à l'inverse très excédentaire avec les États-Unis, le Royaume-Uni, la Turquie, la Suisse et la Norvège. La balance commerciale avec la Russie a considérablement baissé, d'environ 100 millions d'euros, entre 2020 et 2021, mais reste positive. ■



E.ON Energy Research Center

ÉNERGIE ÉOLIENNE

Échanges commerciaux de l'UE-27 (incluant les échanges intra-UE), 2020

	Importations (en millions €)	Exportations (en millions €)	Exportations nettes (en millions €)	Part des exportations mondiales de technologies énergétiques renouvelables	Spécialisation des exporta- tions (ACR)
Allemagne	77	2 116	2 039	30 %	51
Danemark	170	1 851	1 681	26,3 %	92
Pays-Bas	449	972	524	13,8 %	56
Espagne	113	582	469	8,3 %	57
Estonie	0	13	13	0,2 %	26
Portugal	6	12	6	0,2 %	-31
Tchéquie	0	1	1	0,0 %	-96
Lettonie	0	0	0	0,0 %	-92
Hongrie	0	0	0	0,0 %	-99
Slovaquie	0	0	0	0,0 %	-100
Autriche	1	1	0	0,0 %	-97
Malte	0	0	0	0,0 %	-97
Slovénie	0	-	(0)	0,0 %	0
Chypre	0	-	(0)	0,0 %	0
Luxembourg	0	-	(0)	0,0 %	0
Roumanie	2	1	(0)	0,0 %	-87
Bulgarie	1	0	(1)	0,0 %	-100
Lituanie	6	5	(1)	0,1 %	-39
Irlande	21	0	(20)	0,0 %	-99
Italie	23	1	(22)	0,0 %	-98
Finlande	27	0	(27)	0,0 %	-100
Croatie	107	0	(107)	0,0 %	-99
France	124	2	(122)	0,0 %	-97
Suède	182	7	(175)	0,1 %	-75
Grèce	194	18	(176)	0,3 %	10
Pologne	195	7	(188)	0,1 %	-83
Belgique	308	2	(306)	0,0 %	-95
Total UE-27	2 004	5 591	3 587	80,0 %	39

Échanges commerciaux de l'UE-27 (incluant les échanges intra-UE), 2020

	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	972	969	13,8 %	-4
Inde	1	171	170	2,43 %	17
Brésil	8	172	163	2,44 %	29
Japon	92	91	-1	1,3 %	-43
Suisse	7	0	-7	0,0 %	-100
Russie	146	0	-146	0,0 %	-100
Canada	206	1	-204	0,0 %	-97
Norvège	246	0	-246	0,0 %	-100
États-Unis	418	20	-398	0,3 %	-90
Royaume-Uni	445	1	-444	0,0 %	-98
Turquie	606	4	-602	0,1 %	-86
Reste du monde	2 685	5	-3 062	0,1 %	-99

Dans l'éolien, l'Allemagne (30 %) et le Danemark (26 %) sont les principaux acteurs en termes d'exportations. Ils sont suivis des Pays-Bas, qui présentent aussi des taux d'exportation élevés (près de 14 %). L'Espagne est un autre acteur de poids qui représente 8 % des exportations globales. Ces quatre pays sont à l'origine de près de 80 % des exportations mondiales liées aux technologies éoliennes. La part des exportations chinoises a augmenté de 7,5 % en 2017 à 13,8 % en 2020, ce qui montre le rôle de plus en plus important de la Chine dans les exportations mondiales de technologies éoliennes. Le Brésil suit à bonne distance avec

2,4 % 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, aux Pays-Bas et en Espagne. Concernant la spécialisation des exportations (ACR), le Danemark est le plus spécialisé dans le commerce des produits liés à la technologie éolienne. L'Allemagne, l'Espagne et les Pays-Bas sont aussi très spécialisés dans l'exportation de cette technologie. La spécialisation des exportations chinoises de technologie éolienne a progressé de -52 en 2017 à -4 en

2020 et illustre une nouvelle fois le changement rapide de position de la Chine dans le commerce mondial de produits liés à l'éolien.

Échanges commerciaux de l'UE-27 (incluant les échanges intra-UE), 2021

	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	2080	1994	34,3 %	57
Danemark	165	1644	1479	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 %	0
Luxembourg	0	-	0	0,0 %	0
Malte	0	-	0	0,0 %	0
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, 2021

