



ÉTAT DES ÉNERGIES RENOUVELABLES EN EUROPE

ÉDITION **2021**
20^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

2021

ÉDITION
20^e bilan EurObserv'ER



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

5

Indicateurs énergétiques

6

■ L'éolien	8
■ Le photovoltaïque	14
■ Le solaire thermique	20
■ L'hydroélectricité	28
■ La géothermie	34
■ Les pompes à chaleur	40
■ Le biogaz	46
■ Les déchets municipaux renouvelables	56
■ La biomasse solide	62
■ Le solaire thermodynamique	70
■ Les énergies marines	76
■ Les énergies renouvelables dans les transports	84
• Conclusion	96
■ Intégration des énergies renouvelables dans le parc de bâtiments et l'infrastructure urbaine	110
■ Focus : parts de marché par technologie des capacités de production d'énergie installées en 2020	118
■ Focus : capacités de stockage de l'électricité	120

Indicateurs socio-économiques

132

■ L'éolien	134
■ Le photovoltaïque	136
■ Le solaire thermique	138
■ L'hydroélectricité	140
■ La géothermie	142
■ Les pompes à chaleur	144
■ Le biogaz	146
■ Les biocarburants	148
■ Les déchets municipaux renouvelables	150
■ La biomasse solide	152
• Conclusion	156
■ Le développement des énergies renouvelables et son influence sur le secteur des combustibles fossiles	170

Coûts, prix et compétitivité des énergies renouvelables

171

■ Comparaison des coûts d'investissement à l'international	174
■ Éolien terrestre	175
■ Éolien offshore	176
■ Solaire photovoltaïque	177
■ Solaire photovoltaïque résidentiel	178
■ Systèmes commerciaux	179
■ Bioénergie	180
■ Données sur les coûts d'investissement en Europe	182
■ Coût moyen pondéré du capital (CMPC)	184
■ Coût actualisé des énergies renouvelables	192
■ Prix de l'énergie	196

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

200

Indicateurs d'innovation et de compétitivité

213

■ Investissements dans la R&D	214
• Investissements publics en R&D	
■ L'éolien	216
■ Le photovoltaïque	217
■ L'hydroélectricité	218
■ La géothermie	219
■ Les biocarburants	220
■ Les énergies marines	221
■ Total des technologies renouvelables	222
• Investissements privés dans la R&D	
■ L'éolien	224
■ Le photovoltaïque	225
■ L'hydroélectricité	226
■ La géothermie	227
■ Les biocarburants	228
■ Les énergies marines	229
■ Total des technologies renouvelables	230
• Conclusion	232
■ Dépôts de brevets	234
■ L'éolien	236
■ Le photovoltaïque	238
■ L'hydroélectricité	240
■ La géothermie	242
■ Les biocarburants	244
■ Les énergies marines	246
■ Total des technologies renouvelables	248
• Conclusion	250
■ Commerce international	252
■ Total des technologies renouvelables	254
■ L'éolien	260
■ Le photovoltaïque	266
■ Les biocarburants	272
■ L'hydroélectricité	278
• Conclusion	284

SOURCES & RÉFÉRENCES

286

VINGT

Vincent Jacques le Seigneur, président d'Observ'ER

Vingt pour une vingtième édition, l'âge de la maturité du baromètre EurObserv'ER réalisé pour le compte de la Commission européenne et qui mesure, année après année, les progrès consentis par les États membres afin d'assurer le développement des énergies renouvelables. Vingt pour 2020 comme une année charnière, une échéance que le Conseil européen sous présidence française s'était fixée, en décembre 2008, dans le cadre d'un paquet législatif "énergie-climat", voté à l'unanimité alors que certains voyaient dans ce mode de scrutin son échec assuré. Vingt enfin comme un simple pourcentage mais un objectif ambitieux à atteindre dans les trois dimensions de la transition énergétique : la part des renouvelables dans le mix énergétique, la croissance de l'efficacité énergétique et l'effort de réduction des gaz à effet de serre, le fameux 3 x 20.

Le résultat est là sans conteste possible : la part des énergies renouvelables représente bien 22,1 % de la consommation brute d'énergie finale en 2020. Et c'est la conclusion principale de ce nouveau baromètre réalisé par un consortium d'acteurs européens sous l'égide d'Observ'ER. Un succès qui permet de conforter celles et ceux qui avaient eu cette audace, faisant taire par là même les éternels détracteurs du pari européen. Car c'est bien l'objectif contraignant pour chacun, le jeu collectif, l'émulation entre États membres, des perspectives de moyen terme encourageantes pour les investisseurs comme pour les entreprises qui ont permis de gagner ce pari fou.

Ce nouveau baromètre EurObserv'ER permet de mesurer, secteur par secteur, pays par pays, la progression des énergies renouvelables dont la part aura plus que doublé entre 2004 et 2020. Cette performance s'explique par une consommation d'énergie renouvelable en légère hausse dans le secteur des transports poussé par l'objectif de 10 % d'énergie renouvelable, la part renouvelable de la consommation totale d'énergie pour le chauffage et le refroidissement (23,1 % en 2020), mais surtout par une forte croissance de la production d'électricité renouvelable. En effet, 38 % de la production brute d'électricité totale de l'Union européenne ont été produits à partir de sources renouvelables en 2020 avec des contributions variables : si l'éolien et l'hydraulique représentent l'essentiel de la production d'électricité renouvelable, le photovoltaïque est le secteur qui croît le plus rapidement. Cette diversité des sources d'électricité renouvelable est un atout car leur foisonnement permet de compenser leur variabilité, avec l'éolien puissant les mois d'hiver et au petit matin tandis que le solaire s'impose en milieu de journée et les mois d'été et, in fine, l'hydraulique qui, étant pilotable, permet de décaler en fin de journée la production des turbines quand les besoins en électricité sont les plus importants. L'objectif actuel de la nouvelle directive sur les énergies renouvelables est de porter leur part à 32 % d'ici 2030, soit une part de 57 % de renouvelables dans le mix électrique. Ce qui n'est pas suffisant compte tenu de l'urgence climatique. C'est pourquoi la Commission européenne a conçu un

nouveau paquet législatif, "Fit for 55",¹ afin de porter à 40 % cet objectif. Le pari peut sembler fou puisqu'il s'agit de doubler à nouveau la part des énergies renouvelable en une décennie. Mais il y a urgence et nous avons des atouts : une opinion publique acquise, des dirigeants qui pour beaucoup ont fait leur aggiornamento dans ce domaine et une industrie européenne pleinement mature, avec des technologies très compétitives.

La réussite incontestable de l'année 2020 n'était donc qu'un point d'étape dans la stratégie de l'Union européenne d'être le premier continent à atteindre la neutralité climatique dès 2050. Mais c'est déjà une source d'espoir pour la vieille Europe, qui démontre ainsi sa capacité à agir et à transformer le monde, dans ce domaine comme, peut-être, dans d'autres demain. ■

¹. Un ensemble de 12 propositions législatives publié par la Commission européenne le 14 juillet 2021, qui vise une réduction des émissions de gaz à effet de serre de 55 % au moins en 2030 par rapport à 1990.

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 2021 pour les filières solaire thermique, solaire thermodynamique, pompe à chaleur, 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 2019 et 2020.

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. Cela concerne l'éolien, le solaire photovoltaïque, l'hydraulique, l'énergie géothermique, les énergies marines, 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 25 janvier 2022 (balances énergétiques complètes), et ceux propres aux indicateurs de la directive énergie renouvelable fournis par l'outil Shares (Short Assessment of Renewable Energy Sources) d'Eurostat, avec la version mise à jour le 1^{er} février 2022. Ce rapprochement concerne les indicateurs de production d'énergie primaire, de consommation intérieure brute, de puissance électrique maximale nette, 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.

Dans le cas d'indicateurs de marché ne faisant pas l'objet d'un suivi par Eurostat, comme les données de marchés pour les différents types de pompe à chaleur (nombre d'unités vendues) ou les différents types de capteurs solaires thermiques (en mètres carrés installés), la source des indicateurs utilisée reste celle d'EurObserv'ER. Concernant les filières énergies marines et solaire thermique à concentration, des indicateurs spécifiques incluant les projets pilotes et prototypes sont également présentés par EurObserv'ER afin de mieux mesurer le dynamisme et l'activité des filières.

Les indicateurs énergétiques présentés ayant comme source Eurostat sont ceux définis dans la notice méthodologique du "Questionnaire annuel renouvelable" commun à Eurostat et à l'Agence internationale de l'énergie disponible à l'aide du lien suivant : <https://ec.europa.eu/eurostat/fr/web/energy/methodology/annual>.

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. Le Royaume-Uni, qui a officiellement quitté l'Union européenne depuis le 1^{er} février 2020, n'est plus représenté dans les indicateurs énergétiques de l'Union européenne.



ÉOLIEN

UNE PUISSANCE ÉOLIENNE NETTE DE 177 GW DANS L'UE EN 2020

En 2020, 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 9,8 GW (9 822,1 MW) entre 2019 et 2020, portant la puissance éolienne nette totale des pays de l'Union européenne à 177 GW (176 984,2 MW). Cette puissance nette supplémentaire, qui prend en compte les puissances mises hors service durant l'année 2020, est un peu plus faible que celle de 2019, avec 10 GW (9 995,4 MW) supplémentaires. Cette croissance aurait pu être positive sans les retards de mise en service des nouvelles fermes éoliennes due à la pandémie de Covid-19, qui a perturbé les chaînes d'approvisionnement.

Selon Eurostat, exactement le quart de la puissance nette supplémentaire de l'UE à 27 mesurée entre 2019 et 2020 correspond à de l'éolien maritime, et donc 75 % correspond à de l'éolien terrestre. C'est davantage qu'en 2019, où

l'éolien maritime représentait 15,3 % de la puissance nette supplémentaire. En prenant en compte la totalité de la puissance installée de l'Union européenne à 27, les données Eurostat indiquent une part de l'éolien maritime à 8,2 % en 2020 (7,2 % en 2019), soit une puissance nette de 14,5 GW (14 497,1 MW).

Durant l'année 2020, les Pays-Bas ont été le pays le plus actif sur le plan de la puissance supplémentaire (+ 2 134,6 MW) liée à la connexion de nouveaux parcs maritimes. L'Allemagne arrive en seconde position, avec 1 446 MW supplémentaires en 2020 (+ 2 021 MW en 2019), soit sa plus faible augmentation depuis 2010. La Suède, où l'installation de plusieurs centaines de MW a dû être reportée en 2021, complète le podium avec 1 295 MW supplémentaires en 2020 (+ 1 381 MW en 2019). L'Espagne échoue à la quatrième place avec 1 229,1 GW supplémentaires, une performance très en deçà de 2019 (+ 2 185 MW supplémentaires). Tandis que la France dépasse à peine le GW supplémentaire installé (+ 1 027,1 MW), en deçà de sa performance de 2019 (+ 1 556,7 MW).

PRÈS DE 2,5 GW D'ÉOLIENNES EN MER SUPPLÉMENTAIRES EN 2020

L'Union européenne a, selon Eurostat, ajouté en 2020 une puissance nette éolienne maritime supplémentaire de près de 2,5 GW (2 452,8 MW). Elle porte ainsi sa puissance électrique maximum nette de l'éolien offshore en 2020 à 14,5 GW (14 497,1 MW), répartie entre 7 pays de l'Union européenne. Cette puissance est en fait un peu plus élevée car l'Irlande dans ses statistiques officielles de puissance éolienne ne distingue pas la puissance de son parc offshore d'Arklow Bank Wind Park (25 MW) mis en service depuis 2004. Également, le prototype Elisa de 5 MW mis en service en 2019 au large de Gran Canaria (îles Canaries, Espagne) et le prototype d'éolienne flottante Floatgen de 2 MW mis en service en 2018 au large du Croisic (Bretagne, France, 2 MW) ne sont pas officiellement comptabilisés.

Les quatre pays les plus impliqués sur le segment de l'éolien maritime sont l'Allemagne, avec une puissance nette fin 2020 de 7 774 MW, suivie des

Pays-Bas (2 459,5 MW), qui devancent de peu la Belgique (2 261,8 MW) et le Danemark (1 700,8 MW).

Les Pays-Bas ont été en 2020 le pays le plus actif, avec la connexion des parcs de Borssele 1 & 2 (752 MW) et de Borssele 5 (19 MW). Les parcs Borssele 3 & 4 étaient eux partiellement connectés en 2020 (soit 732 MW). La Belgique a ajouté 706 MW avec la connexion des parcs de Northwester (218 MW) et de Seamade (487 MW), désormais le plus grand parc maritime du pays. Toujours en mer du Nord, l'Allemagne a ajouté 219 MW supplémentaires grâce à la connexion des parcs EnBW Albatros et de Trianel Windpark Borkum 2. Le parc EnBW Albatros (112 MW) a la particularité d'être le plus distant des côtes allemandes en mer du Nord (situé à 105 km de celles-ci). Le Portugal ajoute quant à lui en 2020 deux nouvelles turbines de type Vestas V164-8.4 MW à son parc flottant de Windfloat Atlantic, qui en comporte 3 (soit un total de 25 MW). La puissance totale de ce parc a là aussi été officiellement comptabilisée en 2020, bien que la première éolienne flottante ait été installée en décembre 2019.





Puissance éolienne installée* dans l'Union européenne à fin 2019 et 2020 (en MW)

	2019	Dont éolien offshore	2020	Dont éolien offshore
Allemagne	60 742,0	7 555,0	62 188,0	7 774,0
Espagne	25 590,1		26 819,2	
France	16 456,9		17 484,0	
Italie	10 679,5		10 870,6	
Suède	8 681,0	203,0	9 976,0	203,0
Pays-Bas	4 484,2	957,0	6 618,8	2 459,5
Pologne	5 837,8		6 298,3	
Danemark	6 102,9	1 700,8	6 259,5	1 700,8
Portugal	5 222,7		5 122,3	25,0
Belgique	3 863,4	1 555,5	4 680,9	2 261,8
Irlande	4 126,5		4 306,7	
Grèce	3 589,0		4 119,3	
Autriche	3 224,1		3 226,0	
Roumanie	3 037,5		3 012,5	
Finlande	2 284,0	73,0	2 586,0	73,0
Croatie	646,3		801,3	
Bulgarie	703,1		702,8	
Lituanie	534,0		540,0	
Tchéquie	339,4		339,4	
Hongrie	323,0		321,0	
Estonie	316,0		317,0	
Chypre	157,7		157,7	
Luxembourg	135,8		152,7	
Lettonie	77,9		77,9	
Slovénie	3,3		3,3	
Slovaquie	4,0		3,0	
Malte	0,1		0,1	
Total UE-27	167 162,2	12 044,3	176 984,2	14 497,1
* Puissance électrique maximale nette. Source : Eurostat				

En 2020, deux autres parcs étaient en construction, le parc danois de Kriegers Flak (605 MW), qui accueillera 72 turbines SG 8.4-167 DD, et le parc néerlandais de Frysland (389 MW), qui accueillera 89 turbines SWT-DD-130 4.4 MW. En 2020, les éoliennes maritimes les plus puissantes mises en service dans l'UE correspondent au modèle Vestas V164-9,5 MW installés sur les sites de Borssele 3&4, Borssele 5 et Northwester 2. Le parc de Borssele accueille des éoliennes Siemens Gamesa de type SG 8.0-167 DD, le parc de Seamade des éoliennes Siemens Gamesa de type SG 8.4-167 DD. Les parcs allemands accueillent eux des éoliennes Siemens Gamesa SWT-7.0-154 sur EnBW Albatros et des éoliennes Senvion 6.2 MW152 sur Trianel Wind Park Borkum 2.

PRÈS DE 400 TWH ÉOLIENS PRODUITS EN 2020 DANS L'UE À 27

Avec en 2020 une production réelle de 397,4 TWh dans les pays de l'UE à 27 (données Eurostat), l'éolien a maintenu en 2020 son statut de première filière renouvelable pour la production d'électricité devant l'hydroélectricité (que ce soit avec et sans pompage). En 2020, la production d'électricité éolienne affiche une augmentation de 8,2% par rapport à 2019, année où la production était mesurée à 367,2 TWh. L'éolien a ainsi représenté 14,3% de la production brute totale d'électricité de l'Union européenne en 2020, mesurée à 2 781,4 TWh (part de 12,7% en 2019). En 2020, cette part était majoritaire dans le mix électrique du Danemark (56,8% en 2020) et a atteint 35,8% en Irlande, 29,2% en Lituanie, 23,2% au Portugal,

23,1% en Allemagne et 21,4% en Espagne. En 2020, 16 pays sur 27 disposent d'une filière éolienne représentant plus de 10% de la production d'électricité nationale. Entre 2019 et 2020, les pays qui ont le plus contribué à l'augmentation de la production d'électricité éolienne sont la Suède (+ 7,7 TWh, soit un total de 27,5 TWh), l'Allemagne avec 6,2 TWh supplémentaires (soit un total de 132,1 TWh), la France (+ 5,0 TWh, soit un total de 39,8 TWh), les Pays-Bas (+ 3,8 TWh, soit un total de 15,3 TWh) et la Belgique (+ 3 TWh, soit un total de 12,8 TWh). Dans ces deux derniers pays, la forte croissance de la production d'électricité éolienne entre 2019 et 2020 (+ 33,3% pour les Pays-Bas et + 30,1% pour la Belgique) est représentative de la connexion des nouveaux parcs offshore installés ces deux dernières années. La forte croissance des productions suédoise (+ 38,7%) et finlandaise s'expliquent (+ 31,8%) s'explique elle par la connexion de parcs éoliens terrestres et les conditions climatiques plus favorables qu'en 2019.

À noter que la production d'électricité éolienne maritime gagne en importance dans le total de la production d'électricité éolienne de l'Union européenne à 27. La production d'électricité de l'éolien maritime a atteint 47,3 TWh en 2020 (40,2 TWh en 2019), soit une part de 11,9% en 2020 (10,9% en 2019). Cette part est même majoritaire en Belgique (54,6% de l'électricité éolienne est maritime). Elle est de 40,4% au Danemark, de 35,7% aux Pays-Bas et de 20,7% en Allemagne.

ENCORE PLUS D'ÉOLIEN ATTENDU EN 2030

Dans le cadre du Pacte vert pour l'Europe, avec la loi européenne sur le climat, l'UE s'est fixé l'objectif contraignant de parvenir à la neutralité climatique d'ici à 2050. À titre d'étape intermédiaire vers la neutralité climatique, l'UE a relevé son ambition climatique à l'horizon 2030, en s'engageant à réduire ses émissions d'au moins 55% d'ici à cette date. L'UE travaille actuellement, dans le cadre du paquet "Ajustement à l'objectif 55", à la révision de sa législation en matière de climat, d'énergie et de transport afin d'aligner les textes actuels sur les ambitions fixées pour 2030 et 2050. Le paquet "Ajustement à l'objectif 55" comprend une proposition de révision de la directive sur les énergies renouvelables. La proposition prévoit que l'objectif actuel consistant à ce que, dans l'UE, la part d'énergie produite à partir de sources renouvelables dans le bouquet énergétique global d'ici 2030 soit d'au moins 32% passe à une part d'au moins 40%.

Il est acté que l'éolien, désormais première filière énergie renouvelable pour la production d'électricité, contribuera à la plus grande part de l'objectif. WindEurope avait estimé dans sa publication "Wind Energy and Economic Recovery in Europe" (octobre 2020) la contribution de l'éolien au plan d'action énergie climat (NECP) à 339,7 GW d'ici 2030 pour l'UE à 27 (397 GW éolien dont 111 GW offshore pour l'UE et le Royaume-Uni), tout juste suffisant pour atteindre les 32% d'énergie renouvelable dans l'énergie finale, mais bien insuffisant pour atteindre une réduction de gaz à effet de serre de 55% d'ici 2030, qui

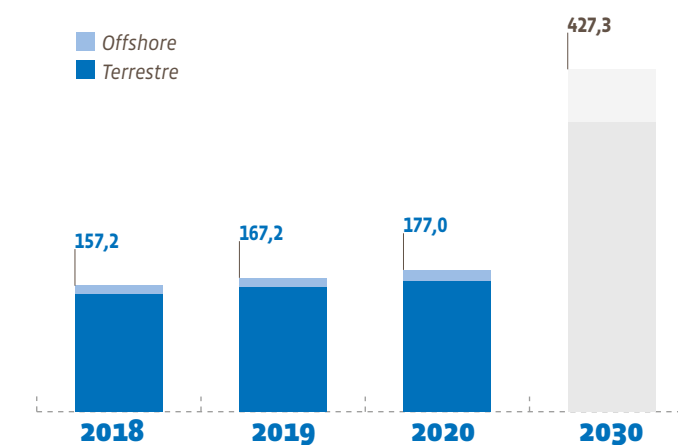


Production d'électricité d'origine éolienne dans l'Union européenne (en TWh)

	2019	Dont éolien offshore	2020	Dont éolien offshore
Allemagne	125,894	24,744	132,102	27,306
Espagne	55,647		56,444	
France	34,787		39,792	
Suède	19,847	0,606	27,526	0,633
Italie	20,202		18,762	
Danemark	16,150	6,198	16,330	6,603
Pologne	15,107		15,800	
Pays-Bas	11,508	3,573	15,339	5,484
Belgique	9,750	4,794	12,764	6,974
Portugal	13,667		12,299	0,051
Irlande	10,019		11,549	
Grèce	7,266		9,310	
Finlande	6,025	0,271	7,938	0,293
Roumanie	6,773		6,945	
Autriche	7,450		6,792	
Croatie	1,467		1,721	
Lituanie	1,499		1,552	
Bulgarie	1,317		1,477	
Estonie	0,687		0,844	
Tchéquie	0,700		0,699	
Hongrie	0,729		0,655	
Luxembourg	0,281		0,351	
Chypre	0,239		0,240	
Lettonie	0,154		0,177	
Slovénie	0,006		0,006	
Slovaquie	0,006		0,004	
Malte	0,000		0,000	
Total UE-27	367,178	40,185	397,418	47,344

Source : Eurostat

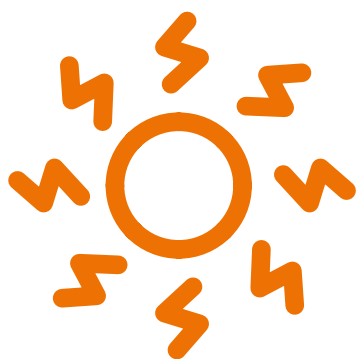
Projection EurObserv'ER de l'évolution de la puissance éolienne nette installée de l'Union européenne à 27 (en GW)



Source : EurObserv'ER

correspond à un objectif énergie renouvelable plus proche des 40 %. WindEurope alertait sur le fait que les politiques prévues dans le cadre des PNEC actuels ne fourniront tout simplement pas ces volumes d'énergie éolienne, du fait du manque de simplification des règles d'autorisation des projets et du manque de visibilité des appels d'offres. Dans sa publication "Wind Energy Europe" de février 2021, le scénario attendu le plus réaliste (realistic expectations scenario) de WindEurope est plutôt de 15 GW par an en moyenne dans l'UE à 27 pour les cinq prochaines années, alors qu'il faudrait 18 GW par an pour respecter la trajectoire de l'objectif de 32 %. Une réévaluation des objectifs énergies renouvelables à 40 % nécessitera un réajustement très rapide avec une accélération du rythme d'installation durant la seconde moitié de la décennie. Dans ce cadre, la révision des plans nationaux énergie climat (PNEC) prévue pour 2023 sera fondamentale pour ajuster les objectifs en matière d'énergie éolienne. La Commission européenne a rendu publics en juillet 2021 ses propres scénarios pour la mise en œuvre du Pacte vert européen. Dans le cadre du scénario politique MIX, la Commission européenne estime nécessaire une puissance nette installée d'énergie éolienne de 427,4 GW en 2030 pour l'UE à 27, dont 361 GW d'éolien terrestre et 66,4 GW d'éolien offshore. La production d'électricité correspondante est de 1078,6 TWh (830,9 TWh terrestres et 247,7 TWh maritimes). Ce niveau de production représenterait en 2030 un peu plus de la moitié (52,6 %) de la contribution totale de la production d'électricité renouvelable et 34,2 % de la production d'électricité totale de l'UE.

L'objectif de la Commission européenne est de porter la part de l'électricité renouvelable à 75 % d'ici 2050, 57 % de la consommation d'énergie étant alimentée directement par l'électricité et 18 % supplémentaires provenant de l'hydrogène renouvelable et de ses dérivés. Pour ce faire, la demande d'électricité devrait plus que doubler, de 3 000 TWh à 6 800 TWh. Attendu que l'Union européenne ambitionne une part de l'éolien de l'ordre de 50 % à l'horizon 2050, l'UE à 27 devrait, selon WindEurope, augmenter sa capacité d'énergie éolienne à 1 000 GW d'éolien terrestre et 300 GW d'éolien offshore d'ici 2050. Cela oblige l'Europe à construire chaque année deux fois plus de nouveaux parcs éoliens qu'elle n'en construit aujourd'hui. Pour y parvenir, il est essentiel de simplifier les règles et procédures d'autorisation pour les nouveaux parcs éoliens. ■



PHOTOVOLTAÏQUE

UNE PUISSANCE MONDIALE SUPPLÉMENTAIRE DE 145,2 GWC EN 2020

Le compteur de la puissance photovoltaïque installée dans le monde s'est une nouvelle fois emballé. Malgré l'impact de la pandémie mondiale de Covid-19, l'année 2020 a vu, selon le rapport de l'AIE PVPS "Trends 2021", l'installation de 145,2 GWC de puissance solaire photovoltaïque (puissance crête en courant continu), soit une croissance de 31,2 % par rapport à 2019 (110,7 GWC installés). Cette puissance additionnelle porte le photovoltaïque au niveau mondial à 773,2 GWC. Pour rappel, en 2000, la puissance photovoltaïque plafonnait à un peu moins de 0,6 GWC au global (soit 570 MWc, avec 199 MWc installés cette année-là). On voit ainsi le chemin parcouru en vingt ans. À ce rythme, le térawatt crête installé dans le monde devrait être franchi au cours de l'année 2022. Les poids lourds du marché mondial sont la Chine, dont la puissance annuelle installée passe de 30,3 GWC en 2019 à 48,2 GWC en 2020, les États-Unis (de 13,3 GWC à 19,7 GWC) et le Japon (de 7 GWC

à 8,7 GWC). Il convient de préciser que la puissance nominale en courant continu exprimée en Wc utilisée par l'AIE-PVPS n'est pas directement comparable avec la puissance de sortie en courant alternatif délivrée sur le réseau, du fait des pertes de conversion et des règlements qui limitent la puissance de sortie des installations photovoltaïques sur le réseau. Les indicateurs utilisés par Eurostat, repris dans cette publication, représentent la puissance électrique maximale nette susceptible d'être utilisée en continu et sont pour cette raison un peu moins élevés.

LE MARCHÉ EUROPÉEN A FAIT PREUVE DE RÉSILIENCE

L'Union européenne des 27 a également entamé la décennie sur une note positive. Le marché, un temps désorganisé par la première vague de la pandémie, s'est nettement redressé au second semestre. Selon Eurostat, l'Union européenne a ajouté en 2020 une puissance nette de 18 224,8 MW, comparée à une augmentation de 16 146,9 MW en 2019, soit une dynamique en croissance de 12,9 %. La puissance

supplémentaire nette installée durant l'année 2020 est au final la deuxième plus importante jamais enregistrée pour l'énergie solaire dans l'UE, après 2011, où une puissance supplémentaire nette de 22 253,8 MW avait été installée. Le parc photovoltaïque de l'UE s'établit désormais à 136 136,6 MW à la fin de l'année 2020, en croissance de 15,5 % par rapport à 2019.

Selon les premières estimations, le rythme d'installation du solaire photovoltaïque à l'échelle de l'UE s'est accéléré en 2021 et le record d'installation de 2011 devrait être largement dépassé.

Devancée par l'Espagne en 2019, l'Allemagne est redevenue en 2020 le plus grand marché de l'énergie solaire photovoltaïque de l'Union européenne. Selon Eurostat, la puissance nette installée en Allemagne a augmenté de 4 807 MW entre 2019 et 2020 (+ 3 756 MW entre 2018 et 2019). Le succès allemand s'explique par un marché de l'autoconsommation très développé et facilité à la fois par un prix de l'électricité relativement élevé pour les ménages et par un système de primes de rachat attrayant pour les systèmes





1

Puissance solaire photovoltaïque installée dans l'Union européenne à fin 2019 et 2020 (en MW)*

	2019	2020
Allemagne	48 912,0	53 719,0
Italie	20 865,3	21 650,0
France	10 803,9	12 022,2
Pays-Bas	7 226,0	10 949,7
Espagne	8 839,3	10 285,5
Belgique	4 636,6	5 574,8
Pologne	1 539,3	3 955,0
Grèce	2 833,8	3 287,7
Hongrie	1 400,0	2 131,0
Tchéquie	2 086,4	2 122,7
Autriche	1 702,1	2 042,9
Roumanie	1 397,7	1 382,5
Danemark	1 080,0	1 304,3
Suède	714,0	1 107,0
Portugal	901,4	1 100,3
Bulgarie	1 048,0	1 097,4
Slovaquie	590,0	535,0
Slovénie	277,9	369,8
Finlande	222,0	318,0
Chypre	151,3	229,1
Estonie	120,6	207,7
Malte	155,2	187,9
Luxembourg	159,7	186,6
Lituanie	103,0	164,0
Croatie	84,8	108,5
Irlande	58,3	92,8
Lettonie	3,3	5,1
Total UE-27	117 911,7	136 136,6
* Puissance électrique maximale nette. Source : Eurostat		

commerciaux de moyenne et de grande échelle (de 40 à 750 kW). Le marché peut aussi compter sur un système d'enchères éprouvé pour les systèmes allant jusqu'à 10 MW. Durant l'année 2020, pas moins de sept enchères ont ainsi été publiées pour un total de 1300 MW. La valeur de l'offre la plus basse s'est établie à 3,55 c€/kWh, la plus haute à 7,49 c€/kWh, pour une valeur maximale admissible de 7,5 c€/kWh. Durant l'année 2021, seules trois enchères ont été soumises pour un total de 1637 MW, toutes largement sursouscrites. La valeur de l'offre la plus basse s'est établie à 4,57 c€/kWh, celle de la plus haute à 6,1 c€/kWh, pour une valeur maximale admissible de 7,5 c€/kWh. L'importance du marché allemand s'explique également par la mise en service de grands projets ne nécessitant aucune subvention, comme la plus grande centrale du pays, le parc photovoltaïque de Weesow-Willmersdorf, propriété du groupe énergétique EnBW, un site de 187 MWc. Ce projet officiellement inauguré en novembre 2021 a commencé à injecter ses électrons en novembre 2020 tout en étant encore en construction. Situé dans le Brandebourg, à 30 kilomètres de Berlin, le parc devrait fournir environ 180 millions de kWh d'électricité par an, soit l'équivalent de la consommation annuelle de 50 000 foyers.

En Europe, les projets de parcs sans subventions tendent à se multiplier. Selon la plateforme européenne RE-Source, entre janvier et novembre 2020, par exemple, des accords d'achat d'électricité ont été conclus avec des exploitants d'installations renouvelables d'un volume supérieur à 3 gigawatts (GW) en Europe, et 53 % de ces

2

Production d'électricité d'origine photovoltaïque dans l'Union européenne en 2019 et 2020 (en TWh)*

	2019	2020
Allemagne	44,383	48,641
Italie	23,689	24,942
Espagne	9,420	15,675
France	12,227	13,398
Pays-Bas	5,401	8,765
Belgique	4,252	5,105
Grèce	4,429	4,447
Hongrie	1,497	2,459
Tchéquie	2,312	2,287
Autriche	1,702	2,043
Pologne	0,711	1,958
Roumanie	1,778	1,733
Portugal	1,342	1,716
Bulgarie	1,442	1,481
Danemark	0,963	1,181
Suède	0,679	1,051
Slovaquie	0,589	0,663
Slovénie	0,303	0,368
Chypre	0,218	0,296
Malte	0,195	0,237
Finlande	0,147	0,218
Luxembourg	0,130	0,161
Lituanie	0,091	0,129
Estonie	0,074	0,123
Croatie	0,083	0,096
Irlande	0,040	0,064
Lettonie	0,003	0,005
Total UE-27	118,100	139,240
* Estimations. Source : Eurostat		

accords de fourniture d'électricité concernaient l'énergie solaire. L'Espagne, du fait de conditions d'ensoleillement avantageuses, est un pays particulièrement concerné. Les Pays-Bas étaient en 2020 le deuxième pays le plus actif de l'Union européenne en matière d'énergie solaire PV, avec une puissance nette supplémentaire de 3 723,7 MW (+ 2 618 MW en 2019). Les toitures commerciales sont le principal segment de marché du pays (50 % des réalisations), devant le résidentiel (30 %) et les centrales au sol (20 %). Les grands parcs solaires photovoltaïques à travers le pays ont commencé à dépasser la taille de 100 MW. En septembre 2020, un parc solaire de 110 MW a été achevé à Vlagtwedde, dans la province de Groningen, au nord du pays. La construction d'un plus grand parc solaire de 147 MW a commencé dans la province du Flevoland. Un nombre croissant de projets solaires flottants ont également été achevés en 2020. Les deux principaux moteurs de l'énergie solaire aux Pays-Bas restent la facturation nette pour les segments résidentiels et des petites entreprises, et les marchés commerciaux et des grandes centrales qui s'appuient sur le système d'appel d'offres SDE+, où le solaire doit concurrencer d'autres sources d'énergie renouvelables.

L'Espagne, troisième, a vu son rythme d'installation nettement diminuer en 2020, soit une puissance supplémentaire nette de 1 446,2 MW en 2020 comparée à 4 075,6 MW en 2019. Les bonnes performances du marché espagnol s'expliquaient en 2019 par la mise en service de centrales au sol issues des deux appels d'offres de 2017. En 2020, ↘



aucun parc résultant d'appel d'offres n'a été connecté au réseau. Le marché des grandes centrales en Espagne n'a pu compter que sur des projets de type contrat d'achat d'électricité (PPA), des contrats de livraison d'électricité conclus à long terme entre deux parties ne reposant sur aucune subvention. Selon SolarPower Europe, plus de 100 GW solaires sous contrat d'achat d'électricité sont en développement dans le pays, ce qui en fait le plus gros marché mondial pour les projets sans subventions. Le marché reste cependant freiné par les contraintes liées à l'extension du réseau.

L'importance de ce marché PPA s'explique par le faible coût de l'électricité solaire produite dans le pays, qui rend possible la mise en œuvre de projets industriels de production d'hydrogène vert. Un des projets les plus emblématiques est le projet Hydeal Ambition, qui regroupe une quarantaine d'industriels européens de l'énergie et qui vise à vendre de l'hydrogène au prix de marché de 1,5 € le kg livré, s'appuyant sur un coût de l'électricité solaire inférieur à 15 €/MWh. Avec une capacité installée de 95 GW de solaire et de 67 GW d'électrolyseurs à l'horizon 2030, l'ambition du pro-

jet Hydeal est de fournir 3,6 millions de tonnes d'hydrogène vert par an aux secteurs de l'énergie, de l'industrie et de la mobilité via les infrastructures de transport et de stockage de gaz.

139,2 TWH PRODUITS DANS L'UNION EUROPÉENNE

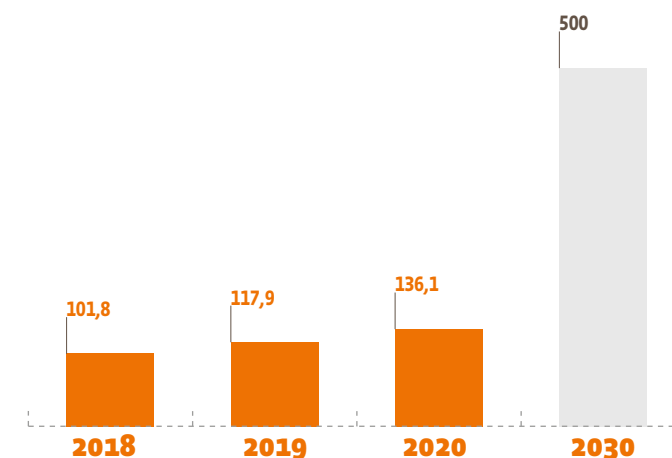
L'année 2020 a été particulièrement propice à l'énergie solaire. Si l'année 2020 a été la plus chaude en Europe, à cause d'un hiver et d'un automne les plus doux jamais enregistrés, le continent européen a également connu le plus grand nombre d'heures d'ensoleillement depuis le début

des relevés par satellite en 1983. Ce record d'ensoleillement associé à l'augmentation des capacités de production explique une production d'électricité solaire photovoltaïque en forte hausse. Selon Eurostat, la production d'électricité solaire de l'Union européenne a atteint 139,2 TWh en 2020, soit une croissance de 17,9 % par rapport à 2019. Cette forte hausse dans le contexte de la pandémie de Covid-19, qui a diminué les besoins d'électricité de l'Union européenne, a permis une contribution record de l'énergie solaire dans le mix de production de l'Union européenne. Le solaire photovoltaïque a ainsi représenté en 2020 exactement 5 % de la production brute d'électricité de l'Union européenne, comparé à une part de 4,1 % en 2019. Cette part atteint même 11,1 % à Malte (0,2 TWh d'électricité solaire produite en 2020), 9,2 % en Grèce (4,4 TWh en 2020), 8,9 % en Italie (24,9 TWh en 2020) et 8,5 % en Allemagne (48,6 TWh en 2020).

DE NOUVELLES AMBITIONS À LA HAUTEUR DES ENJEUX

La nouvelle ambition climatique de l'Union européenne de réduire les émissions de gaz à effet de serre d'au moins 55 % d'ici à 2030 par rapport au niveau de 1990 va avoir pour effet de relever significativement les objectifs d'installation des pays membres en matière d'énergie solaire photovoltaïque. Dans ce cadre, la révision des plans nationaux énergie climat (PNEC) prévue pour 2023 sera fondamentale pour ajuster les objectifs en matière d'énergie solaire. Selon les calculs de SolarPower Europe, les objectifs actuels des

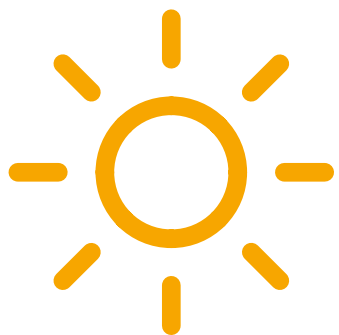
3 Projection EurObserv'ER de l'évolution de la puissance photovoltaïque nette installée de l'Union européenne (en GW)



Source : EurObserv'ER

PNEC des pays membres pour l'énergie solaire sont d'ajouter une puissance de 335 GWc d'ici 2030, mais selon l'association, il est aujourd'hui clair que ces objectifs seront dépassés beaucoup plus vite que prévu. Le scénario medium présenté dans le rapport "EU Market Outlook for Solar Power 2021-2025" de SolarPower Europe prévoit qu'une capacité de 328 GWc pourrait déjà être atteinte dès 2025 et de 672 GWc en 2030. La Commission européenne, dans le cadre du scénario politique MIX pour la mise en œuvre du Pacte vert européen, modélise une puissance nette installée d'énergie solaire de 383 GW en 2030 (équivalent selon SolarPower Europe à une capacité nominale en courant continu de 479 GWc). Cette puissance, qui intègre une petite part de centrales héliothermiques, serait capable de fournir une

production d'électricité solaire de 435,6 TWh, soit en 2030 une part de 21,2 % de la production d'électricité renouvelable et 13,8 % de la production d'électricité totale de l'Union européenne. Le scénario de la Commission européenne est donc très en dessous du scénario moyen proposé par SolarPower Europe. L'association estime cependant que ce volume d'installation sera insuffisant pour limiter le réchauffement à 1,5 °C et qu'il faudrait pousser l'objectif à un total de 870 GWc en 2030, associé de manière optimale à un objectif d'au moins 45 % d'énergies renouvelables dans la consommation brute d'énergie finale en 2030 (au lieu des 40 % proposés par la Commission européenne) dans la directive actualisée sur les énergies renouvelables. ■



SOLAIRE THERMIQUE

Le solaire thermique est certainement la forme ultime du point de vue physique pour transférer de la chaleur à de l'eau sans aucune émission de gaz à effet de serre ni de polluants. La filière peine cependant à prendre des parts sur le marché de la production d'eau chaude et de chauffage. À l'échelle de l'Union européenne, le marché a fait face en 2020 à une nouvelle baisse significative de la superficie installée, après deux années où la filière solaire thermique semblait reprendre ses marques. Selon EurObserv'ER, la surface installée dans les pays de l'Union européenne à 27 est en baisse de l'ordre de 14,7% par rapport à 2019, soit un peu moins de 2 millions de mètres carrés. Ces données de marché prennent en compte les systèmes utilisant les capteurs plans vitrés, les capteurs à tubes sous vide et les capteurs non vitrés, technologies destinées à la production d'eau chaude sanitaire, au chauffage, ainsi qu'à la production de chaleur et d'eau chaude destinée aux réseaux de chaleur ou à l'industrie.

UN MAUVAIS MILLÉSIMÉ POUR LE SOLAIRE THERMIQUE

Beaucoup de marchés nationaux n'ont pas affiché de bons résultats en 2020 en matière d'installation de systèmes solaires thermiques, dans la lignée des années précédentes, ce qui est le cas par exemple de l'Autriche, de l'Italie, de l'Espagne ou de la Belgique. La crise sanitaire n'explique pas à elle seule les difficultés de la filière, mais elle est en partie responsable de la baisse d'activité observée sur certains marchés nationaux durant le premier semestre. Cela a notamment été le cas du marché grec qui, fort heureusement, devrait rebondir dès 2021. Il en va de même du marché espagnol, qui n'a fait que légèrement reculer en 2020. Certains mauvais résultats étaient attendus, comme la très forte baisse du marché danois des réseaux de chaleur solaire et la forte décroissance du marché polonais liée à la fin du système d'incitation par appels d'offres. Le marché français, très en difficulté sur le segment du résidentiel collectif et moins actif en 2020 sur le segment des grandes installations,

parvient globalement à se maintenir grâce à une bonne dynamique dans les départements ou régions français d'outre-mer.

Un point positif à retenir en 2020 est le retour à la croissance du marché allemand, en lien avec une volonté politique réaffirmée de décarboner les besoins de chauffage et de production d'eau chaude dans les bâtiments.

DES ÉVOLUTIONS DISTINCTES SELON LES SEGMENTS DE MARCHÉ

Le marché du solaire thermique est multisegment. Il est principalement tourné vers le segment de la production d'eau chaude à usage résidentiel (domestique et collectif), qui représente l'essentiel des ventes et des mètres carrés installés, que ce soient des systèmes à circulation forcée (utilisant une petite pompe électrique pour amener le fluide vers le ballon de chaude qui est séparé des capteurs) ou via des systèmes de type thermosiphon, où le ballon d'eau chaude est fixé en haut du capteur. Le marché des systèmes solaires thermiques thermosiphon est bien établi dans les pays ensoleillés comme en





1

Surfaces annuelles installées en 2019 par type de capteurs (en m²) et puissance correspondante (en MWth)

	Capteurs vitrés		Capteurs non vitrés	Total (m²)	Puissance équivalente (MWth)
	Capteurs plans vitrés	Capteurs sous vide			
Allemagne	441 000	70 000		511 000	357,7
Grèce	361 350			361 350	252,9
Pologne	282 160	5 030		287 190	201,0
Espagne	193 650	7 600	2 900	204 150	142,9
Danemark	194 310			194 310	136,0
Italie	133 282	13 943		147 225	103,1
France*	124 117			124 117	86,9
Autriche	90 040	310	460	90 810	63,6
Chypre	69 945			69 945	49,0
Portugal	59 850			59 850	41,9
Pays-Bas	38 964	9 906	2 621	51 491	36,0
Belgique	23 500	4 300		27 800	19,5
Croatie+	26 100			26 100	18,3
Bulgarie+	23 980			23 980	16,8
Tchéquie	16 000	7 000		23 000	16,1
Lettonie	21 672			21 672	15,2
Hongrie+	21 000			21 000	14,7
Roumanie+	14 560			14 560	10,2
Slovaquie+	13 000			13 000	9,1
Irlande	7 143			7 143	5,0
Finlande+	7 000			7 000	4,9
Luxembourg+	3 011			3 011	2,1
Lituanie++	2 000			2 000	1,4
Suède	1 084	76	522	1 682	1,2
Slovénie+	1 473			1 473	1,0
Estonie+	1 425			1 425	1,0
Malte	521	130		651	0,5
Total UE-27	2 172 137	118 295	6 503	2 296 935	1 607,9

+ Estimation EurObserv'ER basée sur la base de données Eurostat et sur les dernières données de marché de l'Estif.

++ Estimation EurObserv'ER basée sur la tendance de marché des dernières années. * Dont 80 202 m² dans les départements d'outre-mer. Source : EurObserv'ER

2

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

	Capteurs vitrés		Capteurs non vitrés	Total (m²)	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	177 168	10 496	2 986	190 650	133,5
Pologne	159 370	1 830		161 200	112,8
France**	120 812			120 812	84,6
Italie	97 765	11 561		109 326	76,5
Chypre	76 784			76 784	53,7
Autriche	72 210	1 400	1 730	75 340	52,7
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
Croatie+	15 800			15 800	11,1
Roumanie+	14 560			14 560	10,2
Slovaquie+	13 000			13 000	9,1
Irlande	11 114			11 114	7,8
Finlande+	7 000			7 000	4,9
Luxembourg+	4 469			4 469	3,1
Lituanie++	2 000			2 000	1,4
Lettonie++	1 600			1 600	1,1
Suède	1 000		500	1 500	1,1
Slovénie++	1 473			1 473	1,0
Estonie++	1 425			1 425	1,0
Malte	681			681	0,5
Total UE-27	1 807 218	143 674	7 837	1 958 729	1 371,1

+ Estimation EurObserv'ER basée sur la base de données Eurostat. ++ Estimation EurObserv'ER basée sur la tendance de marché des dernières années. * Dont 91 352 m² dans les départements d'outre-mer. Source : EurObserv'ER

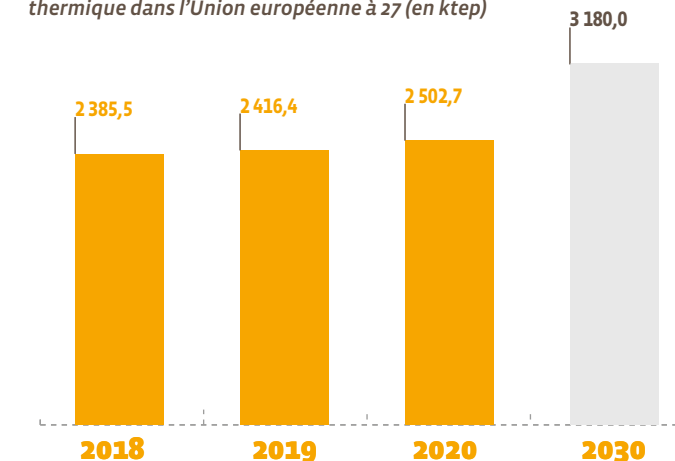


Parc cumulé* de capteurs solaires thermiques installés dans l'Union européenne en 2019 et en 2020**
(en m² et en MWth)

	2019		2020	
	m²	MWth	m²	MWth
Allemagne	19 326 000	13 528,2	19 455 000	13 618,5
Grèce	4 867 500	3 407,3	4 991 000	3 493,7
Autriche	5 050 403	3 535,3	4 922 944	3 446,1
Italie	4 343 765	3 040,6	4 457 525	3 120,3
Espagne	4 067 774	2 847,4	4 235 816	2 965,1
France	3 302 191	2 311,5	3 397 731	2 378,4
Pologne	2 696 000	1 887,2	3 006 690	2 104,7
Danemark	1 915 122	1 340,6	2 051 096	1 435,8
Portugal	1 347 955	943,6	1 406 955	984,9
Chypre	1 084 111	758,9	1 102 430	771,7
Belgique	724 200	506,9	740 300	518,2
Pays-Bas	672 000	470,4	669 000	468,3
Tchéquie	555 000	388,5	577 000	403,9
Suède	459 000	321,3	451 000	315,7
Bulgarie	425 478	297,8	445 538	311,9
Hongrie	350 000	245,0	392 000	274,4
Irlande	336 951	235,9	347 062	242,9
Croatie	272 200	190,5	288 000	201,6
Slovaquie	219 000	153,3	232 000	162,4
Slovénie	224 318	157,0	222 914	156,0
Roumanie	218 910	153,2	218 910	153,2
Finlande	73 000	51,1	80 000	56,0
Luxembourg	69 889	48,9	74 358	52,1
Malte	73 485	51,4	74 166	51,9
Lettonie	21 672	15,2	21 700	15,2
Total UE-27	52 695 924	36 887,1	53 861 135	37 702,8

* Toutes technologies y compris le non vitré. Note 1: La Lituanie et l'Estonie n'assurent pas de suivi officiel de leur surface de capteurs solaires thermiques en opération. Note 2: Les variations des surfaces totales de capteurs solaires thermiques officiellement recensées d'une année sur l'autre peuvent être bien supérieures aux données de marché collectées par EurObserv'ER en raison du retard de prise en compte des données et des consolidations statistiques. C'est notamment le cas de la Pologne et du Danemark. Source : Eurostat, except Slovaquie 2019 data

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



Consommation d'énergie finale et production de chaleur issue du secteur de la transformation. Source : EurObserv'ER

Grèce et à Chypre, et ce depuis plusieurs décennies. Dans ces pays, ce type de système, très économique et adapté au climat méditerranéen, est moins sensible à la concurrence des autres systèmes de production d'eau chaude utilisant les énergies renouvelables. Sauf année particulière, et l'année 2020 en est une, les marchés des systèmes thermosiphon sont relativement solides, avec une part importante de renouvellement des systèmes mis hors service.

Le marché des systèmes solaires à circulation forcée, de type chauffe-eau solaire individuel, multifamilial ou système solaire combiné (eau chaude + chauffage) est quant à lui sous pression depuis plus d'une décennie. Ce type de systèmes, pourtant très performants sur le plan de l'efficacité énergétique, non émetteurs de gaz à effet de serre dans leur utilisation (en dehors de la très faible quantité d'électricité utilisée par la pompe), nécessite des niveaux d'investissement plus conséquents que d'autres solutions 100 % fossiles ou 100 % électriques, notamment du fait de temps de pose plus longs et de la nécessité de monter sur une toiture. Ces dispositifs sont donc encore dépendants des politiques d'incitation mises en place au niveau national. Ils font également face à une vive concurrence des autres types de systèmes de chauffage écologiques ou à faibles émissions, comme les pompes à chaleur, les chauffe-eau thermodynamiques et les systèmes photovoltaïques fonctionnant en autoconsommation, avec des surplus de plus en plus utilisés pour la production d'eau chaude sanitaire. Le marché des réseaux de chaleur solaire thermique (SDH-solar

district heating) représente un segment de marché à part avec des acteurs spécifiques et des technologies de capteurs présentant des surfaces beaucoup plus importantes (jusqu'à une quinzaine de mètres carrés par capteur). Alors que ce segment de marché représentait près de 10 % de la surface installée de capteurs solaires thermiques dans l'Union européenne en 2019, la part de marché des réseaux de chaleur solaire a nettement diminué en 2020 (entre 2 et 3 %), ce qui s'explique par une moindre activité du principal pays impliqué sur ce marché, à savoir le Danemark. En effet, selon la comptabilité établie par le bureau d'études danois planEnergi, seuls quatre champs de capteurs solaires thermiques ont été raccordés à un réseau de chaleur en 2020 au Danemark, celui de Værum-Ørum (8 968 m² eq à 6,3 MWth), et trois extensions à Farsø (2 722 m² eq

à 1,9 MWth), Snedsted (1 865 m² eq à 1,3 MWth) et Flauenskjold (1 058 m² eq à 0,7 MWth), soit un total de 14 613 m² (eq à 10,1 MWth). C'est beaucoup moins qu'en 2019, où le pays avait raccordé une quinzaine de champs de capteurs, dont cinq extensions représentant une superficie totale de 191 319 m². D'autres pays cependant profitent du retour d'expérience sur les réseaux de chaleur solaire danois. L'Allemagne est actuellement le pays le plus dynamique en la matière. Selon le rapport "Solar Heat Worldwide 2021 edition", dix nouveaux réseaux de chaleur solaire ont été raccordés en 2020, en plus des quatre cités précédemment au Danemark. Sept ont été construits en Allemagne (pour un total de 31 200 m²), deux en Autriche (6 571 m²) et un en Suisse (784 m²). Le plus important d'entre eux est celui de la ville allemande de Ludwigsburg, qui dispose d'un champ de capteurs de 14 800 m².



Un autre segment de marché spécifique, celui des systèmes solaires thermiques pour les procédés industriels, sort de la marginalité avec l'arrivée de projets de plus en plus ambitieux, et ce dans des domaines aussi variés que l'industrie agroalimentaire, la papeterie

ou le chauffage de serre. Le projet le plus important mis en service en avril 2020 est celui de la centrale de Nibbixwoud aux Pays-Bas, une installation comprenant un champ de capteurs solaires de 15 000 m² (équivalent à 10,5 MWth) qui chauffe les 4 hectares de serres florales

des frères Jeroen et Marco Mol. La production maximale de l'installation est estimée à 8 100 MWh par an, permettant d'éviter chaque année la combustion de 875 000 m³ de gaz fossile. Plus récemment, en France, Kyotherm, une société d'investissement spécialisée dans

le financement de projets de chaleur renouvelable par tiers, a mis en service la centrale solaire industrielle d'Issoudun, le plus grand système de chauffage solaire du pays. La centrale dispose d'une surface de champs de capteurs de 13 243 m² (10,6 MWth), et fournira de la chaleur à une usine de séchage de malt, qui est exploitée par les Malteries franco-suisse.

53,9 MILLIONS DE M² FIN 2020 DANS L'UE À 27

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).

Il convient de préciser que ce suivi officiel peut dans certains cas être en décalage avec les indicateurs de marché collectés par Eurobserv'ER, ce qui peut s'expliquer par des délais de prise en compte et des consolidations statistiques. C'est particulièrement vrai pour la Pologne et le Danemark, qui ont vu leur marché fortement diminué en 2020 et qui présentent pourtant officiellement une augmentation importante de leur surface solaire thermique en 2020, liée en fait aux bons résultats de l'année 2019.