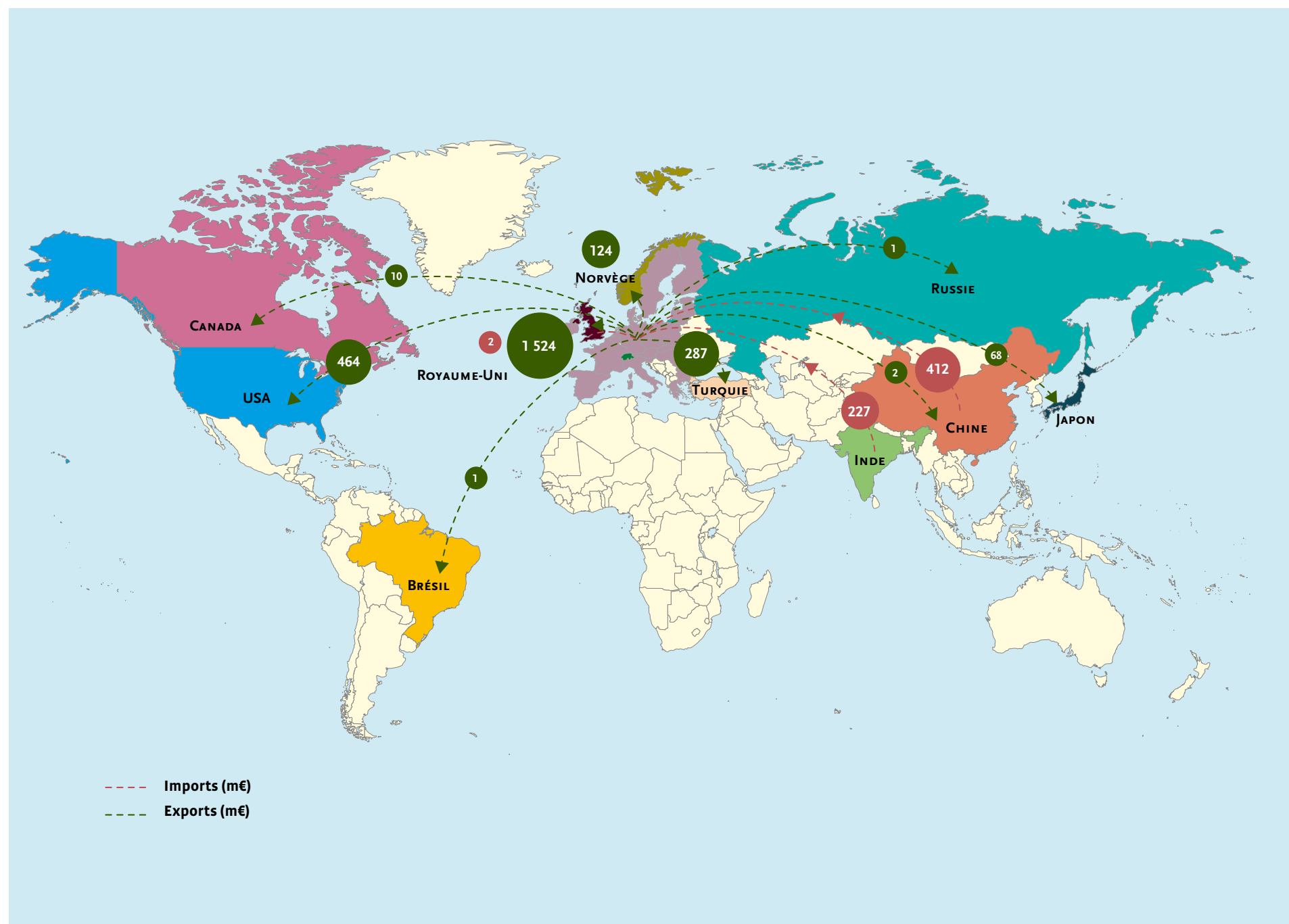
	Importations (en millions €)	Exportations (en millions €)	Exportations nettes (en millions €)	Part des exportations mondiales de technologies énergétiques renouvelables	Spécialisation des exporta- tions (ACR)
Chine	4	1 215	1 212	20,0 %	11
Inde	1	247	246	4,1 %	33
Suisse	0	0	0	0,0 %	-100
Canada	62	1	-61	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

En 2021, l'Allemagne (34 %) et le Danemark (27 %) restent des acteurs majeurs en matière de parts d'exportation, malgré une baisse des exportations depuis le Danemark par rapport à 2020. Les exportations des Pays-Bas ont significativement baissé (d'environ 400 millions d'euros) pour une part des exportations inférieure à 1 %. L'Espagne a maintenu une part de 8 %. Au total, les exportations nettes de l'Union européenne ont baissé en 2021. Même avec la baisse des exportations depuis le Danemark, plus de 70 % des exportations mondiales de technologies éoliennes proviennent de l'Union européenne. Les exportations chinoises ont progressé de 20 % en 2021, accentuant ainsi l'avan-

cée du pays en matière d'exportations mondiales de technologies éoliennes. Les exportations des États-Unis, du Brésil et du Japon ont significativement ralenti en 2021, tandis que celles de l'Inde et du Royaume-Uni ont progressé et représentent une part modeste des exportations mondiales. En 2021, ni l'Allemagne ni le Danemark n'ont atteint 2 milliards d'euros de balance commerciale excédentaire. La Chine arrive ensuite avec 1,2 milliard d'exportations nettes. Les exportations nettes positives des Pays-Bas sont devenues négatives, tandis que l'Espagne les a maintenues au-dessus de 400 millions d'euros en 2021. Le Danemark reste l'exportateur le plus spécialisé dans l'éolien, suivi

de l'Allemagne et de l'Espagne. La spécialisation de la Chine dans l'exportation de technologie éolienne est devenue positive (11) en 2021. Toujours en 2021, nous avons observé un ACR positif pour l'éolien au Brésil et en Inde.

Échanges des principaux partenaires commerciaux de l'UE avec le reste du monde, 2021



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 Russie et le Brésil ont significativement baissé, autour de 1 million d'euros.

L'UE était un importateur net de la Chine et de l'Inde en 2021 et les importations nettes ont respectivement augmenté d'environ 150 millions d'euros et 100 millions d'euros par rapport à 2020. ■

PHOTOVOLTAÏQUE

Échanges commerciaux de l'UE-27 (incluant les échanges intra-UE), 2020

	Importations (en millions €)	Exportations (en millions €)	Exportations nettes (en millions €)	Part des exportations mondiales de technologies énergétiques renouvelables	Spécialisation des exporta- tions (ACR)
Croatie	38	41	3	0,1 %	-9
Luxembourg	46	42	-4	0,1 %	2
Malte	4	0	-4	0,0 %	-98
Lettonie	5	1	-4	0,0 %	-96
Irlande	26	17	-9	0,0 %	-91
Slovénie	100	88	-11	0,2 %	-10
Chypre	18	0	-18	0,0 %	-92
Slovaquie	38	15	-22	0,0 %	-84
Italie	412	371	-41	0,7 %	-54
Lituanie	60	12	-48	0,0 %	-73
Finlande	56	7	-49	0,0 %	-90
Bulgarie	55	6	-50	0,0 %	-85
Tchéquie	148	72	-76	0,1 %	-72
Estonie	79	3	-76	0,0 %	-83
Danemark	110	29	-81	0,1 %	-78
Suède	133	36	-97	0,1 %	-81
Roumanie	127	4	-123	0,0 %	-94
Portugal	344	211	-133	0,4 %	6
France	768	615	-153	1,2 %	-36
Autriche	296	104	-192	0,2 %	-58
Grèce	218	17	-201	0,0 %	-66
Hongrie	256	44	-211	0,1 %	-72
Belgique	380	140	-240	0,3 %	-67
Allemagne	2733	2124	-610	4,2 %	-28
Pologne	674	33	-640	0,1 %	-88
Pays-Bas	2069	1304	-765	2,6 %	-10
Espagne	1015	167	-848	0,3 %	-63
Total UE-27	10 210	5 505	-4 705	11 %	-42

Échanges commerciaux de l'UE-27 (incluant les échanges intra-UE), 2020

	Importations (en millions €)	Exportations (en millions €)	Exportations nettes (en millions €)	Part des exportations mondiales de technologies énergétiques renouvelables	Spécialisation des exporta- tions (ACR)
Chine	6 343	20 869	14 526	40,9 %	40
Japon	2 790	3 014	224	5,9 %	19
Norvège	27	2	-26	0,0 %	-98
Suisse	231	147	-84	0,3 %	-67
Canada	358	201	-157	0,4 %	-64
Turquie	315	146	-168	0,3 %	-49
Royaume-Uni	315	142	-173	0,3 %	-73
Russie	246	50	-196	0,1 %	-86
Brésil	1 024	2	-1 022	0,0 %	-99
Inde	1 343	100	-1 243	0,2 %	-73
États-Unis	9 165	2 004	-7 161	3,9 %	-32
Reste du monde	18 630	18 842	243	36,9 %	9

En matière de technologie photovoltaïque, la Chine reste leader avec près de 41% des exportations mondiales. Le Japon (6%), l'Allemagne (4%) et les États-Unis (4%) arrivent ensuite à bonne distance. Au total, l'Union européenne représente 11% des exportations en 2020. Le pourcentage est également très élevé pour la catégorie « Reste du monde » (37% en 2019), 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. En 2019, la balance commerciale

de la Croatie et du Japon était également excédentaire. 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, concernant 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 le Portugal possèdent un ACR positif.

Échanges commerciaux de l'UE-27 (incluant les échanges intra-UE), 2021

	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	3 376	2 593	-783	4,1 %	-26
Pologne	1 125	62	-1 063	0,1 %	-83
Pays-Bas	3 375	2 250	-1 125	3,6 %	5
Espagne	1 511	141	-1 370	0,2 %	-72
Total UE-27	15 231	7 189	-8 042	11 %	-39

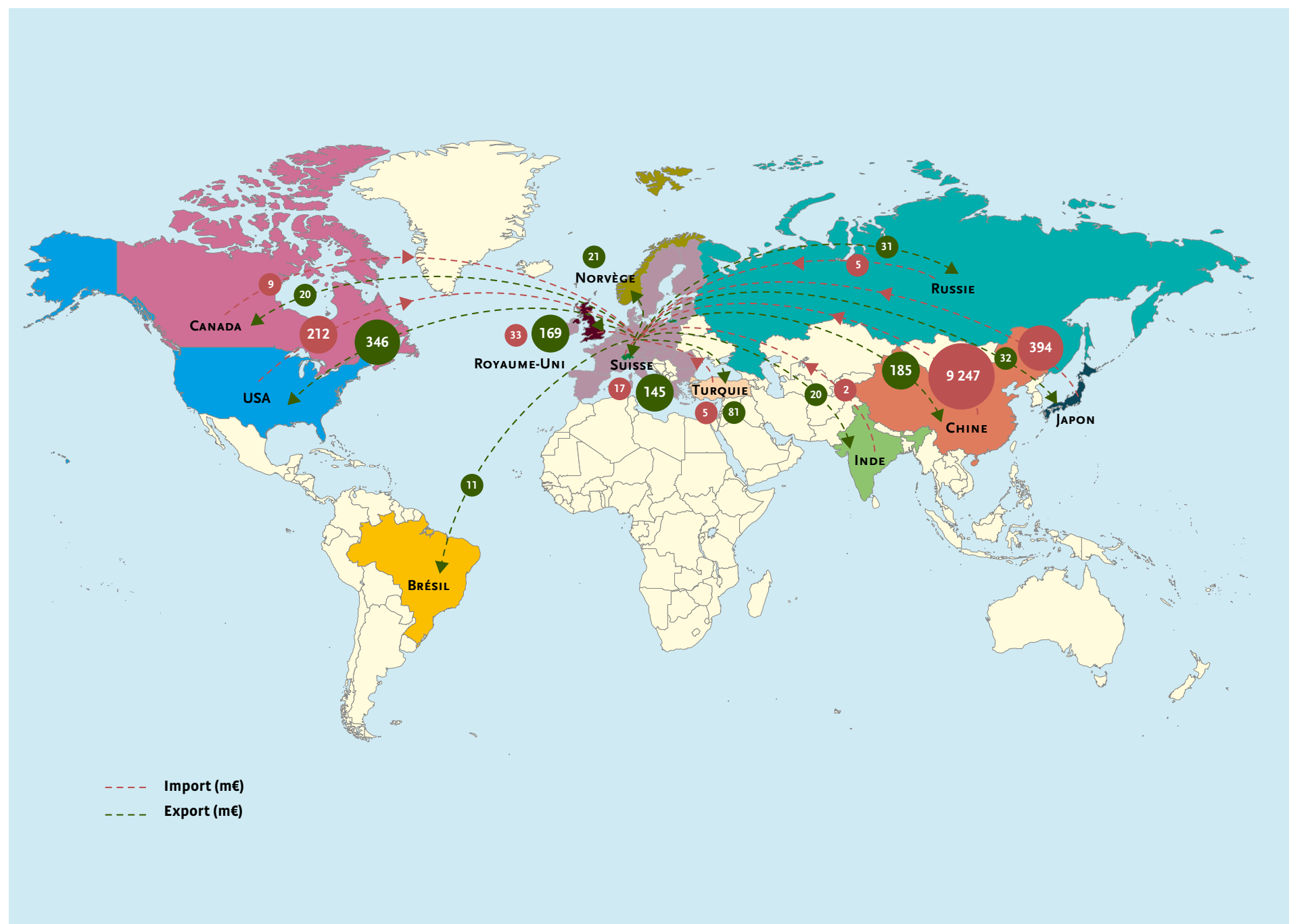
Échanges des principaux partenaires commerciaux de l'UE avec le reste du monde, 2021