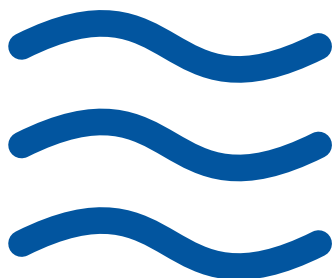
Ainsi la superficie totale du parc solaire thermique de l'Union européenne s'est établi selon Eurostat à un peu moins de 53,9 millions de mètres carrés fin 2020 (52,7 millions en 2019). Le phénomène de déclassement devrait s'accroître dans les prochaines années, en lien avec la

croissance des opérations faites durant les années 2000, qui ont culminé à près de 4,6 millions de mètres carrés en 2008. Selon les données officielles, les parcs autrichien, suédois 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 était de 2,5 Mtep à l'échelle de l'UE-27 en 2020 (2,4 Mtep en 2019), soit une augmentation de 3,6%.

APPEL D'AIR ATTENDU POUR LA CHALEUR RENOUVELABLE

La Commission européenne a dévoilé mercredi 14 juillet 2021 les grandes lignes du "Pacte vert" pour l'Europe (ou Green Deal), la grande mission politique qu'elle s'est fixée au début de son mandat. Un des axes les plus importants de cette politique concernera la rénovation des logements et des bâtiments pour des modes de vie plus écologiques, économes en énergie. Les moyens mis sur la table sont à la hauteur des enjeux, le nouveau Fonds social européen pour le climat, destiné aux citoyens de l'UE les plus exposés à la précarité énergétique, contribuera à alléger les coûts, afin que la transition soit juste et que personne ne soit laissé pour compte. Il fournira une enveloppe de 72,2 milliards d'euros sur sept ans pour financer la rénovation des bâtiments ainsi

que l'accès à une mobilité à émissions nulles et à faibles émissions. 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 d'obliger les États membres à rénover tous les ans au moins 3% de la surface au sol totale de tous les bâtiments publics, de fixer une valeur de référence (objectif indicatif) de 49% d'énergies renouvelables dans les bâtiments d'ici à 2030; à accroître l'utilisation des énergies renouvelables dans le chauffage et le refroidissement de 1,1 point de pourcentage par an d'ici à 2030. Ce niveau de financement est susceptible d'ouvrir de grandes opportunités pour la filière solaire thermique, dans les pays d'Europe de l'Est et du Sud-Est notamment, où la chaleur solaire thermique est bien adaptée et constitue souvent l'option la moins chère pour remplacer un appareil de chauffage à énergie fossile ou "verdier" les réseaux de chaleur encore à dominante charbon dans les pays de l'Est. Les implications de cette grande mission politique européenne sont extrêmement importantes pour tous les acteurs européens engagés depuis de très nombreuses années dans les domaines de la chaleur renouvelable, d'autant plus qu'elle est clairement orientée sur le développement d'une industrie, d'emploi et de technologies "made in Europe". ■



HYDROÉLECTRICITÉ

La production hydroélectrique 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 346,2 TWh en 2020 dans l'UE à 27, en augmentation de 8,1 % par rapport à son niveau de production de 2019 (320,3 TWh). En 2020, la production hydroélectrique réelle (hors pompage) est donc en augmentation, après une année très moyenne en 2019.

Les hausses de production ont à la fois été mesurées dans les pays du nord de l'Europe, en Suède et en Finlande, mais également en France, en Espagne, au Portugal et en Italie. Parmi les grands producteurs européens d'hydroélectricité, la croissance la plus significative est à mettre au crédit de la Finlande (+ 27,9 % entre 2019 et 2020), correspondant à une augmentation de 3,5 TWh et à une production totale de 15,9 TWh. L'augmentation de production la plus importante est celle mesurée en Suède (+ 7 TWh entre 2019 et 2020), soit une croissance de 10,7 %. Le pays était en 2020 le plus grand producteur d'hydroélectricité de l'Union européenne avec une production hors

pompage de 72,4 TWh. Dans l'Union européenne, seule la France peut prétendre à lui ravir cette première place (cela a été le cas en 2018, 2014 et 2013 sur la dernière décennie). En 2020, la production d'hydroélectricité française hors pompage est également en nette augmentation (+ 9 % entre 2019 et 2020, + 5,1 TWh), soit un total mesuré de 62,1 TWh. La croissance reste positive mais moins marquée en Italie, avec un total de 47,6 TWh (+ 2,7 % entre 2019 et 2020, + 1,2 TWh), suffisant pour maintenir sa place de troisième producteur de l'Union européenne en 2020. En Espagne

et au Portugal, les variations de la production hydroélectrique peuvent être très importantes d'une année sur l'autre. La croissance a ainsi été mesurée à 37 % pour le Portugal (+ 3,3 TWh, pour un total de 12,1 TWh) et de 23,8 % pour l'Espagne (+ 5,9 TWh, pour un total de 30,5 TWh). Plus à l'est de l'Europe, les variations de production sont plus diverses. Entre 2019 et 2020, on observe des baisses de production en Allemagne (- 7,1 %, - 1,4 TWh), en Grèce (- 16,4 %, - 0,7 TWh), en Bulgarie (- 3,7 %, - 0,1 TWh) et en Roumanie (- 1,3 %, - 0,2 TWh),



1

Puissance* des centrales hydrauliques pures, mixtes et de pompage pures en 2019 et 2020 (en MW)

	2019				2020			
	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	18 647	5 494	1 728	25 869	18 835	5 150	1 728	25 712
Italie	15 297	3 304	3 940	22 541	15 443	3 312	3 940	22 695
Espagne	13 701	3 082	3 331	20 114	13 704	3 082	3 331	20 117
Suède	16 363	99	0	16 462	16 307	99	0	16 406
Autriche	8 924	5 673	0	14 597	8 933	5 671	0	14 605
Allemagne	4 249	1 129	5 355	10 733	4 304	1 134	5 354	10 792
Portugal	4 498	2 764	0	7 262	4 476	2 764	0	7 241
Roumanie	6 316	278	92	6 686	6 282	279	92	6 652
Grèce	2 713	699	0	3 412	2 718	699	0	3 417
Bulgarie	2 365	149	864	3 378	2 363	149	864	3 376
Finlande	3 157	0	0	3 157	3 164	0	0	3 164
Slovaquie	1 611	0	916	2 527	1 613	0	916	2 529
Pologne	598	376	1 423	2 397	601	376	1 423	2 400
Tchéquie	1 094	0	1 172	2 265	1 094	0	1 172	2 265
Croatie	1 924	275	0	2 200	1 924	275	0	2 200
Lettonie	1 587	0	0	1 587	1 586	0	0	1 586
Belgique	104	0	1 310	1 414	106	0	1 310	1 416
Slovénie	1 171	0	180	1 351	1 172	0	180	1 352
Luxembourg	34	0	1 296	1 330	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	58	0	0	58
Pays-Bas	37	0	0	37	37	0	0	37
Estonie	6	0	0	6	8	0	0	8
Danemark	7	0	0	7	7	0	0	7
Total UE-27	104 815	23 323	22 658	150 796	105 124	22 990	22 657	150 771
* Puissance électrique maximale nette. Source : Eurostat								



et des augmentations en Pologne (+ 8,2 %, + 1,2 TWh), en Autriche (+ 2,9 %, + 1,2 TWh) et en Tchéquie (+ 6,8 %, + 0,1 TWh). Les niveaux de production sont cependant globalement inférieurs à ceux observés ces dernières années.

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 quinze 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 345,1 TWh en 2020, en augmentation de 0,6 % par rapport à 2019 (343,2 TWh cette année). Le chiffre de la production hydroélectrique normalisée était donc en 2020, à l'échelle de l'Union européenne, proche de la production hydroélectrique réelle.

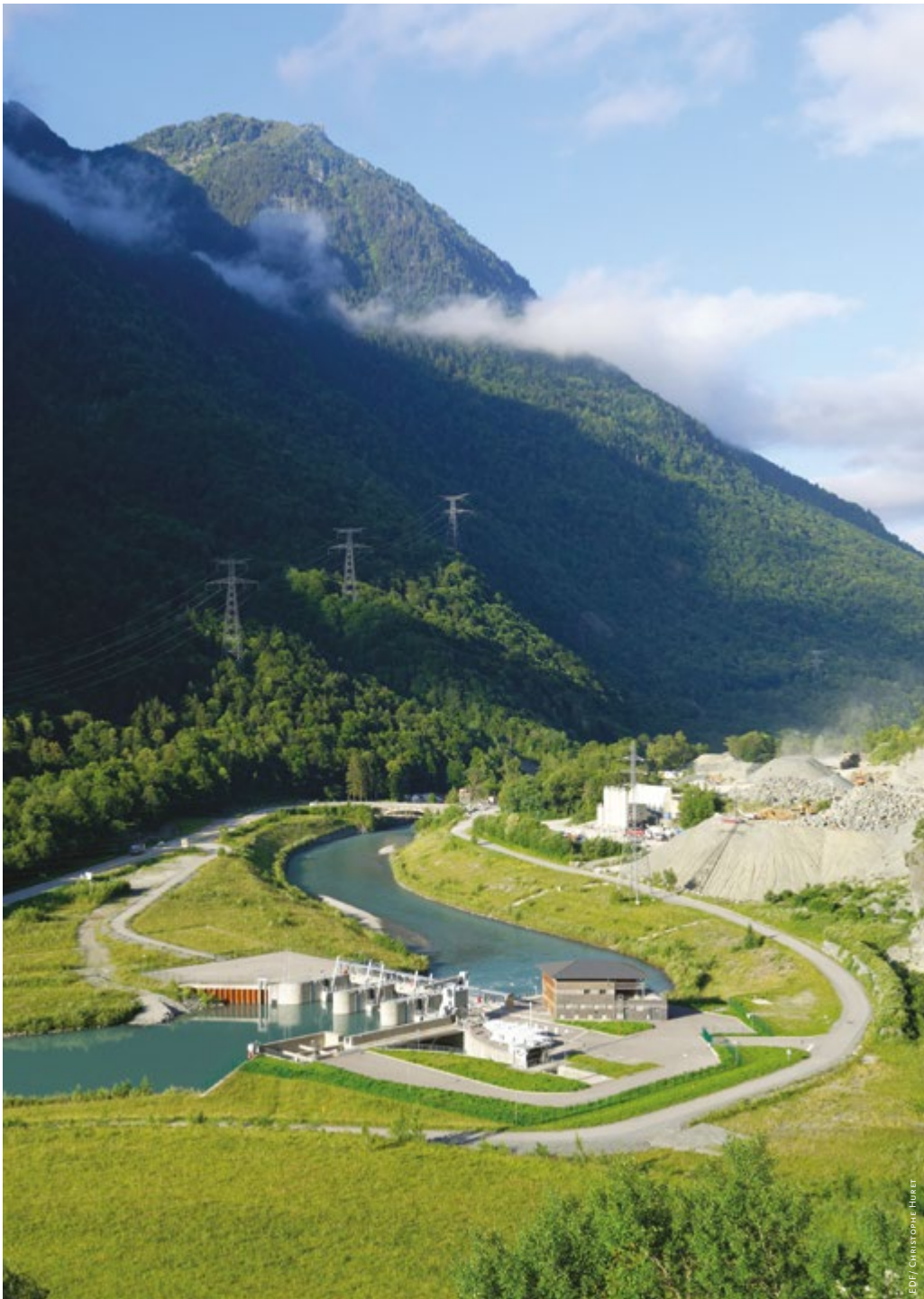
Sur le plan de la puissance, Eurostat distingue les centrales hydroélectriques selon trois catégories. Les "centrales hydrauliques pures" (pure hydro plants) regroupent les centrales hydroélectriques utilisant uniquement des apports directs d'eau naturels et ne disposant d'aucune capacité de stockage 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 tout ou partie

2

Production brute d'électricité d'origine hydraulique (hors pompage) dans les pays de l'Union européenne en 2019 et en 2020 (en TWh)

	2019	2020
Suède	65,371	72,389
France	56,914	62,062
Italie	46,319	47,552
Autriche	40,826	41,998
Espagne	24,646	30,507
Allemagne	19,731	18,322
Finlande	12,421	15,883
Roumanie	15,581	15,381
Portugal	8,818	12,083
Croatie	5,826	5,662
Slovénie	4,479	4,934
Slovaquie	4,356	4,517
Grèce	4,000	3,343
Bulgarie	2,929	2,820
Lettonie	2,108	2,603
Tchéquie	2,008	2,144
Pologne	1,958	2,118
Irlande	0,887	0,933
Lituanie	0,345	0,301
Belgique	0,302	0,267
Hongrie	0,219	0,244
Luxembourg	0,107	0,092
Pays-Bas	0,074	0,046
Estonie	0,019	0,030
Danemark	0,017	0,017
Total UE-27	320,261	346,248

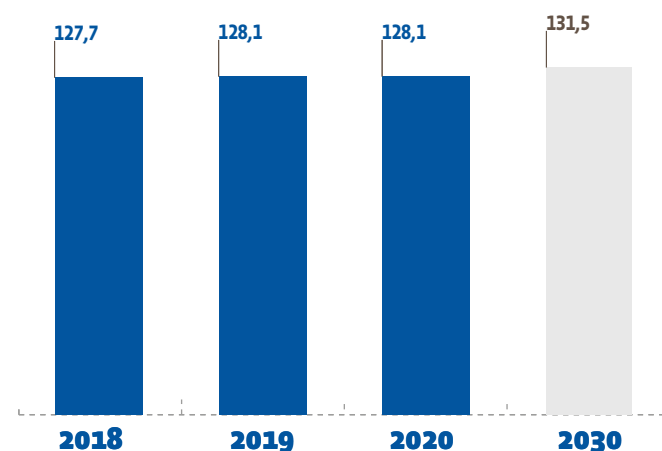
Source : Eurostat





3

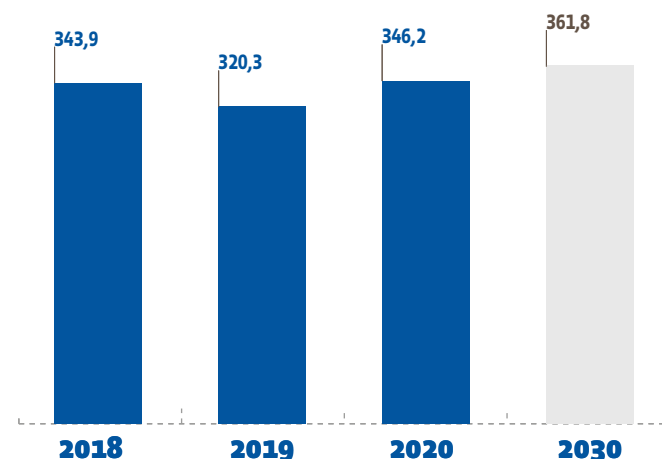
Projection EurObserv'ER de l'évolution de la puissance hydraulique nette installée (hors pompage pure) de l'Union européenne à 27 (en GW)



Source : EurObserv'ER

4

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



Source : EurObserv'ER

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 105 124 MW en 2020 (104 815 MW en 2019), tandis que la puissance nette maximum des centrales mixtes atteignait 22 990 MW en 2020 (23 323 MW en 2019). En prenant en compte uniquement les centrales hydroélectriques pures, les cinq pays les plus richement dotés (données 2020) sont la France (18 835 MW), la Suède (16 307 MW), l'Italie (15 443 MW), l'Espagne (13 704 MW) et l'Autriche (8 933 MW).

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

Dans l'Union européenne, le potentiel de croissance de la filière

dépend surtout de la modernisation des installations déjà existantes ainsi que de quelques nouveaux projets. Parmi les dernières réalisations, on peut citer la centrale hydroélectrique EDF de Romanche Gavet, située sur le cours de la Romanche, sur la commune de Livet-et-Gavet, dans le département de l'Isère, en France. Cette centrale au fil de l'eau possède une puissance de 97 MW. Elle comprend un barrage amont, à Livet, une galerie souterraine et une centrale hydroélectrique souterraine à Gavet. La concession d'exploitation a été obtenue le 31 décembre 2010 pour une durée de soixante ans et la centrale a été mise officiellement en service le 9 octobre 2020. Cette centrale remplace six petites centrales historiques dont la puissance cumulée était de 82 MW pour une production de 405 GWh. La nouvelle structure permettra d'augmenter cette production de 40 % tout en assurant la continuité piscicole de la Romanche grâce à la mise en place d'une passe à poissons sur l'équipement du barrage de Livet. D'autres projets plus importants sont en cours de finalisation dans l'Union européenne, comme le complexe hydroélectrique de Tâmega, au Portugal. 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 1 158 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. Elle est réversible, ce qui signifie qu'elle peut pomper l'eau du réservoir de Daivões dans le réservoir supérieur de Gouvães dans les périodes de surproduction d'électricité afin de la turbiner pendant les pics de consommation. Les centrales de Gouvães et Daivões ont commencé à fonctionner en 2021 et début 2022, et la mise en service d'Alto Tâmega est prévue pour 2024. Ce projet sera hybride puisque deux parcs éoliens, d'une puissance cumulée de 300 MW, seront construits à proximité du site et reliés à la station de pompage. Le complexe hydroélectrique permettra la production de 1 766 GWh et la capacité de stockage est suffisante pour alimenter 2 millions de ménages portugais pendant une journée. Ce projet de plus 1,5 milliards 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 pure) de 13 147 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 une puissance nette additionnelle (hors pompage pure) de 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. ↘

1

Puissance installée et puissance nette des centrales électriques géothermiques de l'Union européenne en 2019 et 2020 (en MW)*

	2019		2020	
	Puissance installée	Puissance nette	Puissance installée	Puissance nette
Italie	915,5	767,2	915,5	771,8
Allemagne	47,0	40,0	47,0	40,0
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	866,4	1 034,4	871,0
* Puissance électrique maximum nette. Sources : EurObserv'ER (puissance installée), Eurostat (puissance nette)				





2

Production brute d'électricité géothermique dans les pays de l'Union européenne en 2019 et 2020 (en GWh)

	2019	2020
Italie	6 074,9	6 026,1
Portugal	215,4	217,2
Allemagne	197,0	231,0
France*	128,5	133,2
Hongrie	18,0	16,0
Croatie	91,9	93,7
Autriche	0,2	0,1
Roumanie	0,0	0,0
Total UE-27	6 725,8	6 717,3

* Départements DROM inclus. Source : Eurostat

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

LA PRODUCTION DE CHALEUR

Les applications dans le domaine de la production de chaleur géothermique sont multiples. Le principal usage est le chauffage des habitations et des locaux commerciaux, mais d'autres applications sont possibles dans l'agriculture (chauffage de serres, séchage de produits agricoles, etc.), la pisciculture, le chauffage des piscines, le rafraîchissement, entre autres. Du fait de cette multiplicité d'usages, la puissance thermique

des installations ne fait pas toujours l'objet d'un suivi précis et régulier de la part des organismes statistiques officiels.

L'Egec (European Geothermal Energy Council) assure néanmoins un suivi de la puissance des réseaux de chaleur géothermiques en Europe. Selon l'Egec, l'Union européenne comptait 254 réseaux de chaleur en opération en 2020 correspondant à une puissance cumulée de 2 185,6 MW. Un seul nouveau projet a été mis en service. Il s'agit de Pozo Barrero en Espagne (2 MWth), à Mieres, réalisé par la société Husona. Ce projet de réseau de chaleur géothermique contribue à la reconversion de la région des Asturies (productrice de charbon). Cette faible activité dans l'Union européenne durant l'année s'explique selon l'Egec par un impact très important du Covid-19 sur le développement des projets de géothermie, ainsi que sur la mise

en place des réseaux de chaleur associés.

Les données de production de chaleur géothermique font l'objet d'un suivi statistique régulier 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 314,5 ktep en 2020 (309,2 ktep en 2019). S'ajoute la chaleur directement consommée par l'utilisateur final, estimée à 556 ktep en 2020 (583,7 ktep en 2019). Le total de la chaleur géothermique consommée dans l'UE à 27 s'établit donc à 870,5 ktep en 2020 (892,9 ktep en 2019).

LA PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ

À l'échelle de l'Union européenne, l'année 2020 n'a pas vu d'évolution particulière sur le plan des nouvelles mises en service de centrales géothermiques. Le compteur s'est finalement débloquent au début de l'année 2021. L'Allemagne, qui avait mis en service en juillet 2019 sa dernière centrale géothermique sur le site Holzkirchen (3,4 MW), dispose depuis janvier 2021 d'une nouvelle centrale géothermique, celle de Garching, située en Bavière. Cette centrale dispose d'une puissance électrique de 4,7 MWe et thermique de 6,9 MWth.

En Italie, le seul nouveau projet en construction est celui de Monterotondo 2, de 20 MWe. L'exploration de surface a été achevée avec succès en 2018 et des forages préliminaires sont en cours depuis août 2019, mais aucune date de mise en service n'a été annoncée. Au Portugal, pas d'évolution notable prévue pour les prochaines

années, hormis une extension de la puissance de Ribeira Grande de 28,7 à 30 MWe. En revanche, de nouveaux projets sont attendus en Croatie. En septembre 2020, MB Holding a signé un accord avec la société locale de conception de projets Ekoneg pour la conception de sa future centrale géothermique de 19,9 MW. La centrale électrique à cycle organique de Rankine (ORC) sera construite à Legrad, près de la ville de Koprivnica, dans le nord de la Croatie, et produira environ 165 GWh d'électricité par an. La filière croate de production d'électricité géothermique est relativement récente. Le pays dispose depuis 2018 de sa première centrale géothermique, Velika 1, sur le site de Bjelovar, une centrale qui a une turbine de 16,5 MW qui délivre une puissance nette de 10 MW et une production théorique de 76 GWh. Cette centrale a officiellement été mise en service en novembre 2019.

Aucune capacité supplémentaire n'ayant été mise en service en 2020, la puissance géothermique électrique installée de l'Union européenne est restée, selon EurObserv'ER, à 1034,4 MW. La puissance nette, qui est la puissance maximale présumée exploitable, est, elle, estimée par Eurostat à 871 MW en 2020 (soit 4,6 MW de plus qu'en 2019).

Toujours selon Eurostat, la production brute d'électricité géothermique est restée stable entre 2019 et 2020 à l'échelle de l'Union européenne à 6,7 TWh (-0,1%). La légère baisse de la production italienne, qui représente près de 90% de la production d'électricité totale, a été compensée par une augmentation de la production d'électricité géothermique allemande.

3

Puissance des réseaux de chaleur géothermiques installés dans les pays de l'Union européenne en 2019 et en 2020 (en MWth)

	2019	2020
France	657,9	657,9
Allemagne	344,0	344,0
Pays-Bas	297,7	297,7
Hongrie	256,4	256,4
Italie	170,6	172,6
Autriche	105,2	105,2
Roumanie	88,0	88,0
Pologne	61,9	61,9
Suède	44,0	44,0
Danemark	33,2	33,2
Belgique	25,0	25,0
Croatie	22,1	22,1
Slovaquie	17,5	17,5
Grèce	17,0	17,0
Lituanie	13,6	13,6
Slovénie	12,7	12,7
Tchéquie	8,0	8,0
Espagne	7,6	7,6
Chypre	1,3	1,3
Finlande	0,0	0,0
Irlande	0,0	0,0
Total UE-27	2 183,6	2 185,6

Source : Egec (European Geothermal Energy Council)

UN FORT REBOND ATTENDU DANS LES ANNÉES À VENIR

2020 n'a pas été une grande année pour la géothermie dans les pays de l'Union européenne, que ce soit au niveau de la mise en service de nouveaux réseaux de chaleur et de nouvelles centrales électriques.

Selon l'Egec, l'absence ponctuelle en 2020 de nouvelles centrales géothermiques dans l'UE s'explique à la fois par la pandémie de Covid-19 et par le manque de soutien et de cadre réglementaire pour accompagner la filière. Cependant, des projets existent et les décennies à venir pourraient être très différentes, à condition que



Consommation de chaleur provenant d'énergie géothermique dans les pays de l'Union européenne en 2019 et 2020 (en ktep)

	2019			2020		
	Total	dont consommation finale d'énergie	dont chaleur dérivée*	Total	dont consommation finale d'énergie	dont chaleur dérivée*
France	195,0	40,2	154,8	201,4	40,2	161,2
Pays-Bas	132,9	132,9	0,0	147,7	147,7	0,0
Italie	151,6	130,8	20,8	140,6	119,7	20,8
Hongrie	136,0	67,6	68,4	128,5	62,3	66,2
Allemagne	122,3	81,0	41,4	122,4	81,5	40,9
Bulgarie	35,1	35,1	0,0	35,7	35,7	0,0
Pologne	25,1	25,1	0,0	25,6	25,6	0,0
Autriche	22,6	11,4	11,2	24,1	11,8	12,3
Roumanie	30,8	25,0	5,8	11,9	5,8	6,1
Slovénie	14,4	13,9	0,5	10,9	10,5	0,5
Croatie	7,2	7,2	0,0	7,2	7,2	0,0
Grèce	10,3	10,3	0,0	5,6	5,6	0,0
Slovaquie	5,6	1,4	4,2	5,0	0,7	4,3
Belgique	1,3	0,0	1,3	1,6	0,0	1,6
Portugal	1,7	1,7	0,0	1,3	1,3	0,0
Danemark	0,8	0,0	0,8	0,5	0,0	0,5
Espagne	0,2	0,2	0,0	0,2	0,2	0,0
Total UE-27	892,9	583,7	309,2	870,5	556,0	314,5

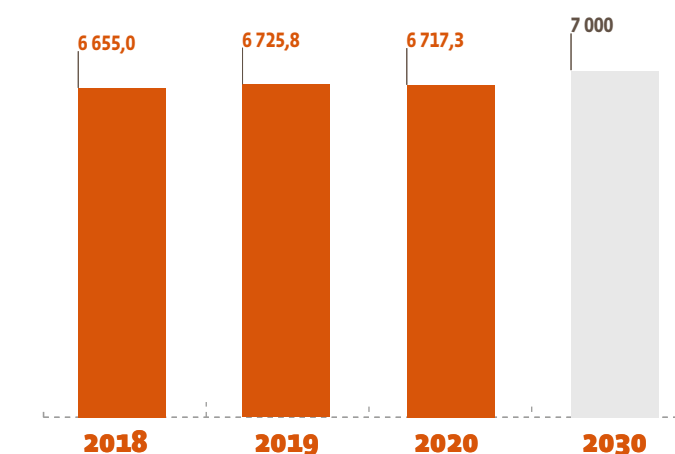
* Production brute de chaleur dans le secteur de la transformation. Source: Eurostat

les bonnes conditions soient réunies pour permettre à la filière de se consolider sur de nouveaux marchés et de poursuivre sa croissance sur les marchés établis. Sur la partie réseau de chaleur, le manque d'activité de l'année 2020, qui est là aussi une conséquence

directe de la pandémie, n'est pas significatif de l'activité observée ces dernières années, en particulier aux Pays-Bas, en France et en Allemagne. L'Egec, dans le cadre de son rapport 2020 "Geothermal Market Report", s'attend à un fort rebond dans les années à venir,

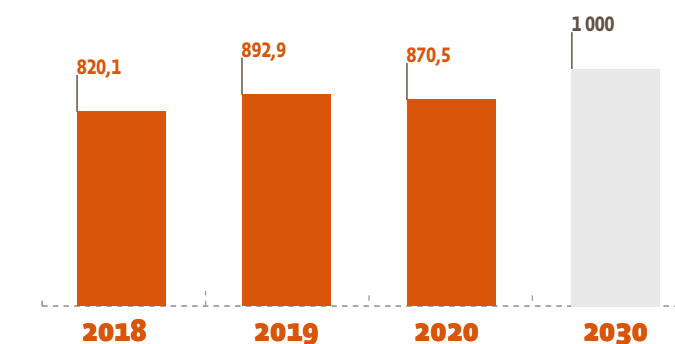
en particulier avec la nouvelle politique mettant l'accent sur le chauffage et le refroidissement renouvelables dans le green deal européen. Partout en Europe, l'association observe une tendance au déploiement d'infrastructures de chauffage et de refroidissement

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



Source: EurObserv'ER

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

Les pompes à chaleur (PAC) sont perçues par les pouvoirs publics comme l'une des technologies clés pour atteindre la neutralité carbone en 2050; la filière européenne se dit prête à relever le défi. Les données de marché 2020 des PAC à l'échelle de l'Union européenne confirment la montée en puissance de cette technologie sur le segment du chauffage.

L'évolution du marché du segment des PAC air-air réversibles est plus spécifique, selon les zones climatiques. Elle dépend davantage des besoins de rafraîchissement dans les pays du Sud et des besoins de chauffage dans les pays à climat froid. À l'échelle de l'UE, ce segment de marché a augmenté plus légèrement en 2020 du fait de moins bonnes performances en Italie et en Espagne.

ISOLATION ET POMPE À CHALEUR, LE DUO GAGNANT

Dans la stratégie européenne proposée pour l'intégration des systèmes énergétiques, la Commission prévoit que 40% de tous les bâtiments résidentiels et 65% de tous les bâtiments commerciaux

seront chauffés à l'électricité d'ici 2030. Les pompes à chaleur électriques devraient donc jouer un rôle central dans la décarbonation du chauffage et du refroidissement au cours de la décennie. Dans le logement neuf, grâce à des réglementations thermiques plus contraignantes, les systèmes de PAC sont déjà devenus le premier mode de chauffage pour de nombreux pays européens. C'est notamment le cas en France et dans les pays du nord de l'Europe. Dans ce domaine, la Suède fait figure de précurseur: son mix électrique est quasi exclusivement bas carbone (énergies renouvelables et nucléaire), le fioul et surtout le gaz ont été presque éradiqués du segment du chauffage résidentiel. Cette stratégie suppose également de faire des pompes à chaleur une technologie de prédilection en rénovation. Pour ce faire, il est indispensable d'augmenter le nombre et la qualité des bâtiments rénovés dans lesquels les pompes à chaleur peuvent offrir un confort thermique optimal avec des factures énergétiques maîtrisées. Actuellement, environ 35% des bâtiments de l'UE ont plus de 50 ans

et près de 75% du parc immobilier est inefficace sur le plan énergétique, tandis que seulement 0,4 à 1,2% (selon les pays) du parc immobilier est rénové chaque année. Les fabricants proposent déjà dans leur catalogue des pompes à chaleur à haute température capables d'élever la température de l'eau alimentant le circuit de chauffage à 65 °C (contre 45 °C pour les PAC dites à basse température). Ces PAC sont conçues pour fonctionner avec des radiateurs dits à haute température. Leur installation est donc indiquée dans le cadre d'une rénovation, en remplacement d'une chaudière gaz ou fioul, dans des habitations dont l'isolation n'est pas optimale. Une alternative pour le marché de la rénovation est l'installation d'une PAC hybride combinant une PAC de type air-eau et une chaudière à condensation.

LES PAC AÉROTHERMIQUES DOMINENT LE MARCHÉ

Le marché des pompes à chaleur, dans son acception large, destinées à la production de chaleur ou aux besoins de rafraîchissement, est en augmentation en 2020. Selon



EurObserv'ER, plus de 4,3 millions de PAC ont été vendues durant l'année 2020 dans l'Union européenne, toutes gammes de puissance et toutes technologies confondues, soit une augmentation de 3,4% par rapport à 2019 (4,2 millions d'unités vendues, chiffre révisé). Ces chiffres sont avant tout représentatifs des marchés résidentiels et tertiaires (représentant une gamme de puissance allant de quelques kilowatts à quelques dizaines), le marché des PAC de moyenne et de grande puissances étant beaucoup plus limité.

Les PAC aérothermiques de type air-air représentent toujours l'essentiel des ventes sur le marché européen, avec, selon

EurObserv'ER, plus de 3,6 millions de pièces vendues en 2020, soit un volume de vente du même ordre qu'en 2019 (hausse de 1,3% entre 2019 et 2020). Il convient de préciser que cette tendance est avant tout représentative des pays où les besoins de rafraîchissement estivaux sont significatifs. L'Italie, l'Espagne, le Portugal et la France concentrent en effet à eux quatre 80,8% des systèmes air-air nouvellement installés en Europe.

Le marché des PAC aérothermiques sur vecteur eau répond quant à lui spécifiquement aux besoins de chauffage. Les ventes sur ce segment de marché sont à nouveau en forte progression, en dépit d'une année marquée par la

pandémie de Covid-19. Elles augmentent de 15,2% pour atteindre 578 876 pièces vendues (recensées dans 21 pays), soit 76 288 systèmes de plus qu'en 2019. La croissance de ce segment de marché a été particulièrement importante en Pologne avec de nouveau un doublement des ventes entre 2019 et 2020 (+ 108%). Elle a également été significative au Danemark (+ 50,6%), en Allemagne (+ 44%), en Belgique (+ 35,6%) et en Suède (+ 34%).

Pas moins de dix pays ont enregistré un taux de croissance à deux chiffres sur ce segment de marché. 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 2019, le marché augmente de 9,1% pour atteindre 100 838 unités vendues. Cependant, la tendance de ce segment de marché n'est pas la même selon les pays. La croissance positive de ce segment de marché s'explique essentiellement par un marché néerlandais en plein



essor (+ 64,6 % par rapport à 2019) qui présente désormais un niveau d'installation proche des marchés allemands et suédois. Parmi les principaux marchés, une croissance à deux chiffres entre 2019 et 2020

a également été observée sur les marchés belge (+ 23 %) et allemand (+ 16,8 %), ce dernier pays offrant de généreuses subventions pour des appareils de chauffage performants utilisant les énergies renouvelables.

Le marché des PAC géothermiques est en revanche en retrait en Suède (- 6,3 % par rapport à 2019) et en Finlande (- 3,8 % par rapport à 2019), deux pays où les PAC air-eau ont gagné des parts de marché.

UN PARC EUROPÉEN DE PRÈS DE 42 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 Eur-Observ'ER, le parc cumulé des

PAC installées dans les pays de l'Union européenne serait de l'ordre de 41,9 millions de pièces (40,1 millions de PAC aérothermiques et 1,8 million de PAC géothermiques). Ce chiffre

1

Marché de la pompe à chaleur aérothermique de l'Union européenne en 2019 et 2020* (nombre d'unités vendues)

	2019				2020*			
	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	1 614 016	1 563 659	50 356	0	1 574 000	1 526 000	48 000	0
France	904 653	728 433	176 220	0	987 626	812 404	175 222	0
Espagne	446 926	395 173	51 753	0	400 373	351 275	49 098	0
Pays-Bas	154 255	120 761	33 494	0	230 309	187 870	42 439	0
Portugal	234 557	234 065	492	0	222 837	222 389	448	0
Allemagne	83 270	0	66 770	16 500	121 770	0	96 170	25 600
Suède	97 380	70 000	10 994	16 386	103 667	70 000	14 727	18 940
Belgique	103 058	94 380	8 678	0	98 487	86 723	11 764	0
Finlande	89 217	79 033	6 345	3 839	93 649	82 188	7 892	3 569
Malte	71 933	71 933	0	0	70 236	70 236	0	0
Danemark	57 998	48 853	8 945	200	62 571	48 893	13 474	204
Pologne	31 314	11 018	20 286	10	54 125	11 924	42 201	0
Slovaquie	48 593	45 640	2 916	37	42 274	38 626	3 648	0
Grèce	29 878	27 586	2 292	0	40 224	37 138	3 086	0
Tchéquie	29 130	7 500	21 563	67	30 182	7 500	22 615	67
Slovénie	29 929	23 429	6 500	0	25 446	18 946	6 500	0
Autriche	18 192	228	17 964	0	20 434	237	20 197	0
Lituanie	21 626	13 091	8 535	0	19 940	12 450	7 490	0
Estonie	15 010	13 700	1 280	30	14 980	13 700	1 280	0
Irlande	14 397	6 892	7 045	460	14 397	6 892	7 045	460
Hongrie	2 850	2 850	0	0	5 820	400	5 420	0
Luxembourg	160	0	160	0	160	0	160	0
Total UE-27	4 098 342	3 558 224	502 588	37 529	4 233 507	3 605 791	578 876	48 840

* Estimation. Note: Les données de marché des PAC aérothermiques de l'Italie, de la France, de l'Espagne, du Portugal et de Malte ne sont pas directement comparables à celles des autres pays, car contrairement à eux, elles incluent une part importante de PAC réversibles de type air-air dont la fonction principale est le rafraîchissement. Seules sont prises en compte les PAC respectant les critères d'efficacité (facteur de performance saisonnier) définis par la directive 2009/28/CE. Les données de marché de la Roumanie, la Bulgarie, la Lettonie 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 2019 et 2020** (nombre d'unités vendues)

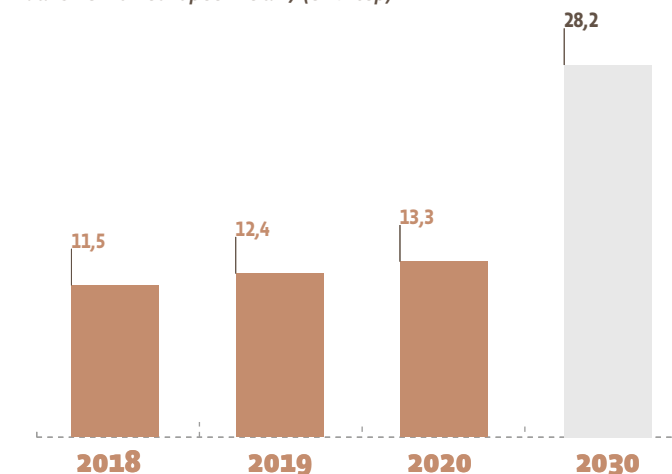
	2019	2020
Suède	25 343	23 757
Allemagne	19 000	22 200
Pays-Bas	11 755	19 349
Finlande	8 988	8 644
Pologne	6 710	5 622
Autriche	4 690	4 581
Belgique	2 595	3 193
France	3 475	3 005
Danemark	2 251	2 308
Estonie	1 750	1 750
Tchéquie	1 417	1 440
Italie	753	1 242
Grèce	1 008	1 000
Slovénie	930	924
Lituanie	702	580
Hongrie	335	347
Irlande	316	316
Espagne	199	236
Slovaquie	149	216
Luxembourg	64	64
Portugal	28	64
Total UE-27	92 458	100 838

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

**Parc des pompes à chaleur en opération dans l'Union européenne en 2019 et en 2020***

	2019			2020		
	PAC aéro-thermiques	PAC géo-thermiques	Total PAC	PAC aéro-thermiques	PAC géo-thermiques	Total PAC
Italie	18 222 141	14 903	18 237 044	17 949 738	16 145	17 965 883
France	7 457 091	205 195	7 662 286	8 444 717	208 200	8 652 917
Espagne	4 157 961	3 256	4 161 217	4 558 334	3 492	4 561 826
Suède	1 349 857	551 776	1 901 633	1 441 828	561 033	2 002 861
Portugal	1 870 935	909	1 871 844	1 937 887	909	1 938 796
Allemagne	762 336	392 784	1 155 120	878 829	411 198	1 290 027
Finlande	836 620	127 964	964 584	930 269	136 608	1 066 877
Pays-Bas	661 480	70 708	732 188	889 944	87 912	977 856
Danemark	380 995	68 997	449 992	445 455	72 453	517 908
Malte	425 237	0	425 237	485 289	0	485 289
Belgique	321 593	15 804	337 397	420 080	18 997	439 077
Grèce	314 434	6 536	320 970	354 658	7 536	362 194
Slovénie	237 826	12 730	250 556	251 044	13 654	264 698
Autriche	126 246	109 669	235 915	146 394	112 379	258 773
Pologne	112 950	60 196	173 146	167 075	65 818	232 893
Bulgarie	214 971	4 272	219 243	214 971	4 272	219 243
Tchéquie	150 440	26 316	176 756	180 622	27 756	208 378
Estonie	161 747	17 625	179 372	176 727	19 375	196 102
Slovaquie	94 586	3 964	98 550	136 860	4 180	141 040
Lituanie	43 551	4 160	47 711	63 491	4 749	68 240
Irlande	36 436	4 722	41 158	50 833	5 038	55 871
Hongrie	12 800	2 745	15 545	18 620	3 092	21 712
Luxembourg	1 759	806	2 565	1 919	870	2 789
Total UE-27	37 953 992	1 706 037	39 660 029	40 145 584	1 785 666	41 931 250

* Estimation. Note: Les données du marché des PAC aérothermiques de l'Italie, de la France, de l'Espagne, du Portugal et de Malte ne sont pas directement comparables à celles des autres pays, car contrairement à eux, elles incluent une part importante de PAC réversibles de type air-air dont la fonction principale est le rafraîchissement. Seules sont prises en compte les PAC respectant les critères d'efficacité (facteur de performance saisonnier) définis par la directive 2009/28/CE. Source : EurObserv'ER

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

* Production d'énergie renouvelable selon les critères définis par la directive énergie renouvelable 2009/28/CE. Source : EurObserv'ER

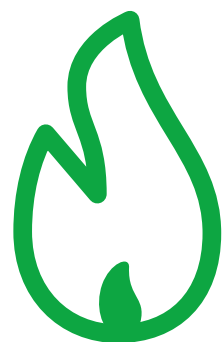
n'est pas représentatif des seuls usages liés au chauffage, mais des usages de refroidissement et de chauffage, dans la mesure où les coefficients de performance des systèmes respectent les critères définis par la directive énergie renouvelable. Les PAC ne satisfaisant pas ces critères ne sont pas prises en compte. À titre d'indication, l'Ehpa, dans son rapport 2021 "European Heat Pump Market and Statistics", estime que le parc total en opération des PAC assurant une fonction principale de chauffage était en 2020 de l'ordre de 14,86 millions en Europe (ventes cumulées de 1997 à 2020). Cette estimation signifie qu'environ deux tiers du parc de PAC répondraient en premier lieu à des besoins de rafraîchissement.

L'HEURE DES CHOIX

Les PAC sont non seulement identifiées comme une technologie clé susceptible de décarboner le secteur du bâtiment, 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 est estimée à 13 316 ktep en 2020, soit 922,9 ktep de plus par rapport à 2019. C'est la filière qui a le plus contribué à l'augmentation de la chaleur (et rafraîchissement) renouvelable dans l'Union européenne à 27. En 2020, elle représentait 12,7 % du total de la chaleur et du refroidissement renouvelables (11,9 % en 2019). 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 indispensable 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 dû 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). Les matières végétales brutes peuvent inclure des cultures énergétiques ou alimentaires avec des limites concernant les seuils d'incorporations (exemple : seuil de 15 % en France).

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 de la biomasse solide (bois, réma-

nents 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.

14,7 MILLIONS DE TEP DE BIOGAZ PRODUITS DANS L'UNION EUROPÉENNE

La production d'énergie primaire issue de biogaz à l'échelle de l'Union européenne des 27 est de nouveau dans une dynamique ascendante. Après avoir légèrement diminué en 2018 (- 0,3 % entre 2017 et 2018), la production est repartie à la hausse en 2019 (+ 2,1 % par rapport à 2018) et en 2020 (+ 4 % par rapport à 2019) pour atteindre 14 716,1 ktep en 2020. En 2020, le biogaz de méthanisation de déchets non dangereux et de matières brutes végétales (catégorie "autres biogaz") représente la part la plus importante de cette production (80,2 %) devant le biogaz de décharge (11,2 %), le gaz de digestion des boues (7,8 %) et le biogaz thermique (0,8 %).

Le gain de production est de 569 ktep entre 2019 et 2020, soit le plus important depuis 2014. Cinq principaux pays sont à l'origine de cette relance de la production, parmi lesquels la France (+ 160,5 ktep entre 2019 et 2020), l'Allemagne (+ 151 ktep), le Danemark (+ 115,5 ktep), les Pays-Bas (+ 59,5 ktep) et l'Espagne (+ 32,4 % ktep). Tous ces pays présentent des niveaux de croissance à deux chiffres entre 2019 et 2020 (+ 29,2 % pour le Danemark, + 16,7 % pour les Pays-Bas, + 16,5 % pour la France, + 11,1 % pour l'Espagne), hormis l'Allemagne (+ 2 %). Cette augmentation plus faible s'explique par l'importance de la filière biogaz en Allemagne, qui représente à elle seule plus de la moitié de la production de l'Union européenne (7 744,8 ktep en 2020). 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") reste le principal contributeur à l'augmentation de la production de biogaz à l'échelle de l'Union européenne (+ 427,1 ktep entre 2019 et 2020),

devant le biogaz de décharge (+ 140,8 ktep) et le biogaz de digestion des boues (+ 21,1 ktep). Le biogaz "thermique" est quant à lui en retrait (- 20 ktep). Cette diminution est principalement le fait d'une moindre production en Finlande, pays précurseur qui concentre l'essentiel de la production de l'Union européenne (106 ktep sur un total de 116,2 ktep

en 2020). 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. La base de données Eurostat recense également des données de production de "biogaz provenant de

procédé thermique" pour deux autres pays, l'Italie et la Belgique. D'autres pays disposent d'une filière de production de biogaz thermique mais, du fait d'un trop petit nombre d'acteurs (règle du secret statistique), font le choix de ne pas distinguer cette production du biogaz de méthanisation.

Le biogaz, une fois produit, est transformé selon les besoins en différents vecteurs énergétiques (chaleur, électricité ou biométhane) pour être consommé sous forme d'énergie finale. La chaleur seule peut être obtenue en brûlant le biogaz dans une chaudière à gaz adaptée à sa teneur en méthane. Sa combustion dans un moteur à gaz adapté ou une petite turbine permet de produire de l'électricité injectée sur le réseau, le plus souvent en cogénération (avec une production de chaleur associée) afin de limiter les pertes énergétiques. 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 soit être valorisé sur place sous forme d'électricité, de chaleur ou même de biocarburant utilisé par les véhicules



Soussap Biogas



Production d'énergie primaire de biogaz de l'Union européenne en 2019 et en 2020 (en ktep)

	2019					2020				
	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	103,7	487,6	7 002,5	0,0	7 593,7	92,3	481,7	7 170,8	0,0	7 744,8
Italie	328,7	51,0	1 625,7	7,7	2 013,2	281,2	51,3	1 678,6	6,7	2 017,9
France	286,4	38,9	648,0	0,0	973,3	311,7	21,4	800,7	0,0	1 133,8
Tchéquie	20,4	43,6	517,1	0,0	581,2	19,9	42,0	532,6	0,0	594,5
Danemark	395,1	0,0	0,0	0,0	395,1	510,6	0,0	0,0	0,0	510,6
Pays-Bas	10,4	62,7	283,1	0,0	356,2	9,9	66,7	339,0	0,0	415,7
Espagne	72,2	66,7	152,2	0,0	291,0	137,0	115,0	71,3	0,0	323,4
Pologne	41,9	120,6	136,0	0,0	298,5	49,6	121,1	151,7	0,0	322,4
Belgique	17,4	26,3	183,2	4,7	231,6	17,1	26,9	196,4	3,4	243,9
Autriche	1,2	33,7	179,6	0,0	214,6	1,1	26,1	183,4	0,0	210,6
Suède	5,9	77,8	97,8	0,0	181,5	5,8	76,2	103,8	0,0	185,8
Finlande	15,5	17,8	30,5	123,8	187,5	12,8	17,1	33,0	106,0	169,0
Grèce	67,0	20,0	38,0	0,0	125,0	61,1	21,8	52,4	0,0	135,3
Slovaquie	4,9	7,9	130,1	0,0	142,9	5,7	7,5	117,6	0,0	130,9
Hongrie	10,5	28,8	51,2	0,0	90,4	9,8	29,3	50,3	0,0	89,4
Croatie	5,7	3,3	73,2	0,0	82,2	6,8	2,9	73,5	0,0	83,1
Portugal	65,1	6,4	8,6	0,0	80,1	65,7	6,9	10,1	0,0	82,7
Lettonie	7,5	2,2	70,9	0,0	80,6	7,7	1,8	70,7	0,0	80,2
Bulgarie	0,0	5,2	45,7	0,0	51,0	0,0	6,1	47,2	0,0	53,3
Irlande	31,1	11,2	7,6	0,0	50,0	28,9	9,7	13,7	0,0	52,3
Lituanie	8,7	6,8	23,4	0,0	39,0	6,5	7,2	24,9	0,0	38,6
Slovénie	1,5	1,2	19,5	0,0	22,2	1,4	1,2	24,4	0,0	27,0
Estonie	1,5	6,6	5,9	0,0	13,9	1,6	7,4	10,8	0,0	19,9
Roumanie	0,0	0,0	19,0	0,0	19,0	0,0	0,0	18,4	0,0	18,4
Luxembourg	0,0	1,8	16,2	0,0	18,0	0,0	1,3	16,6	0,0	18,0
Chypre	1,1	0,7	12,0	0,0	13,8	0,0	0,8	12,5	0,0	13,3
Malte	0,0	0,0	1,6	0,0	1,6	0,0	0,0	1,3	0,0	1,3
Total UE-27	1 503,8	1 128,6	11 378,6	136,2	14 147,2	1 644,6	1 149,7	11 805,7	116,2	14 716,1

Source : Eurostat

fonctionnant au gaz fossile (bio-GNV). Il peut également, quand c'est économiquement possible, être injecté dans le réseau et valorisé de la même manière que peut l'être le gaz fossile, sous forme d'électricité ou de carburant. D'un point de vue statistique, l'électricité et la chaleur produites à partir de biométhane mélangé dans le réseau de gaz fossile ne sont, sauf choix contraire (exemple : Allemagne), pas comptabilisées directement dans les indicateurs officiels de production d'électricité ou de chaleur biogaz, qui correspondent à une utilisation de biogaz pur. La production d'électricité et de chaleur issue de biométhane mélangé dans le réseau de gaz fossile fait cependant l'objet d'une comptabilité spécifique, afin qu'elle soit prise en compte dans les objectifs énergies renouvelables des États membres.

Selon Eurostat, la production d'électricité biogaz a légèrement augmenté entre 2019 et 2020 (+ 1,4 %), de 55,0 TWh à 55,8 TWh, principalement du fait d'une hausse de la production en Allemagne (+ 543 GWh), en France (+ 153,8 GWh) et en Pologne (+ 98,8 GWh). La part d'électricité supplémentaire issue du biométhane mélangé au réseau de gaz fossile est estimée à 680,3 GWh en 2020 (532,9 GWh en 2019).

La production de chaleur issue du secteur de la transformation (qui transite par un réseau de chaleur) a progressé plus rapidement entre 2019 et 2020 (+ 4,4 %), une croissance suffisante pour atteindre le seuil du Mtep en 2020 (1,0 Mtep). La production supplémentaire liée au biométhane mélangé dans le réseau de gaz fossile est estimée à 66,7 ktep (49,6 ktep en



2

Production brute d'électricité à partir de biogaz pur et à partir de biogaz mélangé dans le réseau de l'Union européenne en 2019 et en 2020 (en GWh)

	2019				2020			
	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	6 792,0	26 160,0	32 952,0	0,0	6 896,0	26 599,0	33 495,0	0,0
Italie	2 862,9	5 413,7	8 276,6	0,0	2 727,2	5 439,2	8 166,4	0,0
France	338,8	2 250,7	2 589,5	99,7	293,0	2 450,3	2 743,3	172,7
Tchéquie	41,6	2 486,5	2 528,1	0,0	37,4	2 559,0	2 596,4	0,0
Pologne	0,0	1 135,0	1 135,0	0,0	0,0	1 233,9	1 233,9	0,0
Belgique	77,3	869,5	946,8	0,5	68,6	946,0	1 014,6	2,1
Espagne	699,0	205,0	904,0	21,1	699,0	182,0	881,0	20,5
Pays-Bas	21,3	873,8	895,1	197,1	13,9	856,0	869,8	273,2
Danemark	0,8	631,9	632,6	176,5	0,9	676,5	677,4	174,9
Autriche	569,8	42,1	611,9	17,3	579,2	49,5	628,7	14,5
Slovaquie	115,0	419,0	534,0	0,0	95,0	415,0	510,0	0,0
Croatie	34,5	366,7	401,2	0,0	39,1	380,3	419,4	0,0
Grèce	46,8	330,7	377,5	0,0	55,0	348,9	403,9	0,0
Lettonie	0,0	352,4	352,4	0,0	0,0	344,7	344,7	0,0
Hongrie	82,0	239,0	321,0	4,9	65,0	259,0	324,0	4,9
Finlande	161,7	201,5	363,2	15,0	130,3	166,3	296,7	15,8
Portugal	246,1	18,3	264,5	0,0	240,6	18,9	259,5	0,0
Bulgarie	80,2	150,5	230,7	0,0	67,5	158,1	225,6	0,0
Irlande	130,1	55,4	185,5	0,0	116,9	61,7	178,6	0,3
Lituanie	0,0	154,4	154,4	0,0	0,0	149,4	149,4	0,0
Slovénie	1,2	93,1	94,4	0,0	1,3	111,7	113,0	0,0
Luxembourg	0,0	71,2	71,2	0,9	0,0	62,8	62,8	1,4
Chypre	0,0	57,9	57,9	0,0	0,0	60,6	60,6	0,0
Roumanie	24,4	29,5	53,8	0,0	32,2	20,9	53,0	0,0
Estonie	0,0	38,8	38,8	0,0	0,0	31,0	31,0	0,0
Suède	0,0	17,0	17,0	0,0	0,0	10,0	10,0	0,0
Malte	0,0	6,4	6,4	0,0	0,0	5,9	5,9	0,0
Total UE-27	12 325,5	42 670,0	54 995,5	532,9	12 158,1	43 596,6	55 754,7	680,3

Note: Certains pays, comme l'Allemagne, comptabilisent la production d'électricité issue du biogaz mélangé dans le réseau de gaz fossile dans la production d'électricité des centrales utilisant du biogaz pur. Source: Eurostat

2019). La consommation d'énergie finale directement utilisée dans l'industrie et les autres secteurs (agricole notamment) augmente à un rythme proche (+ 4,2 %), de 2 461,8 ktep en 2019 à 2 554,1 ktep en 2020. La consommation d'énergie finale dans les deux secteurs du biogaz mélangé dans le réseau de gaz fossile est estimée à 430,4 ktep (265 ktep en 2019).

Selon l'Association européenne pour le biogaz (EBA), le nombre de centrales produisant du biométhane augmente rapidement en Europe. Dans son rapport "EBA Statistical Report 2021", elle en recense 880 en opération en 2020. La production de ces centrales serait de l'ordre de 32 TWh (un peu moins de 2,8 Mtep). La France est actuellement le pays de l'Union européenne le plus actif en matière de construction d'unités de biométhane. D'après les données officielles du "Tableau de bord – Biométhane injecté dans les réseaux de gaz" du Service des données et études statistiques (Sdes), le pays comptait au 31 décembre 2020, 214 installations ayant injecté du biométhane dans les réseaux de gaz fossile. Leur capacité s'élève à 3,9 TWh/an, en progression de 73 % par rapport à fin 2019. Une capacité supplémentaire de 1 658 GWh/an a été installée au cours de l'année 2020, en nette hausse par rapport à l'année 2019 (876 GWh/an). Le nombre de nouvelles installations est en forte augmentation. Il était de 47 en 2019, 91 en 2020 et de 104 dans les trois premiers trimestres de 2021. Ainsi au 30 septembre 2021, 317 installations ont injecté du biométhane en France. Leur capacité s'élève à 5,8 TWh/an, en progression



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 2019 et en 2020 (en ktep)

	2019				2020			
	Unités de chaleur seule	Unités de cogénération	Total biogaz pur	Biogaz mélangé au réseau	Unités de chaleur seule	Unités de cogénération	Total biogaz pur	Biogaz mélangé au réseau
Allemagne	10,5	382,6	393,1	0,0	10,6	411,6	422,1	0,0
Italie	0,1	274,2	274,3	0,0	0,1	274,1	274,1	0,0
France	1,8	68,1	69,9	4,0	1,5	74,3	75,8	7,8
Danemark	1,9	46,7	48,6	37,6	2,6	51,1	53,7	50,0
Pologne	0,4	23,6	24,0	0,0	0,7	21,4	22,2	0,0
Belgique	0,0	12,9	12,9	0,0	0,0	21,2	21,2	0,0
Lettonie	0,1	19,2	19,3	0,0	0,4	19,4	19,7	0,0
Finlande	5,4	15,5	20,9	2,0	5,4	13,6	19,0	2,1
Slovaquie	0,8	15,2	16,0	0,0	0,9	16,4	17,3	0,0
Tchéquie	0,0	17,0	17,0	0,0	0,0	17,0	17,0	0,0
Croatie	0,0	12,3	12,3	0,0	0,0	12,6	12,6	0,0
Pays-Bas	0,0	8,9	8,9	4,4	0,0	9,7	9,7	5,0
Suède	6,0	5,2	11,2	0,0	2,4	3,8	6,2	0,0
Autriche	0,7	3,8	4,5	1,1	1,3	4,3	5,6	1,0
Bulgarie	0,0	5,2	5,2	0,0	0,0	4,5	4,5	0,0
Slovénie	0,0	4,4	4,4	0,0	0,0	4,4	4,4	0,0
Roumanie	3,0	1,7	4,7	0,0	2,6	1,3	3,9	0,0
Hongrie	0,0	3,0	3,0	0,4	0,0	3,1	3,1	0,4
Estonie	0,2	1,6	1,8	0,0	0,4	2,4	2,8	0,0
Luxembourg	0,0	2,5	2,5	0,2	0,0	2,6	2,6	0,3
Lituanie	0,0	2,5	2,5	0,0	0,0	2,3	2,3	0,0
Chypre	0,0	1,2	1,2	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	31,0	927,2	958,2	49,6	28,9	971,8	1 000,7	66,7

Note: Certains pays, comme l'Allemagne, comptabilisent la production de chaleur issue du biogaz mélangé dans le réseau de gaz fossile dans la production de chaleur des unités de chaleur utilisant du biogaz pur. Source: Eurostat

de 40 % par rapport à fin 2020. À fin septembre 2021, le pays comptait 998 projets en file d'attente, représentant une capacité de production de 20 TWh/an.

LA FILIÈRE VISE 5% DE BIOMÉTHANE D'ICI 2030

Le biogaz, après quelques années difficiles, semble avoir retrouvé le chemin de la croissance. Une croissance plus durable car plus étroitement liée à une valorisation des déchets organiques plutôt qu'à l'utilisation de cultures alimentaires. Cette dynamique sera également de plus en plus liée au développement du biométhane, qui représente un supplétif intéressant aux usages liés au gaz fossile (procédés industriels, chauffage, centrales à gaz...).

Les pouvoirs publics ont cependant encore à clarifier le rôle que peut jouer le biogaz dans le paquet législatif "ajustement à l'objectif 55", qui comprend une proposition de révision de la directive sur les énergies renouvelables. La proposition actuelle formulée dans le cadre du FIT for 55 d'augmenter la part des énergies renouvelables de 1,1 % par an dans le secteur de la chaleur et du refroidissement ne satisfait pas complètement la filière, qui souhaiterait des objectifs plus spécifiques. Le consortium Gas for Climate avait proposé à la Commission européenne d'ajouter un objectif contraignant d'une part de 11 % de gaz renouvelable (8 % de biométhane et 3 % d'hydrogène vert) lors de la refonte de la nouvelle directive énergie renouvelable (RED II). Dans le cadre de l'ajustement à l'objectif 55, le consortium estime que le gaz renouvelable est susceptible d'atteindre une part de 9,4 %

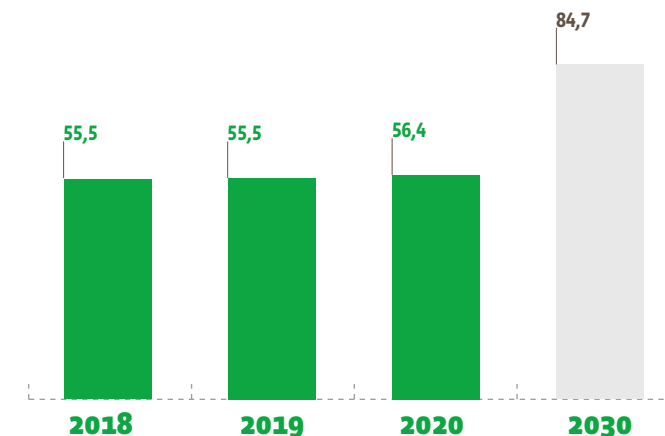


Consommation d'énergie finale dans l'industrie et autres secteurs (excepté transport) à partir de biogaz pur et à partir de biogaz mélangé dans le réseau de l'Union européenne en 2019 et en 2020 (en ktep)

	2019		2020	
	Biogaz pur	Biogaz mélangé au réseau	Biogaz pur	Biogaz mélangé au réseau
Allemagne	1 333,3	0,0	1 351,3	0,0
France	215,7	71,3	249,6	128,4
Tchéquie	149,5	0,0	152,2	0,0
Pays-Bas	126,7	45,8	138,9	59,5
Espagne	85,6	3,6	121,2	4,0
Belgique	96,0	0,2	96,7	0,7
Pologne	92,1	0,0	91,9	0,0
Finlande	93,2	2,6	84,1	2,7
Suède	49,6	0,0	59,9	0,0
Italie	36,3	0,0	36,4	0,0
Grèce	35,1	0,0	36,2	0,0
Slovaquie	20,9	0,0	24,0	0,0
Danemark	28,6	128,7	18,6	221,2
Autriche	24,6	6,9	17,3	6,5
Hongrie	12,2	3,0	13,1	3,0
Irlande	10,2	0,0	13,0	0,0
Lituanie	8,8	0,0	9,1	0,0
Lettonie	8,0	0,0	7,7	0,0
Portugal	6,8	0,0	7,1	0,0
Bulgarie	7,4	0,0	6,7	0,0
Chypre	5,7	0,0	5,2	0,0
Roumanie	7,0	0,0	4,5	0,0
Estonie	3,0	0,0	3,3	0,0
Slovénie	1,3	0,0	3,0	0,0
Luxembourg	3,4	2,8	2,3	4,3
Malte	0,9	0,0	0,7	0,0
Croatie	0,0	0,0	0,0	0,0
Total UE-27	2 461,8	265,0	2 554,1	430,4

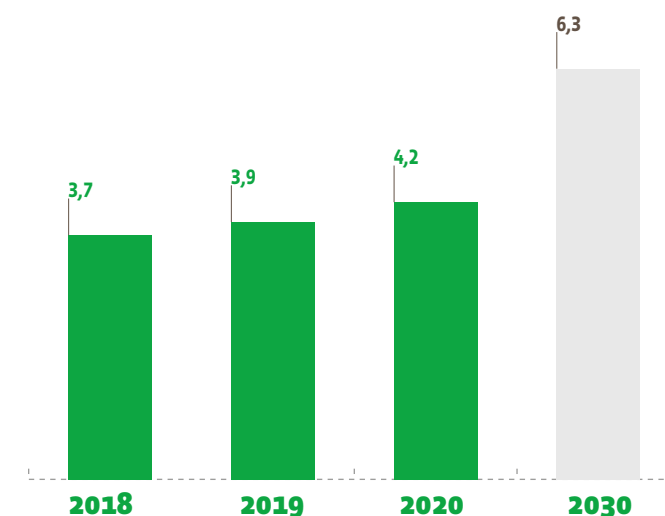
Note: Certains pays, comme l'Allemagne, comptabilisent la consommation d'énergie finale issue du biogaz mélangé dans le réseau de gaz fossile dans la consommation énergie finale issue des unités utilisant du biogaz pur. Source: Eurostat

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. Source: EurObserv'ER

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 brute de chaleur dans le secteur de la transformation ** Biogaz pur et biogaz mélangé au réseau de gaz fossile. Source: EurObserv'ER

d'ici 2030, soit 5,1 % de biométhane et 4,3 % d'hydrogène vert (carburant renouvelable d'origine non biologique). Cette part correspond à une production de biométhane d'environ 279 TWh, contre 229 TWh dans le scénario MIX proposé par la Commission européenne pour la mise en œuvre du pacte vert européen, hors carburant routier. L'EBA (European Biogas association), quant à elle, propose deux objectifs spécifiques à intégrer dans la RED II modifiée: un objectif de consommation de gaz renouvelable de 11 % en 2030 en termes de contenu énergétique et un objectif de réduction de l'intensité à effet de serre sur la consommation de gaz d'au moins 20 % par rapport aux niveaux de 2018 d'ici 2030.

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 RENOUVELABLES

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 9,2 Mtep en 2020 (9 207,8 ktep exactement). Par rapport à 2019, le niveau de production est en légère augmentation (+ 1,6 %), représentant une production d'énergie primaire supplémentaire de 148,5 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 (9 135,8 ktep en 2020, + 1,7 % entre 2019 et 2020). 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. À l'échelle des États membres, les tendances sont plus contrastées. En 2020, 10 pays sur 27 ont vu leur production d'énergie primaire issue de déchets municipaux renouvelables augmenter, 8 pays ont vu leur production diminuer et 9 ont affiché une production quasi stable. Les augmentations les plus franches en 2020 sont à mettre à l'actif de la Suède avec 69,7 ktep supplémentaires, soit un total de 842,4 ktep (+ 9,0 %), des Pays-Bas avec 68,7 ktep supplémentaires, soit un total de 836,6 ktep (+ 8,9 %), et de la Pologne avec 41,5 ktep de plus, soit un total de 143,5 ktep (+ 40,7 %). Le pays qui valorise énergétiquement le plus ses déchets municipaux renouvelables reste l'Allemagne (3 128,7 ktep en 2020). Sa production varie peu ces dernières années. Elle augmente légèrement en 2020 (+ 1,2 %, soit un gain de 37,6 ktep) mais son niveau de production reste en deçà de celui mesuré en 2017 (avec 3 216,9 ktep). Il convient de préciser que les pays qui investissent dans la prévention, le compostage et le recyclage diminuent le volume

de déchets à incinérer et donc réduisent le potentiel de valorisation énergétique des centrales d'incinération. C'est d'ailleurs le cas de l'Allemagne, où le taux de compostage et de recyclage était de 67 % en 2019, soit le taux le plus élevé des pays de l'UE, ne laissant que 33 % à la valorisation énergétique. Le taux de compostage et de recyclage est également majoritaire au Danemark, aux Pays-Bas, en Autriche, en Belgique et très élevé en Suède et en Finlande, des pays où les taux d'entreposage des déchets en décharge sont extrêmement faibles (de l'ordre de 1 %, voir 2 % pour l'Autriche). En ajoutant le Luxembourg (4 % de déchets entreposés en décharge), ces huit pays respectent déjà l'objectif de la nouvelle directive décharge qui vise un seuil d'entreposage inférieur à 10 % d'ici 2035. L'autre objectif est de porter le taux de recyclage et des réutilisation de déchets ménagers à 65 % d'ici 2035.

Un écart important existe encore avec les pays plus à l'est ou plus au sud de l'Union européenne, qui présentent des taux de mise en décharge des déchets municipaux encore très élevés. Ainsi,

13 pays de l'Union européenne ont encore des seuils d'entreposage compris entre 43 et 92 %. Pour eux, le potentiel de croissance pour la valorisation énergétique des déchets par incinération (de même pour le recyclage) reste très élevé et les besoins de construction d'unités de valorisation énergétique des déchets très importants.

432 UNITÉS DE VALORISATION ÉNERGÉTIQUE DES DÉCHETS DANS L'UE À 27

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 et 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

1

Production d'énergie primaire à partir de déchets urbains renouvelables de l'Union européenne en 2019 et en 2020 (en ktep)

	2019	2020
Allemagne	3 091,1	3 128,7
France	1 259,8	1 244,3
Italie	873,0	843,2
Suède	772,7	842,4
Pays-Bas	768,0	836,6
Danemark	471,0	466,8
Belgique	384,0	386,3
Finlande	349,8	330,4
Espagne	255,7	236,1
Autriche	188,7	191,4
Irlande	136,8	145,0
Pologne	102,0	143,5
Portugal	118,0	111,6
Tchéquie	91,4	95,8
Hongrie	44,0	58,4
Bulgarie	59,1	41,9
Slovaquie	31,6	31,8
Lituanie	17,8	28,2
Estonie	21,4	21,5
Luxembourg	14,1	13,0
Lettonie	6,1	6,7
Roumanie	2,0	2,0
Chypre	1,2	1,9
Total UE-27	9 059,3	9 207,8
Source : Eurostat		



2

Production brute d'électricité à partir de déchets urbains renouvelables de l'Union européenne en 2019 et en 2020 (en GWh)

	2019			2020		
	Centrales électriques uniquement	Centrales de cogénération	Total	Centrales électriques uniquement	Centrales de cogénération	Total
Allemagne	3 781,0	2 025,0	5 806,0	3 821,0	2 007,0	5 828,0
Italie	1 087,5	1 281,2	2 368,7	1 065,2	1 264,5	2 329,7
Pays-Bas	0,0	2 081,6	2 081,6	0,0	2 193,1	2 193,1
France	1 100,7	1 071,9	2 172,6	911,5	1 226,2	2 137,7
Suède	0,0	1 767,0	1 767,0	0,0	1 646,0	1 646,0
Danemark	0,0	964,0	964,0	0,0	944,8	944,8
Belgique	420,6	443,4	864,0	345,6	570,8	916,4
Espagne	674,0	96,0	770,0	633,0	70,0	703,0
Finlande	55,1	554,2	609,3	34,7	478,5	513,2
Autriche	237,7	119,8	357,6	200,7	127,0	327,7
Irlande	320,5	0,0	320,5	326,1	0,0	326,1
Portugal	349,4	0,0	349,4	320,1	0,0	320,1
Pologne	0,0	104,8	104,8	0,0	181,8	181,8
Hongrie	9,0	128,0	137,0	12,0	155,0	167,0
Tchéquie	0,0	104,8	104,8	0,0	119,4	119,4
Estonie	16,7	47,4	64,1	48,4	26,2	74,6
Lituanie	0,0	48,1	48,1	0,0	71,3	71,3
Luxembourg	47,2	0,0	47,2	0,0	43,4	43,4
Slovaquie	25,0	4,0	29,0	0,0	43,0	43,0
Bulgarie	13,2	31,1	44,3	0,8	0,7	1,5
Total UE-27	8 137,6	10 872,3	19 009,9	7 719,2	11 168,7	18 887,8

Source : Eurostat

derniers chiffres disponibles du Cewep, l'Europe comptait 492 unités de valorisation énergétique de déchets urbains en 2018 (432 dans l'UE à 27, 42 au Royaume-Uni et 18 en Norvège), 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 18,9 TWh en 2020. Une production stable par rapport au niveau de 2019 (- 0,6 %). La cogénération est le principal mode

de valorisation de ces centrales avec pour l'électricité une part de 59,1 % en 2020 (57,2 % en 2019). L'autre grand débouché des centrales d'incinération est la vente de chaleur. Entre 2019 et 2020, la vente de chaleur renouvelable issue des déchets urbains a augmenté de 2,5 %. Elle atteint

3

Production brute de chaleur dans le secteur de la transformation à partir de déchets municipaux renouvelables en 2019 et 2020 (en ktep)

	2019			2020		
	Unités de chaleur seule	Unités de cogénération	Total	Unités de chaleur seule	Unités de cogénération	Total
Allemagne	267,3	603,9	871,3	252,1	573,4	825,5
Suède	62,7	517,5	580,2	77,6	586,5	664,0
Danemark	31,6	353,6	385,2	32,4	361,2	393,5
France	99,4	273,8	373,3	95,8	269,2	365,0
Finlande	38,8	138,0	176,8	54,1	120,6	174,7
Pays-Bas	0,0	174,8	174,8	0,0	174,1	174,1
Italie	0,0	131,8	131,8	0,0	128,2	128,2
Autriche	14,4	58,4	72,8	13,9	63,7	77,7
Tchéquie	0,0	39,4	39,4	0,0	42,4	42,4
Pologne	0,2	17,2	17,5	0,0	38,5	38,5
Belgique	0,1	30,8	30,9	0,1	31,9	32,0
Hongrie	0,0	12,6	12,6	0,0	17,4	17,4
Lituanie	0,0	11,1	11,1	0,0	16,9	16,9
Estonie	0,0	12,6	12,6	0,0	14,0	14,0
Slovaquie	1,5	0,0	1,5	0,0	1,8	1,8
Luxembourg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,7
Bulgarie	0,0	3,2	3,2	0,0	0,0	0,0
Total UE-27	516,1	2 378,6	2 894,8	525,9	2 440,5	2 966,5

Source : Eurostat

2 966,5 ktep en 2020 (2 894,8 ktep en 2019), dont 82,3 % issus d'unités en cogénération. La Suède et la Pologne sont les deux pays où la vente de chaleur renouvelable issue des déchets urbains a le plus progressé en 2020 (respectivement + 83,9 ktep et + 21 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



Consommation d'énergie finale à partir de déchets urbains renouvelables de l'Union européenne en 2019 et en 2020* (en ktep)

	2019	2020
Allemagne	542,9	579,9
France	58,8	81,1
Pologne	52,9	58,1
Danemark	53,5	50,1
Pays-Bas	43,9	43,8
Irlande	40,4	43,4
Finlande	44,4	42,0
Bulgarie	45,2	41,5
Lettonie	22,3	35,5
Chypre	22,4	32,9
Tchéquie	22,6	21,3
Slovaquie	13,1	11,9
Belgique	7,1	7,8
Hongrie	17,7	6,0
Espagne	4,8	4,7
Roumanie	2,0	2,0
Estonie	2,6	0,5
Total UE-27	996,6	1 062,6

Source: Eurostat

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. Une autre unité

sera construite à Varsovie qui sera elle dotée d'une capacité de traitement de 265 200 tonnes, avec une mise en service prévue pour 2024. Cette nouvelle centrale, dont la construction a été commandée par la société de traitement des déchets de Varsovie MPO, fournira 20 mégawatts d'électricité et de chaleur en éliminant 730 tonnes de déchets quotidiens rejetés par 850 000 citoyens à Varsovie.

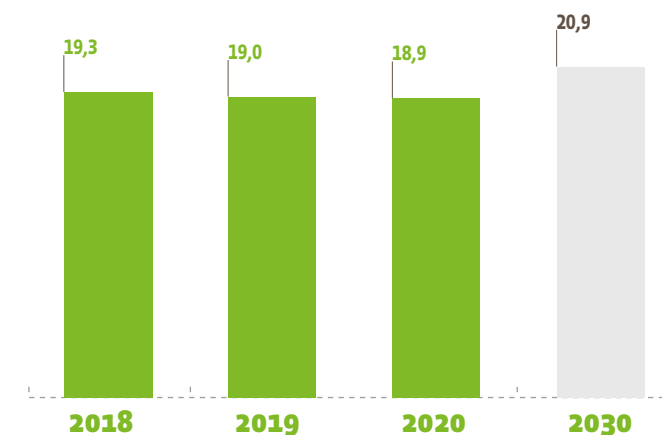
LE SECTEUR WTE VISE LA NEUTRALITÉ CLIMATIQUE AVANT 2050

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. Elle le fait déjà en détournant les déchets des décharges, en évitant les émissions de méthane dans l'atmosphère, en permettant le recyclage des métaux des mâchefers et en substituant 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 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).

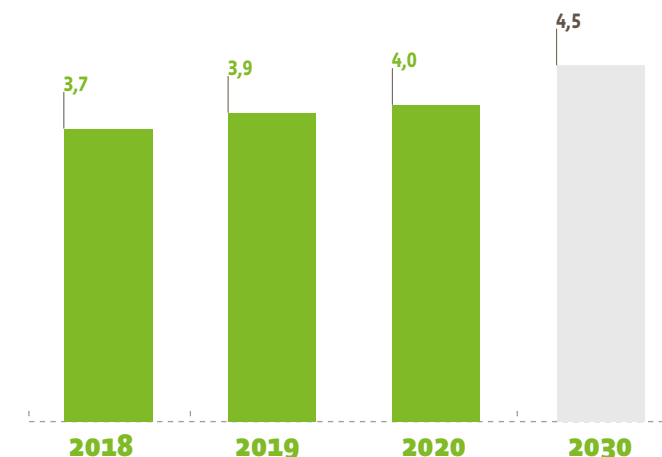
À l'avenir, la filière est prête à aller encore plus loin en mettant en pratique les technologies de capture du carbone, mais elle rappelle que ces technologies nécessiteront des investissements importants qui devront s'accompagner d'un marché et d'une législation pour l'élimination et l'utilisation 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. Une première installation de ce type est opérationnelle depuis 2019. L'entreprise

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



Source: EurObserv'ER

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 brute de chaleur dans le secteur de la transformation. Source: EurObserv'ER

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 depuis 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.

Le secteur tient cependant à rappeler que l'incinération des déchets a en premier lieu une fonction hygiénique pour la société en traitant les déchets qui ne peuvent pas être évités ou recyclés. Le Cewep rappelle que le meilleur moyen de réduire les émissions de CO₂ est la prévention des déchets, l'amélioration de la qualité des produits et leur réutilisation potentielle. Le recyclage à la source est le meilleur moyen de réduire les émissions de CO₂ fossile des centrales, qui proviennent essentiellement de l'incinération des déchets plastiques. ■



BIOMASSE SOLIDE

La biomasse solide rassemble l'ensemble des composants solides d'origine biologique destinés à être utilisés comme combustibles. Cela regroupe le bois de chauffage, les déchets verts (élagage d'arbres, taille d'arbustes...), les résidus de bois et sous-produits (copeaux, sciures...), les granulés de bois, les liqueurs noires de l'industrie papetière, la paille, la bagasse, les déchets animaux et autres matières et résidus végétaux solides, et également la part renouvelable des déchets

industriels solides. La part renouvelable des déchets municipaux fait quant à elle l'objet d'un suivi spécifique par les organismes statistiques et n'est donc pas prise en compte dans l'indicateur de biomasse solide. Le charbon de bois est normalement inclus dans la biomasse solide mais fait l'objet d'une comptabilité séparée. À titre d'indication, la consommation de charbon de bois de l'Union européenne à 27 a été mesurée par Eurostat à 263 ktep en 2020 (299,3 ktep en 2019).

UNE CONSOMMATION D'ÉNERGIE PRIMAIRE DE 96,8 MTEP EN 2020 DANS L'UE À 27

Les planètes n'étaient pas alignées pour faire de 2020 une grande année pour l'utilisation énergétique de la biomasse solide. Les besoins de combustibles biomasses solides ont d'abord été contraints par un hiver 2020 anormalement doux et, globalement, une année 2020 anormalement chaude, à l'échelle de l'Europe. Selon les chiffres du service Copernicus sur le changement climatique (C3S), l'année 2020 a en effet été la plus chaude jamais enregistrée en Europe, ponctuant ainsi la fin de la décennie la plus chaude jamais enregistrée, alors que les concentrations de CO₂ continuent d'augmenter. Plus précisément, l'Europe a connu son année la plus chaude jamais enregistrée, avec 0,4 °C de plus qu'en 2019. En plus de la baisse des besoins de chauffage, les conséquences économiques liées à la pandémie de Covid-19 ont également limité les besoins énergétiques de l'Union européenne. L'année 2021 a été beaucoup plus favorable à l'énergie

biomasse solide. En Europe, la saison de chauffe de l'hiver 2020-2021 a été beaucoup plus longue. De même, la très forte augmentation du prix des combustibles fossiles, gaz fossile en particulier, du fait de la reprise économique en Europe et dans le monde, devrait logiquement profiter à l'énergie biomasse solide, moins affectée par la hausse des prix, à la fois pour la production d'électricité et pour la production de chaleur.

Selon Eurostat, la consommation d'énergie primaire biomasse solide des pays de l'UE à 27 est restée stable à 96,8 Mtep en 2020 (96,9 Mtep en 2019). Ces données mises à jour le 25 janvier 2022 prennent en compte des révisions statistiques (sur plusieurs années) parfois importantes (le cas de la Pologne), opérées par certains États en fin d'année 2021. Ces révisions sont consécutives à des enquêtes plus précises sur la consommation de bois et en particulier sur la consommation de bois des ménages.

La production d'énergie primaire d'origine biomasse solide, qui correspond à la biomasse solide prélevée sur le sol de l'Union européenne, est en léger retrait. Elle

est mesurée à 94,3 Mtep en 2020 (95 Mtep en 2019), soit une baisse de 0,8 %. Le différentiel, qui représente les importations nettes, plus ou moins les variations de stock, s'explique notamment par les importations de granulés de bois et plaquettes forestières provenant en grande partie des États-Unis, du Canada, de Russie.

Si l'Union européenne est globalement importatrice, les échanges sont également importants entre pays de l'Union européenne, certains pays forestiers comme l'Estonie ou la Lettonie exportant une part significative de leur production. À l'inverse, des pays comme le Danemark, l'Italie, les Pays-Bas, la Belgique ou la Pologne importent une partie de la biomasse solide qu'ils consomment.

Si la consommation d'énergie primaire est restée quasiment stable à l'échelle de l'Union européenne, les variations sont plus contrastées au niveau des pays membres. La plus forte augmentation est à mettre à l'actif des Pays-Bas, dont la consommation est passée de 1,6 Mtep en 2019 à 2,3 Mtep en 2020 (+ 699 ktep), soit une croissance annuelle de 45 %.

Elle s'explique notamment par une hausse de leurs importations de granulés de bois destinés à la production d'électricité de leurs centrales. Sur la même période, la consommation d'énergie primaire est également en augmentation en Suède (+ 303 ktep, + 3,2 %), en Tchéquie (+ 119 ktep, + 3,7 %) et au Portugal (+ 108 ktep, + 4,2 %). À l'inverse, la France (- 496 ktep, - 4,8 %), la Finlande (- 571 ktep, - 6,3 %), l'Allemagne (- 161,1 ktep, - 1,2 %), l'Italie (- 159,1 ktep, - 1,9 %) ont diminué leur consommation d'énergie primaire biomasse solide en 2020.

Les tableaux présentés distinguent deux types d'utilisation de l'énergie finale issue de la biomasse solide, à savoir l'électricité (tableau 2) et la chaleur (pour le chauffage ou les processus industriels). La chaleur biomasse solide est différenciée selon qu'elle est issue du secteur de la transformation, c'est-à-dire distribuée via des réseaux de chaleur (tableau 3) ou utilisée directement par le consommateur final (dans les secteurs résidentiel, agricole ou industriel notamment) (tableau 4).

Selon Eurostat, la consommation de chaleur biomasse





1

Production d'énergie primaire et consommation intérieure brute de biomasse solide* dans les pays de l'Union européenne en 2019 et en 2020 (en Mtep)

	2019		2020	
	Production	Consommation	Production	Consommation
Allemagne	12,764	12,904	12,766	12,743
Suède	9,458	9,583	9,900	9,886
France	10,376	10,410	9,859	9,914
Pologne	9,006	9,394	8,964	9,330
Finlande	8,949	9,006	8,327	8,435
Italie	7,262	8,513	7,124	8,353
Espagne	5,035	5,035	5,054	5,054
Autriche	4,672	4,620	4,804	4,666
Tchéquie	3,370	3,247	3,522	3,367
Roumanie	3,456	3,458	3,401	3,395
Portugal	2,830	2,537	2,904	2,645
Lettonie	2,455	1,489	2,285	1,407
Hongrie	2,053	2,069	2,036	2,053
Estonie	1,763	1,043	1,706	1,135
Bulgarie	1,620	1,524	1,680	1,609
Pays-Bas	1,440	1,553	1,531	2,252
Croatie	1,487	1,281	1,511	1,312
Danemark	1,493	2,990	1,440	2,993
Slovaquie	1,399	1,389	1,321	1,313
Lituanie	1,248	1,263	1,273	1,284
Belgique	1,188	1,868	1,174	1,843
Grèce	0,771	0,810	0,741	0,787
Slovénie	0,548	0,548	0,529	0,529
Irlande	0,237	0,263	0,223	0,258
Luxembourg	0,114	0,110	0,172	0,168
Chypre	0,025	0,027	0,023	0,027
Malte	0,000	0,002	0,000	0,001
Total UE-27	95,018	96,936	94,273	96,759
* Hors charbon de bois. Source : Eurostat				

2

Production brute d'électricité à partir de biomasse solide* de l'Union européenne en 2019 et en 2020 (en TWh)

	2019			2020		
	Centrales électriques uniquement	Centrales de cogénération	Total	Centrales électriques uniquement	Centrales de cogénération	Total
Allemagne	5,055	5,984	11,039	5,169	6,058	11,227
Finlande	1,318	10,999	12,317	1,030	9,730	10,760
Suède	0,000	11,220	11,220	0,000	9,501	9,501
Pologne	1,564	4,877	6,441	1,557	5,376	6,933
Pays-Bas	0,537	2,300	2,838	1,012	4,773	5,785
Espagne	3,009	0,876	3,885	3,646	0,895	4,541
Italie	2,132	2,108	4,240	2,180	2,291	4,470
Danemark	0,000	4,353	4,353	0,000	4,302	4,302
France	0,506	3,375	3,882	0,670	3,289	3,959
Autriche	0,763	2,922	3,686	0,890	2,745	3,634
Belgique	1,990	1,301	3,291	2,034	1,285	3,319
Portugal	1,040	1,709	2,749	1,453	1,753	3,206
Tchéquie	0,002	2,397	2,399	0,002	2,497	2,499
Estonie	0,245	1,015	1,260	0,320	1,426	1,746
Hongrie	0,543	1,226	1,769	0,563	1,101	1,664
Bulgarie	0,314	1,232	1,546	0,173	1,300	1,472
Slovaquie	0,000	1,130	1,130	0,000	1,120	1,120
Croatie	0,000	0,477	0,477	0,000	0,559	0,559
Lettonie	0,000	0,575	0,575	0,000	0,520	0,520
Roumanie	0,047	0,403	0,450	0,061	0,433	0,494
Irlande	0,329	0,017	0,346	0,408	0,025	0,433
Lituanie	0,000	0,331	0,331	0,000	0,373	0,373
Luxembourg	0,000	0,160	0,160	0,000	0,266	0,266
Slovénie	0,000	0,151	0,151	0,000	0,155	0,155
Grèce	0,009	0,016	0,024	0,012	0,038	0,050
Total UE-27	19,404	61,156	80,560	21,178	61,809	82,987
* Hors charbon de bois. Source : Eurostat						



solide directement utilisée par le consommateur final, à l'échelle de l'UE à 27, a diminué d'1 Mtep entre 2019 et 2020 (- 1,4 % par rapport à 2019), pour atteindre 67,5 Mtep en 2020 (68,5 Mtep en 2019). Cette baisse est essentiellement imputable à une diminution des besoins de chauffage dans le secteur résidentiel de plusieurs pays.

La chaleur biomasse solide vendue dans les réseaux de chaleur (issue du secteur de la transformation) diminue à l'échelle de l'UE à 27 de 95 ktep en 2020 (- 0,8 % par rapport à 2019) pour atteindre 11,3 Mtep. Cela s'explique par une moindre consommation de biomasse solide des réseaux de chaleur suédois (- 14,1 %, - 355 ktep) et français (- 6,9 %, - 82 ktep), partiellement compensée par des augmentations de consommation de biomasse solide dans les réseaux de chaleur aux Pays-Bas, en Pologne, au Danemark, en Estonie et au Luxembourg notamment.

Dans l'Union européenne à 27, la production d'électricité biomasse solide, mesurée à 83 TWh en 2020, est issue pour près des trois quarts d'unités fonctionnant en cogénération (74,5 % en 2020). Une fois de plus, sa contribution est en augmentation (+ 3,0 % par rapport à 2019, soit + 2,4 TWh). La croissance est cependant un peu moins élevée que l'année précédente (+ 5,6 % entre 2019 et 2020, + 4,3 TWh).

Les augmentations les plus significatives sont à mettre à l'actif des Pays-Bas, qui doublent leur niveau de production entre 2019 et 2020 (+ 103,8 %) pour atteindre 5,8 TWh (+ 2,9 TWh), de l'Espagne (+ 16,9 %, + 656 GWh), de la Pologne (+ 7,6 %, + 492 GWh), de l'Estonie (+ 38,6 %, + 486 GWh) et du Portugal (+ 16,6 %, + 457 GWh).



LA COMMISSION PROPOSE DES CRITÈRES DE DURABILITÉ RENFORCÉS

Le récent paquet “Fit for 55” de la Commission européenne a démontré l’engagement continu de l’UE en faveur d’une énergie biomasse durable. Pour atteindre les objectifs climatiques et environnementaux, la Commission propose ainsi de renforcer des critères de durabilité pour une utilisation plus importante de la bioénergie et la mise en œuvre par les États membres de régimes de soutien à la bioénergie qui respectent le principe en cascade des utilisations de la biomasse ligneuse. La biomasse ligneuse doit être utilisée selon sa plus haute valeur ajoutée économique et environnementale dans l’ordre de priorité suivant : la production de produits à base de bois, l’extension de leur durée de vie, leur réutilisation, le recyclage et, seulement ensuite, la valorisation énergétique ou son traitement

en tant que déchet. Le renforcement des critères de durabilité proposé par la Commission est également en phase avec la stratégie européenne de protection de la biodiversité, avec notamment la prohibition de l’utilisation de biomasse provenant de forêt primaire, de tourbières ou de zones humides à des fins énergétiques. Il ne pourra pas y avoir de soutien financier pour l’utilisation de la biomasse forestière dans les installations uniquement électriques à partir de 2026 et il n’y aura pas d’incitation financière pour l’utilisation de grumes de sciage ou de placage, souches et racines pour la production d’énergie. Enfin, les critères de durabilité de la biomasse utilisée établis par l’UE s’appliqueront aux installations de chaleur et d’électricité égales ou supérieures à 5 MW. La mise en place de ces critères renforcés devrait permettre à l’énergie biomasse de participer pleinement à des objectifs énergies renouvelables plus

3

Production brute de chaleur dans le secteur de la transformation à partir de biomasse solide* de l'Union européenne en 2019 et en 2020 (en Mtep)

	2019			2020		
	Unités de chaleur seule	Unités de cogénération	Total	Unités de chaleur seule	Unités de cogénération	Total
Suède	0,667	1,852	2,519	0,604	1,561	2,165
Finlande	0,747	0,894	1,641	0,784	0,849	1,633
Danemark	0,497	0,927	1,424	0,480	1,002	1,482
France	0,600	0,595	1,196	0,547	0,567	1,113
Autriche	0,536	0,357	0,893	0,598	0,349	0,947
Allemagne	0,156	0,437	0,593	0,154	0,454	0,608
Lituanie	0,397	0,140	0,537	0,368	0,144	0,512
Italie	0,085	0,432	0,517	0,096	0,409	0,506
Pologne	0,078	0,302	0,380	0,100	0,345	0,446
Lettonie	0,183	0,165	0,347	0,172	0,163	0,335
Estonie	0,086	0,201	0,287	0,106	0,225	0,331
Pays-Bas	0,056	0,197	0,253	0,095	0,227	0,321
Tchéquie	0,038	0,145	0,183	0,040	0,174	0,214
Bulgarie	0,009	0,141	0,151	0,009	0,132	0,141
Slovaquie	0,041	0,085	0,126	0,041	0,088	0,129
Luxembourg	0,004	0,055	0,059	0,004	0,092	0,096
Hongrie	0,033	0,051	0,084	0,032	0,054	0,086
Roumanie	0,023	0,043	0,066	0,021	0,061	0,081
Croatie	0,000	0,074	0,074	0,000	0,080	0,080
Slovénie	0,012	0,023	0,035	0,012	0,028	0,039
Belgique	0,000	0,008	0,008	0,000	0,011	0,011
Total UE-27	4,248	7,124	11,373	4,264	7,014	11,278
* Hors charbon de bois. Source : Eurostat						

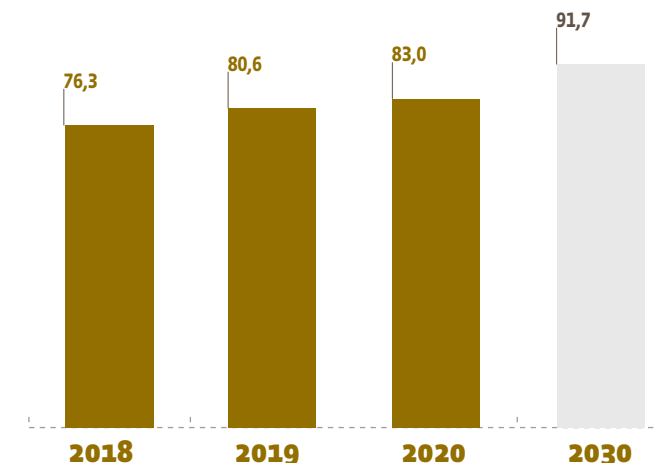


Consommation de chaleur issue de la biomasse solide* dans les pays de l'Union européenne en 2019 et 2020 (en Mtep)

	2019			2020		
	Total	dont consommation d'énergie finale	Dont chaleur dérivée**	Total	dont consommation d'énergie finale	Dont chaleur dérivée**
Allemagne	10,239	9,647	0,593	10,021	9,413	0,608
France	9,342	8,146	1,196	8,821	7,708	1,113
Suède	7,660	5,140	2,519	8,130	5,965	2,165
Pologne	8,073	7,693	0,380	7,892	7,447	0,446
Italie	7,205	6,688	0,517	6,969	6,463	0,506
Finlande	7,228	5,587	1,641	6,841	5,208	1,633
Autriche	3,950	3,057	0,893	3,966	3,019	0,947
Espagne	3,810	3,810	0,000	3,648	3,648	0,000
Roumanie	3,451	3,385	0,066	3,432	3,350	0,081
Tchéquie	2,695	2,511	0,183	2,796	2,582	0,214
Danemark	2,460	1,036	1,424	2,465	0,983	1,482
Portugal	1,812	1,812	0,000	1,802	1,802	0,000
Hongrie	1,605	1,521	0,084	1,614	1,528	0,086
Bulgarie	1,173	1,022	0,151	1,293	1,152	0,141
Lettonie	1,313	0,965	0,347	1,240	0,905	0,335
Belgique	1,211	1,203	0,008	1,147	1,136	0,011
Lituanie	1,150	0,612	0,537	1,143	0,631	0,512
Croatie	1,116	1,043	0,074	1,142	1,062	0,080
Slovaquie	1,123	0,997	0,126	1,026	0,897	0,129
Pays-Bas	0,925	0,672	0,253	1,018	0,697	0,321
Estonie	0,691	0,405	0,287	0,763	0,432	0,331
Grèce	0,789	0,789	0,000	0,760	0,760	0,000
Slovénie	0,516	0,481	0,035	0,502	0,462	0,039
Irlande	0,185	0,185	0,000	0,180	0,180	0,000
Luxembourg	0,083	0,024	0,059	0,124	0,027	0,096
Chypre	0,025	0,025	0,000	0,026	0,026	0,000
Malte	0,002	0,002	0,000	0,001	0,001	0,000
Total UE-27	79,830	68,457	11,373	78,761	67,483	11,278

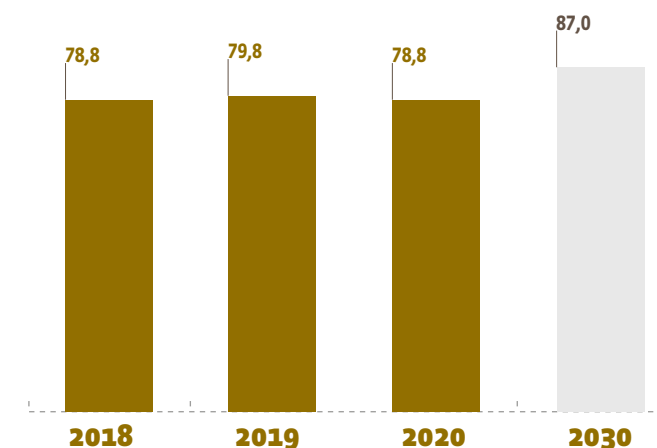
* Hors charbon de bois. ** Production brute de chaleur dans le secteur de la transformation. Source : Eurostat

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



Source : EurObserv'ER

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



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

ambitieux dans le cadre d'une révision de la directive énergies renouvelables. Sont proposés une augmentation annuelle contraignante de 1,1 point de pourcentage d'énergie renouvelable dans le chauffage et le refroidissement au niveau national, un objectif indicatif de 2,1 points de pourcentage d'énergie renouvelable dans les réseaux de chaleur et de refroidissement, un nouvel objectif indicatif d'une augmentation annuelle de 1,1 point de pourcentage de l'utilisation des énergies renouvelables dans l'industrie et une référence pour atteindre au moins 49% de part d'énergie renouvelable dans l'énergie utilisée dans les bâtiments. Ces mesures, si elles sont toutes retenues, constituent un réajustement de la politique européenne en faveur de la chaleur renouvelable dans tous les secteurs clés de la décarbonation. Dans cette nouvelle configuration, la contribution de la biomasse solide à la production d'électricité devrait continuer à évoluer positivement dans la prochaine décennie, mais à un rythme plus lent. L'utilisation de la biomasse solide, et plus généralement des bioénergies (biogaz et déchets municipaux), aura plus un rôle complémentaire pour lisser les variations et participer à l'équilibre entre l'offre et la demande durant les pics de demande. Par ailleurs, la priorité sera donnée à l'efficacité énergétique. La croissance restera essentiellement portée par le développement d'unités de cogénération, parallèlement au besoin de chaleur renouvelable des réseaux de chaleur ou de l'industrie. ■



SOLAIRE THERMODYNAMIQUE

Les centrales solaires thermodynamiques ou solaires thermiques à concentration regroupent l'ensemble des technologies qui visent à transformer l'énergie du rayonnement solaire en chaleur de très haute température destinée à la production d'électricité. On distingue 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, des 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. On compte également 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, et, moins répandues, les centrales paraboliques, où un miroir en forme de parabole réfléchit les rayons du soleil sur un point de convergence, le socle de la parabole s'orientant

automatiquement face au soleil pour suivre sa course. 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. Ce stockage peut permettre d'augmenter la durée d'exploitation de la centrale de plus d'une dizaine d'heures.

6 410,9 MW DE PUISSANCE CSP DANS LE MONDE FIN 2020

L'essentiel du développement actuel des centrales thermodynamiques se situe dans des zones où les conditions d'ensoleillement sont très propices tels que la Chine, l'Inde, l'Australie, l'Afrique du Sud, le Moyen-Orient ou le Maghreb. Selon le site Protermosolar (association espagnole pour la promotion de l'industrie solaire thermodynamique), la puissance mondiale des centrales solaires thermodynamiques était estimée à 6 410,9 MW fin 2020 (6 310,9 MW fin 2019, chiffre consolidé). Selon

le pointage de Protermosolar, une seule centrale a été mise en service durant l'année 2020. Il s'agit de la centrale chinoise de CNNC Royal Tech Urat, dotée d'une puissance de 100 MW, soit la plus grande centrale de type cylindro-parabolique du pays. Elle a nécessité un investissement total de 2,9 milliards de RMB (équivalent à 379 millions d'euros) et a été connectée au réseau le 8 janvier 2020. Elle dispose d'un système de stockage de type sel fondu de 10 heures et sa production attendue est de 350 GWh par an. Un des derniers projets raccordés au réseau est celui de la centrale chilienne Atacama 1 de Cerro Dominador. Cette centrale à tour de 110 MW 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 personnes. Il s'agit d'un nouveau record pour la durée de stockage. La centrale est équipée de 10 600 miroirs (appelés héliostats) qui disposent chacun d'une surface de 140 m², qui concentrent la lumière en haut d'une tour de 250 mètres. Les sels



fondus qui circulent dans le récepteur peuvent atteindre des températures de plus de 560 °C. Stockés dans de larges tanks, ils peuvent être utilisés ultérieurement et produire de l'électricité grâce à une turbine à vapeur. Ce projet installé à l'autre bout du monde a obtenu des financements du programme Laif de l'Union européenne et de la banque de développement allemande KfW. Il a été construit par un consortium formé par Acciona-Abengoa.

2 328,8 MW DANS L'UNION EUROPÉENNE

L'Union européenne n'a en 2020 pas vu la puissance de son parc solaire thermodynamique augmenter. La dernière centrale connectée l'a été en 2019. Il s'agit de la centrale de démonstration de type Fresnel du projet Ello situé dans les Pyrénées-Orientales, d'une puissance de 9 MW. En prenant en compte les centrales pilotes et de démonstration, le compteur reste donc toujours bloqué à 2 328,8 MW. Les données de puissances maximales nettes publiées par Eurostat font état de 2 306 MW (2 304 MW en Espagne et 2 MW en



1

Centrales solaires hélio-thermodynamiques en service à la fin de l'année 2020 dans l'Union européenne

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
SUNCNIM	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		5,5	2016
Total Danemark		5,5	
Allemagne			
Jülich	Centrale à tour	1,5	2010
Allemagne		1,5	
Total UE-27		2 328,8	
HB (Hybride Biomasse). Source: EurObserv'ER			



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 Eurostat, la production espagnole a été mesurée à 4 992 GWh en 2020, comparée à 5 683 GWh en 2019. L'année de référence en Espagne reste 2017, où les centrales avaient produit 5 883 GWh.

Après des années d'attente, la dernière centrale espagnole ayant été connectée en 2014, le solaire thermodynamique va enfin ouvrir une nouvelle page de son histoire. Le 31 décembre 2021, le ministère de la Transition écologique et du Défi démographique (Miteco) a annoncé le lancement son 3^e appel d'offres énergie renouvelable REER (régimen económico de energías renovables) comprenant un total 500 MW, dont 200 MW alloués aux centrales solaires thermodynamiques. Les projets de centrales solaires thermodynamiques devront disposer d'une réserve de stockage de 6 heures, ce qui permet leur hybridation avec du photovoltaïque, de la biomasse ou du biogaz. Le ministère précise cependant que dans le cas où les enchères destinées aux centrales solaires thermodynamiques (200 MW), à la biomasse (140 MW) et aux autres technologies renouvelables (20 MW) ne seraient pas entièrement attribuées, la puissance excédentaire pourra être affectée à d'autres offres de ces mêmes technologies. Les développeurs qui verront leurs projets retenus auront quatre ans

pour les rendre opérationnels. Il est également déjà acté que deux nouveaux appels d'offres de 200 MW chacun seront lancés en 2023 et 2025. Le gouvernement a donc déjà garanti le lancement de trois appels d'offres pour un total de 600 MW. Cela peut paraître peu, compte tenu de la feuille de route du plan national énergie et climat (NECP) du pays. Le scénario cible (target scenario) prévoit en effet une puissance cumulée de 7 303 MW fin 2030 (5 000 MW de plus qu'actuellement), avec un objectif intermédiaire de 4 803 MW à fin 2025. Mais les nouveaux appels d'offres ouvrent enfin la possibilité à la filière de sortir sur le sol espagnol une toute nouvelle génération de centrales équipées des dernières technologies (stockage notamment).

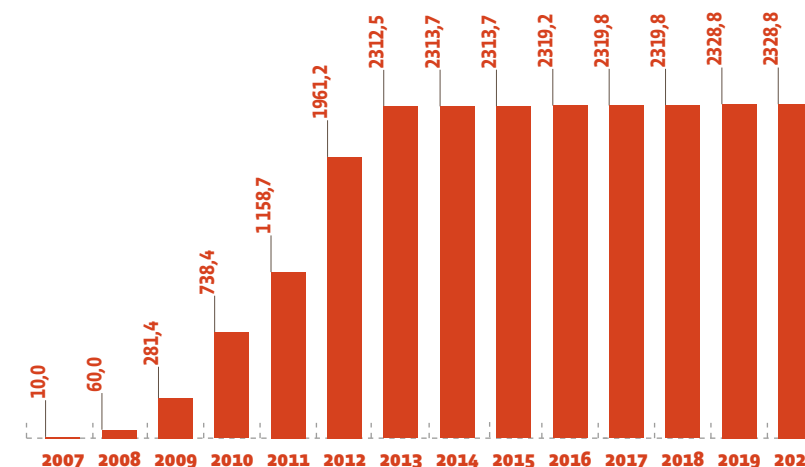
Le Portugal a également des objectifs en matière de solaire à concentration, mais les résultats du second appel d'offres rendus

publics fin août 2020 (670 MW retenus sur 700 MW) n'ont pas consacré de centrales solaires thermiques, en dépit du fait qu'une partie de la procédure concernait tous types de centrale solaire avec stockage et était donc ouverte aux centrales CSP et centrales hybrides (PV-CSP). Dans cette deuxième catégorie innovante, les besoins de stockage étaient d'au moins 20% de la capacité totale avec une durée de 1 heure à puissance nominale. Au final, 483 MW de systèmes solaires équipés de stockage ont été retenus, mais tous privilégiant des systèmes PV + batteries. La mise en œuvre d'une filière CSP au Portugal sera peut-être facilitée lors de prochains appels d'offres par le déploiement de nouveaux projets en Espagne et la capacité de ces projets de faire diminuer le coût du stockage. Le pays est très certainement un des candidats les plus sérieux pour la mise en place d'une filière CSP avec un NECP qui



2

Evolution de la puissance hélio-thermodynamique installée dans l'Union européenne (MWe)

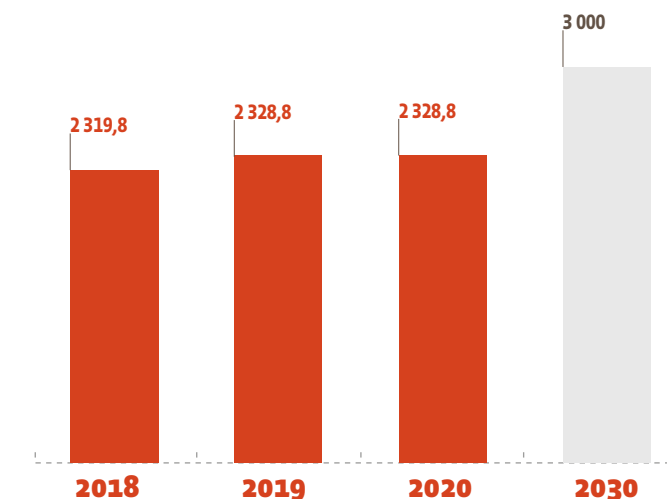


Source : EurObserv'ER

prévoit 300 MW d'ici 2030. Ailleurs en Europe, aucun nouveau projet ou appel d'offres CSP n'a été annoncé, en dehors des projets de démonstration déjà connus, comme le projet chypriote d'Eos Green Energy prévu au mieux pour 2022 ou 2023. Parmi les autres pays dont les conditions d'ensoleillement sont compatibles avec les technologies CSP, le projet grec est pour l'instant en retrait (objectif de 70 MW en 2030), davantage synonyme de sites pour démonstrateurs. Enfin, le développement du CSP en Italie est aujourd'hui moins d'actualité, le gouvernement préférant pour l'instant favoriser le développement d'autres filières. Pour les prochaines années, ce sera encore à l'Espagne de tenir le leadership de la filière européenne des centrales solaires thermiques à concentration. ■

3

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



Source : EurObserv'ER



ÉNERGIES MARINES

Les mers et les océans représentent une ressource énergétique très importante exploitée sous cinq formes : l'énergie des marées (marémotrice), l'énergie des courants marins (hydrolienne), l'énergie des vagues (houlomotrice) et l'énergie tirée de la différence de température (thermique) ou de salinité entre deux eaux (osmotique). L'Union européenne se trouve dans une position unique pour développer ces technologies grâce à la diversité et à la complémentarité de ses bassins maritimes. De la mer Baltique à la mer du Nord, l'océan Atlantique, la mer Méditerranée, jusqu'à la mer Noire, les zones sont nombreuses et variées. La filière des énergies marines, également appelées énergies océaniques, est actuellement en plein foisonnement avec des dizaines de prototypes à l'essai. La filière la plus avancée est celle utilisant les courants marins, qui se situe dans une phase de retour d'expériences sur des prototypes à l'échelle 1, c'est-à-dire des turbines de taille "commerciale" à l'échelle du mégawatt. Durant cette phase, les équipements sont encore évolutifs et perfectibles. Ils

sont destinés à être testés sur une durée relativement courte, typiquement un ou deux ans, en vue de valider les choix technologiques.

AU MOINS 248 MW EN ACTIVITÉ EN 2020

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 la succession élevée des prototypes (phases d'immersion, d'amélioration et de mise hors service) testés sur des durées courtes ne facilite pas un décompte précis des projets en activité.

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. Eurostat fait état d'une puissance maximale nette de 216,6 MW dans l'Union européenne à 27 (218,9 MW

en 2019). Quant à la production d'électricité des énergies marines, elle est officiellement mesurée à 508,8 GWh en 2020 dans l'UE à 27 comparé à 499 GWh en 2019. Il convient de préciser que seuls deux pays de l'Union européenne assurent un suivi dans leurs statistiques de cette production, à savoir la France (481,8 GWh, + 0,6 % entre 2019 et 2020) et l'Espagne (27 GWh, + 35 % entre 2019 et 2020). Pour la France, les données de production ne comptabilisent pas la partie de la centrale de la Rance qui fonctionne en mode pompage turbinage, seule l'énergie issue de l'énergie marémotrice est considérée comme renouvelable. Les autres pays de l'UE qui disposent d'une filière énergies marines 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.