	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

La Chine confirme de nouveau sa position de leader en 2021 en enregistrant 45 % des exportations mondiales de technologie photovoltaïque. Une fois encore, le Japon (5 %), l'Allemagne (4 %) et les Pays-Bas (4 %) arrivent ensuite. L'Union européenne a maintenu une part de 11 % des exportations en 2021. La Chine affiche toujours un pourcentage positif significatif en matière d'exportations nettes de technologie photovoltaïque. Le Japon est le seul autre pays avec une balance commerciale excédentaire. Dans l'UE, tous les pays de cette étude présentent des balances commerciales déficitaires. Les importations nettes des États-Unis ont baissé de plus de 1 milliard d'euros. Les importations

nettes ont significativement augmenté dans l'Union européenne et dans de nombreux pays, comme le Brésil et l'Inde. La Chine reste le pays le plus spécialisé dans les produits photovoltaïques, suivie par le Japon. Le Portugal conserve son ACR positif, tandis que celui des Pays-Bas est monté à 5.

Échanges des principaux partenaires commerciaux de l'UE avec le reste du monde, 2021



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 3 212 millions d'euros depuis 2020. L'UE possède également une balance commerciale déficitaire avec le Japon 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 les États-Unis, le Royaume-Uni, la Suisse et la Turquie. ■

BIOCARBURANTS

Échanges commerciaux de l'UE-27 (incluant les échanges intra-UE), 2020

	Importations (en millions €)	Exportations (en millions €)	Exportations nettes (en millions €)	Part des exportations mondiales de technologies énergétiques renouvelables	Spécialisation des exporta- tions (ACR)
Hongrie	17	388	372	4,4%	66
France	332	605	274	6,9%	36
Belgique	157	379	223	4,3%	37
Pays-Bas	1020	1158	138	13,2%	54
Espagne	134	231	97	2,6%	15
Slovaquie	10	61	51	0,7%	13
Autriche	51	99	48	1,1%	7
Bulgarie	15	61	45	0,7%	51
Estonie	32	34	2	0,4%	53
Malte	0	0	0	0,0%	-95
Luxembourg	3	0	-3	0,0%	-97
Pologne	166	163	-3	1,9%	9
Chypre	3	-	-3	0,0%	0
Slovénie	8	2	-6	0,0%	-80
Lettonie	15	5	-11	0,1%	-22
Croatie	13	2	-11	0,0%	-55
Lituanie	43	27	-16	0,3%	20
Portugal	31	3	-27	0,0%	-75
Irlande	37	1	-37	0,0%	-97
Finlande	43	-	-43	0,0%	0
Tchéquie	72	24	-48	0,3%	-55
Grèce	77	1	-76	0,0%	-91
Suède	248	166	-81	1,9%	31
Roumanie	117	1	-116	0,0%	-95
Danemark	143	11	-132	0,1%	-60
Italie	216	48	-168	0,5%	-62
Allemagne	927	363	-564	4,1%	-29
Total UE-27	3929	3833	-96	4,4%	15

Échanges commerciaux de l'UE-27 (incluant les échanges intra-UE), 2020

	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	683	2 121	1 438	24,1%	43
Brésil	401	1 043	642	11,8%	75
Chine	31	220	189	2,5%	-66
Russie	1	55	54	0,6%	-46
Norvège	35	-	-35	0,0%	0
Suisse	106	6	-100	0,1%	-89
Inde	269	95	-174	1,1%	-18
Turquie	182	5	-177	0,1%	-86
Royaume-Uni	376	134	-242	1,5%	-18
Canada	513	150	-364	1,7%	-13
Japon	468	1	-467	0,0%	-99
Reste du monde	1 787	1 143	-645	13,0%	-35

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 2020 et 2021, environ 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 Japon, au Canada 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, de l'Estonie et de la Bulgarie.