Un autre indicateur de suivi est celui de la puissance installée, qui prend également en compte la puissance des prototypes et démonstrateurs précommerciaux en activité durant l'année 2020. La puissance énergie marine de l'union européenne à 27 aug- 





Liste des projets utilisant les énergies océaniques ayant été en activité durant l'année 2020

Description	Développeur de la machine	Nom de la machine	Technologie	Localisation	Date	Puissance totale
France						
EDF La Rance Tidal Range	Alstom	Bulb Turbine (La Rance)	Marémotrice	Brittany - La Rance	1966	240,00
Test at SEM REV	GEPS Techno	Wavegame prototype	Vague	SEM REV	2019	0,12
Hydroquest à Paimpol Brhat	Hydroquest	HydroQuest	Énergie des courants	Brittany - Paimpol Bréhat	2019	1,00
Total France						241,12
Espagne						
Planta de Huelva*	Enagas		Énergie thermique des mers	Huelva, Andalousia	2013	4,50
Voith Hydro, Ente Vasco de la Energia (EVE) Project	Voith Hydro	Mutriku	Vague	País Vasco	2011	0,30
Full scale test	Wavepiston	Wavepiston	Vague	Plocan, Gran Canaria	2020	0,20
Total Espagne						5,0
Pays-Bas						
Oosterscheldedam	Tocado	T2	Énergie des courants	Oosterscheldedam	2015	1,25
Total Pays-Bas						1,25
Danemark						
Test in Denmark	Crestwing	Tordenskiold	Vague	Port of Fredrikshaven	2018	0,30
First commercial project	Minesto	DG100	Énergie des courants	Faroe Islands	2020	0,10
Total Danemark						0,40

* Le projet de Huelva exploite la différence de température entre l'océan et le gaz fossile liquéfié.

Continue page suivante



Portugal						
Swell Project	AW-Energy	WaveRoller	Vague	Peniche	2019	0,35
Total Portugal						0,35
Italie						
Messina Strait	Adag	Kobold	Énergie des courants	Strait of Messina	2000	0,05
Wavenergy	Wavenergy	Rewec3	Vague	Civittavecchia	2016	0,02
PC80 Platform (Eni)	Wave for Energy	Iswec	Vague	Ravenna	2019	0,05
Total Italie						0,12
Grèce						
Port of Heraklion	SINN Power	SP WEC 3rd Gen	Vague	Heraklion	2017	0,04
Port of Heraklion	SINN Power	SP WEC 4rd Gen	Vague	Heraklion	2018	0,07
Total Grèce						0,11
Total UE-27						248,34
United Kingdom						
Eco Wave Power - Gibraltar	Eco Wave Power	Wave Clapper	Vague	Gibraltar	2016	0,10
MeyGen phase 1A	Andritz	HS1500	Énergie des courants	Pentland Firth	2016	4,50
Shetland tidal array	Nova Innovation	M100	Énergie des courants	Bluemull Sound, Shetland	2016	0,30
MeyGen phase 1A	Simec Atlantis Energy	AR1500	Énergie des courants	Pentland Firth	2016	1,50
Shetland tidal array	Nova Innovation	M100	Énergie des courants	Bluemull Sound, Shetland	2020	0,10
Total United Kingdom						6,50
Sources : Ocean Energy Europe 2019 (pour les projets sur énergie des vagues et sur énergie des courants), EurObserv'ER (pour les projets sur énergie marémotrice, énergie osmotique et ETM)						



2

Puissance* et production d'électricité des énergies océaniques dans les pays de l'Union européenne en 2019 et 2020 (en GWh)

	2019		2020	
	MW	GWh	MW	GWh
France**	214,1	479,0	211,8	481,8
Espagne	4,8	20,0	4,8	27,0
Total UE-27	218,9	499,0	216,6	508,8

* Puissance électrique maximale nette. ** Production d'électricité excluant le pompage turbinage. Source : Eurostat.

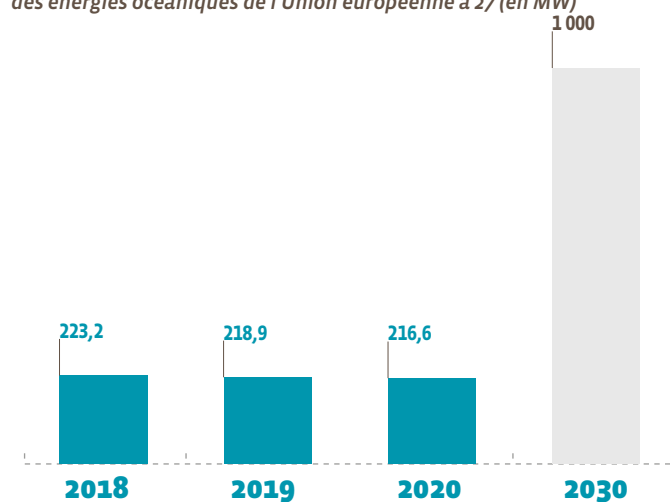
mente ainsi à 248,3 MW, incluant les 240 MW de puissance de l'usine marémotrice de la Rance en France et les 4,5 MW de la centrale océanothermique d'Enagas en Espagne, qui exploite le différentiel de température entre l'océan et le gaz fossile liquéfié qu'il réceptionne dans le port de Huelva. Bien que désormais hors Union européenne, le

Royaume-Uni est repris dans notre tableau car le pays héberge de nombreux prototypes développés par des industriels européens pour une puissance totale de 6,5 MW en 2020. La puissance des sites océaniques en activité n'est pas représentative de l'ensemble des machines qui ont été testées sur la dernière décennie. L'association Ocean Energy

Europe, dans sa publication "Ocean Energy – Key Trends and Statistics 2020", a effectué un suivi des projets hydroliens et houlomoteurs installés en Europe. Selon ce document, seuls trois projets pour un total de 280 kW (deux au Royaume-Uni et un aux îles Féroé) utilisant les courants marins ont été immergés durant l'année 2020 et un seul projet houlomoteur de 200 kW a été installé en Espagne. Le seul projet installé dans les eaux de l'Union européenne l'a été très au sud, sur les rivages de l'île de Grande Canarie (qui fait partie des îles Canaries), située dans l'océan Atlantique au large des côtes du Maroc. Le développeur de ce projet est Waveston qui, comme son nom l'indique, développe un prototype houlomoteur de type piston, une machine susceptible de produire 547 MWh par an (équivalent à la consommation de 540 ménages). Le programme de test de ce prototype doit se terminer en 2023. L'objectif de l'entreprise est la mise en service d'un projet précommercial en 2025 avec un prix de l'électricité de 200 €/MWh et un prix de 1 €/m³ d'eau dessalinisée, puis d'atteindre un coût de 40 €/MWh et 0,25 c€/m³ d'eau dessalinisée en 2032.

3

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



Source : EurObserv'ER

L'année 2019 avait été un peu plus prolifique avec trois projets utilisant les courants marins installés (deux en France et un au Royaume-Uni) pour une puissance plus importante (1 520 kW), ainsi que six projets houlomoteurs (deux au Royaume-Uni et un au Portugal, en France, en Belgique et en Italie) pour une puissance cumulée de 633 kW. Le projet installé le plus important est celui du développeur d'HydroQuest, une hydrolienne à axe vertical nommée HydroQuest Ocean d'une puissance de 1 MW immergée sur le site d'essai Paimpol Bréhat en Bretagne. Ce prototype mesurant 25 mètres de large, 11 mètres de haut et pesant 1 400 tonnes, immergé à 35 mètres de fond, a injecté de l'électricité pendant ses deux années et demie de test en conditions réelles. Elle a été retirée de l'eau en septembre 2021 afin d'être expertisée. Ce prototype est le prélude du projet Flowatt, qui sera situé au Raz Blanchard au sein d'une ferme pilote de 17,5 MW comprenant sept machines Hydroquest dont la mise à l'eau est prévue pour 2025. Le projet houlomoteur le plus puissant installé en 2019 est celui du finlandais AW Energy, qui développe sa technologie Waveroller, un prototype de 350 kW installé et immergé à 820 mètres au large de Peniche, sur la côte portugaise. Après avoir été connecté avec succès pendant deux ans au réseau électrique portugais, il a été retiré de l'eau en août 2021 afin d'être expertisé.

L'association Ocean Energy Europe explique la faible activité de la filière en 2020 par la pandémie qui a retardé plusieurs projets, les privant de certains

composants, mais annonce un déploiement plus important en 2021 avec 2,9 MW de projets en attente utilisant les courants marins (au large de l'Écosse et des îles Féroés) et 3,1 MW de projets houlomoteurs prêts à être déployés au large de l'Espagne et du Royaume-Uni. Ocean Energy Europe précise également que selon son décompte, 27,9 MW de projets utilisant l'énergie des courants ont été déployés depuis 2010. Sur ce total, 10,1 MW sont actuellement en eau, ce qui signifie que 17,8 MW de projets ont été mis hors service après avoir complété leur programme de tests. Concernant la technologie houlomotrice, 12 MW de projets ont été déployés depuis 2010, mais seul 1,1 MW était en eau en 2020.

OBJECTIF : 1 GW D'ICI 2030

Après des années de tests et la multiplication de prototypes à l'échelle 1, la phase commerciale ne devrait plus tarder. Selon Ocean Energy Europe, la filière entrera dans une nouvelle phase de projets entre 2023 et 2025, avec des machines plus robustes qui ouvrent la perspective d'une exploitation commerciale au sein de parcs de plus grande puissance. Ainsi, CorPower Ocean est en train d'établir un centre de recherche et développement, de fabrication et de service pour ses convertisseurs d'énergie des vagues à Viana do Castelo au Portugal en investissant 16 millions d'euros dans le projet. La Commission européenne est particulièrement impliquée dans le développement des énergies marines. Les développeurs bénéficient ainsi de financements dans le cadre

du programme de recherche et d'innovation Horizon 2020 via des projets dédiés (exemple : projet Ocean_2G, projet Flotec) ou via le programme NER 300 (exemple : projet Stroma). Les développeurs peuvent également s'appuyer sur les financements de projets interrégionaux via le programme européen Interreg.

La Commission européenne a publié le 19 novembre 2020 la stratégie de l'UE sur les énergies renouvelables en mer qui concernent l'éolien offshore mais également les autres énergies marines. Parmi les actions clés retenues, il est convenu que la Commission travaillera avec les États membres et les régions, y compris les îles, pour utiliser les fonds disponibles de manière coordonnée pour les technologies de l'énergie marine. Un forum rassemblant les gouvernements nationaux, les autorités de l'UE et l'industrie sera également créé pour planifier les déploiements du réseau et assurer un accès rapide à la mer. Les objectifs à moyen et long termes de cette stratégie pour l'énergie marine sont d'atteindre une capacité totale de 100 MW dans l'UE d'ici 2025, 1 GW d'ici 2030 et enfin 40 GW pour 2050. Jusqu'à présent, seuls l'Espagne, le Portugal et l'Irlande ont adopté des plans de déploiement pour l'énergie des vagues, avec respectivement 50 MW d'ici 2030, 70 MW d'ici 2030 et 110 MW d'ici 2035. ■



ÉNERGIES RENOUVELABLES DANS LES TRANSPORTS¹

L'année 2020 est une échéance importante pour les pays membres de l'Union européenne, car c'est celle de l'atteinte ou non de leurs objectifs énergies renouvelables fixés dans le cadre de la directive 2009/28/CE. À côté de l'objectif principal concernant les énergies renouvelables dans la consommation brute d'énergie finale, la directive a également défini un objectif spécifique pour le secteur des transports. Il prévoit que dans chaque État membre, le secteur des transports (qu'ils soient routiers, ferroviaires ou autres) utilise au moins 10 % d'énergie produite à partir de sources renouvelables. Sont pris en compte les biocarburants liquides (biodiesel, bioéthanol et autres), le biogaz carburant (biométhane) ainsi que l'électricité renouvelable utilisée dans les transports électrifiés (train, tramway, métro, voiture ou bus électrique et autres).

OBJECTIF ATTEINT À L'ÉCHELLE DE L'UNION EUROPÉENNE

Les résultats publiés dans l'outil statistique Shares (mise à jour du 1^{er} février 2022) d'Eurostat

indiquent que l'objectif transport a été atteint à l'échelle de l'Union européenne à 27, soit une part de 10,2 % en 2020 (8,8 % en 2019). La part des énergies renouvelables dans les transports a augmenté graduellement de 1,4 % en 2004 à 10,2 % en 2020. Ce résultat a cependant été atteint dans un contexte particulier, celui de la pandémie de Covid-19, qui a réduit à l'échelle de l'Union européenne les besoins en mobilité. Selon Eurostat, la consommation d'énergie finale totale dans les transports (routiers, ferroviaires et autres) qui correspond au dénominateur pour le calcul de l'objectif transport a diminué de 11,6 % entre 2019 et 2020, de 274,1 Mtep en 2019 à 242,3 Mtep (bonifications incluses pour la part renouvelable). Malgré la baisse des besoins en mobilité, la consommation des énergies renouvelables dans les transports, qui correspond au numérateur pour le calcul de l'objectif, est parvenue à augmenter entre 2019 et 2020. En tenant compte des bonifications liées à l'utilisation des biocarburants avancés et à l'utilisation de l'électricité renouvelable dans les transports (voir

encadré), la consommation des énergies renouvelables dans les transports (biocarburant liquide, gazeux et électricité renouvelable) a augmenté de 24,1 Mtep en 2019 à 24,8 Mtep en 2020, soit une croissance de 2,7 %. Sans les bonifications, la consommation d'énergies renouvelables utilisée dans les transports augmente toujours, mais moins rapidement, de 17,8 Mtep à 18 Mtep (+ 1,3 % entre 2019 et 2020).

Dans le détail, cette augmentation des énergies renouvelables dans les transports s'explique uniquement par la composante biocarburant. La consommation de biocarburant a en effet été soutenue par les

¹. Historiquement consacrée uniquement aux biocarburants, la thématique de cette fiche est désormais la consommation de l'ensemble des énergies renouvelables dans les transports. Cette évolution a semblé nécessaire compte tenu de l'importance croissante des technologies alternatives à la motorisation thermique.





1

Consommation de biocarburants destinés aux transports dans l'Union européenne en 2019 (en ktep)

	Biodiesel*	Bioessence	Biogaz**	Total	Biocarburants conformes***
France	2 544,3	653,3	0,3	3 197,9	3 197,9
Allemagne	1 904,1	732,6	56,8	2 693,4	2 692,4
Espagne	1 626,6	140,6	0,0	1 767,1	1 761,5
Suède	1 185,2	93,2	109,5	1 387,9	1 387,9
Italie	1 245,7	30,4	40,9	1 317,0	1 317,0
Pologne	837,8	187,3	0,0	1 025,1	1 025,1
Pays-Bas	418,2	198,7	18,7	635,6	635,6
Autriche	430,8	56,5	0,4	487,7	485,4
Belgique	352,8	106,3	0,0	459,1	459,1
Finlande	340,1	89,2	6,8	436,1	424,7
Roumanie	314,5	97,8	0,0	412,4	412,4
Tchéquie	266,9	73,5	0,0	340,4	340,4
Portugal	275,6	8,2	0,0	283,8	283,8
Danemark	163,8	43,7	5,2	212,7	212,3
Hongrie	155,2	45,7	0,0	201,0	201,0
Irlande	161,9	26,2	0,0	188,1	188,1
Grèce	160,7	24,0	0,0	184,6	160,8
Bulgarie	144,7	31,8	0,0	176,5	148,4
Slovaquie	132,6	19,8	0,0	152,4	152,4
Luxembourg	111,1	17,1	0,0	128,2	128,2
Slovénie	90,1	4,2	0,0	94,4	94,4
Lituanie	65,4	9,7	0,0	75,1	75,1
Croatie	61,9	1,0	0,0	62,8	62,8
Lettonie	26,5	7,3	0,0	33,8	33,8
Estonie	20,3	7,4	5,2	32,8	32,4
Chypre	11,3	0,0	0,0	11,3	11,3
Malte	11,1	0,0	0,0	11,1	11,0
Total UE-27	13 059,0	2 705,6	243,7	16 008,3	15 935,2

* Inklus HVO ** Inklus biométhane produit localement injecté dans le réseau de gaz fossile et alloué au transport avec des exigences de traçabilité appropriées. *** Biocarburants conformes (articles 17 et 18 de la directive 2009/28/CE). Note: La répartition entre les types de biocarburant a été estimée par Eurobserv'ER. Source: Eurostat (Total et biocarburants conformes)

2

Consommation de biocarburants destinés aux transports dans l'Union européenne en 2020 (en ktep)

	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	301,8	93,5	9,5	404,8	390,6
Tchéquie	307,8	65,8	0,0	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	256,3
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	13 347,6	2 648,6	326,78	16 323,0	16 251,9

* Inklus HVO ** Inklus biométhane produit localement injecté dans le réseau de gaz fossile et alloué au transport avec des exigences de traçabilité appropriées. *** Biocarburants conformes (articles 17 et 18 de la directive 2009/28/CE). Note: La répartition entre les types de biocarburant a été estimée par Eurobserv'ER. Source: Eurostat (Total et biocarburants conformes)

* Biocarburants avancés: les biocarburants produits à partir des matières premières énumérées dans l'annexe IX, partie A de la directive 2009/28/CE. ** Biocarburants produits à partir des matières premières énumérées dans l'annexe IX, Partie B de la directive 2009/28/CE. Source: Eurostat.

Pour 2030, le seuil minimal à atteindre des énergies renouvelables dans les transports a été fixé à 14 % par la RED II. Cet objectif peut apparaître peu ambitieux compte tenu de la proposition de la Commission européenne – émise dans le cadre de la mise en œuvre du Pacte vert (Green Deal) – de porter à 40 % l'objectif contraignant en matière d'énergies renouvelables dans le bouquet énergétique de l'UE en 2030. En fait, la nouvelle orientation visant la neutralité carbone des transports routiers signifie de fait un abandon progressif de la production de biocarburant agricole au profit des véhicules tout électriques, des biocarburants avancés, des carburants renouvelables d'origine non



Électricité renouvelable utilisée dans les transports (route, rail, autres modes de transport) en 2019 et en 2020
(en ktep)

	2019				2020			
	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	10,0	335,4	0,0	345,4	14,4	345,6	0,0	360,0
Italie	4,0	162,7	171,7	338,4	5,6	135,5	154,1	295,1
France	8,8	226,5	34,3	269,6	11,7	192,0	27,1	230,9
Autriche	0,9	122,4	78,7	201,9	0,9	117,5	78,9	197,3
Suède	14,5	140,7	0,0	155,2	28,2	128,8	0,0	157,0
Espagne	4,9	109,0	9,6	123,4	6,1	88,5	6,4	101,0
Pologne	0,9	84,1	6,3	91,3	2,1	80,1	5,7	87,9
Pays-Bas	14,3	43,4	0,0	57,7	18,6	41,3	0,0	60,0
Belgique	2,7	42,9	0,5	46,2	3,7	40,5	0,5	44,7
Tchéquie	1,8	43,8	1,6	47,3	2,0	41,7	1,8	45,5
Roumanie	1,4	36,2	0,7	38,3	1,5	36,0	1,5	39,0
Hongrie	1,1	30,6	0,3	32,1	1,7	31,6	0,3	33,6
Finlande	2,2	23,7	0,0	25,9	4,0	21,7	0,0	25,6
Danemark	2,6	21,2	0,0	23,8	5,1	22,7	0,0	27,9
Portugal	0,5	22,2	0,3	23,0	0,5	18,6	0,3	19,3
Slovaquie	0,6	11,7	1,8	14,2	0,7	11,6	1,7	14,0
Croatie	0,1	9,6	1,3	10,9	0,1	9,3	1,5	10,8
Bulgarie	1,0	8,3	0,3	9,6	1,0	10,2	0,3	11,5
Slovénie	0,1	6,2	0,2	6,4	0,1	5,6	0,2	5,8
Grèce	0,5	4,9	0,0	5,4	0,6	5,0	0,0	5,6
Lettonie	1,2	3,2	0,3	4,7	1,3	2,9	0,2	4,3
Luxembourg	0,2	4,0	0,0	4,2	0,5	3,6	0,0	4,1
Irlande	0,7	1,4	0,0	2,1	1,2	1,4	0,0	2,5
Lituanie	1,0	0,4	0,7	2,1	1,1	0,4	0,5	2,0
Estonie	0,5	0,3	0,7	1,5	0,4	0,3	1,2	1,9
Malte	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1
Chypre	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total UE-27	76,5	1 494,9	309,2	1 880,6	112,8	1 392,5	282,1	1 787,5
Source : Eurostat.								



Objectifs renouvelables pour les transports dans l'actuelle RED II

La nouvelle directive énergie renouvelable (2018/2001) a poussé l'objectif énergies renouvelables dans les transports à 14 % en 2030 (seuil qui est qualifié de "part minimale" à atteindre), en reformulant et en ajoutant de nouveaux critères de durabilité et de réduction des gaz à effet de serre et en fixant des objectifs spécifiques aux biocarburants issus des déchets (huiles ou graisses) ou des matières premières¹ non issus de cultures alimentaires.

Afin d'atteindre l'objectif assigné de 14 %, la directive RED II prévoit que la part des biocarburants (et biogaz) utilisés pour les transports et produits à partir de certaines matières premières puisse être considérée au double de son contenu énergétique dans le bilan énergétique des pays qui la consommeront. Cette double comptabilité concerne à la fois les "biocarburants avancés" (et biogaz), 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, soit 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.

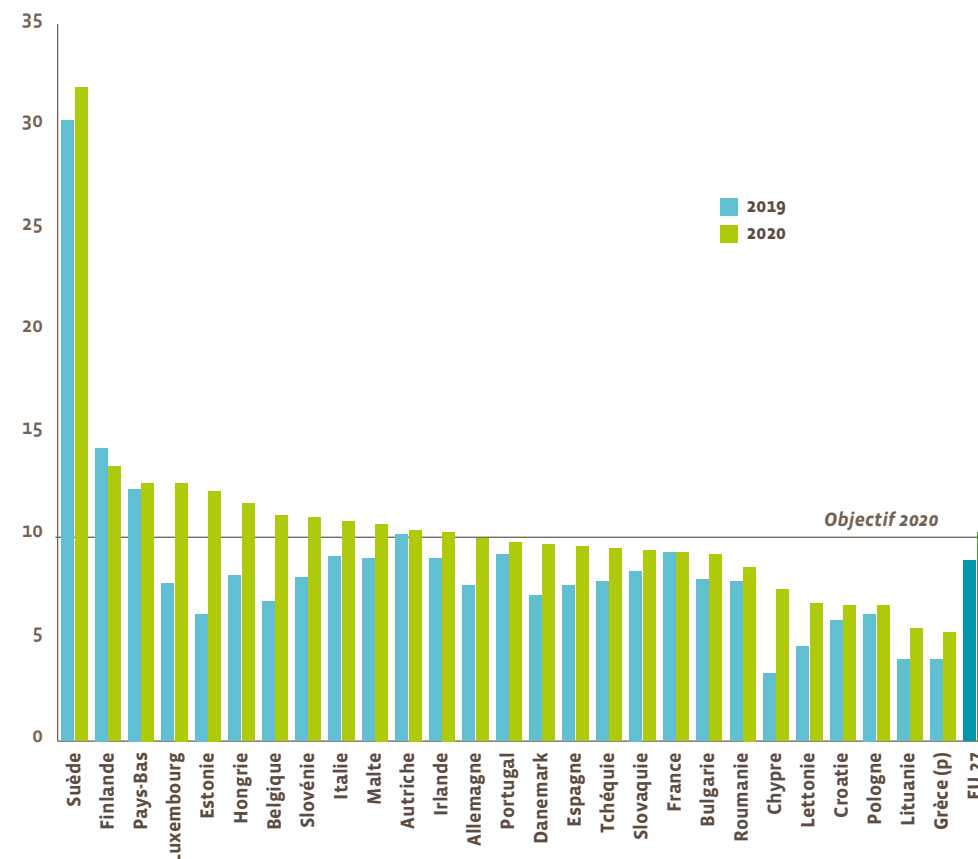
D'autres bonifications ont également été mises en place pour favoriser les modes de transport les plus vertueux sur le plan des émissions de gaz à effet de serre. La part de l'électricité renouvelable est considérée comme équivalant à quatre fois son contenu énergétique lorsqu'elle est destinée au transport 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 aériens et maritimes 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 (que l'on définit comme les "agrocarburants"). Leur part en 2030 sera soumise à une double contrainte : ne pas dépasser un maximum de 7 % dans la consommation finale d'énergie dans le secteur des transports et d'autre part leur niveau ne pourra être supérieur de plus d'un point de pourcentage au taux qui sera 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 % d'ici 2030.

1. La liste des matières premières concernées est énoncée dans l'annexe IX de la RED II.

4

Part des sources d'énergie renouvelable dans les transports (en %)



p : provisoire. Source : Eurostat

biologique (RFNBO) ou des carburants à base de carbone recyclé. Ce changement de paradigme, ce "reset" de la politique énergétique en matière de transport durable, nécessitera du temps compte tenu de l'inertie des politiques passées. C'est pourtant une véritable transformation qu'il faudra opérer dans la décennie en cours pour concrétiser l'objectif européen de devenir le premier continent neutre pour le climat

d'ici à 2050. Comme indiqué dans le Pacte vert pour l'Europe, cela devrait se traduire par une réduction de 90 % des émissions de gaz à effet de serre (GES) du secteur des transports d'ici à 2050. La voie à suivre et le cadre juridique ont déjà été formalisés par la Commission européenne. En juillet 2021, celle-ci a présenté un ensemble de douze propositions de règlements et de révisions de directives pour mettre l'Europe sur la trajectoire

d'une réduction de 55 % des émissions de gaz à effet de serre en 2030 (par rapport à 1990). Cette démarche, baptisée "Fit for 55", s'inscrit dans le prolongement du vote en décembre 2020 de cet objectif des 55 % par le Parlement européen et du Pacte vert voté en décembre 2019.

Dans ce nouveau paquet, la Commission propose pour la partie transports une augmentation du niveau d'ambition des éner-



Erik Christensen

gies renouvelables en fixant un objectif de réduction de l'intensité de gaz à effet de serre de 13 % (contre 9 % auparavant). Par ailleurs, l'Europe fait passer le sous-objectif pour les biocarburants avancés d'au moins 0,2 % en 2022 à 0,5 % en 2025 et à 2,2 % en 2030 et introduit un sous-objectif de 2,6 % pour les carburants renouvelables d'origine non biologique. Ce sous-objectif anticipe le fait que les RFNBO joueront très probablement un rôle important dans les secteurs qui devraient dépendre des carburants liquides à long terme, comme celui de l'aviation et des transports maritimes. Ces carburants de synthèse, qui combinent du dioxyde de carbone avec de l'hydrogène, proviendront d'hydrogène vert fabriqué par électrolyse de l'eau à partir d'électricité uniquement d'origine renouvelable. Dans ce cadre, l'article de la directive sur les énergies renouvelables (RED II) sur les carburants renouvelables d'origine non biologique (RFNBO) devrait être publié prochainement. Il définira le régime et la méthodologie en vertu desquels l'hydrogène, qu'il soit produit localement ou importé, pourra être étiqueté comme hydrogène renouvelable en Europe, déterminant ainsi sa durabilité et son éligibilité aux subventions. Les régions ensoleillées et semi-désertiques situées en Espagne, au Portugal ou en Afrique du Nord (Maroc, Tunisie, Algérie), capables d'accueillir des centrales solaires de plusieurs centaines de mégawatts, devraient largement bénéficier de ces nouveaux marchés d'hydrogène vert du fait de la compétitivité imbattable du kilowattheure solaire photovoltaïque

qu'elles peuvent fournir. L'éolien offshore en mer du Nord est un autre moyen important de produire de l'hydrogène renouvelable à grande échelle au Royaume-Uni, en Allemagne, aux Pays-Bas et au Danemark. Ce secteur est facilité par la présence de ressources éoliennes exceptionnelles, de vastes infrastructures de réseau de gaz sous-marin et par une importante politique de soutien à l'hydrogène. Une autre proposition concerne la mise en œuvre d'un nouveau règlement sur le déploiement d'une infrastructure pour carburants alternatifs (abrogeant la directive 2014/94/UE). Selon ce règlement, le réseau de recharge électrique devra considérablement se développer sur les grands axes routiers pour présenter un point de charge électrique tous les 60 kilomètres, tandis que pour les véhicules à hydrogène, ce sera un point tous les 150 kilomètres. Cela devrait représenter un million de points de charge électrique en 2025 puis 3,5 millions en 2030. Autre aspect important, la Commission européenne propose d'étendre encore le marché du carbone aux secteurs des transports et du bâtiment. ■

SATISFECIT EUROPÉEN POUR LES ÉNERGIES RENOUVELABLES

Avant de faire un état des lieux plus approfondi de la réalisation des objectifs énergies renouvelables spécifiques de chaque pays membres liés à la directive énergie renouvelable 2009/28/CE, ce chapitre de conclusion se propose de faire un premier bilan sur l'état en 2020 de la production d'électricité renouvelable réelle, c'est-à-dire non normalisée, pour l'hydroélectricité et l'éolien, ainsi que de la consommation des différentes énergies renouvelables utilisées pour le chauffage et le refroidissement des pays de l'Union européenne à 27.

LE SEUIL DES 1000 TWH D'ÉLECTRICITÉ RENOUVELABLE DÉPASSÉ À 27

Deux ans, il aura fallu deux ans à l'Union européenne pour combler l'équivalent de la perte de production de l'électricité renouvelable du Royaume-Uni. Deux ans après avoir franchi le cap des 1000 TWh à 28, l'Union européenne à 27 dépasse à nouveau ce seuil symbolique. Selon les données mises à jour le 25 janvier 2022 par Eurostat, la production brute de l'électricité renouvelable européenne, non normalisée et sans prendre en compte le pompage-turbinage, a été mesurée en 2020 à 1 058,4 TWh, en croissance de 8,1 % par rapport à 2019 (978,7 TWh). C'est 79,6 TWh de plus qu'en 2019, soit un différentiel supérieur à la production brute d'électricité totale d'un pays comme l'Autriche (72,6 TWh en 2020). Les énergies renouvelables ont ainsi représenté en 2020 38,1 % de la production brute d'électricité totale de l'Union européenne à 27 (mesurée à 2 781,4 TWh par Eurostat). La grande force des énergies renouvelables est leur diversité et leur complémentarité. Toutes les grandes filières de

production d'électricité renouvelable ont apporté leur contribution (+ 30,2 TWh pour l'éolien, + 26 TWh pour l'hydraulique, + 20,5 TWh pour le solaire et + 3 TWh pour la biomasse).

Avec une production réelle de 397,4 TWh, l'éolien a confirmé son statut de première filière renouvelable pour la production d'électricité dans l'Union européenne. Sa part dans le total de la production d'électricité renouvelable augmente très légèrement entre 2019 et 2020 (de 37,5 % à 37,6 %). L'année 2020 a été propice à la production d'électricité, supérieure à sa production normalisée sur les cinq dernières années, mesurée à 376,4 TWh en 2020.

L'éolien a ainsi représenté 14,3 % de la production brute totale d'électricité de l'Union européenne en 2020, mesurée à 2 781,4 TWh (part de 12,7 % en 2019). Cette part est beaucoup plus importante dans les pays précurseurs qui ont fait de l'éolien un axe central de leur transition énergétique, que ce soit au nord, au sud, à l'ouest ou au cœur de l'Europe. En 2020, cette part était majoritaire dans le mix électrique du Danemark (56,8 % en 2020) et a atteint 35,8 % en Irlande, 29,2 % en Lituanie, 23,2 % au Portugal, 23,1 % en Allemagne et 21,4 % en Espagne. En 2020, 16 pays sur 27 disposaient d'une filière éolienne représentant plus de 10 % de la production d'électricité nationale.

Entre 2019 et 2020, les pays qui ont le plus contribué à l'augmentation de la production d'électricité éolienne sont la Suède (+ 7,7 TWh, soit un total de 27,5 TWh), l'Allemagne avec 6,2 TWh supplémentaires (soit un total de 132,1 TWh), la France (+ 5,0 TWh, soit un total de 39,8 TWh), les Pays-Bas (+ 3,8 TWh, soit un total de 15,3 TWh) et la Belgique (+ 3 TWh, soit un total

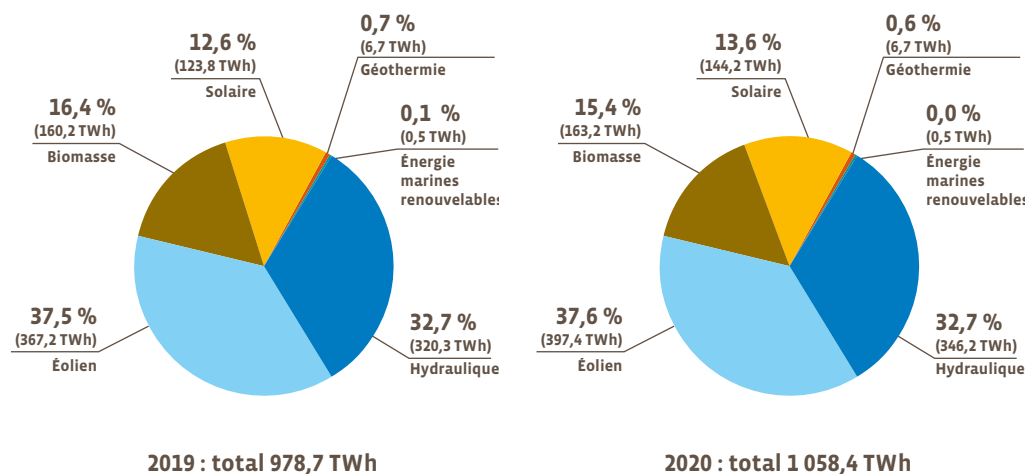
de 12,8 TWh). Dans ces deux derniers pays, la forte croissance de la production d'électricité éolienne entre 2019 et 2020 (+ 33,3 % pour les Pays-Bas et + 30,1 % pour la Belgique) est représentative de la connexion des nouveaux parcs offshore installés ces deux dernières années. La forte croissance de la production suédoise (+ 38,7 %) et finlandaise (+ 31,8 %) s'explique, quant à elle, par la connexion de parcs éoliens terrestres et des conditions climatiques plus favorables qu'en 2019. Cela a été moins le cas en Europe du Sud, des pays comme l'Italie et le Portugal ayant connu des conditions climatiques moins favorables à l'éolien, avec des baisses de production respectives de 1,4 TWh. À noter que la production d'électricité éolienne maritime gagne en importance dans le total de la production d'électricité éolienne de l'Union européenne à 27. La production d'électricité de l'éolien maritime a atteint 47,3 TWh en 2020 (40,2 TWh en 2019), soit une part de 11,9 % en 2020 (10,9 % en 2019). Cette part est même majoritaire en Belgique (54,6 % de l'électricité éolienne est maritime). Elle est de 40,4 % au Danemark, de 35,7 % au Pays-Bas et de 20,7 % en Allemagne.

L'hydraulique est le deuxième grand pilier de la production d'électricité renouvelable de l'Union européenne. 2020 a globalement été une bonne année pour la production hydroélectrique réelle (hors pompage et non normalisée), après une année 2019 très moyenne. Elle augmente dans l'Union européenne de 26 TWh (de 320,3 TWh en 2019 à 346,3 TWh en 2020), au même rythme que la production d'électricité renouvelable totale (+ 8,1 % entre 2019 et 2020). Ceci explique le maintien de sa part dans le total de l'électricité renouvelable, à 32,7 % en 2020. Les hausses de pro-

duction ont à la fois été mesurées dans les pays du nord de l'Europe, en Suède et en Finlande, mais également en France, en Espagne, au Portugal et en Italie. Parmi les grands producteurs européens d'hydroélectricité, la croissance la plus significative est à mettre au crédit de la Finlande (+ 27,9 % entre 2019 et 2020, correspondant à une augmentation de 3,5 TWh et à une production totale de 15,9 TWh). L'augmentation de production la plus importante est celle mesurée en Suède (+ 7 TWh entre 2019 et 2020), soit une croissance de 10,7 %. Le pays était en 2020 le plus grand producteur d'hydroélectricité de l'Union européenne avec une production hors pompage de 72,4 TWh. En 2020, la production d'hydroélectricité hors pompage de la France, deuxième contributeur de l'Union européenne, est également en nette augmentation (+ 9 % entre 2019 et 2020, + 5,1 TWh, soit un total mesuré de 62,1 TWh).

La croissance reste positive, mais moins marquée, en Italie avec un total de 47,6 TWh (+ 2,7 % entre 2019 et 2020, + 1,2 TWh), cela demeure suffisant pour maintenir sa place de troisième producteur de l'Union européenne en 2020. En Espagne et au Portugal, les variations de la production hydroélectrique peuvent être très importantes d'une année sur l'autre. La croissance a ainsi été mesurée à 37 % pour le Portugal (+ 3,3 TWh, pour un total de 12,1 TWh) et à 23,8 % pour l'Espagne (+ 5,9 TWh, pour un total de 30,5 TWh). Plus à l'est de l'Europe, les variations de production sont plus diverses. Entre 2019 et 2020, on observe des baisses de production en Allemagne (- 7,1 %, - 1,4 TWh), en Grèce (- 16,4 %, - 0,7 TWh), en Bulgarie (- 3,7 %, - 0,1 TWh) et en Roumanie (- 1,3 %, + 0,2 TWh) ; et

Part de chaque énergie dans la production d'électricité renouvelable de l'Union européenne à 27



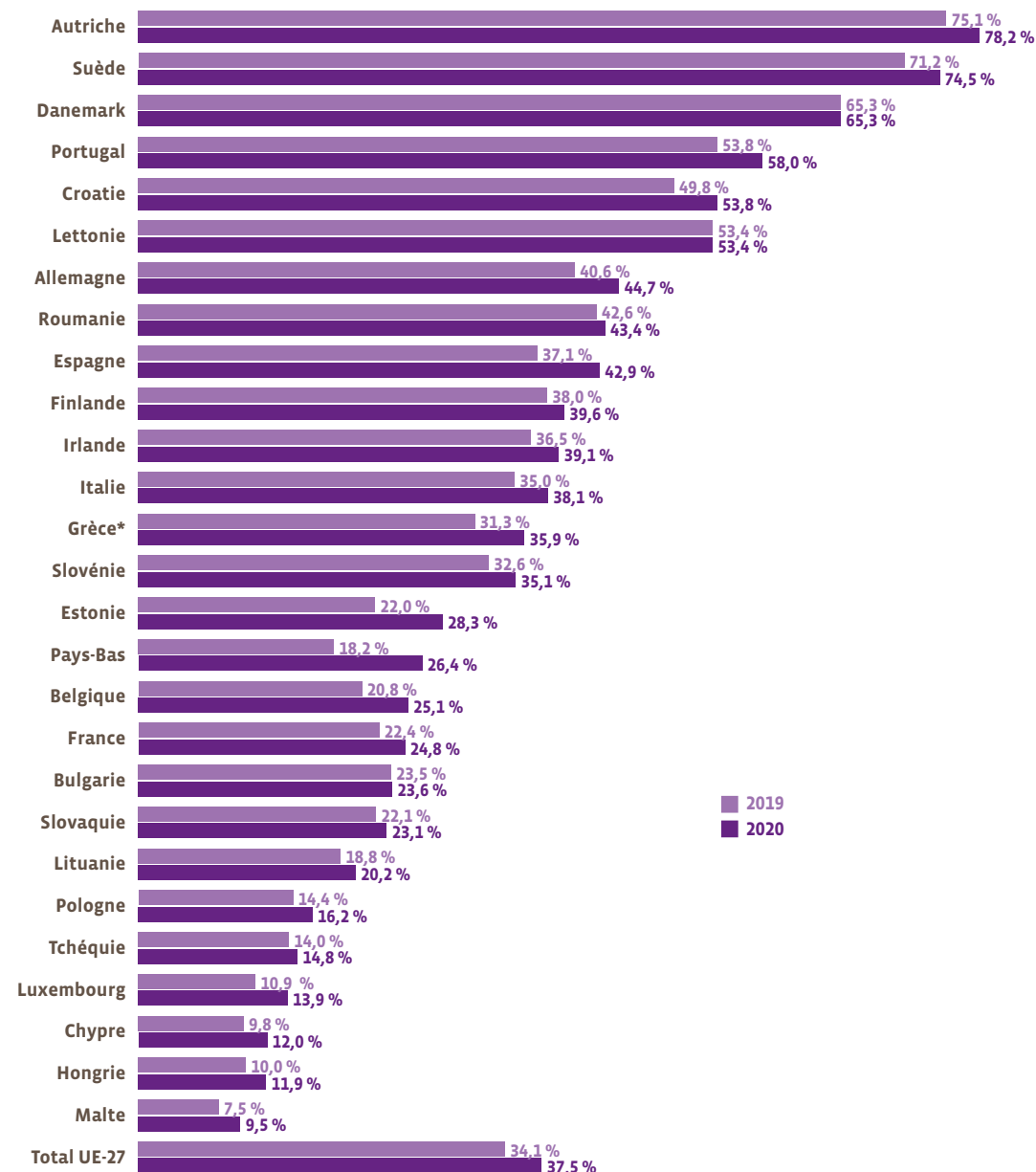
Notes pour le calcul : La production hydroélectrique est réelle (non normalisée) et hors pompage. La production d'électricité éolienne est réelle (non normalisée). Toute la production d'électricité à partir de bioliquides (conformes et non conformes) est incluse (la production d'électricité non conforme à partir de bioliquides représente 127,7 GWh en 2019 et 127,7 GWh en 2020). L'électricité renouvelable issue du biogaz mélangé au réseau de gaz fossile est incluse (elle représente 532,9 GWh en 2019 et 680,3 GWh en 2020). Source : EurObserv'ER

des augmentations en Pologne (+ 8,2 %, + 1,2 TWh), en Autriche (+ 2,9 %, + 1,2 TWh) et en Tchéquie (+ 6,8 %, + 0,1 TWh). À l'est de l'Europe, les niveaux de production sont cependant globalement inférieurs à ceux observés ces dernières années.

Si le vent et l'eau sont les sources d'énergie renouvelable qui ont le plus contribué sur le plan de la production d'électricité, le solaire est celle qui augmente le plus rapidement. Cette énergie est particulièrement complémentaire de l'énergie hydraulique, car elle permet de décaler la production de cette dernière en fin de journée quand les besoins en électricité sont les plus importants. L'année 2020 a été particulièrement propice à l'énergie solaire. Le continent européen a en effet connu le plus grand nombre d'heures d'ensoleillement depuis le début des relevés par satellite en 1983. Ce record d'ensoleillement, associé à l'augmentation des capacités de production, explique une production d'électricité solaire en forte hausse. Selon Eurostat, la production d'électricité solaire de l'Union européenne a atteint 144,2 TWh en 2020 (139,2 TWh de solaire photovoltaïque et 5 TWh de solaire thermodynamique),

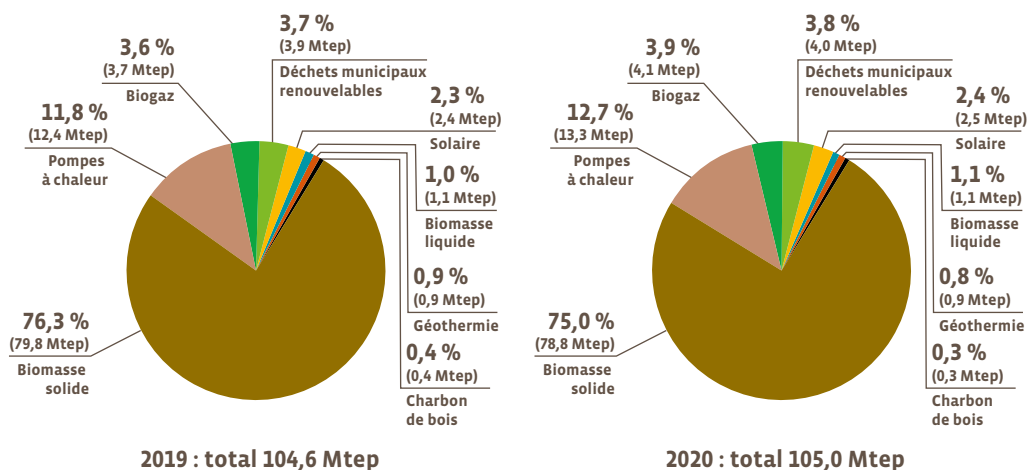
soit une croissance de 16,5 % et un gain de 20,5 TWh. Le solaire photovoltaïque est en fait le seul responsable de cette croissance, la production solaire thermodynamique ayant légèrement diminué en 2020. Le solaire fait aujourd'hui partie du socle de la production d'électricité de l'Union européenne. Il représentait en 2020 13,6 % de la production d'électricité renouvelable et une part de 5,2 % de la production d'électricité totale de l'Union européenne. Cette part atteint même 11,1 % à Malte (0,2 TWh d'électricité solaire produite en 2020), 9,2 % en Grèce (4,4 TWh en 2020), 8,9 % en Italie (24,9 TWh en 2020), 8,5 % en Allemagne (48,6 TWh en 2020) et 7,9 % en Espagne (20,7 TWh). Concernant l'énergie biomasse dans son ensemble (biomasse solide, biogaz, déchets municipaux renouvelables, biomasse liquide), la production d'électricité a atteint le chiffre de 163,2 TWh en 2020, en croissance de 1,9 % par rapport à 2019 (+ 3 TWh). La dynamique de croissance de la production d'électricité biomasse est principalement assurée par sa composante biomasse solide, qui a augmenté de 3,0 % par rapport à 2019, pour atteindre 83 TWh en 2020 (+ 2,4 TWh).

Part des énergies renouvelables dans la consommation brute d'électricité des pays de l'Union européenne, 2019-2020 (%) – Directive 2009/28/CE



Notes pour le calcul : La production hydroélectrique est normalisée et hors pompage. La production d'électricité éolienne est normalisée. L'énergie solaire comprend l'énergie solaire photovoltaïque et la production d'énergie solaire thermique. Toutes les autres énergies renouvelables comprennent la production d'électricité à partir de biocarburants gazeux et liquides (uniquement la partie conforme), les déchets municipaux renouvelables, la géothermie et les marées, vagues et océans. L'électricité renouvelable issue du biogaz mélangé au réseau de gaz fossile est également incluse. * Donnée 2020 provisoire pour la Grèce. Source : Eurostat Shares (mise à jour du 1^{er} février)

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



Note pour le calcul : Les sources renouvelables pour le chauffage et le refroidissement correspondent à la somme de la consommation finale d'énergie des carburants renouvelables dans l'industrie et les autres secteurs, 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. La consommation d'énergie finale et la chaleur dérivée des biocarburants liquides conformes et non conformes sont incluses.
Source : EurObserv'ER (d'après la base de données d'Eurostat)

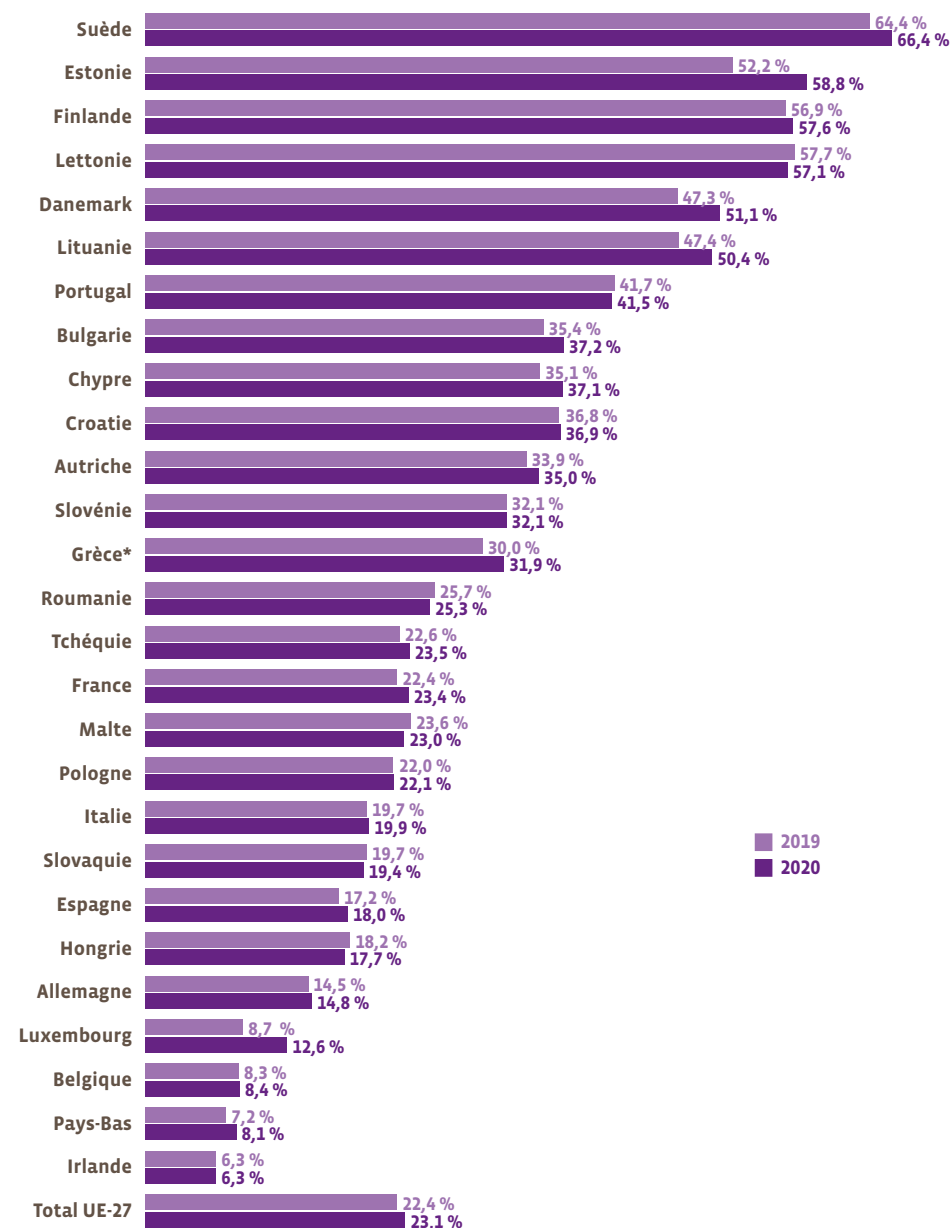
L'augmentation la plus significative est à mettre à l'actif des Pays-Bas, qui doublent leur niveau de production entre 2019 et 2020 (+ 103,8 %) pour atteindre 5,8 TWh (+ 2,9 TWh). Cette augmentation a été permise par une consommation accrue de granulés de bois utilisés en cocombustion avec le charbon dans les centrales RWE Amers 9 et la centrale Uniper MPP3. L'Espagne (+ 16,9 %, + 656 GWh), la Pologne (+ 7,6 %, + 492 GWh), l'Estonie (+ 38,6 %, + 486 GWh) et le Portugal (+ 16,6 %, + 457 GWh) ont également vu leur production augmenter. Ces hausses ont cependant été contrebalancées par les baisses significatives des productions suédoise (- 15,4 %, - 1,7 TWh) et finlandaise (- 12,6 %, - 1,6 TWh), qui s'expliquent toutes deux par des besoins d'électricité en baisse. La contribution de l'électricité biogaz est également positive. En prenant en compte, en plus des centrales fonctionnant exclusivement au biogaz produit sur site, la part du biométhane (biogaz épuré) injecté sur le réseau et utilisé à distance dans les centrales électriques fonctionnant au gaz, la production d'électricité biogaz atteint 56,3 TWh, en hausse de 0,8 TWh. Concernant les autres

filières biomasse, la contribution des déchets urbains renouvelables diminue légèrement à 18,9 TWh en 2020 (- 0,1 TWh), de même que la production d'électricité issue de biomasse liquide (- 0,1 TWh), à 5 TWh. Dans l'Union européenne, les filières de production d'électricité géothermique (essentiellement italiennes) et d'énergies marines (essentiellement françaises) n'évoluent pratiquement pas entre 2019 et 2020, avec un niveau de production respectif de 6,7 TWh et de 0,5 TWh.

LA CHALEUR RENOUVELABLE RÉSISTE GRÂCE À L'APPORT DES POMPES À CHALEUR

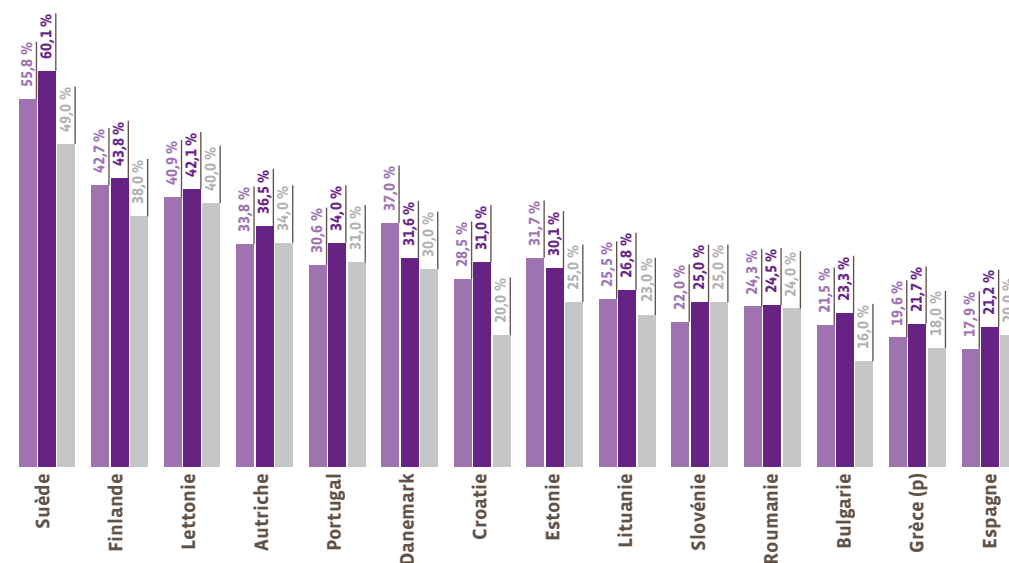
Selon les données Eurostat (mises à jour le 25 janvier 2022) compilées par EurObserv'ER, la consommation d'énergie renouvelable utilisée pour le chauffage et le refroidissement est parvenue à très légèrement augmenter, de 104,6 Mtep en 2019 à 105 Mtep en 2020. Cet indicateur regroupe à la fois l'énergie directement consommée par l'utilisateur final dans l'industrie et les "autres secteurs" (tels que le résidentiel, le commercial, l'agriculture, le forestier, la

Part des énergies renouvelables dans la chaleur et le rafraîchissement des pays de l'Union européenne, 2019-2020 (%) – Directive 2009/28/EC

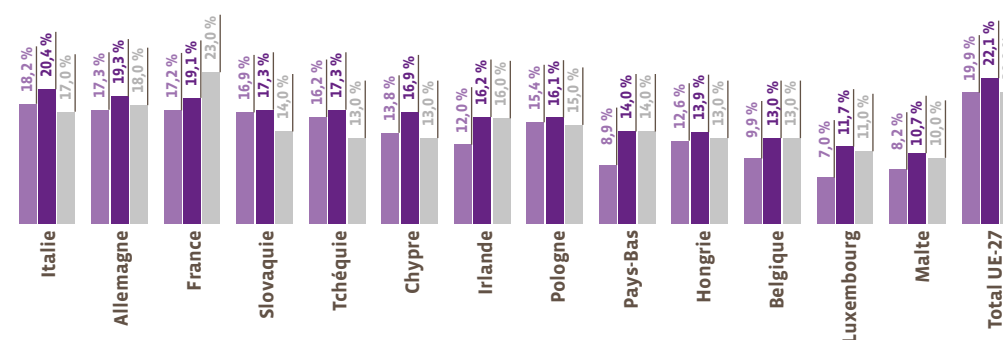


Note pour le calcul : Les sources renouvelables pour le chauffage et le refroidissement correspondent à la somme de la consommation finale d'énergie des carburants renouvelables dans l'industrie et les autres secteurs, de la production de chaleur dérivée des carburants renouvelables et des pompes à chaleur. La consommation d'énergie finale et la chaleur dérivée du biogaz mélangé au réseau sont incluses. Seules la consommation d'énergie finale et la chaleur dérivée des biocarburants liquides conformes aux exigences de la directive 2009/28/EC sont incluses. * Donnée 2020 provisoire pour la Grèce. Source : Eurostat Shares (mise à jour du 1^{er} février)

Part de l'énergie produite à partir de sources renouvelables dans la consommation brute d'énergie finale en 2019 et 2020 et objectif 2020



■ 2019
■ 2020
■ Objectif 2020



p: donnée 2020 provisoire pour la Grèce. La version 2020 de l'outil Shares tient compte des dispositions de calcul spécifiques en place dans la directive 2009/28/CE, en plus de la nouvelle possibilité d'allouer du biométhane produit localement au secteur des transports sur la base du système de bilan massique (avec des exigences de traçabilité appropriées). Source: Eurostat Shares (mise à jour du 1^{er} février)

pêche), la production de chaleur issue du secteur de la transformation (chaleur dérivée) et la production renouvelable restituée par les pompes à chaleur. La consommation d'énergie finale et la production de chaleur issue du secteur de la transformation du biogaz injecté et mélangé au réseau de gaz fossile sont également incluses dans cet indicateur.