Échanges commerciaux de l'UE-27 (incluant les échanges intra-UE), 2021

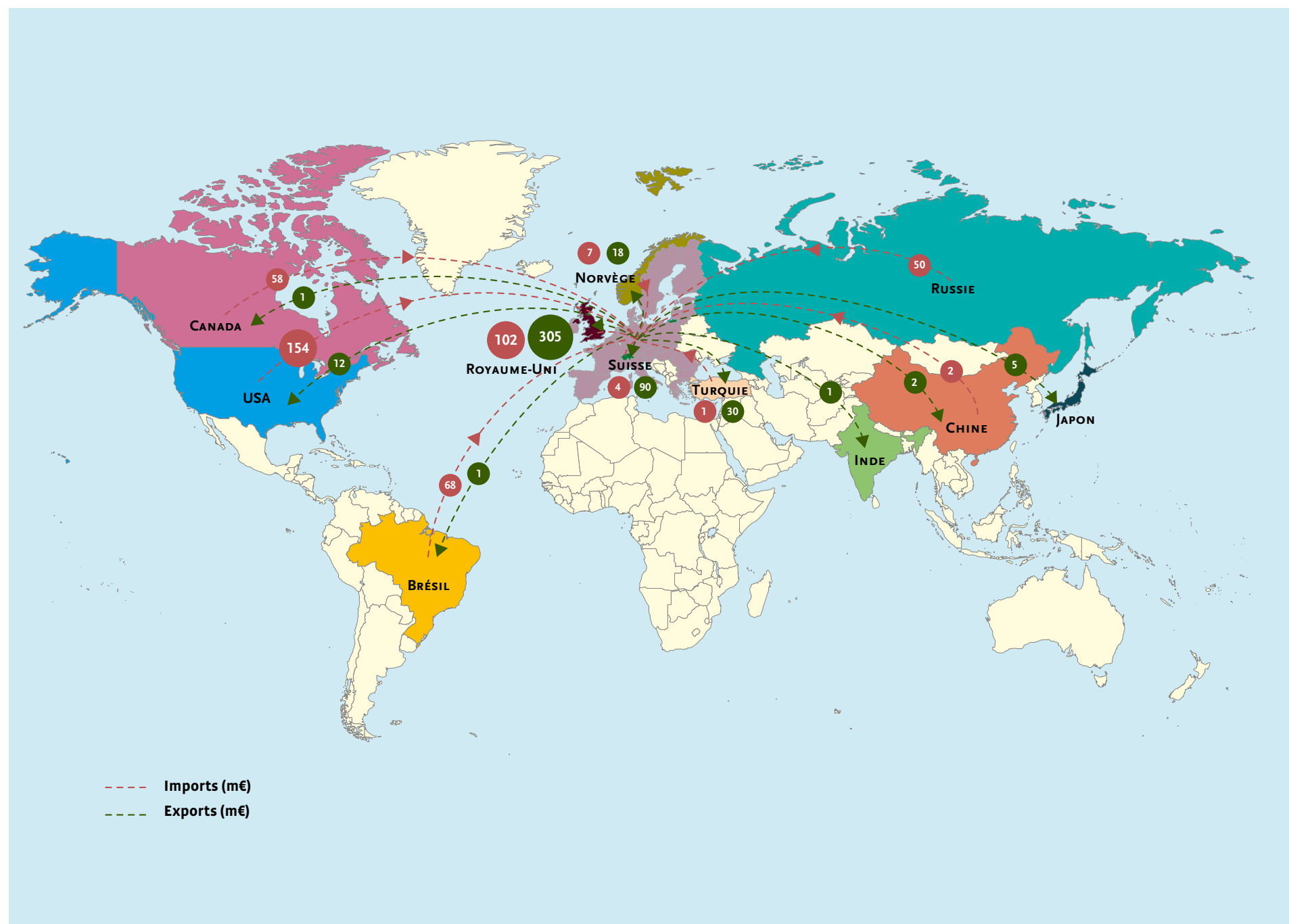
	Importations (en millions €)	Exportations (en millions €)	Exportations nettes (en millions €)	Part des exportations mondiales de technologies énergétiques renouvelables	Spécialisation des exporta- tions (ACR)
Hongrie	14	462	448	5,1%	71
Belgique	166	441	275	4,8%	41
Espagne	107	256	149	2,8%	19
Pays-Bas	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	-	-50	0,0%	0
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	4 318	4 190	-128	4,6%	19

Échanges des principaux partenaires commerciaux de l'UE avec le reste du monde, 2021

	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	2 421	2 043	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	1 739	1 181	-558	13,0%	-34

En 2021, les importations et exportations de biocarburants ont toutes deux progressé dans l'Union européenne, mais les importations nettes ont augmenté jusqu'à 128 millions d'euros. La part des exportations mondiales est passée de 44 % en 2020, à 46 % en 2021. Les États-Unis, les Pays-Bas et le Brésil restent les plus gros exportateurs de biocarburants. Les exportations nettes du Brésil sont passées à 700 millions d'euros, contre environ 650 millions d'euros en 2020. Le Brésil reste le pays le plus spécialisé dans le commerce des biocarburants.

Échanges des principaux partenaires commerciaux de l'UE avec le reste du monde, 2021



En 2021, 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 commerciaux de l'UE-27 (incluant les échanges intra-UE), 2020

	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	106	70	11,9%	82
Allemagne	12	61	50	6,9%	-2
Italie	7	50	43	5,6%	33
Tchéquie	6	41	35	4,6%	58
Slovénie	6	24	18	2,7%	82
Espagne	4	16	12	1,8%	6
France	19	30	11	3,3%	12
Bulgarie	2	10	8	1,1%	68
Pologne	0	8	8	0,9%	-17
Pays-Bas	0	2	2	0,3%	-77
Croatie	0	2	2	0,2%	39
Hongrie	0	2	1	0,2%	-50
Danemark	0	0	0	0,1%	-77
Belgique	0	0	0	0,1%	-89
Estonie	0	-	0	0,0%	0
Malte	0	0	0	0,0%	-100
Lituanie	1	1	0	0,1%	-43
Chypre	0	-	0	0,0%	0
Slovaquie	0	0	0	0,0%	-98
Finlande	3	3	0	0,3%	-1
Irlande	0	0	0	0,0%	-100
Luxembourg	1	0	0	0,0%	-40
Portugal	5	2	-2	0,3%	-6
Grèce	3	0	-3	0,0%	-90
Suède	7	3	-3	0,4%	-31
Roumanie	5	1	-4	0,1%	-50
Lettonie	6	0	-6	0,0%	-97
Total UE-27	124	364	241	4,1%	18

Échanges commerciaux de l'UE-27 (incluant les échanges intra-UE), 2020

	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	166	164	18,6%	14
Inde	5	54	50	6,1%	56
Brésil	2	40	38	4,5%	55
Suisse	16	41	25	4,6%	42
Royaume-Uni	11	7	-3	0,8%	-37
États-Unis	39	34	-5	3,8%	-28
Canada	20	13	-8	1,4%	-15
Japon	13	4	-8	0,5%	-68
Turquie	23	9	-13	1,1%	8
Norvège	25	2	-22	0,3%	-19
Russie	68	8	-61	0,8%	-30
Reste du monde	405	37	-368	4,2%	-66