Une analyse de la contribution de chaque filière énergie renouvelable à la consommation totale d'énergie pour le chauffage et le refroidissement confirme une moindre utilisation de biomasse solide. Elle est en baisse de 1 Mtep entre 2019 et 2020 (de 79,8 à 78,8 Mtep). Les besoins de combustibles biomasses solides ont d'abord été contraints par un hiver 2020 anormalement doux et, globalement, une année 2020 anormalement chaude, à l'échelle de l'Europe, ce qui a diminué la consommation des appareils de chauffage, dans le secteur résidentiel notamment. En plus de la baisse des besoins de chauffage, les conséquences économiques liées à la pandémie de Covid-19 ont également limité les besoins énergétiques de

l'Union européenne, ce qui n'a pas favorisé non plus la consommation de chaleur biomasse solide.

Il convient de préciser que le niveau de consommation de chaleur biomasse solide de l'UE à 27 est plus élevé que celui mesuré un an auparavant. Cela s'explique principalement par une forte consolidation statistique en Pologne réalisée en fin d'année 2021, rétroactive jusqu'en 2018, qui a augmenté la consommation de chaleur biomasse solide du pays (consommation d'énergie finale et chaleur dérivée) de l'ordre de 2,6 Mtep. Sur les dernières années, d'autres pays ont également procédé à des consolidations de ce type, qui s'expliquent souvent par des études plus approfondies concernant la consommation de bois et la mise en œuvre de méthodologies de calcul plus précises. Le niveau de consolidation de la Pologne reste cependant particulièrement significatif.

La dynamique des pompes à chaleur (PAC) est beaucoup plus positive et rattrape pratiquement ce que la biomasse solide a perdu (+ 0,92 Mtep, soit un total de 13,3 Mtep en 2020). Les données de marché 2020

des PAC à l'échelle de l'Union européenne confirment la montée en puissance de cette technologie sur le segment du chauffage et du refroidissement. 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...) 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 de chaleur renouvelable: le biogaz (+ 0,32 Mtep, soit 4,1 Mtep), les déchets municipaux renouvelables (+ 0,14 Mtep, soit un total de 4 Mtep), l'énergie solaire (+ 0,09 Mtep, soit un total de 2,5 Mtep) et la biomasse liquide (+ 0,06 Mtep, soit un total de 1,1 Mtep). Entre 2019 et 2020, la répartition entre les différentes filières de chaleur renouvelable a évolué en défaveur de la biomasse solide (de 76,3 % à 75 %) et en faveur des

pompes à chaleur (de 11,8 % à 12,7 %). La part du biogaz passe de 3,6 % à 3,9 %, celle des déchets municipaux renouvelables de 3,7 % à 3,8 %, celle du solaire de 2,3 % à 2,4 %, celle de la géothermie reste à 0,8 %, celle de la biomasse liquide de 1 à 1,1 %, et celle du charbon de bois reste à 0,4 %.

OBJECTIFS SPECIFIQUES DE LA DIRECTIVE EUROPEENNE

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 (2009/28/CE) est différent de celui mentionné plus haut, car il prend en compte une production normalisée pour l'hydraulique et l'éolien (formule de normalisation définie dans l'annexe II de la directive), afin de gommer les aléas climatiques, au moins au niveau des précipitations et du vent, et ainsi d'être plus représentatif des efforts réalisés par chaque État membre. Il n'intègre également que la production d'électricité issue de biomasse liquide certifiée conforme (voir encadré

Collaboration transfrontalière et recours aux mécanismes de coopération

Transferts statistiques et projets communs* en 2020			
	Montant total à ajouter (en ktep)	Montant total à déduire (en ktep)	Transferts statistiques provenant de
Belgique	333,3	0,0	Danemark (154,8), Finlande (165,1), Lituanie (13,1)
Tchéquie	0,0	40,0	
Danemark	0,0	1 418,8	
Allemagne	4,4	0,0	Danemark (4,4)
Estonie	0,0	251,0	
Irlande	300,9	0,0	Danemark (86), Estonie (215)
Lituanie	0,0	34,6	
Luxembourg	55,9	0,0	Lituanie (21,5), Estonie (34,4)
Malte	1,7	0,0	Estonie (1,7)
Pays-Bas	1 173,7	0,0	Danemark (1 173,7)
Slovénie	40,0	0,0	Tchéquie (40)
Finlande	0,0	165,5	
Suède	0,0	227,3	
Norvège	227,3	0,0	Suède** (227,3)
Total	2 137,3	2 137,2	

* Articles 6 à 11 de la directive 2009/28/CE. ** Régimes d'aides communs à la Norvège et la Suède (article 11, directive 2009/28/CE).
Source : Eurostat Shares (mise à jour du 1^{er} février)

“Méthode et définitions”). La production normalisée de l’hydraulique ainsi retenue pour l’Union européenne à 27 a été de 345,1 TWh en 2020 (343,2 TWh en 2019), et celle de l’éolien a été de 376,4 TWh en 2020 (348,4 TWh en 2019). 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 1 036 TWh en 2020 (982,7 TWh en 2019), en augmentation de 5,4 % entre 2019 et 2020. La production d’électricité totale retenue (le dénominateur) est de 2 764 TWh en 2020 (2 882,9 TWh en 2019), en diminution de 4,1 %. Cette évolution permet à la part de l’électricité renouvelable de passer de 34,1 % en 2019 à 37,5 % en 2020, soit un gain de 3,4 points de pourcentage (pp). Par rapport à l’année 2004 (15,9 %), première année de

référence pour la prise en compte des objectifs, la part de l’électricité renouvelable “normalisée” a ainsi plus que doublé (x 2,4) et gagné sur la période 21,6 pp. Le graphique 2 montre que la part de l’électricité renouvelable des États membres peut être extrêmement variable selon le potentiel en énergies renouvelables et les politiques de soutien mises en place. L’Autriche est le pays de l’Union disposant de la part la plus élevée (78,2 % en 2020) devant la Suède (74,5 %) et le Danemark (65,3 %). La part de l’électricité renouvelable est également majoritaire au Portugal, en Croatie, en Lettonie (avec respectivement 58 %, 53,8 % et 53,4 %). Les six pays où la part de l’électricité renouvelable est la plus faible sont la Pologne (16,2 %), la Tchéquie (14,6 %), le Luxembourg (13,0 %), Chypre (12 %), la Hongrie (11,9 %) et Malte (9,5 %).

En prenant en compte cette période de référence (2004-2020), on peut constater que l’augmentation de la part de l’électricité renouvelable a été significative dans beaucoup de pays de l’Union européenne, avec des modifications en profondeur du mix de production électrique. La part renouvelable dans le mix électrique danois est ainsi passée de 23,8 % à 65,3 % (+ 41,6 pp), celle de l’Allemagne de 9,4 % à 44,7 % (+ 35,3 pp), celle de l’Irlande de 6 % à 39,1 % (+ 33 pp), celle du Portugal de 27,4 % à 58 % (+ 30,6 pp), celle de l’Estonie de 0,5 % à 28,3 % (+ 27,7 pp), celle de la Belgique de 1,7 % à 25,1 % (+ 23,4 pp) et celle de l’Italie de 16,1 % à 38,1 % (+ 22 pp). La part de l’électricité renouvelable a en revanche plus faiblement augmenté dans des pays comme la Slovénie, de 29,3 % à 35,1 % (+ 5,8 pp), la Lettonie, de 46 % à 53,4 % (+ 7,4 pp), et la Slovaquie, de 15,4 % à 23,1 % (+ 7,7 pp).

23,1 % D’ÉNERGIES RENOUVELABLES DANS LA CONSOMMATION TOTALE D’ÉNERGIE POUR LE CHAUFFAGE ET LE REFROIDISSEMENT

La directive énergie renouvelable 2009/28/CE définit un indicateur spécifique pour mesurer la part des énergies renouvelables dans la consommation totale d’énergie pour le chauffage et le refroidissement. Le numérateur utilisé pour le calcul est très légèrement différent de celui obtenu à partir des bases de données Eurostat issues des balances énergétiques complètes des pays membres. Il est mesuré à 104,1 Mtep en 2019 et à 104,6 Mtep en 2020, comparé à une consommation de 104,6 Mtep en 2019 à 105 Mtep en 2020. La différence de 0,4 Mtep en 2020 s’explique par le fait que seuls les biocarburants liquides certifiés conformes aux exigences de la directive énergie renouvelable peuvent être pris en compte dans le calcul des objectifs. Le dénominateur qui représente la consommation d’énergie finale totale utilisée pour le chauffage et le refroidissement est mesuré par l’outil Shares à 464,3 Mtep en 2019 et à 453 Mtep en 2020, en baisse 2,4 %. Le niveau de consommation de 2020 est le deuxième plus bas mesuré depuis 2004, le plus bas étant celui de 2014 avec 447,2 Mtep, lié au contexte de la pandémie de Covid-19 qui a ralenti l’activité économique et à une année particulièrement chaude qui a limité les besoins de chauffage.

Ces éléments permettent de mesurer la part renouvelable dans la consommation totale d’énergie pour le chauffage et le refroidissement à 23,1 % en 2020 (22,4 % en 2019) dans l’Union européenne, soit une

augmentation de 0,7 pp. En 2020, c’est donc en premier lieu la baisse des besoins énergétiques pour le chauffage et le refroidissement qui a permis à la part renouvelable de progresser.

En prenant 2004 comme année de référence (11,7 %), la part de l’énergie provenant de sources renouvelables dans le chauffage et le refroidissement a pratiquement doublé dans l’Union européenne. Cette progression s’explique par une diminution des besoins de chauffage qui sur la période baissent de 528,7 Mtep en 2004 à 453 Mtep en 2020 (- 14,3 %), mais surtout par une augmentation de la chaleur renouvelable de 62 Mtep à 104,6 Mtep (+ 68,6 %). Si quelques millions de tonnes équivalent pétrole ont pu être retrouvées au fil des ans du fait d’un meilleur suivi statistique de certaines filières (biomasse en particulier), l’essentiel de l’augmentation s’explique par la volonté des pays membres de substituer l’utilisation des énergies fossiles.

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 (66,4 % en 2020), pays qui exploite pleinement son potentiel forestier (industries et réseau de chaleur) et qui a généralisé l’utilisation des pompes à chaleur dans l’habitat. Elle est également majoritaire dans les autres pays d’Europe du Nord (57,6 % en Finlande, 51,1 % au Danemark) et dans les pays baltes (58,8 % en Estonie, 57,1 % en Lettonie, 53,7 % en Estonie et 50,4 % en Lituanie). Elle est en revanche fortement minoritaire dans les pays du Benelux (12,6 % au Luxembourg, 8,4 % en Belgique et 8,1 % aux Pays-Bas) et en Irlande (6,3 %).

Sur la période 2004-2020, les plus fortes progressions de la part énergie renouvelable utilisée pour le chauffage et le refroidissement sont à mettre à l’actif du Danemark (+ 30,6 pp), de Chypre (+ 27,9 pp), de Malte (+ 22 pp), de l’Estonie (+ 25,5 pp) et de la Bulgarie (+ 23,1 pp). En revanche, parmi les pays qui ont observé les plus faibles progressions, on trouve l’Irlande (+ 3,4 pp), les Pays-Bas (+ 5,9 pp) et la Belgique (+ 5,5 pp).

UNE RÉUSSITE COLLECTIVE ET SOLIDAIRE, AVEC UN BÉMOL

L’année 2020 était une échéance importante pour les pays membres de l’Union européenne, car c’était celle de l’atteinte ou non de leurs objec-

tifs énergies renouvelables fixés dans le cadre de la directive 2009/28/CE, et derrière ces objectifs, il y avait la crédibilité de l'Union européenne à mener sa transition énergétique. L'outil Shares Eurostat, qui a pour objectif de faciliter le calcul de la part d'énergie provenant de sources renouvelables conformément à la directive, dans sa version mise à jour le 1^{er} février 2022, atteste de la réussite de l'Union européenne. La part des énergies renouvelables dans la consommation brute d'énergie finale, définie selon les critères de la directive, a en effet atteint 22,1 % en 2020 dans l'UE des 27. C'est 2,1 points de pourcentage de plus que l'objectif collectif défini pour 2020. Cette réussite marque un point d'étape important dans la stratégie de l'Union européenne d'être le premier continent à atteindre la neutralité climatique dès 2050.

Si le satisfecit est légitime, la diminution de la consommation d'énergies fossiles occasionnée par la baisse d'activité liée à la pandémie du Covid-19 explique l'ampleur avec lequel l'objectif a été dépassé. Cette performance s'explique également par une forte croissance de la production d'électricité renouvelable, une consommation d'énergie renouvelable en légère hausse dans les transports poussée par l'objectif de 10 % d'énergie renouvelable dans ce secteur, et le maintien du niveau de consommation de la chaleur renouvelable malgré un contexte défavorable.

Sur l'atteinte de l'objectif collectif des 20 %, la réussite ne faisait guère de doute dès lors qu'il était acté que le Royaume-Uni quitterait bien l'Union européenne. Cette sortie, effective depuis le 1^{er} février 2020, a en effet favorisé comptablement la part des énergies renouvelables de la nouvelle UE à 27, le Royaume-Uni disposant d'une part renouvelable très inférieure à la moyenne de l'Union européenne (12,3 % en 2019, selon Eurostat). Sans le Royaume-Uni, l'objectif de l'UE à 27 était déjà quasiment atteint dès 2019 avec une part de 19,9 % selon la dernière mise à jour d'Eurostat (1^{er} février 2022). Il convient de préciser que la part de 2019 avait initialement été mesurée à 19,7 % dans la mise à jour d'Eurostat d'avril 2021. La part renouvelable a entre-temps fait l'objet d'une consolidation statistique "opportune" à la hausse, du fait d'une réévaluation de la consommation d'énergie renouvelable de certains pays membres, parfois significative dans le cas de la Pologne.

En regardant en arrière, et les effets des directives énergies renouvelables passées, comme la directive 2001/77/CE relative à la promotion de l'électricité

renouvelable et plus récemment la directive 2009/28/CE relative à la promotion de l'utilisation de l'énergie renouvelable, désormais abrogée (depuis le 1^{er} juillet 2021) par la nouvelle directive énergie renouvelable 2018/2001/CE, la part des énergies renouvelables dans la consommation brute d'énergie finale aura plus que doublé entre 2004 et 2020 dans l'actuel UE à 27, de 9,6 % à 22,1 %.

En examinant les objectifs nationaux, 26 pays membres sur 27 ont atteint ou dépassé leurs niveaux cibles pour 2020. Les pays membres qui ont le plus largement dépassé leurs objectifs sont la Suède (+ 11,1 pp), la Croatie (+ 11 pp), la Bulgarie (+ 7,3 pp), la Finlande (+ 5,8 pp) et l'Estonie (+ 5,1 pp). La France est le seul pays de l'Union européenne à ne pas avoir satisfait à son objectif (- 3,9 pp). Le Royaume-Uni, qui n'est plus État membre depuis le 1^{er} février 2020, aurait également été dans cette situation. Comme précisé un peu plus haut, la Pologne a fortement révisé ses données sur la consommation d'énergie finale de la biomasse solide. Suite à cette révision opportune, sa part d'énergies renouvelables a augmenté de plus de 3 points de pourcentage, permettant au pays d'atteindre son objectif.

Certains pays ont utilisé des transferts statistiques pour atteindre leurs objectifs. Les transferts statistiques sont des accords entre États membres pour transférer une quantité déterminée d'énergie provenant de sources renouvelables d'un État membre vers un autre État membre. Les régimes d'aide conjoints constituent également un autre type de mécanisme de coopération reconnu par la directive.

Sept pays de l'Union européenne, en plus de la Norvège, ont eu recours à des transferts statistiques. Les Pays-Bas ont ainsi négocié un transfert de 1 173 ktep provenant du Danemark, la Belgique a négocié des transferts provenant de Finlande (165,1 ktep), du Danemark (154,8 ktep) et de Lituanie (13,1 ktep). L'Irlande a négocié des transferts provenant d'Estonie (215 ktep) et du Danemark (86 ktep), le Luxembourg a bénéficié d'un transfert de 21,5 ktep de Lituanie et de 34,4 ktep d'Estonie, la Slovaquie d'un transfert de 40 ktep de Tchéquie et Malte d'un transfert de 1,7 ktep provenant d'Estonie. La Suède, dans le cadre de son régime d'aides commun avec la Norvège, lui a transféré 227,3 ktep et l'Allemagne, seul pays à avoir mis en œuvre des appels d'offres transfrontaliers (ici photovoltaïque), a bénéficié de 4,4 ktep provenant de Danemark. Ces transferts ont eu un coût non

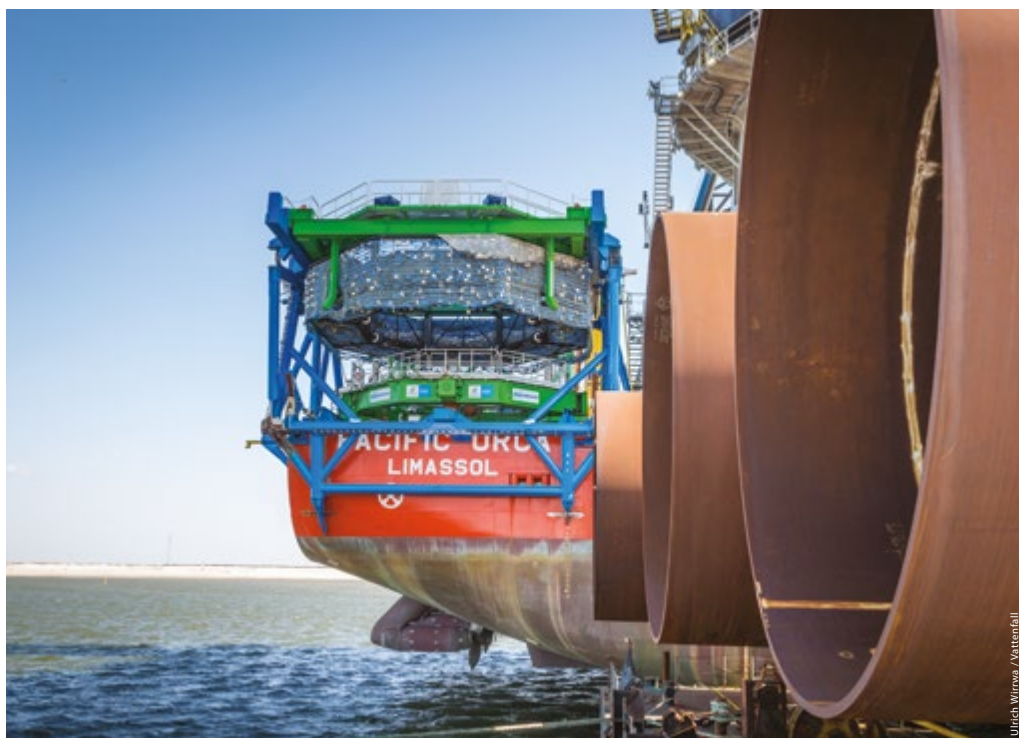


négligeable pour les pays. Les Pays-Bas ont par exemple négocié un volume pouvant aller jusqu'à 8 000 GWh à 12,50 €/MWh (100 millions d'euros), l'Irlande a négocié pour un total de 3 500 GWh à 12,50 €/MWh (soit 12,5 millions d'euros avec le Danemark et 37,5 millions d'euros avec l'Estonie), la Région flamande pour un montant de 1 800 GWh au prix de 12,50 €/MWh (22,5 millions d'euros) et le Luxembourg a négocié avec l'Estonie (700 GWh) et la Lituanie (400 GWh) à un prix de 15 €/MWh (total de 16,5 millions d'euros).

Concernant la France, la question des sanctions pour non atteinte de l'objectif est ouverte. Les sanctions financières sont l'une des mesures les plus sévères, parmi celles qui peuvent être prises à l'encontre des pays qui ne mettent pas en œuvre le droit de l'Union européenne. La Commission européenne pourrait, si elle le juge nécessaire, engager une procédure de sanctions auprès de la Cour de justice de l'Union européenne. Elle pourrait également demander que le pays mette en œuvre très rapidement des mesures correctrices, comme l'inciter à négocier avec d'autres pays des transferts statistiques. L'écart de la France avec son objectif est relativement

important, de l'ordre de 5,4 Mtep (62,8 TWh). À un prix de 12,50 €/MWh, cela correspond à un montant théorique de 785 millions d'euros.

En attendant les suites qui seront données, l'Union européenne se projette désormais vers une nouvelle étape législative en matière d'énergies renouvelables. L'objectif actuel de la nouvelle directive énergie renouvelable 2018/2001/CE (dites RED II) de porter la part d'énergie renouvelable à 32 % d'ici 2030 n'est pas jugé suffisant compte tenu de l'urgence climatique. Ainsi, la Commission européenne a, dans un nouveau paquet législatif "Fit for 55" proposé de rehausser l'objectif de réduction des émissions de gaz à effet de serre à 55 % d'ici à 2030 par rapport aux émissions de 1990, et de réviser la directive énergie renouvelable pour porter à 40 % le nouvel objectif, soit un peu plus que doubler la part des énergies renouvelable en une décennie. La grande différence par rapport aux débuts des années 2000, c'est que l'industrie européenne des énergies renouvelables est aujourd'hui pleinement mature, en ordre de marche et dispose de technologies très compétitives. ■



Ulrich Wirtz / Wattenfall

Méthode et définition

Les sources d'énergie renouvelable incluent l'énergie solaire thermique et photovoltaïque, l'énergie hydraulique (y compris les énergies marémotrice, houlomotrice et hydrocinétique), l'énergie éolienne, l'énergie géothermique et la biomasse sous toutes ses formes (y compris les déchets biologiques et les biocarburants liquides). La contribution de l'énergie renouvelable produite à partir de pompes à chaleur est également prise en compte. L'énergie renouvelable livrée aux consommateurs finaux (industrie, transports, ménages, services – y compris les services publics, l'agriculture, la sylviculture et la pêche) est le numérateur de cet indicateur. Le dénominateur, c'est-à-dire la consommation finale brute d'énergie de toutes les sources, correspond à l'énergie totale livrée aux consommateurs finaux à des fins énergétiques ainsi qu'aux pertes de transport et de distribution de l'électricité et de la chaleur. Il convient de noter que les exportations/importations d'électricité ne sont pas considérées comme des énergies renouvelables. Toutefois, les transferts statistiques et autres mesures de flexibilité signalées à Eurostat et conformes aux exigences des articles 6 à 11 de la directive 2009/28/CE concernant la promotion de l'utilisation de l'énergie produite à partir de sources renouvelables sont pris en compte dans le calcul de l'objectif principal de chaque État membre concernant la part d'énergie renouvelable dans la consommation totale brute d'énergie finale. Les

parts nationales de l'énergie provenant de sources renouvelables dans la consommation finale d'énergie brute sont calculées conformément aux règles de calcul spécifiques de la directive 2009/28/CE relative à la promotion de l'utilisation de l'énergie produite à partir de sources renouvelables, et de la décision 2013/114/UE de la Commission établissant les lignes directrices relatives au calcul, par les États membres, de la part d'énergie renouvelable produite à partir des pompes à chaleur pour les différentes technologies de pompes à chaleur. La production d'électricité à partir d'énergie hydraulique et d'énergie éolienne est comptabilisée conformément aux formules de normalisation énoncées à l'annexe II de la directive 2009/28/CE. Pour les données à partir de 2011, seuls les biocarburants et les bioliquides déclarés par les pays comme satisfaisant aux critères de durabilité définis aux articles 17 et 18 de la directive 2009/28/CE sont pris en compte afin d'établir la part de l'énergie qui provient de sources renouvelables. Des ajustements de la consommation d'énergie dans le secteur de l'aviation sont appliqués pour tous les pays, conformément à l'article 5, paragraphe 6.

Des détails méthodologiques et des informations supplémentaires sont également disponibles : <http://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/shares>



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. Les EnR tirent particulièrement bien leur épingle du jeu dans le domaine de la production d'électricité, mais dans le secteur du chauffage et du refroidissement, la consommation d'énergies renouvelables reste quelque peu à la traîne. Ce secteur est pourtant celui avec la plus forte demande en énergie d'Europe. Il représente environ 50 % du total de la consommation finale d'énergie, dont 30 % sont utilisés pour le chauffage de l'eau et des bâtiments.

Les technologies sur site intégrées aux bâtiments répondent en majeure partie à la demande de chauffage et de refroidissement. Les réseaux de chaleur prennent de plus en plus d'importance pour continuer à décarboner ce secteur, notamment dans les zones urbaines à forte densité de population. Les EnR intégrées aux bâtiments ou à l'infrastructure urbaine comprennent différentes technologies mises en œuvre pour la fourniture de chauffage, le refroidissement et l'électricité. 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. L'infrastructure urbaine et les centrales de production d'électricité pertinentes pour l'intégration du chauffage par les énergies renouvelables 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 la diversité 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

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 le bâtiment, en incluant l'électricité pour le chauffage, y compris de l'eau.

La **part des énergies renouvelables dans les réseaux de chaleur** se concentre sur le type de vecteur énergétique qu'ils utilisent. La quantité d'énergie générée par les technologies renouvelables pour les réseaux de chaleur constitue une fraction de 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.

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, 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, 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.

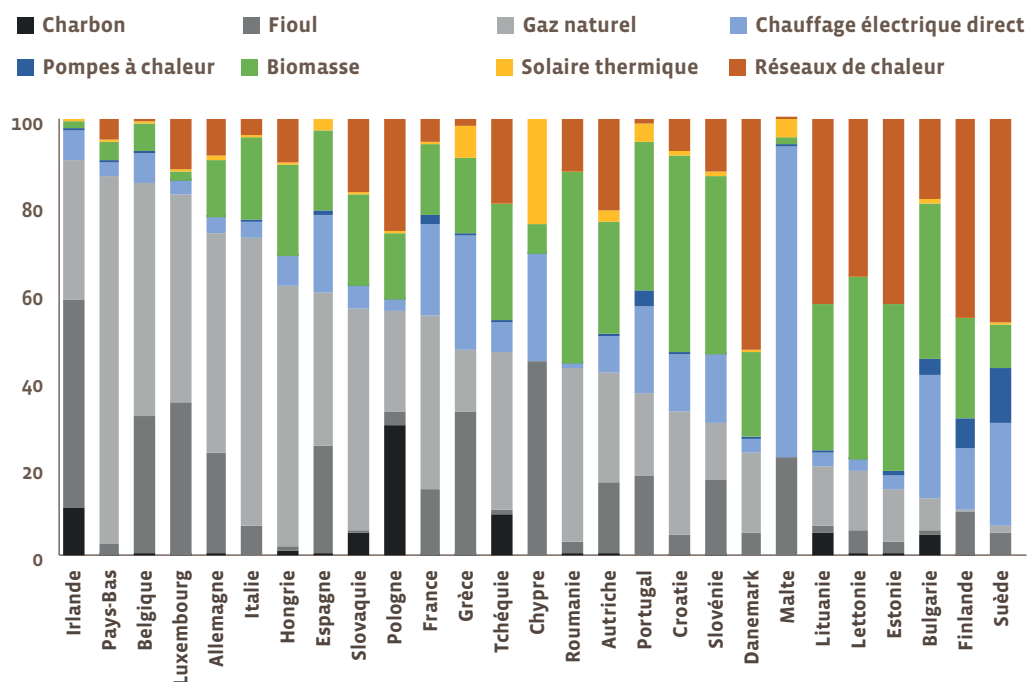
La **part d'électricité renouvelable pour le chauffage** dans le parc immobilier est utilisée pour suivre l'importance croissante de l'électricité dans le secteur du chauffage. En divisant la consommation d'électricité renouvelable pour le chauffage électrique direct et pour les pompes à chaleur par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

Pour de plus amples informations sur cette note méthodologique, consultez la méthodologie d'Eurostat sur les parts dans la consommation (par exemple sur : <http://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/shares>).

RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION

1

Parts dans la consommation de chaleur en 2019



Remarques : Le chiffre des pompes à chaleur prend en compte à la fois la chaleur et l'électricité. Les réseaux de chaleur comprennent la chaleur dérivée obtenue en brûlant des combustibles tels que le charbon, le gaz fossile, 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. Source : Eurobserv'ER – calculs propres basés sur diverses sources

PART DES ENR DANS LA CONSOMMATION DE CHALEUR ET DE REFOUILLISSEMENT

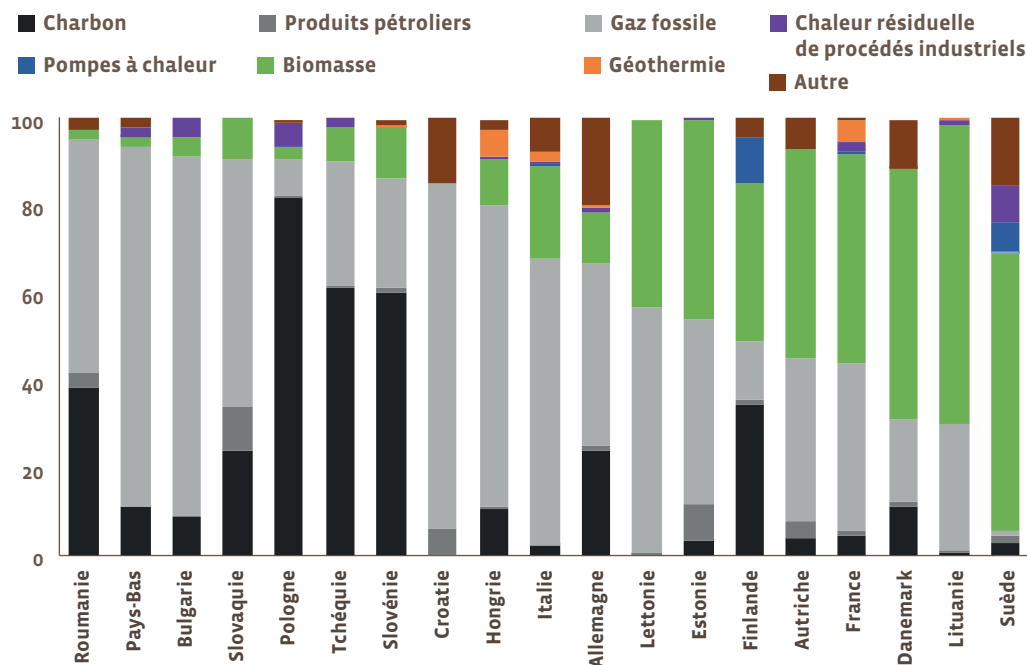
La figure 1 présente la part des énergies renouvelables dans la consommation de chaleur et de refroidissement, en 2019, pour les bâtiments résidentiels et les services. Il s'agit d'un indicateur combiné de l'intégration des énergies renouvelables dans le bâtiment et dans l'infrastructure urbaine.

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. Il est, par conséquent, très probable que les parts de 2020 seront similaires à celles de 2019.

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 Belgique et la Slovaquie, 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 les chaudières au fioul sont en recul constant sur le marché du chauffage, elles

2

Mix énergétique des réseaux de chaleur en 2019



Remarques : Basé sur les données de 2019 pour : BG, DE, EE, FI, SE ; sur les données de 2018 pour : AT ; sur les données de 2017 pour : SK, CZ, SI, HR, HU, IT, LV, FR, DK, LT, PL et sur les données de 2013 pour : RO et NL. La catégorie "Autre" inclut des énergies de type renouvelable ou non, comme les déchets non renouvelables, le solaire thermique... Source : Eurobserv'ER – calculs propres basés sur diverses sources

constituent toujours une part non négligeable du mix de certains pays comme Malte, la Belgique, l'Espagne, le Portugal, l'Allemagne et la Slovaquie. 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 Grèce et à Chypre. Le chauffage urbain est particulièrement plébiscité dans les pays scandinaves, ainsi que dans les pays baltes et autres pays d'Europe de l'Est. Dans ces derniers, il s'inscrit dans une longue tradition et peut

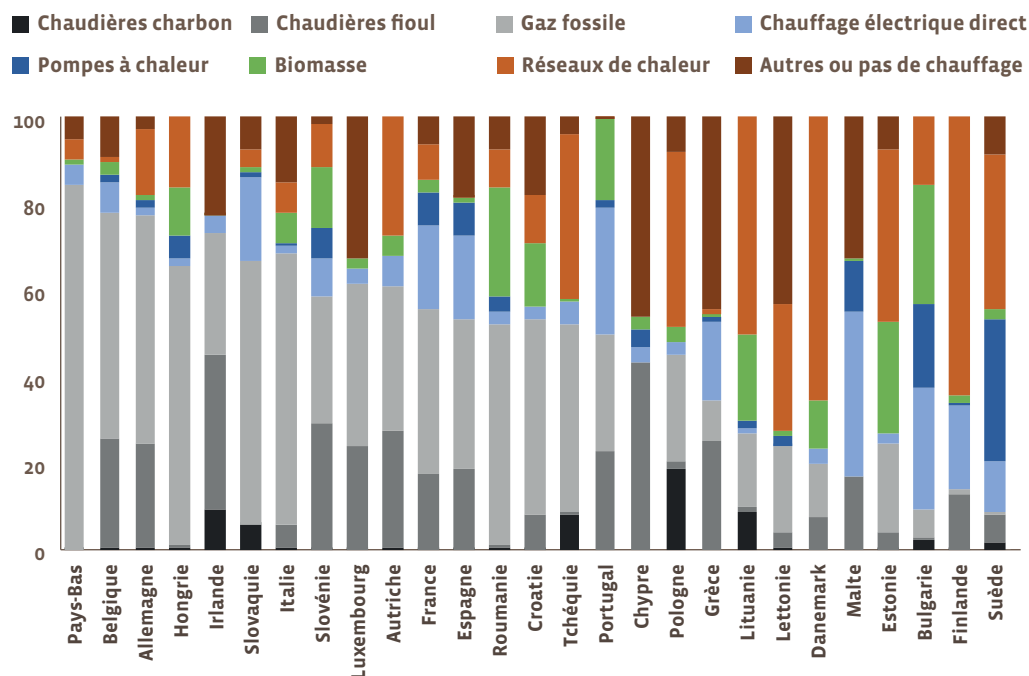
s'appuyer sur les infrastructures existantes. Les énergies renouvelables occupent une place prépondérante en Croatie (46%), en Roumanie (44%) et en Lettonie (42%). Cette prédominance est due à une large utilisation de la biomasse, qui représente dans ces pays un combustible plutôt bon marché pour le chauffage. La biomasse est aussi fortement représentée en Slovaquie (41%), en Estonie (39%) et au Portugal (34%). Même si les pompes à chaleur prennent petit à petit de l'importance, elles restent presque exclusivement utilisées

dans les pays scandinaves comme la Suède (13%) et la Finlande (7%). 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 (24%) ou en Grèce (7%).

PART DES ENR DANS LES RÉSEAUX DE CHALEUR

La figure 2 illustre le mix énergétique dans les pays où le chauffage urbain couvre au moins 3% de la demande en chauffage et en eau chaude, en 2019. Dans

Part des systèmes de chauffage aux EnR installés dans le parc immobilier en 2019



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'utilisateurs divisé par la taille moyenne des ménages. Les données de chauffage par chaudières à gaz, charbon et fioul du parc immobilier sont celles de 2015-2016 qui ont été ajustées par rapport aux changements de consommation (en tenant compte des degrés-jours de chauffage). Source: EurObserv'ER – calculs propres basés sur diverses sources

la plupart des pays, les réseaux de chaleur existants fonctionnent toujours à partir de carburants fossiles, principalement le gaz fossile et le charbon. Le charbon et la tourbe sont majoritairement utilisés en Pologne (82 %), en République tchèque (61 %) et en Slovénie (60 %). Même si l'utilisation du fioul pour alimenter les réseaux de chaleur décroît dans la plupart des pays de l'UE, il joue toujours un rôle important dans le mix énergétique de la Slovaquie (10 %), de l'Estonie (8 %) et de la Croatie (6 %). Les biocarburants issus de la biomasse,

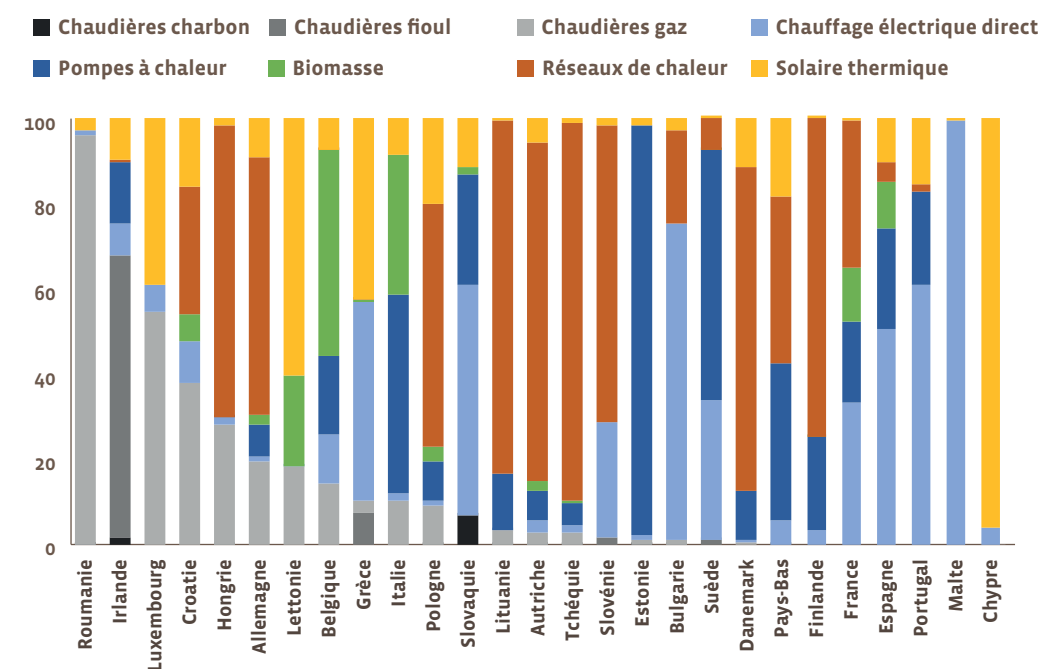
du biogaz et des déchets renouvelables constituent le vecteur énergétique renouvelable prédominant dans les réseaux de chaleur. En Lituanie, Suède, France, Autriche, Estonie, Lettonie et au Danemark, les biocarburants sont notamment utilisés dans une proportion supérieure à 40 %. Les pompes à chaleur à grande échelle sont surtout utilisées en Finlande (11 %) et en Suède (7 %). La chaleur résiduelle issue de procédés industriels est principalement utilisée en Suède (8 %). La géothermie n'occupe que des parts infimes dans une poignée

de pays. 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

Part des ventes de chauffage aux EnR en 2019



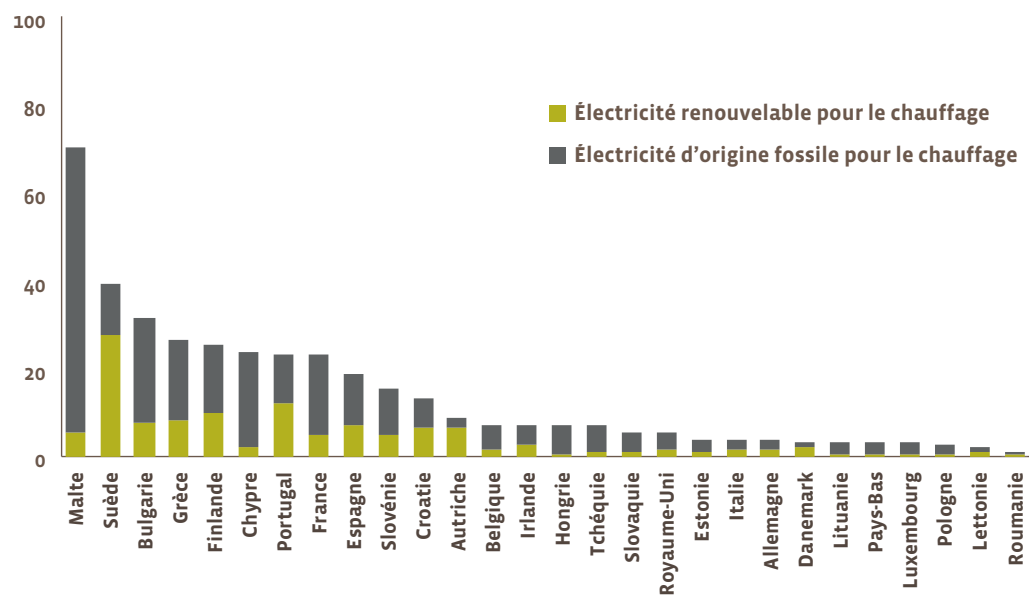
Remarques: Une installation solaire thermique représente 4 m² par ménage. Les chaudières au fioul et électriques, les réseaux de chaleur et le chauffage électrique direct sont calculés en fonction de la part des remplacements dans le parc immobilier. Source: EurObserv'ER – calculs propres basés sur diverses sources

les logements. Contrairement à la figure 1 plus haut, elle représente la part des ménages disposant des différentes technologies de chauffage et regroupe les systèmes inconnus ou l'absence de chauffage dans une catégorie supplémentaire appelée "Autre ou pas de chauffage". Cette catégorie est fortement représentée à Chypre, en Grèce, à Malte et au Luxembourg. Elle est aussi très importante en Irlande et en Espagne. Du fait des conditions climatiques, certains logements peuvent ne comporter qu'un petit appareil de chauffage ou un poêle qui n'est pas pris en compte dans les statistiques. De plus, la part

élevée de systèmes de chauffage inconnus induit des problèmes statistiques. Le solaire thermique n'étant pas inclus ici en tant que système distinct, les logements qui utilisent uniquement l'énergie solaire thermique pour le chauffage font également partie de ce groupe. 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.

Les réseaux de chaleur affichent une très forte progression dans presque tous les pays. Les pompes à chaleur se développent fortement dans les marchés suédois, estonien, français, espagnol, irlandais et belge. En outre, les technologies de chauffage électrique direct occupent une part importante des ventes à Malte, au Portugal, en Espagne, en Grèce, en Suède, en France et en Bulgarie. L'énergie solaire thermique représente une grande part des ventes dans les pays où elle occupe déjà une place importante, comme à Chypre et en Grèce. Les chaudières à biomasse

Part de l'électricité renouvelable et d'origine fossile dans le chauffage en 2019



Source : EurObserv'ER – calculs propres basés sur diverses sources

affichent une belle progression en Belgique, en Italie, en France et en Espagne. Les ventes de systèmes de chauffage fonctionnant avec des énergies fossiles ont reculé et sont à un niveau bas dans de nombreux pays, sauf en Roumanie, en Irlande, au Luxembourg, en Croatie, en Hongrie, en Allemagne et en Lettonie. Dans l'ensemble, la part des énergies renouvelables dans les ventes révèle une plus grande dynamique par rapport aux années précédentes 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 RENOUVELABLE 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 pour les pompes à chaleur à petite et grande échelle.

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 la Suède, le Portugal, la Finlande et la Grèce. Malte et la Bulgarie affichent également une part importante d'électricité dans leur mix, mais celle-ci est en grande partie toujours produite à partir de carburants fossiles. La demande de chauffage est plutôt faible à Malte, donc sa part importante d'électricité d'origine fossile n'est pas significative dans l'absolu. C'est en revanche l'inverse pour la Bulgarie.

CONCLUSION

Dans l'ensemble, les chaudières au gaz fossile 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, ce qui a provoqué une augmentation des taux de raccordement.

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 de la dynamique actuelle des ventes de chaudières à gaz, 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 carburants synthétiques ou d'hydrogène vert pour alimenter ces chaudières.

Malgré la progression relative 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 un rôle important dans plusieurs pays d'Europe de l'Est. Dans l'ensemble, les énergies renouvelables ont plus progressé dans le chauffage et le refroidissement que les années précédentes. Il reste toutefois nécessaire de mettre en place d'autres actions pour atteindre les objectifs énergétiques et climatiques. ■

FOCUS : PARTS DE MARCHÉ PAR TECHNOLOGIE DES CAPACITÉS DE PRODUCTION D'ÉNERGIE INSTALLÉES EN 2020

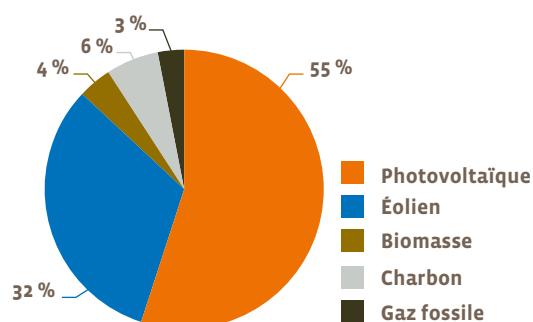
Les énergies renouvelables ont fourni 37,5 % de l'électricité totale consommée dans l'Union européenne en 2020. Pour compléter ce chiffre qui est le principal indicateur de pénétration du marché des énergies renouvelables dans le mix européen, nous avons étudié les parts de marché des filières renouvelables parmi toutes les capacités de production (y compris les combustibles fossiles et nucléaires) raccordées aux réseaux électriques en 2020.

Pour répondre à cette question, le consortium EurObserv'ER s'est appuyé sur les données de marché collectées lors de l'élaboration des baromètres thématiques sur les filières renouvelables, combinées à celles recueillies pour le présent baromètre global. Les données sur les combustibles fossiles et le nucléaire sont tirées des bases de données Enerdata. Le graphique 1 confirme qu'en 2020, les technologies renouvelables dominaient le mix des capacités électriques nouvellement raccordées dans l'Union européenne. Les centrales à charbon constituaient 6 % des 32,3 GW de nouvelles capacités électriques installées en 2020, et les centrales à gaz 3 %. Dans le même temps, le photovoltaïque représentait 55 % et l'éolien 32 % de ces nouvelles capacités. Aucune unité nucléaire n'a, en revanche, été ajoutée au mix européen.

Le graphique 3 détaille, par ordre décroissant, les nouvelles capacités raccordées par chaque État membre. En 2020, seuls trois pays ont mis en service des centrales électriques alimentées en combustibles fossiles. L'Allemagne arrive en tête, avec l'ajout de 1 055 MW et 448 MW de capacité, respectivement

1

Répartition par technologie des puissances électriques supplémentaires raccordées en 2020 dans l'EU-27



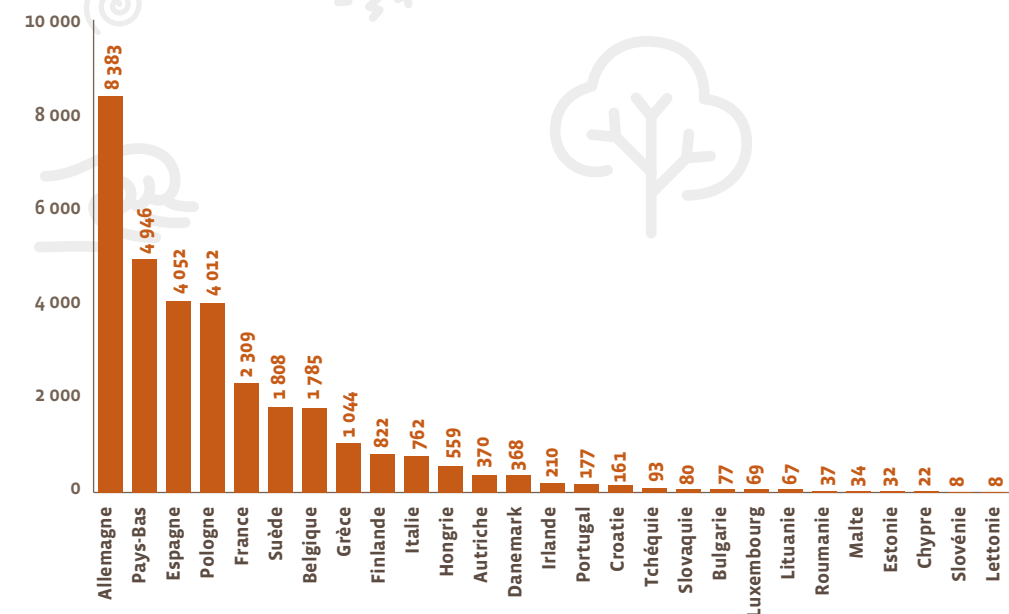
Total : 32,3 GW

Sources : EurObserv'ER, Enerdata

alimentées en charbon et gaz fossile. Celles-ci représentent 18 % de sa capacité électrique additionnelle. La Pologne a également raccordé des unités alimentées en énergie fossile à sa capacité de production électrique, en ajoutant des capacités de 950 MW et 450 MW, respectivement alimentées en charbon et gaz fossile, soit 1 400 MW ou 35 % de sa capacité additionnelle. La France complète ce trio, avec la mise en service de 11 MW de capacité additionnelle alimentée au gaz fossile (soit 0,5 % de sa nouvelle capacité raccordée). ■

2

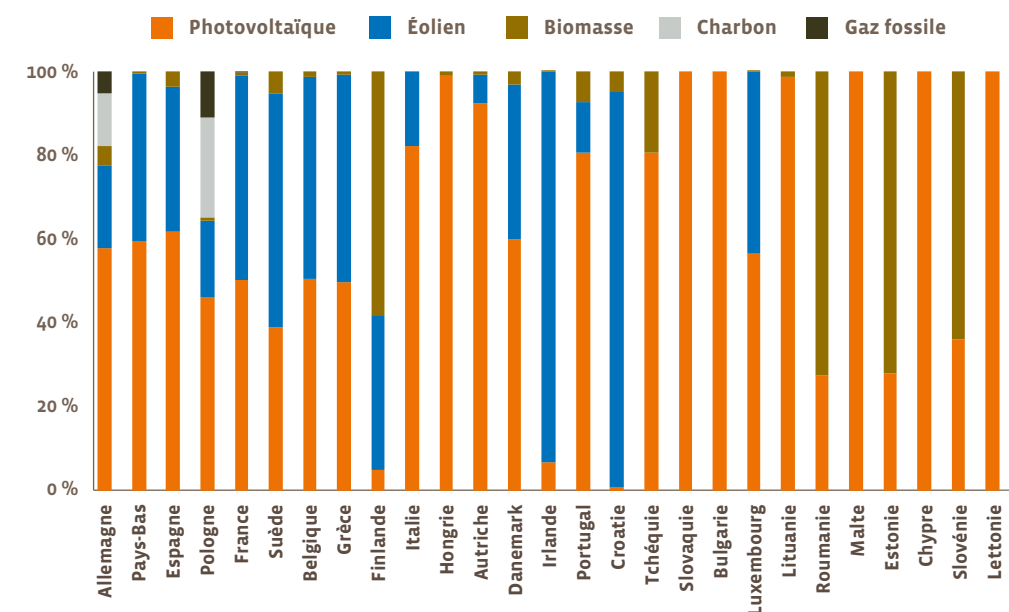
Puissances électriques supplémentaires raccordées en 2020 (en MW)



Sources : EurObserv'ER, Enerdata

3

Répartition par technologie des puissances électriques supplémentaires raccordées en 2020



Sources : EurObserv'ER, Enerdata

FOCUS : CAPACITÉS DE STOCKAGE DE L'ÉLECTRICITÉ

LES ENJEUX DU STOCKAGE DE L'ÉLECTRICITÉ

Pour la première fois, EurObserv'ER intègre dans ses suivis le thème du stockage de l'électricité au sein des 27 États membres de l'Union européenne. Concomitants à la croissance de la part de l'électricité consommée en Europe d'origine renouvelable, les enjeux liés au stockage de cette énergie sont eux-mêmes devenus centraux. L'électrification des usages, la réduction de la consommation d'énergies fossiles, le développement des énergies renouvelables sur les réseaux électriques font partie des changements en cours qui modifient les paysages énergétiques des pays membres de l'Union européenne. Aussi, un problème peut se poser quand, à grande échelle, des productions d'électricité issues de technologies renouvelables à cycles variables (comme le photovoltaïque ou l'éolien) ne sont pas synchronisées avec les besoins des consommateurs du réseau électrique. Intervient alors le stockage de l'électricité comme un levier pour faciliter leur intégration sur les réseaux et les marchés. En effet, les énergies renouvelables gagneraient à augmenter leur pilotabilité afin de se prémunir de certaines situations comme les périodes de chute des prix de vente sur les marchés de gros, induisent en partie par une offre de production excédentaire sur la consommation. Les réseaux électriques, au-delà de simples outils de transit pour relier les producteurs aux consommateurs, ont la responsabilité du bon fonctionnement du marché de l'électricité. Cela implique un certain nombre de services fournis aux acteurs, producteurs, agrégateurs, fournisseurs et consommateurs. La réactivité offerte à certains points

clés du réseau par des moyens de stockage permet d'optimiser les fluctuations de charge et de fréquence, dans le but de se prémunir contre des risques de délestage locaux, ou pire, de black-out généralisé. Sur le plan des technologies disponibles, les équipements de stockage s'illustrent au travers de différentes familles de filières qui sont présentées dans le Tableau 1. Aujourd'hui, au niveau de la puissance disponible, les solutions de stockage de l'électricité les plus répandues en Europe sont mécaniques et correspondent aux stations hydrauliques de pompage-turbinage. Ces centrales se composent de deux réservoirs d'eau. En période de creux de consommation électrique, la centrale pompe de l'eau du bassin inférieur vers le supérieur pour disposer d'une réserve qu'elle pourra turbiner (donc renvoyer vers le bassin inférieur) en période de pic de consommation électrique sur le réseau. Associées aux autres types d'ouvrages hydroélectriques, elles fournissent aujourd'hui la majeure partie de la flexibilité sur le réseau électrique. Tous les pays ne sont cependant pas dotés des reliefs géographiques naturels adéquats pour développer ce type d'ouvrages hydroélectriques. L'autre solution mature de stockage de l'électricité est l'utilisation de batteries par réaction électrochimique où la technologie la plus développée est celle des batteries dites lithium-ion, qui fonctionnent grâce à une solution électrolytique d'ion lithium et des électrodes généralement en cobalt (borne positive) et en graphite (borne négative).

Il existe également des technologies de stockage de l'électricité sous la forme de chaleur qui consistent à augmenter la température de fluides

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
Électrochimique	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	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 fin 2020 (en MW)

	Mécanique		Thermique		Électrochimique		Chimique	Total
	Stations de pompage-turbinage	Autres technologies	Sels fondus	Autres technologies	Batteries Li-ion	Autres technologies	Power to gas	
Allemagne	6 719,2	321,0	0,0	1,5	557,3	24,4	15,2	7 638,6
Italie	7 330,6	0,0	4,7	0,4	17,4	39,1	1,2	7 393,3
Espagne	4 703,8	0,0	1 069,2	61,0	7,0	0,0	0,0	5 841,0
Autriche	5 015,8	0,0	0,0	0,0	2,5	0,0	0,0	5 018,3
France	4 207,3	0,0	9,0	12,0	18,1	1,0	0,0	4 247,4
Portugal	1 951,8	0,0	0,0	0,0	6,0	0,0	0,0	1 957,8
Pologne	1 746,2	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	1 747,5
Bulgarie	1 399,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1 399,0
Belgique	1 304,0	0,0	0,0	0,0	32,1	1,4	0,0	1 337,5
Luxembourg	1 294,0	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	1 178,0
Slovaquie	1 017,3	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	900,0
Grèce	699,0	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	619,3
Irlande	292,0	0,0	0,0	4,6	111,0	0,0	0,0	407,6
Slovénie	185,0	0,0	0,0	0,0	12,6	0,0	0,0	197,6
Suède	91,0	0,0	0,0	10,0	5,0	0,0	0,0	106,0
Roumanie	91,5	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	92,5
Pays-Bas	0,0	0,0	0,0	0,0	34,4	3,0	0,0	37,4
Hongrie	0,0	0,0	0,0	0,0	6,5	0,0	0,0	6,5
Finlande	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5	2,0	0,0	5,5
Danemark	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	0,0	1,3	2,9
Chypre	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Estonie	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Lettonie*	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
Total UE-27	40 741,7	321,0	1 082,9	89,5	820,3	70,8	17,6	43 143,8
* La base de données n'inclut pas les projets de Lettonie et de Malte. Source: Eurobserv'ER à partir de la base de données des technologies et installations européennes de stockage de l'énergie (database of the European energy storage technologies and facilities)								

ou de solides, à changer l'état physique d'un matériau ou à produire des réactions chimiques endothermiques (qui consomment de la chaleur). Par changement d'état inverse, cette chaleur peut ensuite être restituée pour produire de l'électricité grâce à des turbines à vapeur d'eau. En Europe, c'est essentiellement la sous-technologie des sels fondus qui est développée mais dans un cadre assez restreint, celui du stockage de l'électricité des sites solaires à concentration. Une dernière famille de technologies présente un potentiel intéressant, même si les puissances effec-

tivement utilisées pour le stockage de l'électricité sont faibles : il s'agit des réactions chimiques dites "power to gas". Cela correspond à des réactions chimiques utilisant de l'électricité pour fabriquer des gaz de synthèse comme le dihydrogène, pouvant ensuite être combinés à différentes molécules pour être stockés sous forme de gaz (comme du méthane pouvant également être injecté sur le réseau gazier), de liquide (de l'ammoniac) ou, dans une moindre mesure, de solide et être utilisés pour produire de l'électricité à la demande. Aujourd'hui, il est généralement plus

pertinent d'utiliser directement du gaz de synthèse produit pour des usages industriels plutôt que de le stocker et de reproduire de l'électricité dans des centrales à gaz. En effet, le rendement électrique de conversion du power to gas to power ne peut dépasser les 35 %. Enfin, de nombreuses autres techniques existent mais elles ne sont pas encore développées à l'échelle industrielle.

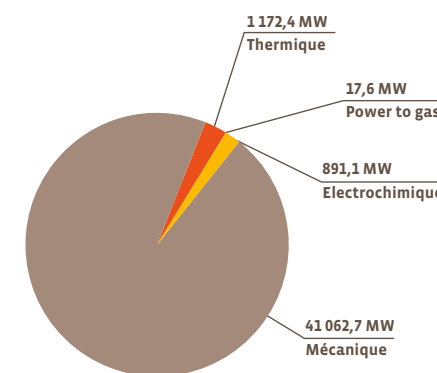
Le suivi réalisé s'est appuyé sur une base de données produite en 2020 par la Commission européenne (Database of the European energy storage technologies and



ANDRÉAS FRANKET POUR LEAAG

3

Capacités installées par technologie dans l'UE27 (en MW)



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

facilities) et qui recense plus de 800 installations de stockage à travers l'Europe. Il s'agit d'installations dites "front of the meter", c'est-à-dire des équipements de stockage connectés soit à un réseau de distribution, soit à un réseau de transport. Du point de vue des schémas électriques, ces équipements sont situés avant le compteur électrique et correspondent généralement à des installations de grande taille. Elles s'opposent aux installations dites "behind the meter" c'est-à-dire au sein même des réseaux domestiques dans le secteur résidentiel, commercial ou industriel, donc à l'extérieur des réseaux publics d'électricité. Par exemple, le stockage par batterie de véhicule électrique correspond à la classification "behind the meter", et se situe donc en dehors du périmètre de ce suivi.

Pour l'ensemble des pays de l'UE27, 43,1 GW de capacité de stockage étaient connectés aux réseaux de transport ou de distribution fin 2020. La principale technologie est celle des centrales hydroélectriques de pompage-turbinage avec 40,7 GW. Cette technologie est particulièrement développée en Italie, en Allemagne, en Autriche, en Espagne et en France, qui comptent chacune plus de 4 GW. Le stockage thermique à sels fondus représente 1 GW, dont la quasi-totalité est installée en Espagne. Le stockage par batterie li-ion représente 720 MW,

Nouvelles capacités de stockage électrique en projet dans l'UE-27 (en MW)

	Mécanique		Thermique		Électrochimique		Chimique		
	Stations de pompage-turbinage	Autres technologies	Sels fondus	Autres technologies	Batteries li-ion	Autres technologies	Indéterminé	Power to gas	Total
Espagne	9 146,7	0,0	0,0	0,0	343,6	0,0	0,0	0,0	9 490,3
Allemagne	5 746,0	0,0	0,0	1,5	92,5	0,0	0,0	250,1	6 090,1
Irlande	1 260,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1 245,8	0,0	2 505,8
Autriche	1 440,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1 440,0
Portugal	1 430,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1 431,0
Grèce	1 182,0	0,0	52,0	0,0	0,0	0,8	15,2	0,0	1 250,0
Finlande	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
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	67,7	10,0	10,0	5,0	104,7
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	11,0	0,0	0,0	0,0	11,0
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.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a
Malte*	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a
Total UE-27	25 098,2	320,0	52,0	1,5	591,4	14,8	1 276,5	256,1	27 610,5
* La base de données n'inclut pas les projets de Lettonie et de Malte. Source: EurObserv'ER à partir de la base de données des technologies et installations européennes de stockage de l'énergie (database of the European energy storage technologies and facilities)									

principalement développé en Allemagne (560 MW). Enfin, il existe quelques sites pilotes d'électrolyseurs destinés à de l'équilibrage du réseau (17,6 MW).

Le Tableau 3 détaille les installations en projet (autorisé, en construction, etc.) au sein de l'Union européenne. L'ensemble de la capacité identifiée représente 27,6 GW. Si le stockage mécanique reste majoritaire (25,4 GW), le stockage électrochimique devrait tripler avec 1,9 GW supplémentaire.

LES PRINCIPAUX PAYS EN DÉTAIL

Le premier pays européen en termes de capacité de stockage mécanique est l'Italie. Grâce à ses massifs alpins, elle dispose de plus de 7 300 MW de centrales de pompage-turbinage opérationnelles. Cependant, l'Italie fait également partie des États membres ayant le plus développé le stockage électrochimique (57 MW) à base de technologie li-ion ou d'autres comme les batteries sodium-soufre. Prévues pour du stockage longue durée, ces dernières présentent des coûts compétitifs par rapport au li-ion, avec cependant une moindre densité énergétique. Les projets de batterie NaS, développés par l'opérateur de réseau de transport Terna, comptabilisent près de 35 MW de capacité disponible. Terna a développé des sites pilotes de stockage électrochimique suite à l'augmentation rapide de la production renouvelable en Italie, qui représentait 38,08 % de la consommation d'électricité nationale en 2020, afin notamment de donner plus de marge de flexibilité au réseau haute tension dans le Sud et de fournir du service de fréquence.

Grâce à sa situation au cœur des Alpes, l'Autriche compte aussi de nombreuses centrales de pompage-turbinage pour environ 5 GW de capacité de stockage et joue donc un rôle essentiel pour la stabilité du réseau bien au-delà de ses frontières. Le pays a illustré ses capacités lors d'un inquiétant épisode de black-out en janvier 2021. Suite à une panne de courant en Roumanie et à une chute brutale de la fréquence, les opérations d'aide d'urgence de l'Autriche ont permis au réseau électrique européen d'éviter de justesse une coupure à grande échelle. De nombreuses centrales électriques ont dû immédiatement fournir plus d'électricité pour stabiliser le réseau. Cette fois, ce sont les centrales de pompage-turbinage autrichiennes et les centrales à gaz encore disponibles qui ont rapidement été mobilisées. L'Autriche considère les technologies de stockage comme une solution indispensable à la transformation du système énergétique. Les solutions

de stockage sur batteries (également présentes dans les bacs à sable réglementaires) sont utilisées pour les services auxiliaires de fréquence (par exemple à Prottes), dans certaines installations de stockage exploitées en commun (par exemple à Heimschuh et Lichtenegg) et pour les communautés énergétiques (par exemple à Südstadt).

À l'instar des deux précédents pays, la France, qui est l'un des plus gros producteurs d'hydroélectricité d'Europe, dispose aussi d'importantes capacités de transfert par pompage. Avec plus de 4 200 MW comptabilisés, elle est le cinquième pays en termes de capacité sur cette technologie. Pourvue de deux des plus grandes chaînes de montagnes de l'Union européenne, la France est particulièrement avantagée par son relief pour ce type de centrale, dont la première installation a été réalisée en 1928 sur le lac Noir. Le pays n'envisage cependant pas à court terme d'en développer de nouvelles. Cela renvoie à la fois à des raisons de potentiel disponible mais aussi d'acceptabilité. Si très peu de sites de stockage sont identifiés dans les autres technologies, la Commission de régulation de l'énergie du pays a cependant sélectionné plusieurs petits projets de stockage mécanique et électrochimique, lors d'un appel à projets en 2018 qui portait sur des zones non interconnectées, comme les îles.

D'après les données actualisées d'EurObserv'ER, l'Espagne héberge près de 6 GW de capacité de stockage de l'énergie, principalement des systèmes de pompage-turbinage et une petite capacité sous forme de sel fondu. À l'avenir, le gouvernement espagnol prévoit de développer des installations de pompage hydraulique (9,15 GW) et de stockage sur batteries (344 MW), ainsi que des centrales héliothermodynamiques combinées à une capacité de stockage thermique. En outre, 5 millions de véhicules électriques sont attendus en Espagne d'ici 2030, dont 3,5 millions de voitures et 1,5 million de motos, camions et autobus. Des appels d'offres spécifiques pourraient être organisés à court terme pour la génération d'énergie renouvelable combinée à une solution de stockage. L'Espagne a également lancé la plateforme technologique BatteryPlat, destinée au stockage de l'énergie, qui devrait à terme centraliser les pilotes et projets de démonstration impliquant tout type de technologie de stockage, pas uniquement des batteries. Le pays héberge également l'un des plus gros projets de batteries annoncés dans l'Union européenne. Endesa prévoit de développer des projets d'énergie renouvelable avec une capacité totale de 1,725 GW dans



sa centrale d'Andorre, près de Teruel. La capacité totale comprendra des centrales solaires photovoltaïques (1 585 MW) et des parcs éoliens (140 MW). Une capacité de stockage sur batterie de 160 MW sera également installée sur le site, à laquelle viendront s'ajouter 54,3 MW supplémentaires pendant la deuxième phase de la construction, entre mars 2022 et juin 2023, et un troisième ajout de 105 MW entre mai 2023 et début 2026. L'Allemagne est l'un des principaux utilisateurs de solutions de stockage de l'énergie dans l'Union européenne. Le pays possède actuellement une capacité globale de stockage de l'énergie de 13,7 GW en fonctionnement ou en cours de planification. Comme dans d'autres États membres de l'UE, cette capacité repose en majeure partie sur les centrales de pompage-turbinage (6,7 GW), mais nous observons un

intérêt croissant pour les solutions de stockage sur batterie, qui représentent environ 100 MW. Le BigBattery, en Lusace, en est un bon exemple. L'énergéticien LEAG a ouvert la voie en 2019 avec une capacité utilisable de 66 MW. Après une phase de test démarrée en mars 2020, l'installation est entrée en service commercial en janvier 2021. Situé dans une région exploitant traditionnellement le charbon, le BigBattery a été construit à côté de la centrale Schwarze Pumpe, l'une des plus grosses (et des plus polluantes) centrales à charbon du pays. Sur une surface de 110 mètres sur 62, la BigBattery Lausitz comprend 13 conteneurs hébergeant 8 840 modules de batteries lithium-ion pouvant fournir 53 MWh d'électricité. Le système est raccordé au réseau de 100 kV. Ce projet a nécessité un investissement d'environ 25 mil-

lions d'euros. Le système de stockage d'énergie sur batterie (BESS) à 17 millions d'euros d'Enel/Enertrag situé à Cremzow, dans le Land du Brandebourg, est un autre bon exemple avec sa capacité de 22 MW. Le BESS assure la stabilité du réseau électrique allemand en fournissant des services de régulation de fréquence au marché de la réserve primaire de régulation (PCR) du pays. L'Allemagne héberge aussi de nouveaux types de solutions de stockage de l'énergie au stade expérimental. À Hambourg, Siemens et Gamesa développent une solution de stockage thermique de l'énergie (ETES) de 1,5 MW. ETES utilise l'électricité pour chauffer des pierres volcaniques à des températures supérieures à 600 °C. D'après l'entreprise, cette chaleur peut ensuite être retransformée en électricité à l'aide d'une turbine à vapeur conventionnelle. Les systèmes de stockage à air comprimé de Huntorf (capacité de 321 MW) sont un autre projet singulier, le seul de ce type dans l'Union européenne. La solution utilise la proximité de parcs éoliens et de cavités souterraines où l'air comprimé est stocké et peut être relâché. Il est prévu de combiner cette solution à de l'hydrogène produit par les éoliennes. Le projet le plus gros et le plus commenté reste toutefois celui de la Gigafactory de Tesla à Grünheide, aux abords de Berlin. L'entreprise américaine souhaite non seulement produire 500 000 voitures par an, mais aussi construire une immense usine de fabrication de batteries pour une production annuelle prévue de 100 GWh, qui pourra être portée à 250 GWh. Pour mettre ce projet en perspective, il faut savoir que la production annuelle mondiale d'électricité à partir de batteries était de 135 GWh en 2020. Le power-to-gas (P2G) est une autre technologie qui pourrait être largement utilisée dans le futur. L'association allemande pour le gaz, le DVGW, a comptabilisé 35 projets de power-to-gas en Allemagne en 2020. Les avantages systémiques de l'utilisation de cette technologie (capacité de stockage physico-technique, réseau de gaz et infrastructure de stockage existants) déchargent le secteur classique de l'électricité en offrant plus de flexibilité et peuvent conduire à des réductions de coûts. La Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW) estime qu'en théorie, jusqu'à 200 TWh d'électricité pourraient être stockés dans des cavités de gaz souterraines en Allemagne, ce qui équivaut environ à 23 000 fois la capacité d'une centrale de pompage-turbinage moderne. La mise à l'échelle massive des infrastructures de gaz fossile est toutefois controversée au vu des efforts de décarbonation

et de l'engagement du gouvernement en faveur de la neutralité climatique d'ici 2045.

Les Pays-Bas, comme leur nom l'indique, présentent un relief peu propice aux stations de transfert par pompage. Ce pays a donc choisi de développer des capacités de stockage électrochimique (37 MW), principalement à base de batteries li-ion. Cependant, mis à part leur proximité avec la production hydroélectrique norvégienne, les gestionnaires du réseau néerlandais ne disposent pas de capacité de flexibilité suffisante pour assurer la sécurité du futur réseau, qui était alimenté à hauteur de 26,41 % en électricité renouvelable en 2020, un chiffre en forte croissance. C'est dans ce contexte qu'est prévu un projet innovant de stockage d'énergie par air comprimé (Caes) de 320 MW à Zuidwending. Situé dans d'anciennes grottes de sel, l'air comprimé par d'énormes compresseurs devra être en mesure de stocker jusqu'à 2 GWh à l'échelle journalière et sera alimenté à 100 % par des sources d'énergie renouvelable. Avec un rendement estimé à moins de 50 %, l'air ainsi comprimé pourra être décompressé dans des turbines pour fournir du courant électrique. La mise en service du projet Caes est prévue en 2025.

Certains pays d'Europe de l'Est et du Sud, bien que très peu développés en termes de capacité de stockage électrique, mettent en place des politiques ambitieuses. C'est le cas de la Grèce, qui ne comptabilise aujourd'hui que 700 MW de capacité de pompage-turbinage et envisage de presque tripler sa capacité de stockage grâce à 1 250 MW supplémentaires toutes technologies confondues. Parmi les 20 Step annoncées, la Grèce développe deux importants projets. Il s'agira de construire deux réservoirs supérieurs séparés, Agios Georgios et Pargos, et d'adapter un réservoir inférieur commun dans le lac Kastraki existant. Respectivement équipés de 460 MW pour quatre turbines et de 220 MW pour deux turbines, ces projets ont obtenu l'aval du régulateur et font partie de la liste de Project of Common Interest (PCI) de la Commission européenne, programme qui vise à soutenir le financement d'infrastructures très lourdes en Capex pour la transition énergétique. À eux deux, ces futurs sites pourraient permettre de stocker plus de 800 GWh par an et d'assurer ainsi une meilleure intégration des nombreuses ressources renouvelables sur le réseau grec. La Grèce développe également le projet Minos (Minimum Intermittency Operating System), une importante centrale solaire

à concentration couplée à du stockage sous forme de sel fondu. Lors d'une visite diplomatique en 2019, le président chinois a passé un accord de coopération entre les deux pays afin de mettre en œuvre ce projet. Prévu pour 2023, il a été développé par le spécialiste du solaire Nur Energie en coopération avec la Bank of China et Energy China Group, ainsi que l'entreprise locale Preneton. Situé en Crète, d'où le légendaire nom Minos, ce projet consiste en une centrale solaire à concentration dont la variabilité de production sera lissée par une technologie de stockage de chaleur grâce à du sel, déjà utilisée pour de nombreux projets en Espagne. Concrètement, une solution salée circule et chauffe à travers les récepteurs de chaleur solaire puis peut être stockée dans un réservoir calorifugé. Pour produire de l'électricité, le fluide chaud stocké produit de la vapeur afin d'alimenter une turbine. Cette solution permettra un stockage infra-journalier bien adapté à la production solaire très haute température.

SURTOUT UNE QUESTION DE COÛT

Le coût économique est évidemment la raison pour laquelle le stockage électrochimique est si peu développé aujourd'hui, bien que les technologies soient relativement matures techniquement. D'autres technologies présentent des rendements trop faibles pour des utilisations infra saisonnières indispensables, à l'instar du stockage thermique ou à air comprimé. Réduire le coût de production de l'énergie permettrait de compenser les pertes de rendement. En effet, à certaines périodes, l'électricité est si abondante et bon marché que la capacité de stocker l'énergie importe plus que le rendement de conversion. La rentabilité d'une telle solution est directement impactée par la valeur de l'électron stocké.

En plus des obstacles techniques, le stockage doit surmonter de nombreux obstacles réglementaires afin de trouver une véritable place dans le marché de l'énergie. Certaines initiatives les plus récentes sont davantage des projets pilotes, de recherche, ou issues d'appels d'offres publics, mais rares sont celles à avoir trouvé un modèle économique duplicable à grande échelle. C'est d'autant plus vrai que généralement, elles sont à la fois considérées comme des points de soutirage du réseau et des points d'injection, ce qui les contraint à une double taxation comme en France, alors que l'Autriche, l'Allemagne ou la Belgique ont exempté de taxes leurs centrales de

pompage-turbinage. Ainsi, des mécanismes de régulation tentent dans plusieurs pays de créer un cadre propice au stockage de l'énergie pour en faire un outil d'équilibrage du réseau, notamment les mécanismes de capacité qui valorisent moins la quantité d'énergie stockée que la qualité (c'est-à-dire la puissance et la réactivité) des installations. L'idée est de créer un modèle rentable pour des infrastructures qui ne génèrent que peu d'énergie, mais à des moments clés. Ce modèle jouerait le même rôle que des cycles combinés gaz qui peuvent se financer en ne fonctionnant que quelques centaines d'heures par an. ■

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 2019 et 2020 couvrent les 27 États membres. Au total, les niveaux d'emploi et de chiffre d'affaires sont inférieurs à ceux de l'édition 2019 de "L'état des énergies renouvelables en Europe", notamment en raison de l'exclusion du Royaume-Uni. Dans l'Europe des 28, ce dernier était le quatrième plus gros contributeur en matière d'emploi dans les filières des énergies renouvelables, avec plus de 130 000 équivalents temps plein (ETP) en 2018. De

même, l'ajustement du modèle de calcul des coûts de matière première de biomasse a permis de revoir à la baisse les estimations liées aux activités de cette filière par rapport à 2018. En outre, la baisse de ces estimations reflète aussi l'actualisation des données techniques sur les biocarburants d'après le projet Advancefuel¹. En prévoyant une meilleure efficacité de la production de biodiesel, on réduit l'estimation des coûts annuels de matière première et donc celle des chiffres d'affaires et niveaux d'emploi.

1. www.advancefuel.eu.

Note méthodologique

Pour ce chapitre, un modèle formalisé a été développé par le centre pour la recherche sur l'énergie des Pays-Bas (ECN, actuellement TNO Energy Transition) et a été utilisé pour évaluer l'emploi et le chiffre d'affaires dans les 27 États membres de 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 et le

chiffre d'affaires, 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 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.

Un nouvel indicateur a été introduit dans l'édition 2021 de "L'état des énergies renouvelables en Europe". Il s'agit de la valeur ajoutée brute. Elle est dérivée du chiffre d'affaires de la filière et des facteurs d'entrée (ou de la valeur ajoutée) de la filière tirés des tableaux entrées-sorties d'Eurostat. La valeur ajoutée brute directe d'une filière dans un pays particulier reflète la valeur de sortie moins la valeur de la consommation intermédiaire. Ces indicateurs sont exprimés en millions d'euros courants (M€).

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 2020, la nouvelle capacité éolienne totale installée était de 10,5 GW dans l'Union européenne. D'après Wind Europe (l'Association européenne de l'industrie éolienne), la baisse de 6% de la capacité par rapport à 2019 était due aux effets de la pandémie de Covid-19 sur l'éolien terrestre. Les Pays-Bas (2,6 GW) et la Belgique (2,3 GW) ont réalisé une année particulièrement bonne en matière d'installations offshore, mais restent derrière l'Allemagne, qui a installé une capacité éolienne offshore de 7,7 GW. En matière d'éolien offshore, l'Allemagne reste numéro 1, avec une capacité totale installée de 55 GW, devant l'Espagne et sa capacité totale installée de 27 GW en 2020.

La capacité totale installée est un indicateur incontournable pour estimer le nombre total d'emplois découlant du modèle. EurObserv'ER estime que le nombre d'emplois du secteur éolien a augmenté de manière significative dans l'Union européenne en 2020, avec 61 700 emplois créés depuis 2019. Cela s'ajoute à une augmentation du chiffre d'affaires (9,4 milliards d'euros) et de la valeur ajoutée

brute (3,8 milliards d'euros). Avec ces augmentations, l'éolien est devenu la filière la plus importante en matière de chiffre d'affaires et la troisième en matière d'effectifs. La plus grande hausse du nombre d'emplois (38 700) peut être observée aux Pays-Bas, en raison de la forte progression de la capacité installée à terre (0,65 GW) et en mer (1,65 GW).

Outre les Pays-Bas, deux pays affichent une forte croissance dans le nombre d'emplois estimés. Le Portugal d'abord, qui a installé une capacité éolienne de 238 MW à terre et de 25 MW en mer. De plus, en parallèle à l'augmentation de la capacité de production éolienne dans le pays, les résultats montrent une hausse de 6 900 emplois et de 430 millions d'euros de chiffre d'affaires, ainsi qu'une augmentation de 160 millions d'euros de valeur ajoutée brute. Par ailleurs, la Pologne a aussi augmenté sa capacité totale installée à terre, avec 731 MW. Elle a ainsi généré 6 500 nouveaux emplois, 460 millions d'euros de chiffre d'affaires et 200 millions d'euros de valeur ajoutée brute.

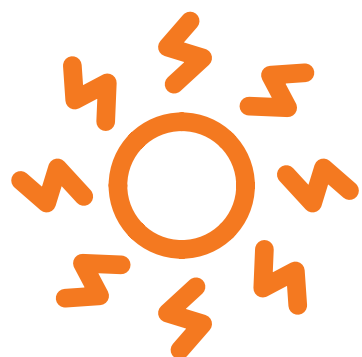
L'Allemagne et le Danemark, traditionnellement chefs de file dans l'éolien, affichent tous deux une augmentation de leurs chiffres d'affaires et du nombre d'emplois dans la filière. La Belgique affiche une augmentation d'un milliard d'euros de chiffre d'affaires et la création de près de 5 000 emplois découlant du développement continu de la capacité éolienne belge offshore. En Italie, la production locale d'éoliennes (pièces) et les exportations ont diminué, d'après notre analyse des données d'Eurostat. Cela a entraîné une perte de 3 400 emplois, ainsi qu'une baisse de 520 millions d'euros de chiffre d'affaires et de 190 millions d'euros de valeur ajoutée brute. ■



Emploi et chiffre d'affaires

	Emplois (directs et indirects)		Chiffre d'affaires (en M€)		Valeur ajoutée brute directe (en M€)	
	2019	2020	2019	2020	2019	2020
Allemagne	78 800	83 500	12 780	13 960	5 690	6 090
Espagne	45 900	44 300	5 940	5 860	2 480	2 430
Pays-Bas	3 400	42 100	620	6 350	250	2 700
Danemark	17 100	22 800	3 820	5 080	1 510	2 000
France	17 300	15 800	2 830	2 640	1 130	1 050
Belgique	7 800	12 700	1 650	2 700	660	1 080
Pologne	4 200	10 900	370	840	170	370
Portugal	3 400	10 300	320	750	140	300
Suède	9 400	9 600	1 820	1 880	920	950
Grèce	7 600	6 300	690	590	300	260
Italie	9 400	6 000	1 560	1 040	630	440
Irlande	4 300	3 100	680	520	290	220
Roumanie	2 000	2 500	170	210	80	90
Finlande	1 900	2 300	360	430	160	190
Croatie	1 000	2 100	70	140	30	60
Hongrie	700	1 200	40	80	20	30
Autriche	1 600	1 100	310	230	130	90
Tchéquie	800	1 100	70	100	20	30
Estonie	500	800	40	60	20	20
Bulgarie	600	600	40	40	20	20
Lituanie	400	600	30	40	10	20
Luxembourg	100	200	20	40	10	10
Chypre	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
Slovaquie	< 100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 10
Total UE-27	218 700	280 400	34 280	43 630	14 720	18 500

Source: EurObserv'ER



PHOTOVOLTAÏQUE

Dans l'ensemble, EurObserv'ER estime les retombées socio-économiques de la filière photovoltaïque à 20,9 milliards d'euros de chiffre d'affaires en 2020 (contre 22,6 milliards d'euros en 2019), 552 millions d'euros de valeur ajoutée brute (contre 590 millions d'euros en 2019) et 165 700 d'équivalents temps plein (une baisse corrélée à celle du chiffre d'affaires). Alors que la capacité totale installée dans l'Union européenne affiche une croissance de 12 %, à 137 GW, l'augmentation de 16,6 GW de capacité additionnelle est inférieure à celle de 18,8 GW en 2019. Par conséquent, les chiffres de l'emploi en 2020 reflètent une légère baisse de 9 % par rapport à 2019.

Avec 55 600 emplois (contre 45 300 en 2019), l'Allemagne se classe au premier rang des employeurs dans la filière photovoltaïque, ce qui n'a rien de surprenant au vu de sa nouvelle capacité installée de 4,8 GWc en 2020. À l'inverse, l'Espagne, chef de file sur le marché de l'emploi en 2019, affiche une baisse substantielle (62 %) dans les trois catégories : emplois, chiffre d'affaires et valeur ajoutée brute.

Cette baisse découle d'une très forte augmentation de la capacité totale installée en 2019 (6,5 GWc, soit une augmentation de 137 % par rapport à 2018), qui ne s'est pas répétée en 2020 (augmentation de 1,98 GWc). De même, la France affichait une augmentation 12 % de sa capacité totale installée en 2019, mais seulement 1 % d'augmentation (+ 65 MWc) en 2020. De ce fait, la modélisation génère une baisse de 70 % pour le marché de l'emploi (- 8 000 emplois), le chiffre d'affaires (- 1,2 milliard d'euros) et la valeur ajoutée brute (- 480 millions d'euros) de la filière en 2020. EurObserv'ER constate une croissance assez remarquable de la filière et des retombées socio-économiques associées en Pologne, en 2020. Apparaissant comme le troisième plus grand marché photovoltaïque cette année-là (avec 2,1 GWc de capacité nouvellement installée), le secteur génère également un chiffre d'affaires de 1,4 milliard d'euros (soit un doublement en un an) et 20 200 emplois. La Grèce, la Suède et les Pays-Bas affichent une augmentation comparable en matière d'emploi. En Grèce, la capacité totale installée en 2020 était

environ trois fois supérieure à celle de 2019, ce qui a plus que doublé le nombre d'emplois (5 500), augmenté le chiffre d'affaires à 450 millions d'euros et la valeur ajoutée brute à 180 millions d'euros. Après avoir doublé sa capacité totale installée en 2020, l'emploi a plus que doublé en Suède avec 4 000 emplois supplémentaires, une augmentation du chiffre d'affaires de 700 millions d'euros et de la valeur ajoutée brute de 330 millions d'euros. Les Pays-Bas ont installé 2,9 GWc de solaire photovoltaïque, ce qui en fait le deuxième plus important installateur de photovoltaïque en 2020. Sans surprise, la modélisation de l'emploi montre une augmentation de 13 % du nombre d'emplois (18 600 au total), du chiffre d'affaires (2,7 milliards d'euros au total) et de la valeur ajoutée brute (1 milliard d'euros au total). ■

Emploi et chiffre d'affaires

	Emplois (directs et indirects)		Chiffre d'affaires (en M€)		Valeur ajoutée brute directe (en M€)	
	2019	2020	2019	2020	2019	2020
Allemagne	45 300	55 600	6 860	8 310	3 040	3 700
Pologne	10 100	20 200	710	1 410	280	570
Espagne	52 200	19 100	5 430	2 040	2 370	890
Pays-Bas	16 500	18 600	2 380	2 690	900	1 020
Italie	13 200	11 400	1 890	1 650	720	630
Hongrie	7 000	6 300	400	360	160	150
Grèce	2 600	5 500	220	450	80	180
Belgique	3 600	4 300	710	830	250	300
Suède	1 700	4 000	290	700	130	330
France	11 600	3 600	1 690	520	690	210
Tchéquie	2 000	2 900	150	220	50	80
Danemark	2 000	2 500	430	500	170	200
Portugal	3 300	2 400	180	130	70	50
Autriche	2 300	2 200	420	400	180	170
Bulgarie	800	1 800	50	90	20	30
Roumanie	1 400	1 500	100	110	40	40
Finlande	1 700	1 300	340	260	130	100
Lituanie	400	800	20	30	10	20
Estonie	1 200	400	90	30	30	10
Malte	200	300	10	20	10	10
Irlande	100	200	10	20	< 10	10
Luxembourg	200	200	30	40	10	10
Slovaquie	1 100	200	80	20	30	10
Lettonie	< 100	100	< 10	10	< 10	< 10
Slovénie	400	100	30	10	10	< 10
Chypre	200	< 100	20	10	10	< 10
Croatie	300	< 100	20	< 10	10	< 10
Total UE-27	181 500	165 700	22 570	20 870	9 420	8 760

Source : EurObserv'ER



SOLAIRE THERMIQUE

La modélisation d'EurObserv'ER estime à 2,8 milliards d'euros le chiffre d'affaires du secteur, avec 21 400 emplois concernés en 2019. Une légère baisse de chiffre d'affaires à 2,5 milliards d'euros est prévue pour 2020. Les prévisions indiquent aussi un nombre d'emplois (20 100) légèrement inférieur à celui de 2019.

L'Espagne reste le leader européen du solaire thermique, avec une main-d'œuvre totalisant

6 400 ETP et un chiffre d'affaires de 950 millions d'euros, soit une légère augmentation par rapport à 2019. En Espagne, 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. Le pays abrite en effet le plus grand parc de centrales héli-

thermodynamiques 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. En 2019, seul le Danemark avait nouvellement installé une capacité d'héliothermodynamique de 5,5 MWe, ce qui a relevé le niveau des estimations de chiffre d'affaires et d'emploi cette année-là. Sans nouveaux développements en 2020, les estimations pour le Danemark ont été revues à la baisse.

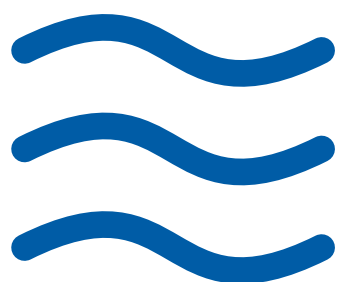
L'activité de solaire thermique dans le reste de l'Union européenne a été limitée en 2020, conduisant à des estimations relativement stables pour les autres États membres. L'Espagne, l'Allemagne et la Pologne affichent toutefois une augmentation de leurs niveaux de chiffre d'affaires et d'emploi dans la filière. ■



Emploi et chiffre d'affaires

	Emplois (directs et indirects)		Chiffre d'affaires (en M€)		Valeur ajoutée brute directe (en M€)	
	2019	2020	2019	2020	2019	2020
Espagne	5 900	6 400	890	950	430	450
Allemagne	2 700	3 100	370	430	170	190
Grèce	2 100	1 800	190	150	70	50
Pologne	1 400	1 500	90	110	40	40
Autriche	1 500	1 400	280	260	120	110
Bulgarie	1 100	1 000	50	50	20	20
France	1 200	1 000	170	140	70	60
Italie	1 100	1 000	150	130	60	50
Portugal	700	600	30	30	10	10
Danemark	1 700	300	340	50	130	20
Chypre	200	200	20	10	10	< 10
Croatie	100	200	10	10	< 10	< 10
Hongrie	200	200	10	10	< 10	< 10
Belgique	100	100	10	20	< 10	10
Tchéquie	200	100	10	10	10	< 10
Irlande	< 100	100	10	10	< 10	< 10
Pays-Bas	100	100	20	10	10	< 10
Roumanie	< 100	100	< 10	10	< 10	< 10
Suède	100	100	10	10	< 10	< 10
Slovaquie	< 100	100	< 10	< 10	< 10	< 10
Estonie	< 100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 10
Finlande	< 100	< 100	10	10	< 10	< 10
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	21 400	20 100	2 750	2 480	1 290	1 170

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. Seule l'Italie a vu sa capacité installée augmenter de manière significative en 2020 (+ 280 MW). 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 perdu 8 900 ETP dans l'Union européenne, pour

atteindre 35 800 emplois dans l'hydroélectricité. Une baisse similaire est observée pour le chiffre d'affaires total, estimé à 4,7 milliards d'euros. Le chiffre le plus élevé peut être observé dans les États membres disposant des capacités hydroélectriques les plus importantes : la France (25,7 GW), l'Italie (22,7 GW) et l'Espagne (20,1 GW). L'Italie possède un grand parc de centrales hydroélectriques et se place en première position avec un chiffre d'affaires de 1,6 milliard d'euros et 11 600 emplois dans le secteur. La France, l'Espagne et l'Allemagne arrivent derrière avec

3 000 emplois chacun en 2020, malgré une baisse significative par rapport à 2019, année où ces pays ont augmenté leur capacité. Des baisses similaires peuvent être observées pour les estimations de chiffre d'affaires. L'Autriche et la Suède suivent de près, grâce à leurs grandes capacités hydroélectriques existantes, car ces pays n'affichent pas non plus d'augmentation significative de leur capacité installée en 2020. Les estimations de chiffre d'affaires et de nombre d'emplois dépendent donc des activités d'exploitation et maintenance des centrales hydroélectriques existantes. ■



Emploi et chiffre d'affaires

	Emplois (directs et indirects)		Chiffre d'affaires (en M€)		Valeur ajoutée brute directe (en M€)	
	2019	2020	2019	2020	2019	2020
Italie	7 400	11 600	1 060	1 630	420	660
France	6 800	3 800	990	560	400	220
Espagne	5 700	3 600	630	430	280	190
Allemagne	6 500	3 100	980	480	440	210
Autriche	3 500	2 100	620	400	260	150
Portugal	3 100	2 000	180	120	70	40
Suède	2 600	2 000	470	370	220	170
Roumanie	1 100	1 100	90	90	30	30
Bulgarie	800	800	50	50	20	20
Grèce	800	800	70	70	30	30
Croatie	500	700	40	40	10	20
Tchéquie	900	600	70	50	20	20
Lettonie	1 500	500	90	30	30	10
Slovaquie	500	500	40	40	10	10
Finlande	400	400	70	70	30	30
Pologne	600	400	50	40	20	10
Slovénie	600	400	50	30	20	10
Lituanie	300	300	10	10	10	10
Belgique	200	200	30	40	10	10
Luxembourg	200	200	30	30	10	10
Estonie	< 100	100	< 10	< 10	< 10	< 10
Irlande	100	100	10	10	< 10	< 10
Chypre	< 100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 10
Danemark	< 100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 10
Hongrie	100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 10
Malte	< 100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 10
Pays-Bas	< 100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 10
Total UE-27	44 700	35 800	5 690	4 650	2 410	1 930

Source : EurObserv'ER



GÉOTHERMIE

Tout comme les 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 est resté à 810 millions d'euros et le nombre d'emplois a chuté à 6 100 en 2020 (contre 6 300 auparavant).

La capacité totale installée pour l'électricité géothermique en Europe est stable. Dans les États membres de l'Union européenne,

les nouvelles capacités sont plutôt observées du côté du réseau de chauffage urbain que de la production d'électricité. En 2020, la plus grande augmentation de capacité en géothermie superficielle de chauffage a été observée aux Pays-Bas: de 208 MWth à 298 MWth installés. Avec un chiffre d'affaires de 180 millions d'euros et 1 100 emplois, les Pays-Bas dominent la filière géothermie. L'Italie arrive juste derrière en tant qu'acteur historiquement important de la filière avec 1 000 emplois et un chiffre d'affaires de 150 millions d'euros, qui s'expliquent par son importante capacité existante en matière de génération d'électricité et de chauffage.

En France, le chiffre d'affaires et le nombre d'emplois ont diminué après avoir atteint un pic en 2019 grâce à l'installation d'environ 80 MWth de capacité géothermique nouvelle pour le chauffage. Avec un chiffre d'affaires de 120 millions d'euros et 700 emplois, la France occupe la troisième place en Europe dans ce secteur, après les Pays-Bas et l'Italie. L'Allemagne et la Hongrie suivent ensuite avec 500 emplois chacun. ■



Emploi et chiffre d'affaires

	Emplois (directs et indirects)		Chiffre d'affaires (en M€)		Valeur ajoutée brute directe (en M€)	
	2019	2020	2019	2020	2019	2020
Pays-Bas	200	1 100	30	180	10	70
Italie	1 100	1 000	170	150	60	60
France	1 700	700	260	120	100	40
Allemagne	600	500	100	80	40	30
Hongrie	500	500	30	30	10	10
Autriche	100	200	10	40	10	20
Espagne	< 100	100	< 10	10	< 10	< 10
Croatie	< 100	100	< 10	< 10	< 10	< 10
Pologne	100	100	10	10	< 10	< 10
Portugal	< 100	100	< 10	< 10	< 10	< 10
Roumanie	100	100	10	10	< 10	< 10
Slovénie	< 100	100	< 10	10	< 10	< 10
Belgique	< 100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 10
Bulgarie	< 100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 10
Chypre	< 100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 10
Tchéquie	< 100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 10
Danemark	< 100	< 100	10	10	< 10	< 10
Estonie	< 100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 10
Grèce	100	< 100	10	< 10	< 10	< 10
Finlande	< 100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 10
Irlande	< 100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 10
Lituanie	< 100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 10
Luxembourg	< 100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 10
Lettonie	< 100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 10
Malte	< 100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 10
Suède	< 100	< 100	10	10	< 10	< 10
Slovaquie	< 100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 10
Total UE-27	6 300	6 100	810	810	440	440

Source: EurObserv'ER



POMPES À CHALEUR

Le secteur européen des pompes à chaleur a connu une belle croissance, tant en termes de chiffre d'affaires que d'emplois au niveau de l'UE. La modélisation se traduit par un chiffre d'affaires global estimé à 41 milliards d'euros (en hausse de près de 8,4 milliards d'euros) et un niveau d'emploi de 318 800 personnes. Cela fait désormais des pompes à chaleur la plus grande filière d'énergie renouvelable de l'Union européenne en matière d'emploi et la deuxième en matière de chiffre d'affaires. Il convient de noter que les données de marché présentées dans ce document pour l'Italie, l'Espagne et la France ne sont pas directement comparables à celles d'autres pays, car elles incluent les pompes à chaleur dont la fonction principale est le refroidissement, approche conforme à la directive de l'UE sur les énergies renouvelables. Une grande partie des pompes à chaleur vendues et installées en Europe est encore "made in UE". Seuls les compresseurs sont largement importés de Chine. Ainsi, la chaîne de valeur des pompes à chaleur offre un bon exemple de la capacité des énergies renou-

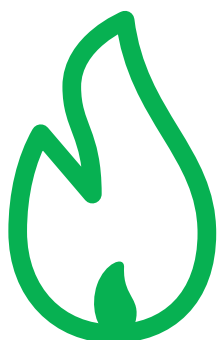
velables à réduire les émissions de GES et la dépendance à l'égard des combustibles fossiles importés (cf. chapitre sur les combustibles fossiles évités), mais aussi à favoriser la prospérité économique dans les États membres. Les résultats de la modélisation révèlent une croissance de la demande intérieure et de l'industrie manufacturière nationale, ce qui se traduit par une hausse du niveau d'emploi et du chiffre d'affaires local. Une forte croissance portée par l'installation de beaucoup de nouvelles pompes à chaleur a été observée en France (+ 5,7 milliards d'euros et 37 700 emplois), en Espagne (+ 2,5 milliards d'euros et 21 400 emplois), en Grèce (+ 1,9 milliard d'euros et 21 300 emplois) et en Slovaquie (+ 1,3 milliard d'euros et 15 200 emplois). Au Portugal, plus de 925 000 nouvelles pompes à chaleur ont été installées en 2019, ce qui a conduit à une hausse significative du chiffre d'affaires et du nombre d'emplois par rapport à 2018. En 2020, les nouvelles installations représentaient environ 325 000 nouvelles pompes à chaleur. Avec la modélisation, cela indique une

diminution de l'activité liée aux installations par rapport à 2019, ainsi qu'une baisse consécutive du chiffre d'affaires (- 2,7 milliards d'euros) et du nombre d'emplois (- 48 300). Malgré cette baisse, il reste 31 700 personnes employées dans la filière au Portugal. Le pays se classe troisième, derrière la France (89 000 emplois) et l'Italie (35 900 emplois), et juste devant l'Espagne (30 700 emplois). L'Allemagne est aussi un acteur de plus en plus important dans le secteur des pompes à chaleur, avec un chiffre d'affaires d'environ 4 milliards d'euros et 24 400 personnes employées dans cette filière. ■

Emploi et chiffre d'affaires

	Emplois (directs et indirects)		Chiffre d'affaires (en M€)		Valeur ajoutée brute directe (en M€)	
	2019	2020	2019	2020	2019	2020
France	51 300	89 000	7 810	13 500	3 160	5 480
Italie	36 100	35 900	5 270	5 320	1 970	1 970
Portugal	80 000	31 700	4 520	1 800	1 720	680
Espagne	9 500	30 900	1 110	3 560	480	1 470
Allemagne	18 900	24 400	3 030	3 930	1 310	1 690
Grèce	2 800	24 100	310	2 240	120	870
Slovénie	300	15 500	30	1 300	10	500
Pays-Bas	9 100	13 700	1 460	2 200	530	800
Suède	13 700	12 300	2 580	2 360	1 150	1 040
Finlande	5 900	6 400	1 040	1 150	420	460
Pologne	4 400	5 900	310	410	120	160
Lituanie	100	5 500	< 10	240	< 10	120
Belgique	3 800	3 900	770	800	280	290
Danemark	2 900	3 500	550	670	220	270
Slovaquie	3 300	3 500	260	290	90	100
Malte	3 600	2 600	280	210	110	80
Tchéquie	1 100	2 000	90	170	30	60
Estonie	1 900	1 900	140	140	50	50
Autriche	2 100	1 800	390	340	160	140
Hongrie	900	1 500	60	90	20	30
Roumanie	500	900	30	60	10	20
Irlande	700	800	100	110	40	40
Bulgarie	600	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	253 900	318 800	30 230	40 970	12 060	16 370

Source : EurObserv'ER



BIOGAZ

Après une croissance rapide de 2000 à 2010, le secteur du biogaz n'a pas poursuivi sa dynamique au cours des dix années suivantes dans les États membres de l'Union européenne. En 2020, la production d'énergie primaire issue du biogaz a diminué pour atteindre 14 534 ktep (soit 13 % de moins qu'en 2019). La main-d'œuvre employée dans le

biogaz a légèrement diminué, totalisant 48 900 emplois en 2020 – soit une perte de 2 100 emplois à plein temps par rapport à 2019. Le secteur a réalisé un chiffre d'affaires de 5,75 milliards d'euros – en légère baisse par rapport aux 5,9 milliards d'euros enregistrés l'année précédente. La baisse est plus importante en comparant avec 2018 (7 milliards

d'euros et 68 800 ETP), principalement en raison de l'estimation à la baisse des activités liées à la matière première de biomasse. La baisse la plus importante est observée en Allemagne, qui est passée de 25 400 emplois à temps plein en 2019 à 24 800 en 2020. Le chiffre d'affaires de la filière dans le pays a aussi légèrement chuté (3,4 milliards d'euros). Malgré ce recul, le pays demeure le leader du biogaz au sein de l'Union européenne. Le chiffre d'affaires a diminué en Italie, pour atteindre 750 millions d'euros. La main-d'œuvre a également évolué à la baisse et s'élève désormais à 6 900 personnes dans le segment de la digestion anaérobie, ce qui en fait le second marché de l'emploi dans le biogaz, au sein de l'UE. Le chiffre d'affaires et le niveau d'emploi de la filière ont diminué en Tchéquie et en Pologne entre 2018 et 2019, mais sont remontés en 2020.

La valeur ajoutée brute a diminué dans l'Union européenne en parallèle à la baisse de chiffre d'affaires dans la filière. En Allemagne, la baisse de la valeur ajoutée brute suit celle du chiffre d'affaires et du niveau d'emploi. ■



Emploi et chiffre d'affaires

	Emplois (directs et indirects)		Chiffre d'affaires (en M€)		Valeur ajoutée brute directe (en M€)	
	2019	2020	2019	2020	2019	2020
Allemagne	25 400	24 800	3 490	3 400	1 580	1 540
Italie	7 000	6 900	770	750	390	390
Tchéquie	3 300	3 900	220	260	90	110
France	3 000	3 100	400	410	170	170
Pologne	2 000	2 600	100	140	40	50
Espagne	800	800	80	80	40	40
Croatie	1 400	800	80	50	40	20
Autriche	400	500	60	70	30	30
Danemark	600	500	110	90	50	40
Grèce	1 100	500	80	30	30	10
Hongrie	400	500	30	30	10	10
Lettonie	500	500	30	30	10	10
Pays-Bas	600	500	90	80	40	40
Slovaquie	500	500	40	40	20	20
Belgique	400	400	100	110	30	40
Portugal	400	400	20	20	10	10
Bulgarie	600	300	30	20	10	10
Finlande	300	300	40	30	10	10
Lituanie	400	200	20	10	10	10
Slovénie	100	200	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	200	100	30	< 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	50 000	48 900	5 900	5 750	2 690	2 640

Source : EurObserv'ER



BIOCARBURANTS

Le secteur européen des biocarburants s'est légèrement contracté en 2020 (EurObserv'ER y englobe le biodiesel, le bioéthanol et le biogaz pour les transports). La consommation globale de biocarburants a diminué de 1,5 % entre 2019 et 2020, atteignant 15 779 ktep (- 233 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 diminué, à environ 11,7 milliards d'euros, tandis que le niveau d'emploi a chuté, passant de 145 600 à 141 800 emplois en 2020. 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. Comme indiqué dans la note méthodologique, le calcul des coûts de matière première et les hypothèses sur l'efficacité de la production de biodiesel ont été améliorés dans la modélisation. Cela a abouti à une correction à la baisse des estimations de chiffre

d'affaires et de niveau d'emploi par rapport aux estimations d'EurObserv'ER pour 2018. Les biocarburants constituent désormais la cinquième filière la plus créatrice d'emploi dans les énergies renouvelables au sein de l'Union européenne, derrière les pompes à chaleur, l'éolien, la biomasse solide et le solaire photovoltaïque. Il convient également de souligner que les premiers pays en matière d'emploi ne sont pas nécessairement les plus grands consommateurs de biocarburants, comme la France et l'Allemagne. Les États membres disposant de grandes zones agricoles, comme la Roumanie, la Hongrie et la Pologne, emploient également beaucoup de personnes dans la chaîne d'approvisionnement des biocarburants. En effet, la Roumanie (20 100 emplois pour un chiffre d'affaires de 830 millions d'euros) et la Pologne (18 100 emplois et 830 millions d'euros) talonnent la France en matière d'emploi dans le secteur en 2020.

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 2,6 milliards d'euros). En 2020, la France était aussi le deuxième consommateur de biocarburants en Europe, derrière l'Allemagne. Elle se classe première avec 21 900 emplois dans le secteur et associe une base agricole vitale à des capacités de production de biocarburant importantes. L'Espagne joue aussi un rôle majeur dans le secteur des biocarburants. Le volume économique de l'industrie des biocarburants est estimé à 1,4 milliard d'euros, avec un niveau d'emploi en légère baisse, qui occupe 13 900 personnes. L'Allemagne a également dû accepter une baisse du chiffre d'affaires généré par les biocarburants (1,57 milliard d'euros, contre 1,66 milliard en 2019), ainsi qu'une diminution des chiffres de l'emploi, avec 10 900 personnes employées en 2020. ■

Emploi et chiffre d'affaires

	Emplois (directs et indirects)		Chiffre d'affaires (en M€)		Valeur ajoutée brute directe (en M€)	
	2019	2020	2019	2020	2019	2020
France	23 800	21 900	2 830	2 600	1 200	1 100
Roumanie	20 400	20 100	840	830	390	380
Pologne	18 000	18 100	820	830	310	310
Hongrie	16 700	15 800	970	920	460	440
Espagne	14 700	13 900	1 460	1 380	760	720
Allemagne	11 500	10 900	1 660	1 570	740	700
Suède	6 600	6 500	410	400	180	170
Italie	4 000	5 700	420	600	210	300
Lituanie	4 700	4 800	230	240	100	100
Tchéquie	4 500	4 300	290	280	120	110
Slovaquie	4 200	4 100	340	340	150	150
Grèce	2 700	2 700	140	140	70	70
Lettonie	2 700	2 600	140	130	40	40
Bulgarie	2 800	2 400	180	150	60	60
Autriche	2 300	2 100	360	320	160	140
Belgique	1 500	1 700	410	460	160	170
Croatie	1 400	1 200	90	80	40	40
Pays-Bas	1 200	1 200	260	260	110	110
Finlande	700	600	90	80	40	30
Portugal	400	400	40	40	20	10
Estonie	200	200	10	10	< 10	< 10
Irlande	100	100	10	20	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	145 600	141 800	12 050	11 730	5 390	5 220

Source: EurObserv'ER



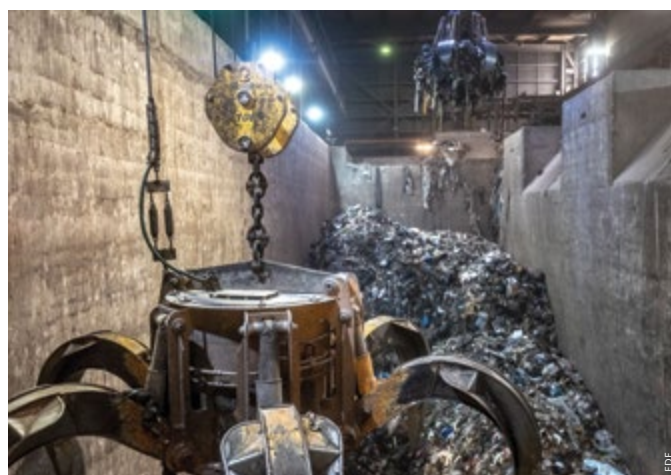
DÉCHETS URBAINS RENOUVELABLES

Par définition, on admet que les déchets municipaux contiennent 50 % de matières renouvelables, car les déchets des ménages comportent une part importante d'éléments biodégradables. La production d'énergie issue des déchets est principalement basée sur l'incinération dans des installations de valorisation énergétique des déchets. Ce secteur est relativement difficile à quantifier et demeure l'un des plus modestes parmi les secteurs des énergies renouvelables de l'Union européenne. EurObserv'ER estime son chiffre d'affaires à 2,3 milliards d'euros en 2020, avec une valeur ajoutée brute de 1 milliard d'euros. Avec 12 800 équivalents temps plein directs et indirects, on constate une diminution de 100 emplois par rapport à 2019. Cette baisse est plus importante si on compare à 2018, où 31 000 équivalents temps plein avaient été estimés. Elle s'explique en partie par l'absence de nouvelles capacités, contrairement à 2018 où des ajouts de capacité ont été observés en Allemagne et en Suède. Elle

s'explique également par la révision à la baisse de l'estimation des activités liées aux matières premières.