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 (12%), en Allemagne (7%), en Italie (6%), en République tchèque (5%), en France (3%) et en Slovaquie (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 (19%) pour un pays seul. Elle est suivie par l'Inde et le Brésil, avec respectivement 6,1% et 4,5%. Les balances commerciales les plus excédentaires au sein de l'Union

européenne sont enregistrées par l'Autriche, l'Allemagne, l'Italie, la République tchèque, la Slovaquie, l'Espagne et la France. Toutefois, c'est la Chine qui présente la valeur la plus élevée à l'échelle mondiale. Les États-Unis ont une balance commerciale déficitaire. Les valeurs de spécialisation révèlent une situation assez favorable pour l'Europe, où huit États membres présentent un ACR positif. L'Autriche et la Slovaquie sont les pays les plus spécialisés dans l'exportation de produits liés à l'hydroélectricité. La Chine aussi présente un ACR positif, mais sa spécialisation est plus marquée dans le photovoltaïque que dans l'hydroélectricité.

Échanges commerciaux de l'UE-27 (incluant les échanges intra-UE), 2021

	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
Tchéquie	4	44	39	4,8 %	62
Italie	16	51	35	5,7 %	35
Slovénie	8	34	27	3,8 %	87
Espagne	6	25	18	2,7 %	24
France	15	27	12	3,0 %	12
Bulgarie	2	5	4	0,6 %	50
Pays-Bas	1	4	3	0,4 %	-68
Hongrie	0	3	3	0,4 %	-19
Pologne	1	3	3	0,4 %	-47
Croatie	0	2	1	0,2 %	37
Danemark	0	0	0	0,1 %	-75
Lituanie	0	0	0	0,0 %	-66
Estonie	0	-	0	0,0 %	0
Malte	0	-	0	0,0 %	0
Chypre	0	-	0	0,0 %	0
Roumanie	1	1	0	0,1 %	-52
Belgique	1	0	0	0,0 %	-95
Irlande	0	0	0	0,0 %	-97
Slovaquie	1	0	-1	0,0 %	-95
Portugal	4	3	-2	0,3 %	-1
Finlande	4	2	-2	0,2 %	-26
Luxembourg	2	0	-2	0,0 %	-78
Lettonie	3	-	-3	0,0 %	0
Suède	6	2	-4	0,2 %	-49
Grèce	7	0	-6	0,0 %	-74
Total UE-27	127	366	239	40 %	20

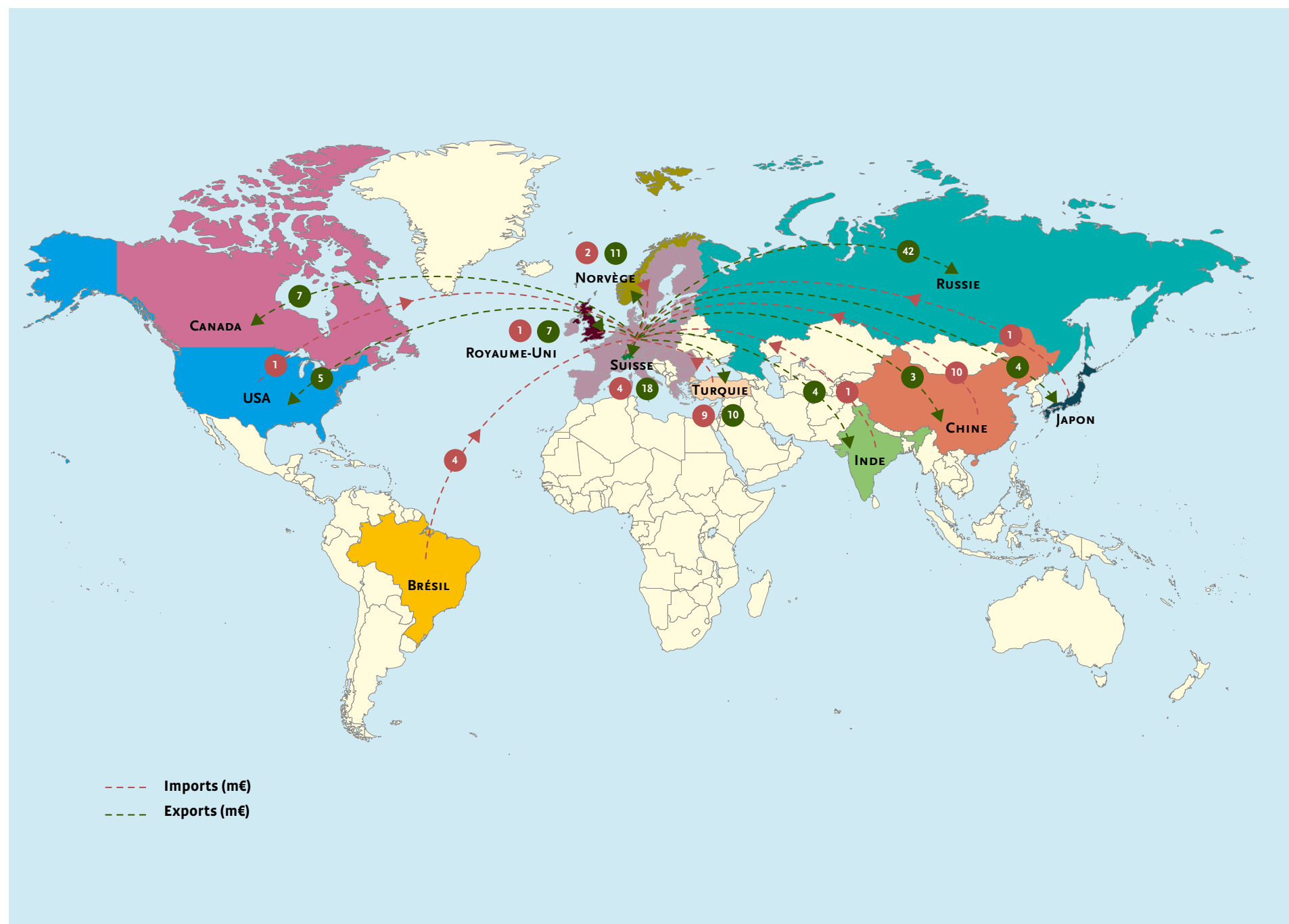
Échanges des principaux partenaires commerciaux de l'UE avec le reste du monde, 2021