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.

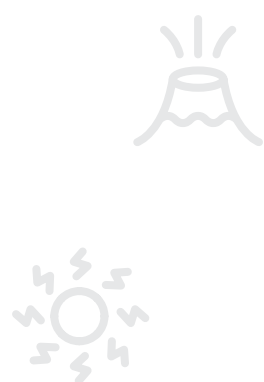
Selon la modélisation d'EurObserv'ER, l'Allemagne est le premier acteur en termes de retombées socio-économiques, avec 660 millions d'euros de chiffre d'affaires et 3 200 emplois dans le secteur. La Suède arrive en deuxième position, avec une main-d'œuvre estimée à 1 400 personnes et un chiffre d'affaires de 310 millions d'euros pour ce secteur en 2020. L'Italie et la France suivent ensuite avec 1 200 emplois à temps plein chacune. ■



Emploi et chiffre d'affaires

	Emplois (directs et indirects)		Chiffre d'affaires (en M€)		Valeur ajoutée brute directe (en M€)	
	2019	2020	2019	2020	2019	2020
Allemagne	3 200	3 200	660	660	290	290
Suède	1 400	1 400	310	310	150	150
France	1 200	1 200	230	230	90	90
Italie	1 200	1 200	220	220	80	80
Danemark	800	800	190	190	80	80
Pays-Bas	800	800	180	180	80	70
Bulgarie	600	500	30	30	10	10
Espagne	500	500	70	70	30	30
Portugal	500	500	40	40	10	10
Autriche	300	300	60	60	20	20
Belgique	300	300	80	80	30	30
Finlande	300	300	70	70	30	30
Pologne	300	300	20	20	10	10
Estonie	200	200	20	20	10	10
Hongrie	100	100	10	10	< 10	< 10
Irlande	100	100	30	30	10	10
Slovaquie	100	100	10	10	< 10	< 10
Chypre	< 100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 10
Tchéquie	< 100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 10
Grèce	< 100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 10
Croatie	< 100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 10
Lituanie	< 100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 10
Luxembourg	< 100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 10
Lettonie	< 100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 10
Malte	< 100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 10
Roumanie	< 100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 10
Slovénie	< 100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 10
Total UE-27	12 900	12 800	2 330	2 330	1 050	1 040

Source : EurObserv'ER



BIOMASSE SOLIDE

La biomasse solide demeure 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, la biomasse contribue 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. Il convient de souligner ici que l'actualisation des calculs de coût des matières premières dans le modèle d'EurObserv'ER induit des estimations à la baisse pour le niveau d'emploi et le chiffre d'affaires dans le secteur par rapport à la précédente édition du baromètre d'EurObserv'ER.

Le secteur de la biomasse solide 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). La biomasse solide est non seulement utilisée 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. L'utilisation de biomasse solide pour la production de chaleur et d'électricité est restée stable dans l'Union européenne en 2020 par rapport à 2019. Dans l'ensemble, la consommation d'énergie primaire du secteur a diminué en passant de 92,6 Mtep à 85,8 Mtep. La production totale d'électricité a baissé de 80,7 TWh à 79,9 TWh et la production totale de chaleur est passée de 11,4 Mtep à 11,3 Mtep.

Avec 283 000 personnes employées dans les différentes chaînes de valeur, la biomasse solide est la deuxième source d'énergie renouvelable en 2020, derrière les pompes à chaleur et juste devant l'éolien. En termes de chiffre d'affaires, la biomasse est également une filière majeure, avec 29,8 milliards d'euros, en troisième place derrière l'éolien et les pompes à chaleur. L'analyse d'EurObserv'ER couvre également les





Emploi et chiffre d'affaires

	Emplois (directs et indirects)		Chiffre d'affaires (en M€)		Valeur ajoutée brute directe (en M€)	
	2019	2020	2019	2020	2019	2020
Allemagne	37 200	33 000	5 300	4 650	2 780	2 500
Pologne	39 100	32 700	1 850	1 360	770	590
France	22 600	24 300	3 480	3 730	1 650	1 740
Suède	24 500	21 500	4 900	4 320	2 070	1 820
Espagne	20 500	20 900	1 510	1 550	690	710
Italie	19 700	19 200	1 450	1 370	830	800
Finlande	14 600	12 600	3 700	3 260	2 350	2 090
Tchéquie	17 900	12 400	1 110	710	400	260
Portugal	11 900	12 400	920	970	490	510
Lettonie	11 400	10 800	580	550	220	210
Estonie	6 300	10 300	610	920	240	340
Bulgarie	18 500	9 700	840	410	310	160
Lituanie	10 600	9 500	390	350	190	170
Hongrie	8 200	9 200	270	320	110	130
Croatie	10 000	8 600	380	310	180	160
Autriche	7 400	8 000	1 620	1 730	750	800
Pays-Bas	11 100	7 600	1 640	1 090	670	500
Roumanie	6 100	6 100	290	290	130	120
Danemark	4 300	4 700	670	740	280	310
Slovénie	7 000	4 700	470	300	210	150
Irlande	1 500	1 500	130	130	60	60
Belgique	900	1 300	370	460	110	140
Slovénie	900	800	70	70	40	40
Luxembourg	400	600	60	100	30	40
Grèce	500	400	60	40	20	20
Chypre	100	100	< 10	< 10	< 10	< 10
Malte	< 100	< 100	< 10	< 10	< 10	< 10
Total UE-27	313 300	283 000	32 690	29 750	15 600	14 390

Source: EurObserv'ER



activités sylvicoles et agricoles de la chaîne de valeur de la biomasse. Ainsi, les États membres de l'Union européenne disposant de grandes zones forestières sont également ceux qui offrent les meilleures perspectives dans ce domaine. Pour le secteur de la biomasse solide, l'Allemagne présente le chiffre d'affaires le plus élevé (4,7 milliards d'euros) ainsi que les effectifs les plus importants, avec 33 000 personnes. La Pologne se classe en deuxième position avec 32 700 emplois, même si son chiffre d'affaires dans la filière est sensiblement inférieur (1,4 milliard 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 Suède, la France et la Finlande arrivent derrière en matière de chiffre d'affaires (respectivement 4,3 milliards d'euros, 3,7 milliards d'euros et 3,3 milliards d'euros). La France est également troisième en matière de main-d'œuvre, avec 24 300 emplois. La Bulgarie a enregistré une perte de 10 000 emplois par rapport à 2019, en raison d'une baisse des activités d'investissement en 2020 par rapport à l'année précédente. La Bulgarie a ajouté moins de capacité en 2020, alors que sa capacité énergétique installée de biomasse solide ne cessait de

croître depuis plusieurs années. Une forte augmentation peut être observée en Estonie où l'utilisation de biomasse solide pour la production d'énergie a augmenté en 2020 par rapport à 2019, tandis que le nombre de jours où l'utilisation de chauffage était nécessaire (degrés-jours de chauffage) était inférieur en 2020 d'après les données d'Eurostat. Le modèle interprète cela comme une augmentation du nombre de chaudières de biomasse et de poêles à bois installés, ce qui induit une augmentation du chiffre d'affaires et du nombre d'emplois liés à la fabrication et à l'installation de ces chaudières et poêles. ■

CONCLUSION

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

EMPLOI

- Globalement, on peut estimer que 1,3 million de personnes sont directement ou indirectement employées dans le secteur des énergies renouvelables de l'Union européenne. Cela représente une augmentation brute de 65 100 emplois (5,2 %) entre 2019 et 2020.
- 13 des 27 États membres ont augmenté ou maintenu leurs effectifs dans les énergies renouvelables.
- Les 4 premiers pays en termes d'emploi sont : l'Allemagne (242 100 emplois, 17 % des emplois de l'UE dans les énergies renouvelables), la France (164 400 emplois, 11 %), l'Espagne (140 500 emplois, 11 %) et l'Italie (99 900 emplois, 8 %).
- La plus forte croissance de l'emploi a été observée aux Pays-Bas (+ 42 700 nouveaux emplois, soit + 100 %), en France (+ 23 900, soit + 17 %) et en Grèce (+ 21 900 emplois, soit + 107 %). Les plus fortes pertes ont été observées au Portugal (- 43 000 emplois, soit - 41 %), en Espagne (- 15 300 emplois, soit - 10 %) et en Bulgarie (- 8 600 emplois, soit - 32 %).
- Le secteur des pompes à chaleur (318 800 emplois, 24 % du total de l'UE) a décroché le titre de premier employeur, devant la biomasse solide (283 000 emplois, 22 %) et l'éolien (280 400 emplois, 21 %). La plus forte hausse de l'emploi a été enregistrée dans le secteur des pompes à chaleur, avec 64 900 emplois supplémentaires (+ 26 %), suivi de l'éolien, qui a vu la création de 61 700 emplois (+ 28 %). Les estimations de niveau d'emploi dans toutes les autres filières d'énergies renouvelables ont été revues à la baisse pour 2020.

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 2020 à 163 milliards d'euros, ce qui représente une croissance brute d'environ 13,7 milliards d'euros par rapport à 2019 (+ 9,2 %).
- 13 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 (37,5 milliards d'euros), la France (24,5 milliards d'euros), l'Espagne (15,9 milliards d'euros), les Pays-Bas (13,1 milliards d'euros) et l'Italie (12,9 milliards d'euros). Ces pays sont également ceux qui ont les meilleures valeurs ajoutées brutes.
- Les plus fortes hausses de chiffre d'affaires, selon la modélisation d'EurObserv'ER, ont été observées aux Pays-Bas (+ 6,4 milliards d'euros), en France (+ 3,7 milliards d'euros), en Allemagne (+ 2,2 milliards d'euros) et en Grèce (+ 2 milliards d'euros). Les plus fortes baisses ont été enregistrées au Portugal (- 2,4 milliards d'euros) et en Espagne (- 1,2 milliard d'euros).
- Les principales filières renouvelables en termes de chiffre d'affaires sont l'éolien, avec 43,6 milliards d'euros, suivi des pompes à chaleur (41 milliards d'euros) et du secteur de la biomasse solide (29,8 milliards d'euros). Ces secteurs sont aussi ceux qui ont les meilleures valeurs ajoutées brutes : 18,5 milliards d'euros pour l'éolien, 16,4 milliards d'euros pour les pompes à chaleur et 14,4 milliards d'euros pour la biomasse solide. ■

EMPLOIS 2019

	Total	Biomasse solide	Pompes à chaleur	Éolien	Photovoltaïque	Biocarburants	Biogaz	Hydroélectricité	Solaire thermique	Déchets renouvelables	Géothermie
Allemagne	230 100	37 200	18 900	78 800	45 300	11 500	25 400	6 500	2 700	3 200	600
Espagne	155 800	20 500	9 500	45 900	52 200	14 700	800	5 700	5 900	500	< 100
France	140 500	22 600	51 300	17 300	11 600	23 800	3 000	6 800	1 200	1 200	1 700
Portugal	103 800	11 900	80 000	3 400	3 300	400	400	3 100	700	500	< 100
Italie	100 200	19 700	36 100	9 400	13 200	4 000	7 000	7 400	1 100	1 200	1 100
Pologne	80 200	39 100	4 400	4 200	10 100	18 000	2 000	600	1 400	300	100
Suède	60 300	24 500	13 700	9 400	1 700	6 600	200	2 600	100	1 400	< 100
Pays-Bas	43 100	11 100	9 100	3 400	16 500	1 200	600	< 100	100	800	200
Hongrie	34 800	8 200	900	700	7 000	16 700	400	100	200	100	500
Roumanie	31 900	6 100	500	2 000	1 400	20 400	100	1 100	< 100	< 100	100
Tchéquie	30 900	17 900	1 100	800	2 000	4 500	3 300	900	200	< 100	< 100
Danemark	29 700	4 300	2 900	17 100	2 000	< 100	600	< 100	1 700	800	< 100
Bulgarie	26 500	18 500	600	600	800	2 800	600	800	1 100	600	< 100
Finlande	26 000	14 600	5 900	1 900	1 700	700	300	400	< 100	300	< 100
Autriche	21 500	7 400	2 100	1 600	2 300	2 300	400	3 500	1 500	300	100
Grèce	20 400	500	2 800	7 600	2 600	2 700	1 100	800	2 100	< 100	100
Belgique	18 700	900	3 800	7 800	3 600	1 500	400	200	100	300	< 100
Lituanie	17 200	10 600	100	400	400	4 700	400	300	< 100	< 100	< 100
Slovaquie	17 000	7 000	3 300	< 100	1 100	4 200	500	500	< 100	100	< 100
Lettonie	16 700	11 400	< 100	100	< 100	2 700	500	1 500	100	< 100	< 100
Croatie	15 000	10 000	< 100	1 000	300	1 400	1 400	500	100	< 100	< 100
Estonie	10 700	6 300	1 900	500	1 200	200	100	< 100	< 100	200	< 100
Irlande	7 200	1 500	700	4 300	100	100	100	100	< 100	100	< 100
Malte	4 600	< 100	3 600	< 100	200	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100
Slovénie	2 800	900	300	< 100	400	< 100	100	600	< 100	< 100	< 100
Luxembourg	1 500	400	< 100	100	200	< 100	100	200	< 100	< 100	< 100
Chypre	1 200	100	< 100	100	200	< 100	100	< 100	200	< 100	< 100
Total UE-27	1 248 300	313 300	253 900	218 700	181 500	145 600	50 000	44 700	21 400	12 900	6 300

Source : EurObserv'ER

EMPLOIS 2020

	Total	Pompes à chaleur	Biomasse solide	Éolien	Photovoltaïque	Biocarburants	Biogaz	Hydroélectricité	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	92 700	5 900	32 700	10 900	20 200	18 100	2 600	400	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	1 313 400	318 800	283 000	280 400	165 700	141 800	48 900	35 800	20 100	12 800	6 100

Source : EurObserv'ER

CHIFFRE D'AFFAIRES 2019 (EN M€)

	Total	Éolien	Biomasse solide	Pompes à chaleur	Photovoltaïque	Biocarburants	Biogaz	Hydroélectricité	Solaire thermique	Déchets renouvelables	Géothermie
Allemagne	35 230	12 780	5 300	3 030	6 860	1 660	3 490	980	370	660	100
France	20 690	2 830	3 480	7 810	1 690	2 830	400	990	170	230	260
Espagne	17 130	5 940	1 510	1 110	5 430	1 460	80	630	890	70	< 10
Italie	12 960	1 560	1 450	5 270	1 890	420	770	1 060	150	220	170
Suède	10 830	1 820	4 900	2 580	290	410	30	470	10	310	10
Pays-Bas	6 690	620	1 640	1 460	2 380	260	90	< 10	20	180	30
Portugal	6 260	320	920	4 520	180	40	20	180	30	40	< 10
Danemark	6 140	3 820	670	550	430	10	110	< 10	340	190	10
Finlande	5 730	360	3 700	1 040	340	90	40	70	10	70	< 10
Pologne	4 330	370	1 850	310	710	820	100	50	90	20	10
Belgique	4 140	1 650	370	770	710	410	100	30	10	80	< 10
Autriche	4 130	310	1 620	390	420	360	60	620	280	60	10
Tchéquie	2 030	70	1 110	90	150	290	220	70	10	< 10	< 10
Hongrie	1 830	40	270	60	400	970	30	< 10	10	10	30
Grèce	1 780	690	60	310	220	140	80	70	190	< 10	10
Roumanie	1 560	170	290	30	100	840	< 10	90	< 10	< 10	10
Bulgarie	1 320	40	840	40	50	180	30	50	50	30	< 10
Slovaquie	1 270	< 10	470	260	80	340	40	40	< 10	10	< 10
Irlande	1 010	680	130	100	10	10	20	10	10	30	< 10
Estonie	950	40	610	140	90	10	< 10	10	< 10	20	< 10
Lettonie	900	< 10	580	< 10	< 10	140	30	90	10	< 10	< 10
Lituanie	740	30	390	< 10	20	230	20	10	< 10	< 10	< 10
Croatie	720	70	380	< 10	20	90	80	40	10	< 10	< 10
Malte	370	< 10	< 10	280	10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Slovénie	240	< 10	70	30	30	< 10	10	50	< 10	< 10	< 10
Luxembourg	200	20	60	< 10	30	< 10	10	30	< 10	< 10	< 10
Chypre	120	10	< 10	< 10	20	< 10	10	< 10	20	< 10	< 10
Total UE-27	149 300	34 280	32 690	30 230	22 570	12 050	5 900	5 690	2 750	2 330	810

Source : EurObserv'ER

CHIFFRE D'AFFAIRES 2020 (EN M€)

	Total	Éolien	Pompes à chaleur	Biomasse solide	Photovoltaïque	Biocarburants	Biogaz	Hydroélectricité	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	5 170	840	410	1 360	1 410	830	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	162 970	43 630	40 970	29 750	20 870	11 730	5 750	4 650	2 480	2 330	810

Source : EurObserv'ER

VALEUR AJOUTÉE BRUTE DIRECTE 2019 (EN M€)

	Total	Biomasse solide	Éolien	Pompes à chaleur	Photovoltaïque	Biocarburants	Biogaz	Hydroélectricité	Solaire thermique	Déchets renouvelables	Géothermie
Allemagne	16 080	2 780	5 690	1 310	3 040	740	1 580	440	170	290	40
France	8 660	1 650	1 130	3 160	690	1 200	170	400	70	90	100
Espagne	7 570	690	2 480	480	2 370	760	40	280	430	30	< 10
Italie	5 370	830	630	1 970	720	210	390	420	60	80	60
Suède	4 850	2 070	920	1 150	130	180	10	220	< 10	150	< 10
Finlande	3 190	2 350	160	420	130	40	10	30	10	30	< 10
Pays-Bas	2 610	670	250	530	900	110	40	< 10	10	80	10
Portugal	2 550	490	140	1 720	70	20	10	70	10	10	< 10
Danemark	2 470	280	1 510	220	170	< 10	50	< 10	130	80	< 10
Autriche	1 820	750	130	160	180	160	30	260	120	20	10
Pologne	1 770	770	170	120	280	310	40	20	40	10	< 10
Belgique	1 550	110	660	280	250	160	30	10	< 10	30	< 10
Hongrie	820	110	20	20	160	460	10	< 10	< 10	< 10	10
Tchéquie	760	400	20	30	50	120	90	20	10	< 10	< 10
Grèce	740	20	300	120	80	70	30	30	70	< 10	< 10
Roumanie	720	130	80	10	40	390	< 10	30	< 10	< 10	< 10
Slovaquie	550	210	< 10	90	30	150	20	10	< 10	< 10	< 10
Bulgarie	490	310	20	10	20	60	10	20	20	10	< 10
Irlande	460	60	290	40	< 10	10	10	< 10	< 10	10	< 10
Estonie	400	240	20	50	30	< 10	< 10	< 10	< 10	10	< 10
Lituanie	370	190	10	< 10	10	100	10	10	< 10	< 10	< 10
Lettonie	360	220	< 10	< 10	< 10	40	10	30	< 10	< 10	< 10
Croatie	350	180	30	< 10	10	40	40	10	< 10	< 10	< 10
Malte	200	< 10	< 10	110	10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Slovénie	140	40	< 10	10	10	< 10	< 10	20	< 10	< 10	< 10
Luxembourg	120	30	10	< 10	10	< 10	< 10	10	< 10	< 10	< 10
Chypre	100	< 10	< 10	< 10	10	< 10	< 10	< 10	10	< 10	< 10
Total UE-27	65 070	15 600	14 720	12 060	9 420	5 390	2 690	2 410	1 290	1 050	440

Source : EurObserv'ER

VALEUR AJOUTÉE BRUTE DIRECTE 2020 (EN M€)

	Total	Éolien	Pompes à chaleur	Biomasse solide	Photovoltaïque	Biocarburants	Biogaz	Hydroélectricité	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	2 120	370	160	590	570	310	50	10	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
Estonie	480	20	50	340	10	< 10	< 10	< 10	< 10	10	< 10
Lituanie	480	20	120	170	20	100	10	10	< 10	< 10	< 10
Slovaquie	480	< 10	100	150	10	150	20	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	70 460	18 500	16 370	14 390	8 760	5 220	2 640	1 930	1 170	1 040	440

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.

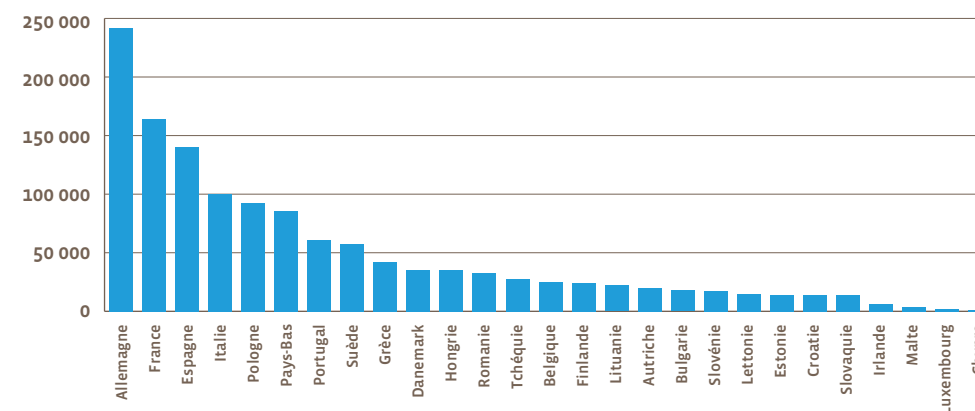
L'édition 2021 de "L'état des énergies renouvelables en Europe" comprend l'indicateur de l'emploi déplacé du secteur des énergies fossiles vers les énergies renouvelables, pour tous les États membres de l'Union européenne et pour l'année 2020. Cet impact est évalué pour les six sous-secteurs suivants : production d'électricité, exploitation minière, pétrole pour la production d'électricité, raffinage, production et extraction de chaleur, fourniture de pétrole brut et de gaz fossile. 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 fossile dans l'extraction, la conversion et le transport du gaz fossile 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

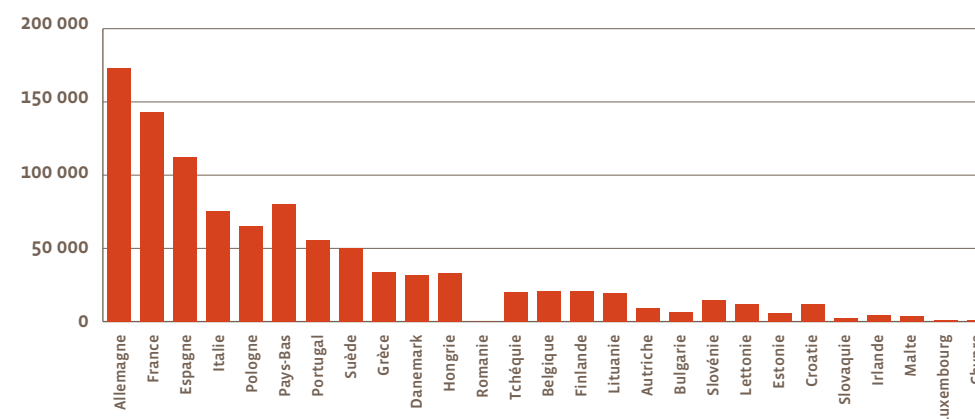
Emplois dans les énergies renouvelables tels que reportés dans les tableaux précédents (données pour 2020)



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 2020)



Source : EurObserv'ER

COÛTS, PRIX ET COMPÉTITIVITÉ DES ÉNERGIES RENOUVELABLES

La compétitivité est l'un des aspects les plus importants de la démocratisation des technologies renouvelables. Nous avons, d'une part, les technologies renouvelables et le coût de l'énergie qu'elles produisent, et d'autre part, les vecteurs énergétiques conventionnels : combustibles et électricité d'origine fossile. Grâce au déploiement et à la maîtrise de la technologie, le coût des renouvelables peut baisser. À l'inverse, sur le long terme, le prix des combustibles fossiles risque d'augmenter en raison de leur rareté et des conditions géopolitiques, même si nous observons, sur le court terme, des fluctuations dans le prix des énergies conventionnelles causées par les effets de marché (offre et demande). Cette section s'intéresse au coût des énergies renouvelables et aux prix des énergies conventionnelles. Nous commencerons par une comparaison internationale des coûts d'investissement au sein de l'Union euro-

péenne (UE) avec ceux de ses principaux partenaires commerciaux. Ces régions incluent l'Asie, l'Amérique du Nord, la Chine, le Japon, la Corée et plusieurs autres pays et régions. Pour la plupart des technologies, les données concernent les années 2010 et 2020. Puis, plusieurs éléments seront présentés pour calculer le coût actualisé des énergies renouvelables (LCOE) : les coûts d'investissement dans les technologies renouvelables documentés, une approche pour estimer le coût moyen pondéré du capital (CMPC), puis les valeurs de LCOE en résultant. Enfin, les prix moyens (pondérés) de l'UE pour l'électricité et le gaz seront présentés pour les ménages et le marché non résidentiel, avec leur répartition par fourchettes de prix. Les coûts des énergies renouvelables des premières sections comparés aux prix réels de l'énergie de la section finale viennent compléter ce panorama de la compétitivité.

Comparaison des coûts d'investissement à l'international

Dans cette section, nous présenterons et comparerons les coûts d'investissement dans les énergies renouvelables au sein de l'Union européenne et chez ses principaux partenaires commerciaux. Cet aperçu repose sur les données du rapport de l'Irena "Coûts de la production d'électricité de source renouvelable en 2020" publié en 2021. Les coûts d'investissement sont définis comme les dépenses d'investissement moyennes par MW de capacité dans les filières renouvelables correspondantes. Ces dépenses d'investissement moyennes par MW sont présentées pour

l'Europe et pour quelques-uns de ses principaux partenaires commerciaux : Asie, Amérique du Nord, Chine, Japon, Corée et plusieurs autres pays et régions. Les données disponibles ne sont toutefois pas identiques pour toutes les technologies renouvelables. Pour la plupart des filières, les données utilisées sont celles de deux années de référence : 2010 et 2020. Elles révèlent une évolution particulièrement intéressante dans l'éolien et le solaire photovoltaïque en raison du ralentissement de l'innovation technologique et de la baisse des coûts d'investissement en découlant.



ÉOLIEN TERRESTRE

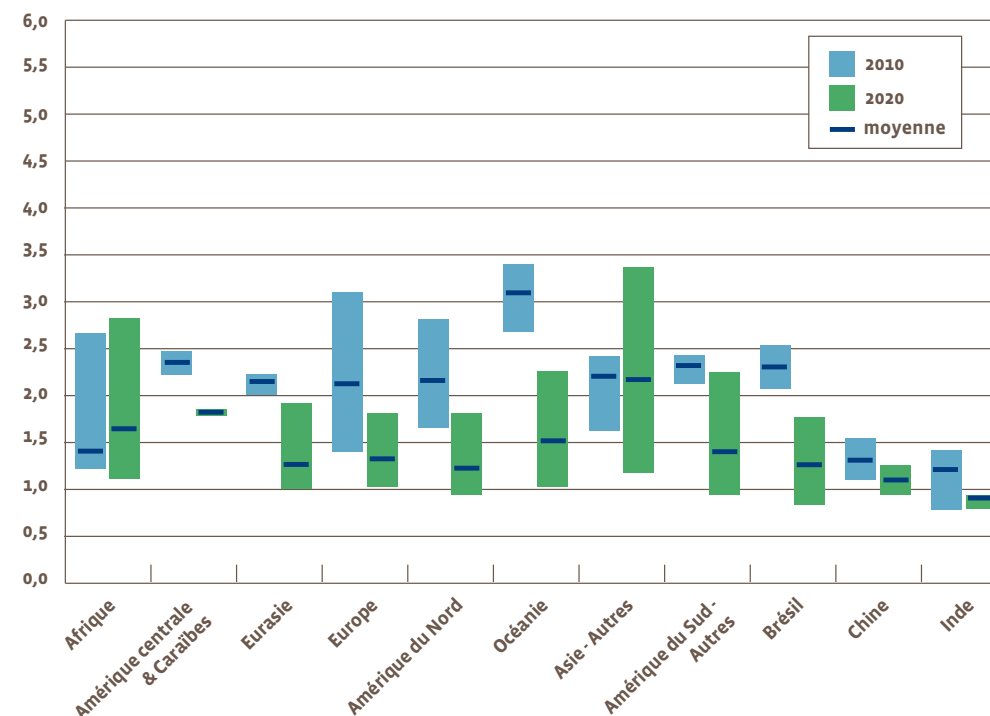
D'après l'Irena (2021), on observe que toutes les zones de la Figure 1 ont réduit leurs coûts d'investissement moyens dans l'éolien terrestre entre 2010 et 2020. Seule l'Afrique affiche une augmentation sur cette période, mais ses chiffres étaient relativement bas par rapport aux autres régions analysées en 2010. Les coûts d'investissement allaient de 1,22 million d'euros/MW (Inde) à 3,09 millions d'euros/MW (Océanie) en 2010. En Europe, les coûts d'investissement dans l'éolien ter-

restre sont passés de 2,13 millions d'euros/MW en 2010 à 1,33 million d'euros/MW en 2020. Cela représente une baisse de 38% en dix ans, légèrement supérieure à celle des autres régions du monde, qui enregistrent une baisse moyenne des coûts d'investissement de 28%. La Chine et l'Inde, qui avaient déjà des coûts d'investissement bas en 2010, affichent des coûts encore plus bas en 2020, ce qui indique que la tendance à la réduction des coûts pourrait se poursuivre pour les

autres pays. Dans l'éolien terrestre, les coûts dépendent beaucoup des conditions locales et varient donc de manière substantielle d'un pays à l'autre. En outre, la Chine et l'Inde possèdent des marchés plus matures et des structures de coûts inférieures à celles de leurs voisins. Enfin, on observe des coûts très similaires en Amérique du Nord et dans l'Union européenne, quoique légèrement inférieurs avec une moyenne de 1,23 million d'euros/MW en 2020.

1

Coûts d'investissement dans l'éolien terrestre à travers le monde (M€/MW)



Note : La région "Asie - Autre" désigne l'Asie sans la Chine et l'Inde. La région "Amérique du Sud - Autre" exclut le Brésil.

Source : Irena

ÉOLIEN OFFSHORE

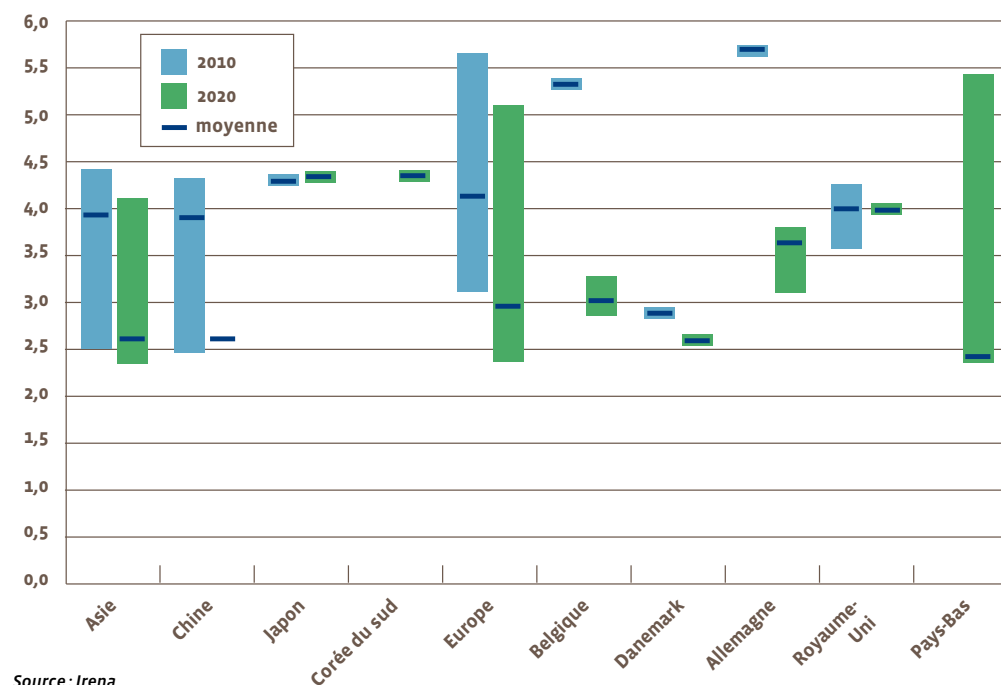
En matière d'éolien offshore, les données sur les coûts d'investissement en 2010 ne sont pas disponibles pour tous les pays. L'éolien offshore a émergé au cours des deux dernières décennies, ce qui explique que ses données sont moins complètes que celles de l'éolien terrestre. Entre 2010 et 2020, la moyenne pondérée mondiale des coûts totaux d'installation a chuté de 32 %, comme illustré dans la Figure 2. La capacité installée mondiale cumulée d'éoliennes offshore a été multipliée par plus de dix entre 2010 et 2020, principalement sous l'impulsion des installations en Chine et en Europe. D'après l'Irena (2021), les baisses de

coûts d'investissement découlent à la fois des améliorations de la technologie et de la maturité croissante de la filière. L'expérience des concepteurs, la standardisation du produit, l'industrialisation de la production ainsi que la régionalisation de la fabrication et des pôles de service ont participé à la chute des prix, notamment par des économies d'échelle. L'Irena (2021) observe que la moyenne pondérée mondiale des coûts totaux d'installation de parcs éoliens offshore a augmenté entre 2000 et 2008, puis est restée stable jusqu'en 2015 avec des projets plus loin des côtes et dans des eaux plus profondes. La moyenne pondérée mondiale

des coûts totaux d'installation a ensuite commencé à baisser entre 2015 et 2020. En moyenne, l'Asie, la Chine et l'Europe affichent des tendances similaires de coûts d'investissement. Au sein de l'Europe, les données montrent des différences entre les États membres : la Belgique est parvenue à réduire significativement ses coûts par rapport à 2010, tandis que cette baisse était tenue au Danemark. Les coûts d'investissement moyens dans l'éolien offshore en Europe en 2020 étaient de 2,98 millions d'euros/MW, supérieurs à la Chine (2,60 millions d'euros/MW), mais inférieurs au Japon et à la Corée (tous deux à environ 4,35 millions d'euros/MW).

2

Coûts d'investissement dans l'éolien offshore à travers le monde (M€/MW)



SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE

D'après l'Irena (2021), la moyenne pondérée des coûts totaux d'installation de la capacité mondiale mise en service en 2020 était inférieure de 81 % à celle de 2010, alors que la capacité solaire photovoltaïque a été multipliée par 16 sur la période, avec plus de 700 GW installés fin 2020. Les coûts totaux des systèmes installés sur le marché des

toitures de locaux commerciaux, pour lequel des données sont disponibles, ont enregistré une baisse de 69 % à 88 % entre 2010 et 2020. La réduction des coûts totaux d'installation du solaire photovoltaïque est liée à l'optimisation des procédés de fabrication, à la réduction du nombre d'heures travaillées, à l'amélioration de l'efficacité des

modules et à la plus grande expérience des concepteurs, ainsi qu'à de meilleures structures de la chaîne d'approvisionnement. En 2020, une réduction significative des coûts totaux d'installation a été observée à travers tous les marchés historiques majeurs, comme la Chine, l'Inde, le Japon, la Corée du Sud, les États-Unis et l'Allemagne.



SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE RÉSIDENTIEL

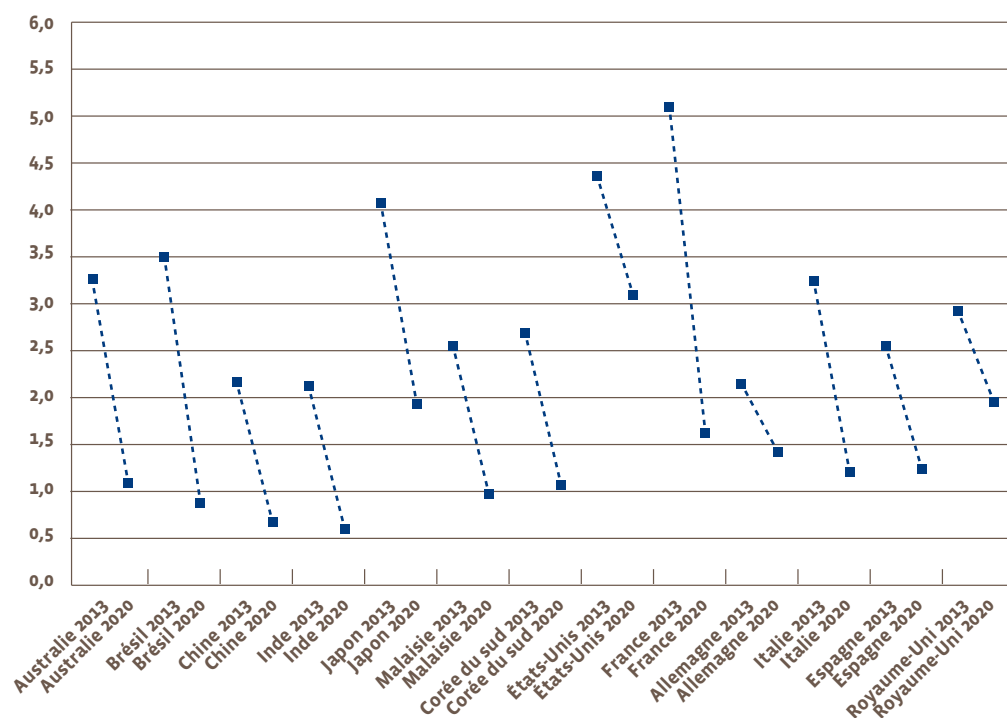
Dans le secteur du photovoltaïque résidentiel, un très grand nombre de pays affichent une tendance à la baisse de leurs coûts d'installation depuis 2010. Le marché du solaire photovoltaïque sur toiture résidentielle affiche généralement des coûts plus élevés que ceux du marché industriel en raison de la plus petite taille de ses systèmes. Le coût du photovoltaïque résidentiel a chuté de 46 % à 85 % entre 2010 et 2020, selon le marché. Les données de l'Irena (2021) sont incomplètes pour 2010, la comparaison de la Figure 3 est donc réalisée à partir de 2013. Dans le secteur résidentiel, en fonction du marché, le coût total

d'installation du système en 2013 allait de 2,11 millions d'euros/MWc (Inde et Allemagne) à 5,12 millions d'euros/MWc (France), avec une hausse de 0,58 million d'euros/MWc en Inde et de 3,09 millions d'euros/MWc aux États-Unis en sept ans. Au sein de l'Union européenne, on peut observer une convergence des coûts du photovoltaïque résidentiel : alors qu'en 2013 l'écart était assez important, comme indiqué précédemment (de l'ordre de 3 millions d'euros/MWc entre l'observation la plus basse et la plus élevée), il s'est réduit à 0,4 million d'euros/MWc (entre l'Italie à 1,19 million d'euros/MWc et la France à 1,61 million d'euros/

MWc). Cette convergence indique que les marchés deviennent plus efficaces et matures. Même sur le marché affichant les coûts les plus bas en 2013, l'estimation de 2020 révèle une diminution des coûts de l'ordre de 34 % en sept ans. En comparaison, les coûts d'investissement dans le solaire photovoltaïque en Inde ont chuté de 73 % entre 2013 et 2020. Cette forte baisse souligne la singularité de l'Inde par rapport à des marchés moins compétitifs. En 2020, le coût du photovoltaïque résidentiel au Japon et au Royaume-Uni était plus de trois fois celui de l'Inde, tandis que les marchés aux États-Unis affichaient des coûts près de six fois supérieurs à ceux de l'Inde.

3

Coûts d'investissement dans le solaire photovoltaïque résidentiel (M€/MWc)



Source : Irena

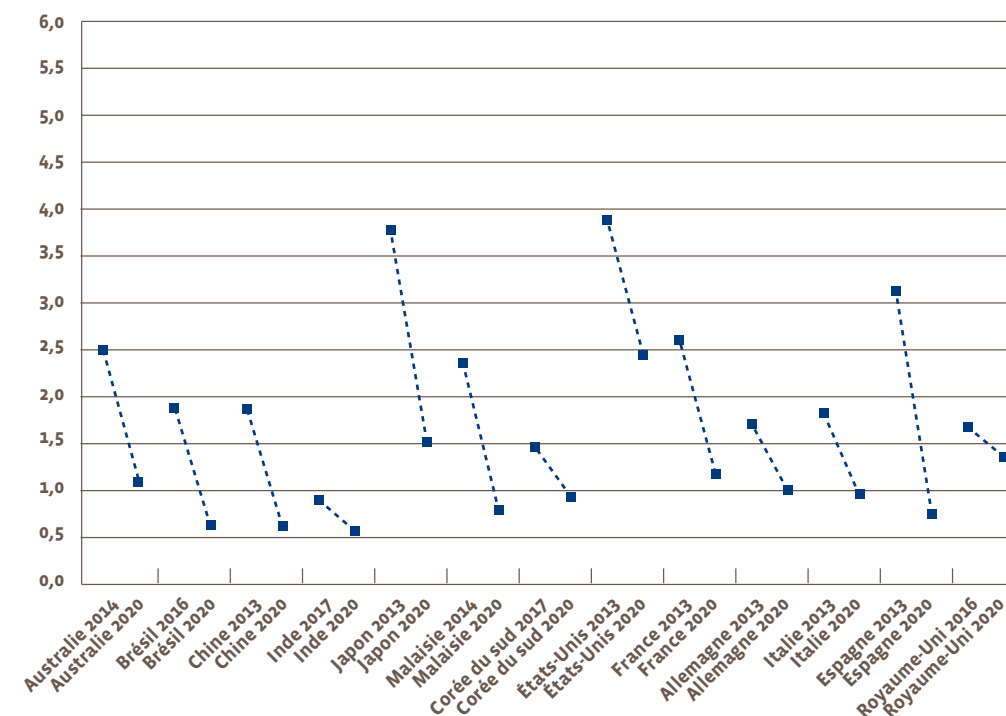
SYSTÈMES COMMERCIAUX

Comme pour les systèmes photovoltaïques résidentiels, le coût d'installation total des systèmes sur le marché des entreprises a diminué d'environ 51 % entre 2013 et 2020 et, d'après l'Irena (2021), une baisse comprise entre 69 % et 88 % a été observée entre 2010 et 2020. En regardant l'année 2017 pour laquelle l'Irena (2021) fournit également des données, on constate que le coût du solaire photovoltaïque commercial sur tous les marchés étudiés a chuté de 12 % (Royaume-Uni) à 55 % (Brésil). Comme indiqué dans la Figure 4, sur le marché

industriel, les coûts les plus élevés en 2013 sont observés au Japon (3,74 millions d'euros/MWc) et aux États-Unis (3,87 millions d'euros/MWc). À l'inverse, des baisses respectives de 60 % pour le Japon (à 1,51 million d'euros/MWc) et 37 % pour les États-Unis (à 2,44 millions d'euros/MWc, moyenne de quatre États) ont été enregistrées en 2020. Il est intéressant de souligner que la valeur enregistrée par les États-Unis en 2020 est la plus élevée de tous les pays. L'Inde enregistre quant à elle les coûts les plus bas, juste en dessous de 0,57 million d'euros/MWc.

4

Coûts d'investissement dans le solaire photovoltaïque commercial (M€/MWc)



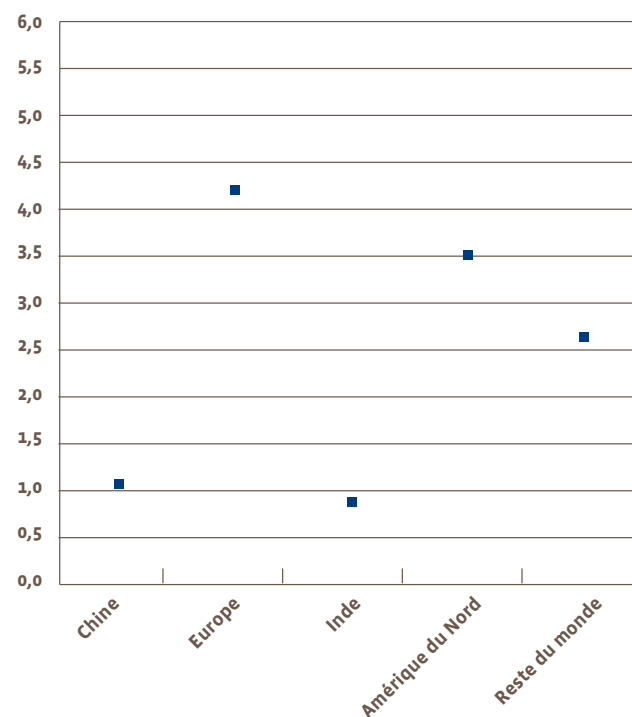
Source : Irena

BIOÉNERGIE

Dans le domaine de la bioénergie, il existe de multiples technologies, types de biomasse et procédés. Quand de la matière première à bas coût est disponible (par exemple, un sous-produit de l'agriculture ou de la sylviculture), l'électricité peut être générée pour un prix relativement modique. Pour les projets de bioénergie mis en service en 2020, la moyenne pondérée mondiale des coûts totaux d'installation était de 2,2 millions de dollars/MW, soit une baisse de 1,9 million de dollars/MW par rapport à 2019 (source : Irena 2021). L'apparente volatilité de ces prix peut s'expliquer par le peu de données disponibles. Il reste toutefois indiscutable que le coût de la génération d'électricité à partir de biomasse varie d'une région à l'autre. Les coûts d'investissement intègrent la composante technologique et les prix locaux dans le coût total. Les projets réalisés dans des économies émergentes affichent des coûts d'investissement inférieurs à ceux des projets des pays de l'OCDE, car les économies émergentes bénéficient souvent d'un coût inférieur de la main-d'œuvre et des produits, ce qui leur permet de déployer des technologies à moindres frais avec des investissements contrôlés pour la réduction des émissions. Par conséquent, des émissions locales plus élevées d'agents polluants sont possibles. À partir des données de la Figure 5, on peut conclure que la production de bioénergie commerciale coûte le plus cher en Europe, devant l'Amérique du Nord. Les coûts de production en Inde et en Chine sont les plus faibles. ■

5

Coûts d'investissement dans la bioénergie en 2020 (M€/ MW)



Source : Irena



Données sur les coûts d'investissement en Europe

COÛTS D'INVESTISSEMENT

La production d'énergie renouvelable sous forme d'électricité, de chaleur ou de combustibles nécessite des installations techniques pour convertir l'énergie renouvelable (vent, rayonnement solaire, matière première tirée de la biomasse, chaleur du sous-sol) en vecteurs énergétiques secondaires (électricité, chaleur, combustibles liquides, gaz, voire combustible biomasse). Ces installations doivent être fabriquées, installées et mises en service, ce qui crée des différences dans les coûts d'investissement d'une technologie à l'autre. Au cours des dernières années, l'amélioration des connaissances de ces technologies a provoqué une baisse des coûts d'investissement correspondants

dans toutes les technologies, même si cette tendance est plus prononcée dans le solaire photovoltaïque et l'éolien. Comme démontré dans la section précédente, les coûts d'investissement diffèrent énormément d'un pays à l'autre, et les données sont toujours des fourchettes, jamais des valeurs uniques. Le déploiement des énergies renouvelables est l'un des mécanismes qui agissent de manière positive sur la réduction des coûts d'investissement. Dans les précédentes éditions du Baromètre d'EurObserv'ER, les coûts d'investissement étaient extraits du rapport du JRC (JRC 2018). Ces chiffres ont été comparés à d'autres sources, notamment au rapport de l'Irena (2021) mentionné

à la section précédente, et ont été considérés comme représentatifs des coûts des technologies renouvelables 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 6. 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, mais on remarquera qu'ils ne sont pas le seul facteur qui détermine



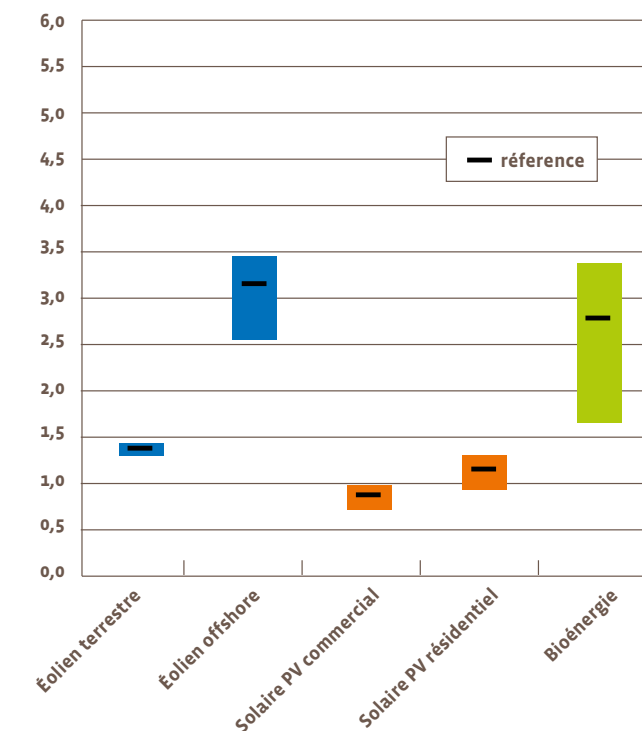
Orwino Haeck / Statrol / Hirono

les coûts finaux des énergies renouvelables. Même si le coût d'une certaine technologie peut être relativement élevé par unité de capacité installée, le coût final de génération d'énergie peut être bas, car le rendement par unité de capacité installée varie d'une technologie à l'autre. Les centrales de base, comme celles de géothermie, de combustion de biomasse ou d'incinération de déchets urbains renouvelables fonctionnent plus d'heures dans une année (à pleine charge) que les sources renouvelables qui dépendent, par exemple, de la lumière du soleil ou des conditions de vent locales.

Dans la Figure 1, on remarque que les fourchettes sont plus grandes pour certaines technologies. C'est le cas pour les technologies innovantes, comme l'éolien, pour lesquelles plusieurs pays créent des parcs. En outre, des particularités locales, nationales ou régionales influent aussi sur le niveau de coût d'investissement des projets. La fourchette de l'éolien terrestre est petite, ce qui n'empêche pas certains projets d'avoir des coûts hors fourchette. Pour le solaire photovoltaïque, deux variantes sont décrites : le photovoltaïque commercial à grande échelle et le photovoltaïque résidentiel. Les économies d'échelle permettent de réduire les coûts d'investissement des grands projets photovoltaïques, mais le photovoltaïque résidentiel a aussi vu ses coûts d'investissement diminuer drastiquement dans le temps. Les fourchettes du solaire photovoltaïque sont relativement petites. Pour la génération de bioénergie, on utilise comme référence une chaudière à lit fluidisé qui brûle de la biomasse et alimente une turbine à vapeur,

1

Coûts d'investissement dans les énergies renouvelables pour l'année 2020 d'après le JRC, telles que reprises dans la section sur le LCOE (M€/MW)



Source : JRC

pour laquelle les coûts d'investissement varient considérablement. La manière dont est organisé le financement constitue un autre paramètre qui influe sur les coûts finaux de production de l'énergie. Pour calculer le coût actualisé des énergies renouvelables (LCOE), il convient d'estimer le financement du projet. Ce financement constitue une manière de développer des technologies renouvelables : un prêt de la banque et des capitaux propres (equity) financent le développement du projet et le démarrage de la production d'éner-

gie 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, présenté dans la section suivante, est un paramètre qui décrit ce phénomène. ■

Coût moyen pondéré du capital (CMPC)

Le coût moyen pondéré du capital (CMPC) est utilisé pour mesurer les coûts financiers d'une entreprise ou d'un projet. C'est le coût moyen, après application des taxes, de la levée de dette et de capitaux propres à partir de différentes sources. Le CMPC n'est pas typiquement une valeur publique pour une entreprise ou un projet. Il est constitué de plusieurs paramètres sous-jacents : la proportion de capitaux propres et de dette dans le capital total ; le montant des capitaux propres et celui de la dette ; et le taux d'imposition des sociétés. La plupart des pro-

jets 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 pour l'estimation permet d'assurer une cohérence des résultats dans le temps, ce qui constitue un atout indéniable.



Anne G. P.

Approche méthodologique

Nous recueillons des données pour les paramètres ascendants afin de déterminer les composantes de dette et d'equity du coût du capital. Le taux d'intérêt de la dette⁵, le taux d'imposition des sociétés⁶ et la part de dette³ sont multipliés en tant que pourcentages pour déterminer le coût total de la dette. Pour le coût des capitaux propres, nous partons des calculs utilisés par le régime de soutien financier hollandais à la production d'énergie durable et à la transition écologique (SDE++)⁴, qui reposent sur des données analysées par des experts⁵. Dans notre approche, nous avons repris la même division des risques par technologie pour tous les États membres que celle appliquée pour les Pays-Bas dans les calculs du SDE++. Nous nous sommes servis du coût des capitaux propres pour les Pays-Bas comme point de départ pour calculer le coût des capitaux propres des

autres États membres. Nous avons ajusté le coût des capitaux propres pour chaque État membre en soustrayant le taux sans 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 :

$$CoE_{MS} = CoE_{NL} - r_{f,NL} + r_{f,MS}$$

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. KPMG. 2021. Tableau des taux d'imposition des sociétés.
3. Source : Eindadvies basisbedragen SDE++ 2021, PBL, 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.