	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

En 2021, les exportations nettes de produits liés à l'hydroélectricité dans l'Union européenne ont légèrement ralenti par rapport à 2020. La part des exportations de l'UE a été ramenée à 40 % des exportations totales. La plus forte baisse a été observée en Autriche. La Chine a également vu ses exportations diminuer, tout comme sa part dans les exportations mondiales. À l'inverse, le Brésil et la Russie ont exporté plus et leur part dans les exportations mondiales a augmenté. Le Brésil affiche en particulier une part des exportations relativement élevée, qui dépasse même celle de la Suisse. 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 : l'Autriche et l'Espagne. La Suisse est passée à un ACR positif en 2021, alors qu'il était négatif en 2020.

Échanges des principaux partenaires commerciaux de l'UE avec le reste du monde, 2021



La figure illustre le fait que les flux commerciaux de l'hydroélectricité sont minimes par rapport à ceux du photovoltaïque, de l'éolien et des biocarburants. L'UE possède une balance commerciale excédentaire avec la plupart de ses principaux partenaires commerciaux. Les plus gros excédents sont observés dans les échanges avec la Russie, la Norvège, la Suisse et le Royaume-Uni. La Chine 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 (11 %) par rapport à celle de la Chine (45%).

Dans l'éolien, les principaux concurrents sont l'Allemagne et le Danemark, mais aussi l'Espagne, qui jouent un rôle majeur sur les marchés à l'exportation, au niveau mondial. Ces trois pays totalisent plus de 80 % des exportations mondiales. Le rôle de la Chine dans les exportations de technologie éolienne a continuellement pris de l'ampleur ces dernières années, avec une part des exportations mondiales qui a atteint 20 % en

2012 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 46 % des exportations mondiales. Les États-Unis et le Brésil représentent 36 % 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 et la France sont les plus gros exportateurs. Ils sont suivis par la Hongrie, la Belgique et l'Allemagne. Cette dernière importe toutefois beaucoup plus de biocarburants qu'elle n'en exporte et possède donc une balance commerciale déficitaire. La balance commerciale des quatre autres pays de l'UE est excédentaire.

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 reste plutôt constante ces dernières années, juste au-dessus de 40 %.

Globalement, l'Union européenne jouit d'une forte compétitivité dans tous les secteurs des énergies renouvelables, et semble au moins se maintenir à un niveau élevé en 2021. 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. ■



SOURCES

ORGANISATIONS EUROPÉENNES ET INTERNATIONALES, PRESSE

- Bioenergy Europe (<https://bioenergyeurope.org>)
- BNEF – Bloomberg New Energy Finance (<https://about.bnef.com>)
- 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)
- Ehoa – 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/web/energy/database/additional-data>)
- 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 Renewable Energy Action Plans (NREAPs) Transparency Platform on Renewable Energy (www.ec.europa.eu/energy/en/topics/renewable-energy)
- 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 (mec.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)
- FEE – French Wind Energy Association (www.fee.asso.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, aérolaques 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 (<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/>)
- Romanian Wind Energy Association (www.rwea.ro)

SLOVAQUIE

- Ministry of Economy of the Slovak Republic (www.economy.gov.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/)

TCHÉQUIE

- MPO – Ministry of Industry and Trade – RES Statistics (www.mpo.cz)
- ERU – Energy Regulatory Office (www.eru.cz)
- Czech Wind Energy Association (www.csve.cz/en)

RÉFÉRENCES POUR LES INDICATEURS D'INVESTISSEMENT

- Bloomberg Energy Transition Investment Trends 2022 <https://about.bnef.com/>
- IEA Photovoltaic Power Systems Programme <https://iea-pvps.org/>
- WindEurope Financing and investment trends 2021 <https://windeurope.org/intelligence-platform/product/financing-and-investment-trends-2021/#interactive-data>
- German Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action (BMWK) AGEE-Stat https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Navigation/DE/Service/Erneuerbare_Energien_in_Zahlen/Zeitreihen/zeitreihen.html

RÉFÉRENCES POUR LES INDICATEURS SOCIO-ÉCONOMIQUES

- ECN 2017: Renewable energy employment effects in the EU and the Member States. Methodology report. <https://www.eurobserv-er.org/pdf/renewable-energy-employment-effects-methodology-report-2018/>
- Egec 2022: Geothermal market report 2021

RÉFÉRENCES POUR LES COÛTS DES ÉNERGIES RENOUVELABLES ET LES PRIX DES ÉNERGIES

- JRC 2018 - Tsiropoulos I, Tarvydas, D, Zucker, A, 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
- Irena 2021 - Irena (2021), Renewable Power Generation Costs in 2020, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- RVO 2022 - Netherlands Enterprise Agency (RVO), Stimulation of sustainable energy production and climate transition (SDE++) <https://english.rvo.nl/subsidies-programmes/sde>
- PBL 2021 - Eindadvies basisbedragen SDE++ 2021, PBL, 2021, <https://www.pbl.nl/publicaties/eindadvies-basisbedragen-sde-plus-plus-2021>
- Elbersen (2016) - Elbersen, B., Staritsky, I., Hengeveld, G., Jeurissen, L., Lesschen, J.P., Panoutsou C. (2016). Outlook of spatial biomass value chains in EU28. Deliverable 2.3 of the Biomass Policies project.
- Irena, Renewable Power Generation Costs in 2021 (July 2022), <https://www.irena.org/Publications/2022/Jul/Renewable-Power-Generation-Costs-in-2021>
- IEA, Renewables 2021, Analysis and forecast to 2026, <https://www.iea.org/reports/renewables-2021/renewable-electricity>
- ECB 2021 - Euro area statistics by the European Central Bank. Bank lending rates over small and large loans.
- KPMG 2021 - Corporate Tax Rates Table.
- Berec 2021 - Body of European Regulators for Electronic Communications (BEREC), 2020. BEREC Report on WACC parameter calculations according to the European Commission's WACC Notice of 7th November 2019. European Commission. Risk free rates for all EU-27 countries based on S&P country credit ratings.
- Invest-NL 2020 - Financing offshore wind; A study commissioned by Invest-NL. August 2020.

RÉFÉRENCES POUR LES INDICATEURS DE CONSOMMATION COMBUSTIBLES FOSSILES ÉVITÉE ET ÉMISSIONS DE GES ÉVITÉES

- European Commission, Weekly Oil Bulletin, <https://ec.europa.eu/energy/en/data-analysis/weekly-oil-bulletin>
- Nasdaq Data Link, Coal prices, https://data.nasdaq.com/data/BP/COAL_PRICES-coal-prices
- European Commission, DG ENER, internal market dimension, wholesale gas prices, <https://ec.europa.eu/energy/en/data-analysis/energy-union-indicators/database>
- Eurostat, <http://ec.europa.eu/eurostat>
- Renewable energy in Europe 2022, Recent growth and knock-on effects, European Environment Agency (EEA), web report – <https://www.eea.europa.eu/themes/energy/renewable-energy/renewable-energy-in-europe-2022>
- Renewable energy in Europe 2021, Recent growth and knock-on effects, European Environment Agency (EEA), web report – Dashboard – Renewable energy in Europe 2021 — European Environment Agency (europa.eu)

RÉFÉRENCES POUR LES INDICATEURS SUR L'INNOVATION ET LA COMPÉTITIVITÉ

- Joint Research Centre (JRC) based on data from the European Patent Office (EPO)*
- * Patent data based on PATSTAT database 2021 spring version (JRC update: May 2021). The methodology behind the indicators is provided in Fiorini et al. (2017), Pasimeni et al. (2019), Pasimeni (2019), and Pasimeni et al. (2021)
- Balassa, B. (1965): Trade Liberalisation and Revealed Comparative Advantage, The Manchester School of Economics and Social Sciences, 33, 99-123.
- Cooperative Patent Classification (CPC), joint partnership between United States Patent and Trademark Office (USPTO) and European Patent Office (EPO), CPC Scheme and Definitions, <http://www.cooperativepatentclassification.org/cpcSchemeAndDefinitions/table.html>
- Dosi, G./Soete, L. (1983): Technology Gaps and Cost-Based Adjustment: Some Explorations on the Determinants of International Competitiveness, *Metroeconomica*, 35, 197-222.
- Dosi, G./Soete, L. (1991): Technical Change and International Trade. In: Dosi, G./Freeman, C./Nelson, R./Silverberg, G./Soete, L. (eds.): *Technical Change and Economic Theory*. London: Pinter Publishers, 401-431.
- EPO and USPTO. Cooperative Patent Classification (CPC), European Patent Office & United States Trademark and Patent Office. Available from <http://www.cooperativepatentclassification.org/index.html>
- Fiorini, A., Georgakaki, A., Pasimeni, F. and Tzimas, E. (2017). Monitoring R&I in Low-Carbon Energy Technologies. EUR 28446 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg. ISBN 978-92-79-65591-3, <https://doi.org/10.2760/434051>
- IEA. International Energy Agency RD&D Online Data Service. Available from: <https://www.iea.org/data-and-statistics>
- Krugman, P. (1979): A Model of Innovation, Technology Transfer, and the World Distribution of Income, *Journal of Political Economy*, 87, 253-266.
- Mountraki, A., Georgakaki, A., Shtjefni, D., Ince, E. and Charleston, G., RandI data for SETIS and the State of the Energy Union Report, European Commission, 2022, JRC130405. <http://data.europa.eu/89h/jrc-10115-10001>
- Pasimeni, F., Fiorini, A., and Georgakaki, A. (2019). Assessing private R&D spending in Europe for climate change mitigation technologies via patent data. *World Patent Information*, 59, 101927. <https://doi.org/10.1016/j.wpi.2019.101927>

- Pasimeni, F. (2019). SQL query to increase data accuracy and completeness in Patstat. *World Patent Information*, 57, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.wpi.2019.02.001>
- Pasimeni, F., Fiorini, A., and Georgakaki, A. (2021). International landscape of the inventive activity on climate change mitigation technologies. A patent analysis. *Energy Strategy Reviews*, 36, 100677. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2021.100677>
- Patent data based on PATSTAT database 2021 spring version (JRC update: May 2021). <https://www.epo.org/searching-for-patents/business/patstat.html>
- Posner, M.V. (1961): International Trade and Technical Change, *Oxford Economic Papers*, 13, 323-341.
- Vernon, R. (1966): International Investment and International Trade in the Product Cycle, *Quarterly Journal of Economics*, 80, 190-207.

LES BAROMÈTRES EUROBSERV'ER EN LIGNE

Les baromètres d'EurObserv'ER sont téléchargeables au format PDF sur :

www.eurobserv-er.org





RENSEIGNEMENTS

Pour de plus amples renseignements sur les baromètres d'EurObserv'ER, veuillez contacter :

Diane Lescot, 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 2023

Éolien	>> Mars 2023
Photovoltaïque	>> Avril 2023
Solaire thermique	>> Juin 2023
Biogaz	>> Octobre 2023
Énergies renouvelables dans les transports	>> Novembre 2023
Biomasse solide	>> Décembre 2023



Directeur de la publication : Vincent Jacques le Seigneur

Rédacteur en chef adjoint : Diane Lescot

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 : Freepik

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