6. Organe des régulateurs européens des communications électroniques (Orece), 2020. Rapport "Berec Report on WACC parameter calculations according to the European Commission's WACC Notice of 7th November 2019". Commission européenne. Taux sans risque pour tous les États membres, d'après les taux 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, pour la fourniture de biomasse). Ces technologies se caractérisent par

des risques opérationnels plus élevés et, parfois, des risques politiques. Les technologies avec un risque moyen (par exemple : hydroélectricité, solaire thermique) sont bien développées, mais leur déploiement est limité ou ne peut se faire qu'à petite échelle, ce qui augmente le niveau de risque des projets. Pour l'éolien offshore, aucun paramètre de financement ne figure dans le SDE++. Comme indiqué ci-dessous, le risque pour l'éolien offshore est considéré comme étant faible à moyen, mais, à la réflexion, nous avons jugé que le risque était plutôt moyen pour cette technologie. Cela s'explique, car les nouvelles éoliennes 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 risque des technologies, pourcentages de coût des capitaux propres et parts de dette par technologie

	Éolien terrestre	Photovoltaïque	Éolien en mer	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 % 80 % 90 %	70 % 80 % 90 %	60 % 70 % 80 %	60 % 70 % 80 %	50 % 60 % 70 %
* Les autres technologies comprennent la géothermie, le biogaz et la biomasse solide. Source : EurObserv'ER					

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.





COMMENTAIRES SUR LA MÉTHODOLOGIE

La méthodologie actuelle est un bel effort d'approche ascendante à partir d'informations tirées de publications et d'avis d'experts. Améliorer les hypothèses et les données de cette méthodologie nécessiterait des recherches plus poussées pour identifier de meilleures sources de données et réaliser des estimations plus justes de certaines composantes du CMPC, notamment le coût des capitaux propres. Il est important d'utiliser des sources de données fiables qui soient de préférence mises à jour chaque année. En outre, les hypothèses sur lesquelles repose notre approche actuelle impliquent des risques par technologies similaires entre les différents États membres. Pour de prochaines recherches, il conviendra de revoir ces hypothèses simplistes. Dans l'édition 2022 de "L'état des énergies renouvelables en Europe", cette méthodologie sera étudiée et améliorée à partir de nouvelles recherches et sources de données.

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 (par exemple l'Allemagne, les Pays-Bas ou le Danemark) à plus de 4 % dans d'autres (par exemple la Grèce, la Roumanie ou la Pologne). Pour les technologies à risque plus élevé, comme la bioénergie, les estimations de CMPC sont comprises entre 4 % et 7 % dans certains États membres (par exemple l'Autriche, la Belgique ou l'Allemagne), quand d'autres affichent des fourchettes

plus hautes, entre 6 % et 9 % (par exemple la Pologne, la Hongrie ou la Roumanie). Voici l'interprétation que l'on peut en faire : pour les technologies relativement matures qui ont été déployées à grande échelle et dans les États membres possédant des conditions économiques et politiques stables, le CMPC est généralement inférieur. Il est plus élevé dans les États membres possédant de faibles taux de déploiement des technologies et où les conditions économiques et politiques sont moins favorables.

Les conditions de financement sont plus favorables pour l'éolien terrestre et le solaire photovoltaïque dans les États membres situés à l'ouest, comme l'Allemagne, le Danemark, la Belgique et les Pays-Bas. À l'inverse, les États membres situés à l'est, notamment la Grèce, la Pologne et la Roumanie, disposent de conditions de financement moins favorables pour toutes les technologies, en particulier pour celles qui sont considérées comme les plus risquées à déployer.

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. ■

	Éolien terrestre			Éolien en mer			Photovoltaïque			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 %				1,7 %	2,2 %	2,7 %	2,6 %	3,3 %	4,0 %	4,5 %	5,6 %	6,7 %
Belgique	1,6 %	2,1 %	2,6 %	2,5 %	3,2 %	3,9 %	1,6 %	2,1 %	2,6 %	2,5 %	3,2 %	3,9 %	4,4 %	5,5 %	6,6 %
Bulgarie	2,9 %	3,4 %	3,8 %				2,9 %	3,4 %	3,8 %	3,8 %	4,4 %	5,1 %	5,6 %	6,7 %	7,7 %
Croatie	2,3 %	2,9 %	3,6 %				2,3 %	2,9 %	3,6 %	3,3 %	4,2 %	5,0 %	5,4 %	6,6 %	7,9 %
Chypre	3,4 %	3,9 %	4,5 %				3,4 %	3,9 %	4,5 %	4,3 %	5,1 %	5,8 %	6,3 %	7,4 %	8,5 %
Tchéquie	2,8 %	3,3 %	3,7 %				2,8 %	3,3 %	3,7 %	3,7 %	4,3 %	4,9 %	5,5 %	6,5 %	7,6 %
Danemark	1,8 %	2,3 %	2,7 %	2,7 %	3,3 %	4,0 %	1,8 %	2,3 %	2,7 %	2,7 %	3,3 %	4,0 %	4,5 %	5,6 %	6,7 %
Estonie	3,0 %	3,4 %	3,8 %				3,0 %	3,4 %	3,8 %	3,8 %	4,4 %	5,0 %	5,6 %	6,6 %	7,7 %
Finlande	1,9 %	2,4 %	2,9 %	2,8 %	3,5 %	4,1 %	1,9 %	2,4 %	2,9 %	2,8 %	3,5 %	4,1 %	4,7 %	5,7 %	6,8 %
France	1,5 %	2,1 %	2,6 %	2,5 %	3,2 %	3,9 %	1,5 %	2,1 %	2,6 %	2,5 %	3,2 %	3,9 %	4,4 %	5,5 %	6,6 %
Allemagne	1,7 %	2,1 %	2,6 %	2,5 %	3,2 %	3,9 %	1,7 %	2,1 %	2,6 %	2,5 %	3,2 %	3,9 %	4,4 %	5,5 %	6,5 %
Grèce	3,6 %	4,5 %	5,3 %				3,6 %	4,5 %	5,3 %	4,9 %	5,9 %	7,0 %	7,1 %	8,6 %	10,0 %
Hongrie	3,1 %	3,7 %	4,3 %				3,1 %	3,7 %	4,3 %	4,1 %	4,9 %	5,7 %	6,1 %	7,3 %	8,5 %
Irlande	3,8 %	4,1 %	4,3 %	4,5 %	4,9 %	5,4 %	3,8 %	4,1 %	4,3 %	4,5 %	4,9 %	5,4 %	6,1 %	7,0 %	7,9 %
Italie	1,9 %	2,5 %	3,2 %				1,9 %	2,5 %	3,2 %	2,9 %	3,8 %	4,6 %	5,0 %	6,2 %	7,4 %
Lettonie	4,1 %	4,3 %	4,6 %				4,1 %	4,3 %	4,6 %	4,7 %	5,2 %	5,6 %	6,4 %	7,2 %	8,1 %
Lituanie	2,5 %	2,9 %	3,3 %				2,5 %	2,9 %	3,3 %	3,3 %	3,9 %	4,6 %	5,1 %	6,2 %	7,2 %
Luxembourg	1,6 %	2,1 %	2,6 %				1,6 %	2,1 %	2,6 %	2,5 %	3,2 %	3,9 %	4,4 %	5,5 %	6,5 %
Malte	1,9 %	2,5 %	3,0 %				1,9 %	2,5 %	3,0 %	2,9 %	3,6 %	4,3 %	4,8 %	5,9 %	7,1 %
Pays-Bas	1,7 %	2,1 %	2,6 %	1,7 %	2,1 %	2,6 %	1,7 %	2,1 %	2,6 %	2,5 %	3,2 %	3,9 %	4,4 %	5,5 %	6,6 %
Pologne	2,8 %	3,5 %	4,1 %				2,8 %	3,5 %	4,1 %	3,9 %	4,7 %	5,5 %	5,9 %	7,1 %	8,4 %
Portugal	2,4 %	3,0 %	3,6 %	3,4 %	4,2 %	5,0 %	2,4 %	3,0 %	3,6 %	3,4 %	4,2 %	5,0 %	5,4 %	6,6 %	7,8 %
Roumanie	2,4 %	3,3 %	4,1 %				2,4 %	3,3 %	4,1 %	3,7 %	4,7 %	5,7 %	5,9 %	7,3 %	8,7 %
Slovaquie	2,6 %	3,0 %	3,4 %				2,6 %	3,0 %	3,4 %	3,4 %	4,0 %	4,6 %	5,2 %	6,2 %	7,2 %
Slovénie	2,1 %	2,6 %	3,1 %				2,1 %	2,6 %	3,1 %	3,0 %	3,7 %	4,4 %	4,9 %	6,0 %	7,1 %
Espagne	1,9 %	2,4 %	3,0 %	2,8 %	3,6 %	4,3 %	1,9 %	2,4 %	3,0 %	2,8 %	3,6 %	4,3 %	4,8 %	5,9 %	7,1 %
Suède	1,9 %	2,4 %	2,9 %	2,8 %	3,5 %	4,1 %	1,9 %	2,4 %	2,9 %	2,8 %	3,5 %	4,1 %	4,7 %	5,7 %	6,8 %

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

Coût actualisé des énergies renouvelables



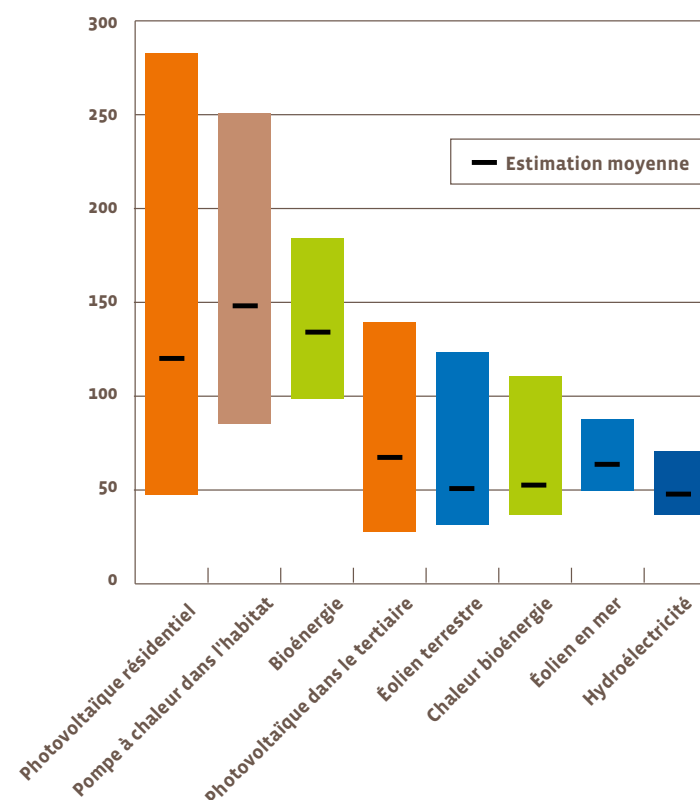
Dans cette section, les coûts actualisés des énergies renouvelables (LCOE, en €/kWh ou en €/MWh) sont estimés pour plusieurs technologies renouvelables à partir des estimations des coûts d'investissement et du CMPC présentés dans les sections précédentes. Outre les estimations de CMPC et les coûts d'investissement, l'analyse du LCOE des technologies renouvelables nécessite un gros volume de données et des hypothèses sur les dépenses de fonctionnement, les coûts de combustible (pour les technologies de biomasse), la

durée d'utilisation, la production énergétique annuelle, les besoins en énergie auxiliaire (pour les pompes à chaleur), le rendement énergétique du combustible et la durée du projet. Tous les paramètres d'entrée sont définis sous forme de fourchettes de valeurs. Puis la méthode de Monte-Carlo est appliquée au calcul des coûts actualisés (5 000 simulations par valeur de LCOE), se traduisant par des fourchettes de coûts. Alors que les coûts technologiques sont issus des JRC 2014 et 2018, les hypothèses de prix des combustibles

ont été empruntées à Elbersen et al. (2016) et extrapolées à partir de données modélisées. Une attention particulière est accordée à la valeur réelle des coûts. Par ailleurs, les facteurs liés à la localisation et au fonctionnement, mais aussi les choix de conception et les rendements énergétiques varient entre les États membres. C'est pourquoi les valeurs de LCOE sont présentées sous forme de fourchettes. À titre d'exemple : l'électricité provenant de l'éolien est généralement meilleur marché dans les zones possédant des ressources

1

Estimation des coûts actualisés des énergies renouvelables dans l'Union européenne (€/MWh)



Source : EurObserv'ER

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.

en vent moyennes à élevées, car les éoliennes y produisent plus d'électricité que dans les zones où la vitesse du vent est plus faible. Ces situations produisant à peu près les mêmes coûts, 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

ÉLECTRICITÉ RENOUVELABLE

Le LCOE du solaire photovoltaïque a continué de baisser ces dernières années, comme 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. 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). Le niveau de coût moyen estimé est de 120 €/MWh. D'après les calculs,

la génération d'électricité à partir de la bioénergie se situe approximativement entre 100 €/MWh et 185 €/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 150 €/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. Le Danemark apparaît indiscutablement comme le pays affichant les coûts les plus bas pour l'électricité issue de l'éolien terrestre. La fourchette de coûts de l'éolien offshore est plus restreinte, car ces projets ne sont pas représentés dans l'ensemble des 27 États membres. 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 35 €/MWh et 70 €/MWh dans nos estimations.

Il convient de noter que, pour les projets individuels d'énergie renouvelable, les fourchettes de coûts observées peuvent dépasser celles indiquées ici. Les variations entre États membres résultent des différences de rendement présumées (pour l'énergie solaire et éolienne) et des conditions de financement. Les estimations de LCOE de chaque pays peuvent être consultées pour plusieurs technologies sur le site Internet d'EurObserv'ER. Le graphique représente les valeurs cumulées pour l'Union européenne dans son ensemble.

CHALEUR RENOUVELABLE

Pour les technologies produisant de la chaleur, le coût actualisé de la chaleur issue de la bioénergie est relativement faible, ce qui explique sa compétitivité dans de nombreux pays. Selon l'analyse, la chaleur captée à partir de l'aérothermie via les pompes à chaleur (avec des équipements de petite taille) montre des niveaux de LCOE relativement élevés. Le

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



Prix de l'énergie

MULTIPLES COMPOSANTES DES PRIX DE L'ÉNERGIE

Pour l'électricité et le gaz fossile, plusieurs coûts supplémentaires sont imposés sur le prix de l'énergie. Des frais liés à l'utilisation et à l'entretien du réseau sont imposés aux clients par les entreprises de transmission et de distribution de l'électricité et du gaz fossile. Des taxes, frais, impôts et charges sont aussi prélevés par les autorités et peuvent avoir différents objets. Par exemple, des taxes sur les énergies renouvelables sont appliquées aux consommateurs pour générer des fonds qui seront redistribués aux

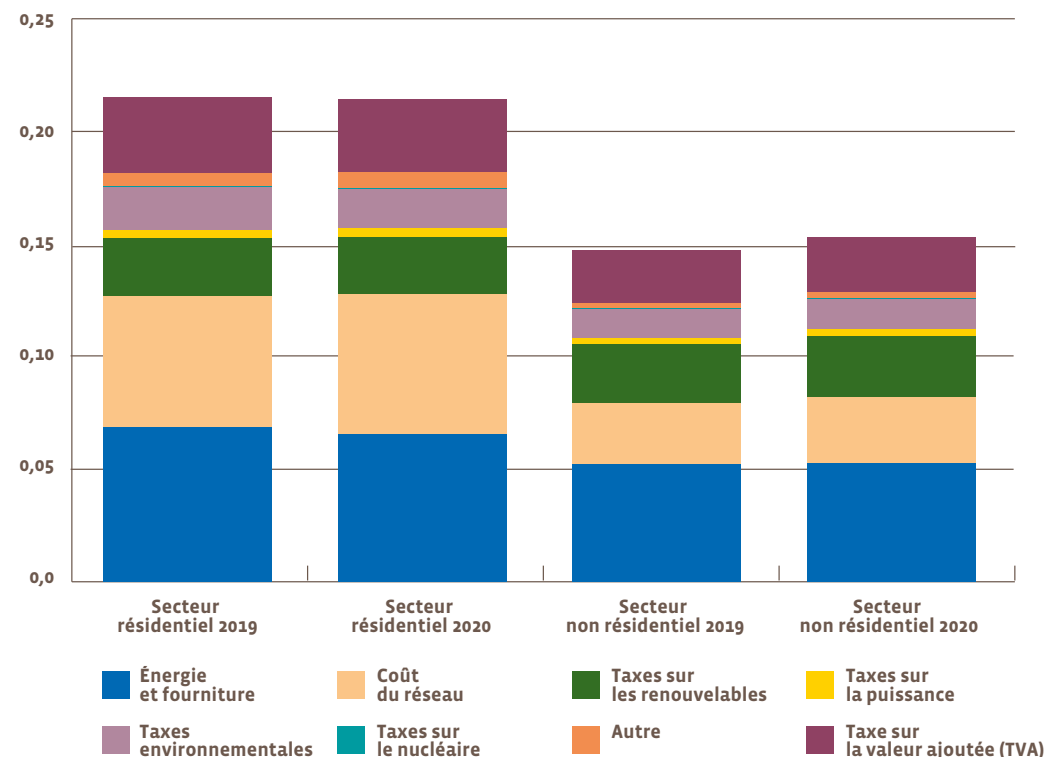
développeurs d'énergies renouvelables sous forme de subventions. Les taxes environnementales sont généralement des instruments politiques visant à modifier les modes d'utilisation de l'énergie par les consommateurs et alimentent essentiellement le budget général. Les taxes de mécanisme de capacité se rapportent à la capacité consommée par les utilisateurs. Les taxes nucléaires sont spécifiques à la génération d'électricité nucléaire et n'existent que dans quelques pays : 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 fossile observées dans les États membres de l'UE en 2019 et 2020 sont respectivement indiquées dans les Figures 1 et 2. ■



1

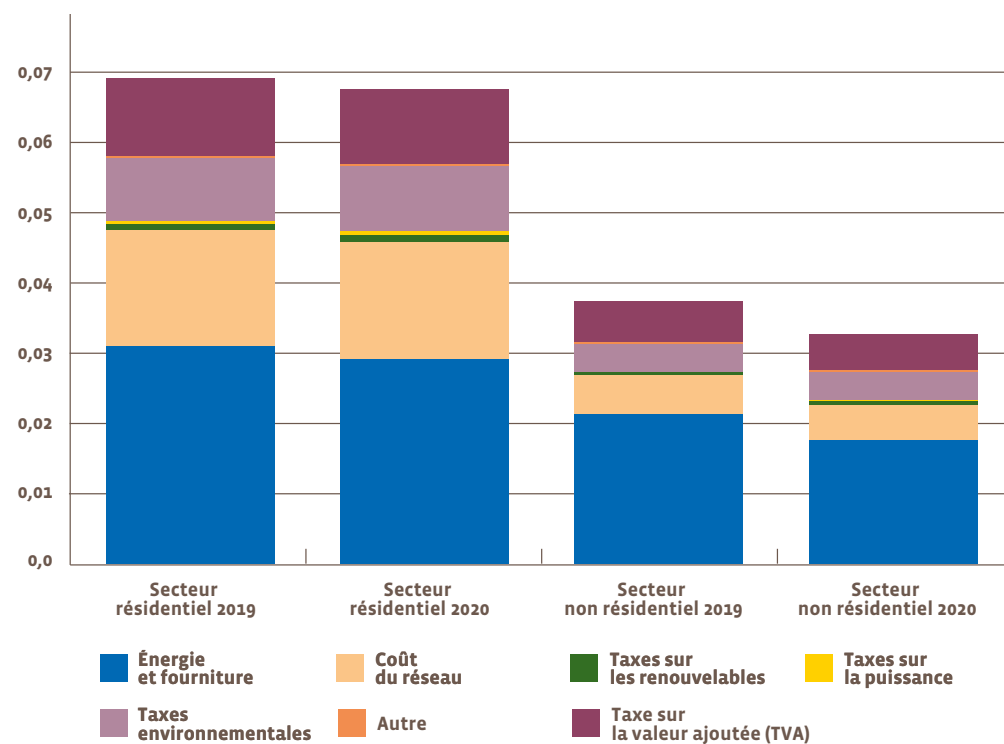
Prix de l'électricité observé dans les États membres de l'UE en 2019 et 2020 (€/kWh)



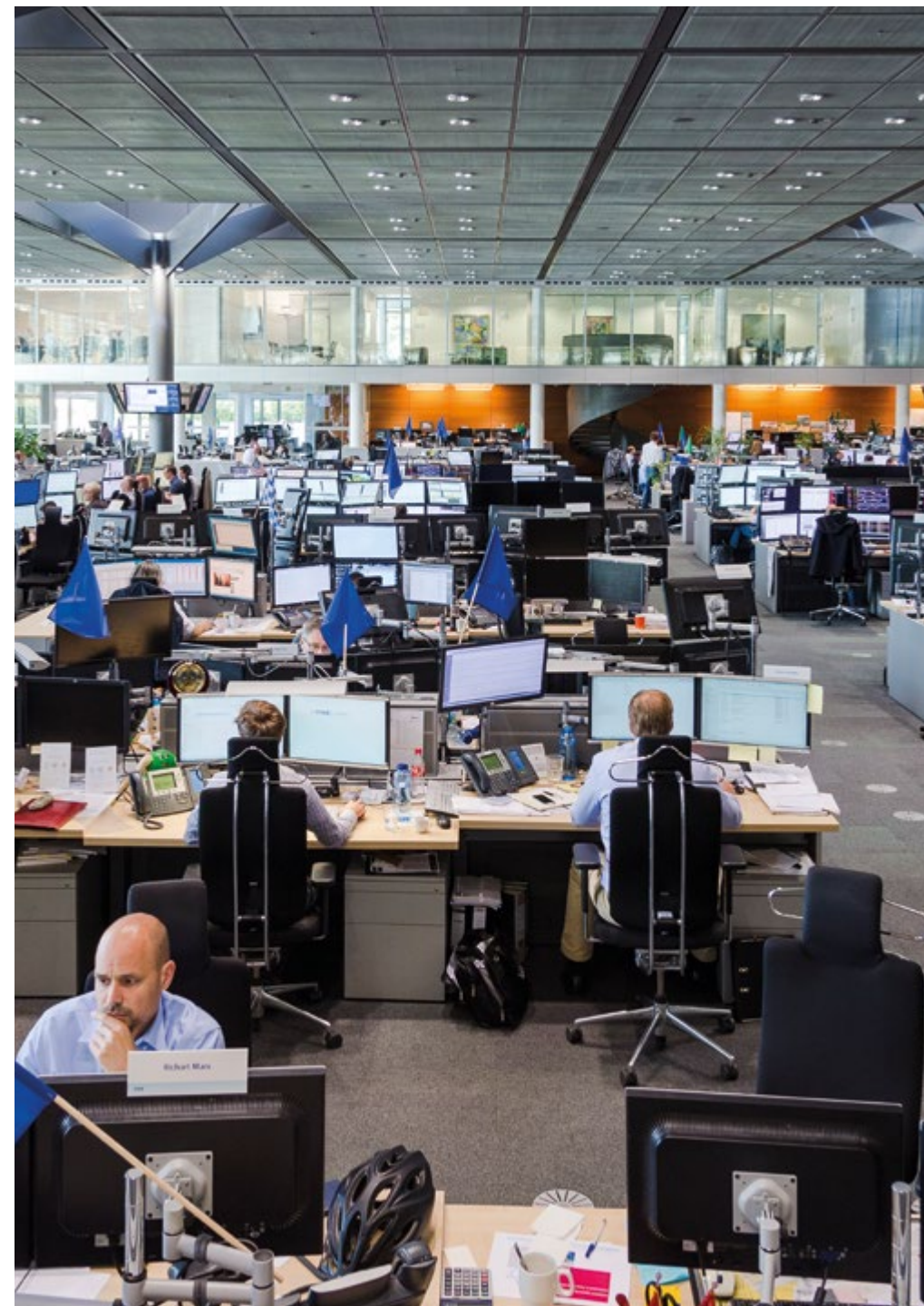
Pour l'année 2019, toutes les données se réfèrent à l'UE-28, pour l'année 2020, les données se réfèrent à l'UE-27 (hors Royaume-Uni)
 Prix de l'électricité pour les ménages : toutes les composantes du prix de l'électricité pour les consommateurs domestiques de taille moyenne dont la consommation annuelle d'électricité est comprise entre 2 500 kWh et 5 000 kWh. Électricité non domestique : toutes les composantes du prix de l'électricité pour les consommateurs non-résidentiels de taille moyenne dont la consommation annuelle d'électricité est comprise entre 500 MWh et 2 000 MWh. Source : EurObserv'ER d'après Eurostat.



Prix du gaz fossile observé dans les États membres de l'UE en 2019 et 2020 (€/kWh)



Pour l'année 2019, toutes les données se réfèrent à l'UE-28, pour l'année 2020, les données se réfèrent à l'UE-27 (hors Royaume-Uni). Prix du gaz fossile pour les ménages : toutes les composantes du prix du gaz se réfèrent à une moyenne de toutes les tranches de consommation des ménages. Prix du gaz fossile pour les non-ménages : toutes les composantes du prix du gaz se réfèrent à une moyenne de toutes les tranches de consommation des non-ménages. Source: EurObserv'ER d'après Eurostat.



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

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

Les progrès réalisés dans toute l'Union européenne en matière de déploiement des énergies renouvelables depuis 2005 s'expliquent principalement par l'existence d'objectifs nationaux contraignants pour 2020, d'abord fixés par la directive 2009/28/CE relative aux énergies renouvelables, ou "directive EnR", qui a ensuite été refondue dans le paquet "Énergie propre pour tous les Européens" : directive (UE) 2018/2001 (RED II), entrée en vigueur en décembre 2018. Des instruments de soutien nationaux, comme des tarifs d'achat, primes d'achat, systèmes d'enchères/appels d'offres, quotas, crédits d'impôt et subventions, ont été mis en place pour répondre à ces objectifs.

L'augmentation de l'utilisation d'énergie renouvelable a conduit à une baisse de la consommation de combustibles fossiles, qu'ils soient issus du marché intérieur ou importés. Dans le présent chapitre, les combustibles fossiles et les déchets non 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 2021 – Recent growth and knock-on effects", AEE, 2021). 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 2018, 2019 et 2020,

pour cinq vecteurs énergétiques : le charbon, le diesel, l'essence, le gaz fossile et le fioul. Les prix du charbon et du gaz fossile 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. Pour le gaz, aucun tarif n'est disponible pour 2020 dans les sources consultées, c'est donc l'évolution des prix entre 2019 et 2020 pour la tranche de consommation I5² des clients non résidentiels qui a été appliquée aux prix de 2019. 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, 2021). Il convient de noter que le prix des déchets non renouvelables n'a pas été évalué ici (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

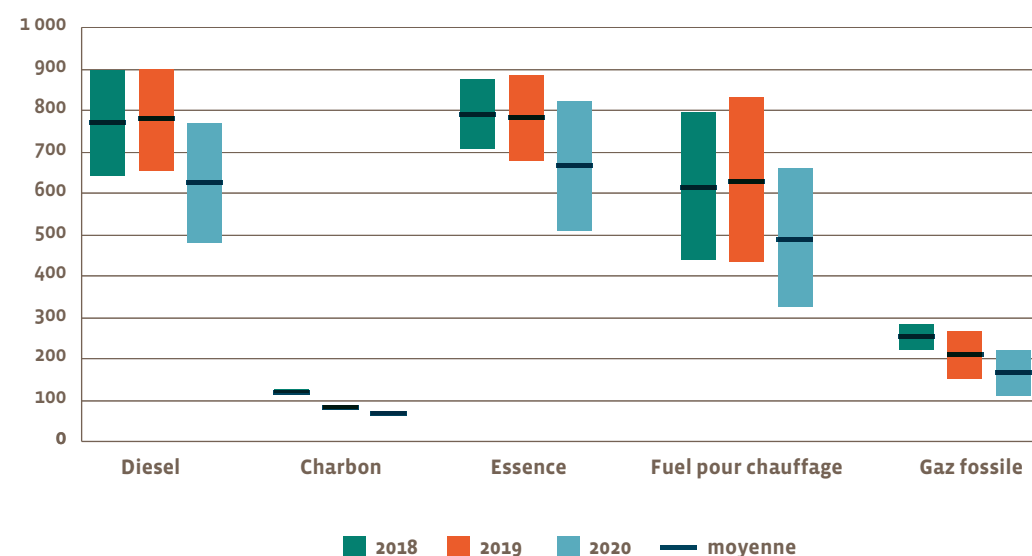
examine les différents vecteurs énergétiques et leurs ratios, on constate que les prix des combustibles fossiles liquides pour les utilisateurs finaux se situent plus ou moins dans la même fourchette en 2018 et 2019. Cela s'explique par le ralentissement de l'économie et par les prix du gaz fossile qui ont aussi été affectés par un fort approvisionnement en GNL de l'Europe². En 2020, tous les prix ont baissé de manière significative en raison de la pandémie de Covid-19. 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.

1. Tranche de consommation I5 : 1 000 000 GJ < Consommation < 4 000 000 GJ, nrg_pc_203, Eurostat

2. "Rapport trimestriel sur les marchés du gaz et de l'électricité", Observatoire du marché de l'énergie, DG Énergie, volume 12 (4^e publication, quatrième trimestre 2019).

1

Fourchettes de prix des combustibles fossiles dans l'Union européenne (hors taxes et prélèvements)



Sources : Eurostat, Commission européenne (2020).

Note méthodologique

- 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. Il s'agit ici d'un changement dans la méthodologie par rapport au précédent baromètre d'EurObserv'ER, qui incluait également les années précédentes dans l'analyse. Avec ce changement, les estimations d'EurObserv'ER sont en cohérence avec celles de l'Agence européenne pour l'environnement (AEE, 2021).
- Les coûts évités du fait de la substitution du gaz fossile 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 2020 sont des approximations, empruntées à l'AEE (2021).
- 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). Le terme "émissions brutes de GES évitées" illustre le caractère théorique des effets des GES estimés de cette façon, car ces contributions ne représentent pas nécessairement les "économies nettes de GES" et ne reposent pas sur l'estimation du cycle de vie ou le bilan carbone complet. Tenir compte du cycle de vie des émissions pourrait produire des résultats sensiblement différents.
- On considère que les contributions des vecteurs énergétiques renouvelables (RES-E, RES-H/C et RES-T) au mix énergétique global ont remplacé les contributions qui auraient sinon été obtenues par les vecteurs énergétiques initiaux (combustibles pour l'électricité, le chauffage et les transports) :
 - pour l'électricité renouvelable (RES-E), un facteur de génération d'émissions moyennes pondérées est déterminé. Il s'agit d'un facteur d'émissions pondérées à partir du type de combustible utilisé pour produire de l'électricité dans chaque pays,

sur une base annuelle. Pour cela, les technologies/combustibles suivants sont exclus : le nucléaire (généralement utilisé comme une capacité à production en continu "must-run"), la production d'électricité renouvelable (il est actuellement peu probable que des centrales d'énergie renouvelable soient remplacées par de nouvelles capacités renouvelables), le gaz de haut-fourneau (considéré comme un résidu qui peut être utilisé ou torché). Tous les autres combustibles et technologies sont inclus ;

- pour les chauffage et refroidissement renouvelables (RES-H/C), des facteurs d'émission spécifiques à chaque pays sont calculés pour le chauffage (EFh), avec une approche similaire à celle utilisée pour déterminer les valeurs de référence du vecteur énergétique initial d'électricité, de manière à refléter les différences de mix de combustibles entre les États membres ;
- pour les transports renouvelables (RES-T), l'hypothèse est simple : les carburants renouvelables destinés au transport (essentiellement le biodiesel et le bioéthanol) remplacent à l'identique les carburants conventionnels (essence et gazole), en fonction de leur valeur énergétique spécifique.

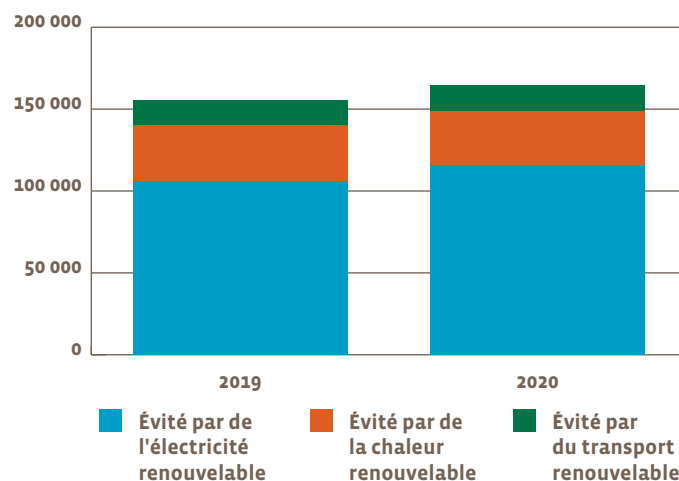
- En l'absence d'informations spécifiques sur les systèmes bioénergétiques actuels, les émissions de CO₂ issues de la combustion de biomasse (sous formes solide, liquide et gazeuse) ne sont pas comprises dans les émissions totales de GES nationales, et un facteur nul d'émission a été appliqué à toutes les utilisations énergétiques de biomasse.
- Une description détaillée de la méthode d'estimation des émissions de GES évitées figure dans le premier rapport sur l'énergie renouvelable en Europe² ("Renewable energy in Europe", 2015), 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 (europa.eu).

En 2020 et 2019, l'augmentation de l'utilisation d'énergie renouvelable a respectivement remplacé environ 164,6 Mtep et 155,6 Mtep de combustibles fossiles par rapport au niveau d'utilisation des renouvelables en 2005. Ces chiffres correspondent à un coût annuel évité de 43,5 milliards d'euros en 2019, pour les 27 États membres de l'UE, et 34,6 milliards d'euros en 2020. En 2019, les contributions financières les plus importantes proviennent de l'électricité et des transports renouvelables (avec des parts à peu près égales représentant environ 84 % des dépenses évitées). Pour 2020, la situation est différente : l'électricité et les transports renouvelables affichent à nouveau les plus grosses contributions financières (représentant conjointement environ 77 % des dépenses évitées), mais la contribution des transports renouvelables a chuté à environ la moitié de celle de l'électricité renouvelable en raison de la baisse plus marquée, pour les utilisateurs finaux, des prix des carburants fossiles pour les transports, par rapport aux prix de gros du gaz fossile et du charbon.

2

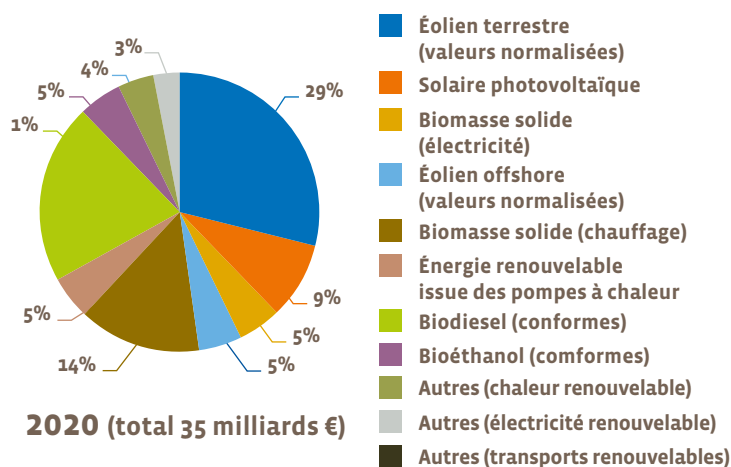
Combustibles fossiles évités par secteur dans l'UE-27 (ktep)



Remarque : année de référence 2005. Remarque : pour 2020, des données estimatives ont été utilisées. Sources : Eurostat, 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 2020, des données estimatives ont été utilisées. Sources : Eurostat, EurObserv'ER sur la base des données de l'AEE

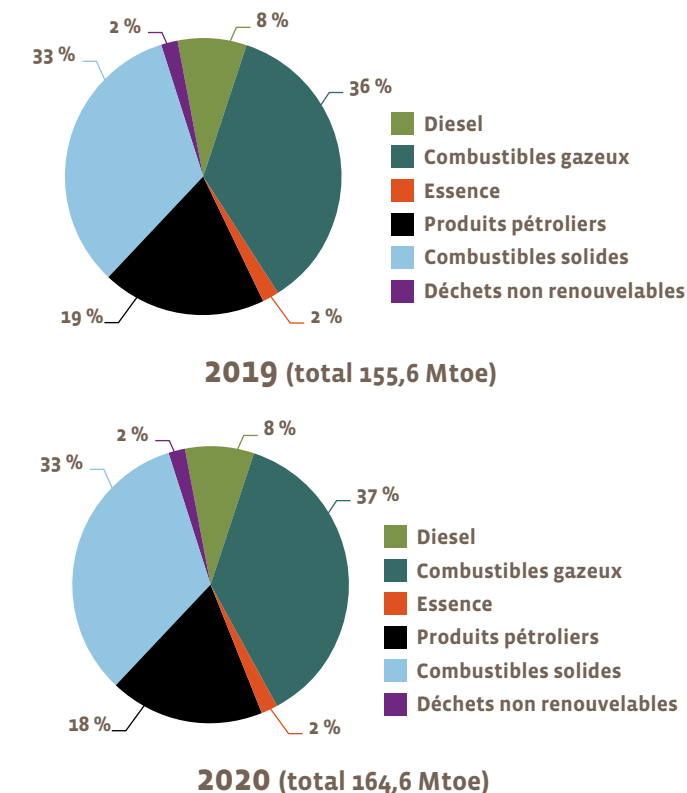
CONSUMMATION DE COMBUSTIBLES FOSSILES ÉVITÉE ET COÛTS ÉVITÉS PAR TECHNOLOGIE

La consommation d'électricité renouvelable a contribué à hauteur de 70 % au total des combustibles fossiles évités en 2020 (en matière d'énergie). Les énergies renouvelables dans le secteur du chauffage et du refroidissement y ont contribué à hauteur de 20 % et les carburants renouvelables ont constitué la part restante, soit environ 10 % (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, 21,9 milliards d'euros en 2019 et 17,7 milliards d'euros en 2020. Dans les transports renouvelables, les coûts évités atteignaient 11,5 milliards d'euros en 2019, mais seulement 9,2 milliards d'euros en 2020. Enfin, pour le chauffage renouvelable, le coût évité s'élevait à 11,0 milliards d'euros en 2019 et 8,1 milliards d'euros en 2020. Pour interpréter correctement ces résultats, il est important de tenir compte d'un certain nombre de remarques méthodologiques, mentionnées dans l'encadré en début de chapitre.

Alors que la pénétration des énergies renouvelables (exprimée en combustibles fossiles évités) a progressé d'environ 5,8 % entre 2019 et 2020, l'effet sur les dépenses évitées a été plus prononcé, avec une baisse de 21 % (de 44,5 milliards d'euros à 35 milliards d'euros), mais inverse à la croissance des énergies renouvelables. Cela s'explique par la forte baisse des prix des combustibles fossiles entre 2019 et 2020. Parmi les technologies énergétiques renouvelables,

4

Énergies fossiles substituées dans l'UE-27 en 2019 et 2020

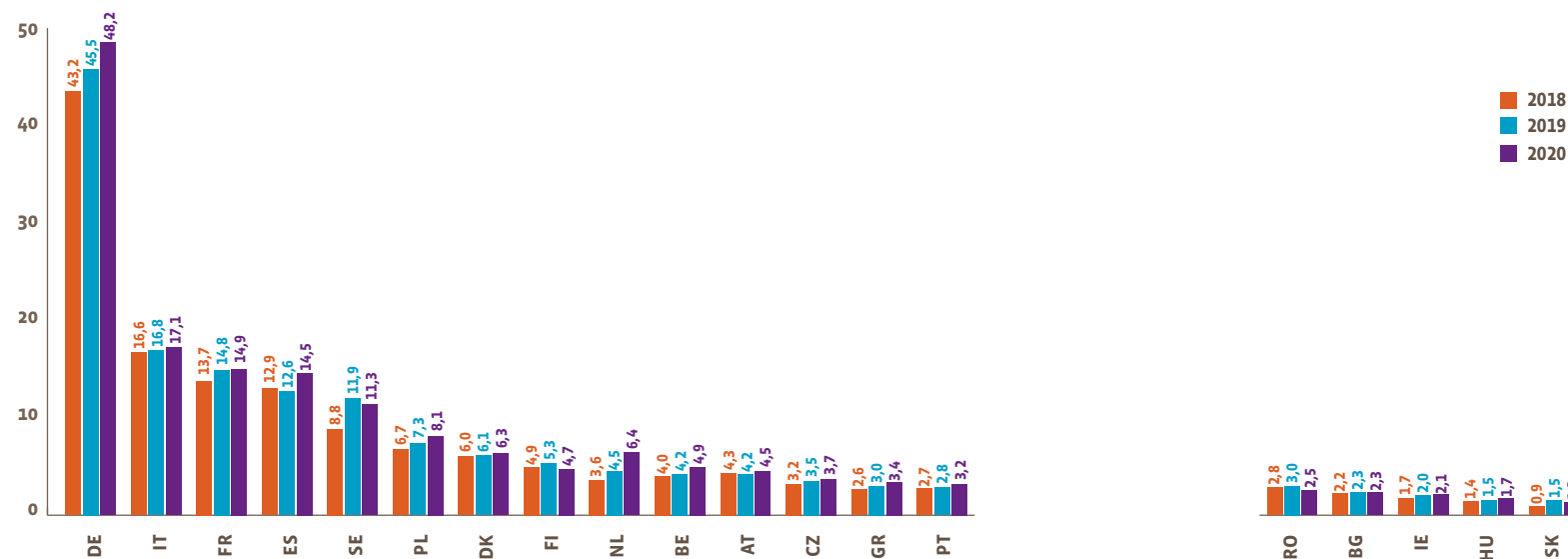


Remarque : année de référence 2005. Remarque : pour 2020, des données estimatives ont été utilisées. Sources : Eurostat, EurObserv'ER sur la base des données de l'AEE

l'éolien terrestre a évité l'achat de combustibles fossiles à hauteur de 10 milliards d'euros en 2020 (12,2 milliards d'euros en 2019, production normalisée pour les deux années) par rapport à 2005. Quant au biodiesel dans les transports, il a permis d'économiser 7,4 milliards d'euros en 2020 (9,4 milliards en 2019, pour les carburants conformes les deux années). La biomasse solide destinée à la production de chaleur arrive en troisième position, avec 4,8 milliards d'euros de coûts évités en 2020 (6,8 milliards

d'euros en 2019). Le camembert du graphique 4 illustre la part de chaque technologie dans le total des combustibles fossiles évités en 2020. Les combustibles fossiles évités sont majoritairement le gaz fossile (36 % en 2019 et 37 % en 2020), suivi des combustibles solides (principalement le charbon, 33 % en 2019 et 2020). Les produits pétroliers évités représentent respectivement à 19 % et 18 % en 2019 et 2020. Les autres combustibles (carburants pour le transport et déchets non renouvelables) couvrent la partie restante.

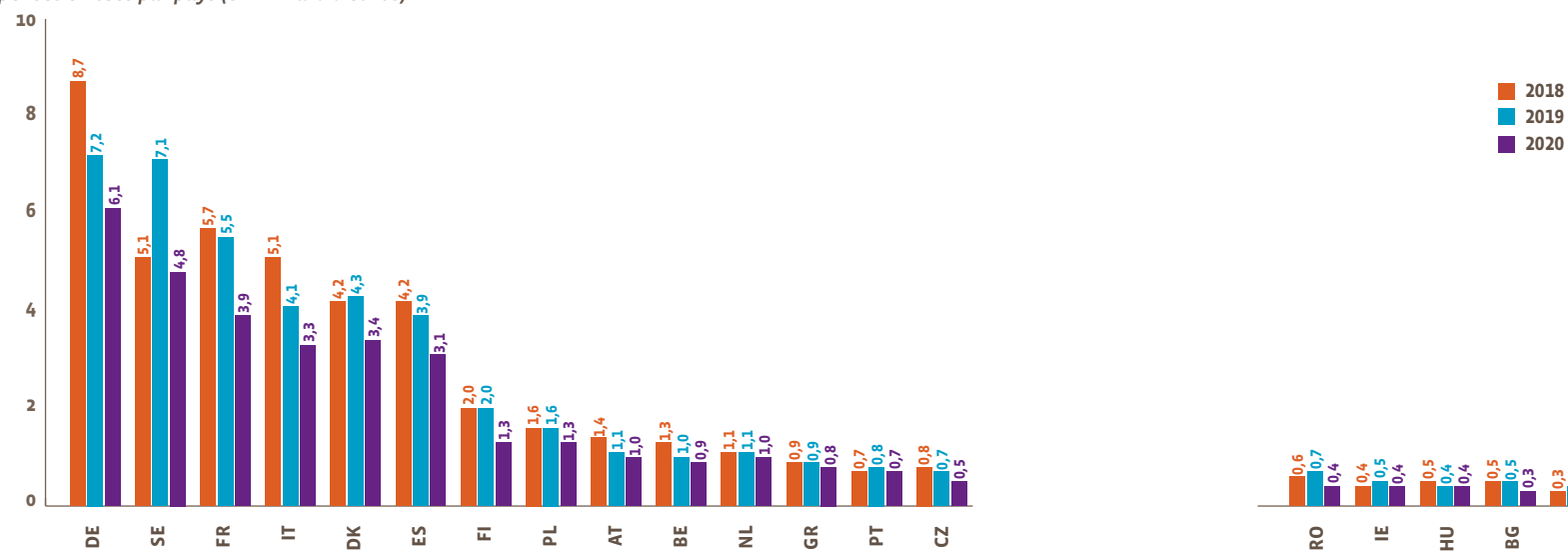
Combustibles fossiles évités par pays



Remarque : année de référence 2005. Remarque : pour 2020, des données estimatives ont été utilisées.

Sources : Eurostat, EurObserv'ER sur la base des données de l'AEE

Dépenses évitées par pays (en milliard d'euros)



Remarque : année de référence 2005. Remarque : pour 2020, des données estimatives ont été utilisées.

Sources : Eurostat, EurObserv'ER sur la base des données de l'AEE

COMBUSTIBLES FOSSILES ÉVITÉS ET DÉPENSES ÉVITÉES PAR ÉTAT MEMBRE

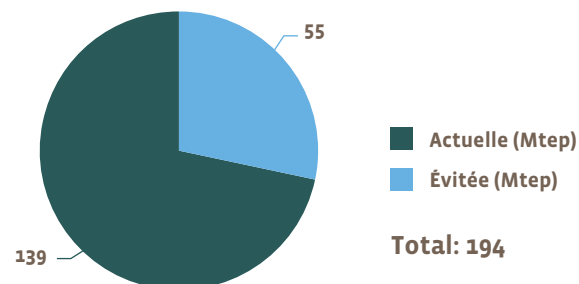
Au niveau des États membres, l'estimation des quantités et des coûts évités est expliquée dans la note méthodologique. On remarquera qu'il existe une forte corrélation entre le montant évité et la taille du pays. Comme on peut s'y attendre, les coûts évités suivent l'évolution des prix des combustibles fossiles : les prix de 2020 étant inférieurs à ceux de 2019.

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

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

7

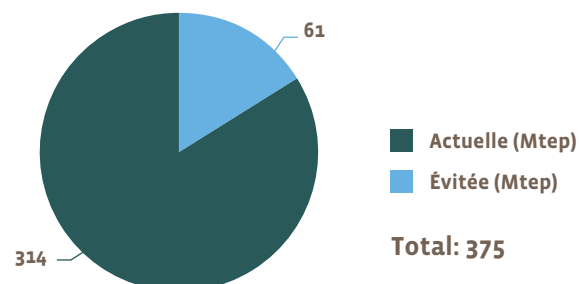
Effet sur les combustibles solides (Mtep)



Remarque : année de référence 2005. Remarque : pour 2020, des données estimatives ont été utilisées. Sources : Eurostat, EurObserv'ER sur la base des données de l'AEE

8

Effet sur les combustibles gazeux (Mtep)

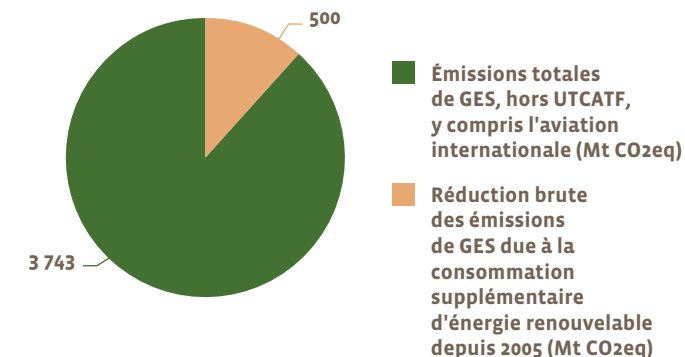


Remarque : année de référence 2005. Remarque : pour 2020, des données estimatives ont été utilisées. Sources : Eurostat, EurObserv'ER sur la base des données de l'AEE

paraison n'est pas possible, car ce ne sont pas des combustibles primaires, mais secondaires. 2020 est l'année de référence utilisée.

9

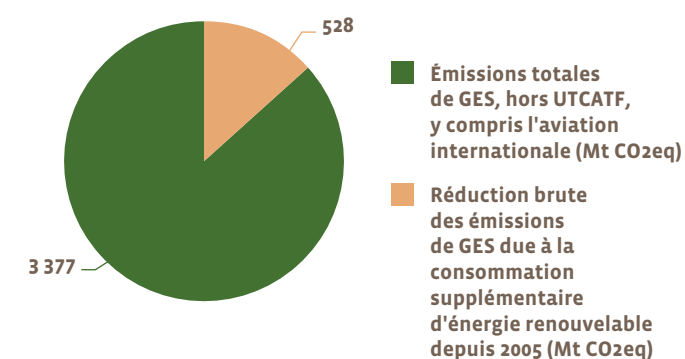
Effet sur les émissions de gaz à effet de serre (Mt CO₂) en 2019



Remarque : année de référence 2005. Remarque : pour 2020, des données estimatives ont été utilisées. Sources : Eurostat, EurObserv'ER sur la base des données de l'AEE

10

Effet sur les émissions de gaz à effet de serre (Mt CO₂) en 2020



Remarque : année de référence 2005. Remarque : pour 2020, des données estimatives ont été utilisées. Sources : Eurostat, EurObserv'ER sur la base des données de l'AEE

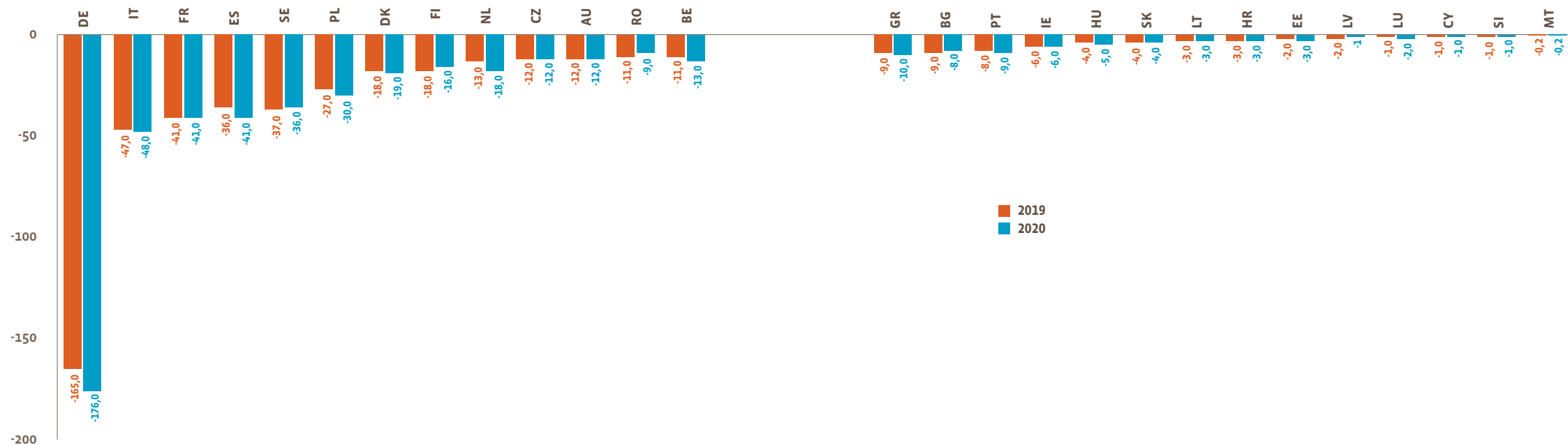
ÉMISSIONS DE GES ÉVITÉES DANS L'UE ET PAR ÉTAT MEMBRE

Enfin, les figures 9 à 11 indiquent les économies d'émissions de GES estimées en 2019 et 2020 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, les émissions brutes de gaz à effet de serre ont baissé de 528 Mt de CO₂eq grâce à la consommation d'énergie renouvelable additionnelle. Alors que les émissions totales de GES de l'UE étaient d'environ 3 377 Mt de CO₂eq en 2020, l'adoption d'énergie renouvelable additionnelle a permis une réduction des émissions brutes de GES de 13,5 % en 2020.

La réduction brute des émissions de GES provoquée par la consommation additionnelle d'énergie renouvelable est passée de 500 Mt de CO₂eq en 2019 à

Estimation de la réduction brute des émissions de GES, due à l'adoption des SER depuis 2005, par pays (Mt CO₂)



Remarque : année de référence 2005. Remarque : pour 2020, des données estimatives ont été utilisées.

Sources : Eurostat, EurObserv'ER sur la base des données de l'AEE

environ 528 Mt de CO₂eq en 2020.

En matière d'émissions brutes de GES évitées en 2020, les pays affichant les réductions estimées les plus importantes sont l'Allemagne (176 Mt de CO₂eq), l'Italie (48 Mt de CO₂eq), l'Espagne et la France (tous deux avec 41 Mt de CO₂eq). ■



INDICATEURS D'INNOVATION ET DE COMPÉTITIVITÉ

L'Union de l'énergie s'efforce de fournir un approvisionnement sûr, durable et abordable. Pour cela, elle compte sur une utilisation plus large des énergies renouvelables, une meilleure efficacité énergétique et une plus grande intégration et compétitivité du marché communautaire de l'énergie. La transition énergétique crée de nouveaux emplois et de la croissance, mais représente aussi un investissement pour l'avenir de l'Europe, comme l'a indiqué la Commission européenne. Cette vision est également étayée par la théorie économique qui considère les dépenses dans la recherche et le développement comme des investissements dans de meilleurs procédés, produits ou services susceptibles de créer de nouveaux marchés ou d'augmenter les parts de marché existantes, afin de renforcer la compétitivité des entreprises, des filières et des nations.

En matière de technologies renouvelables, les investissements dans la recherche et le développement (R&D) sont le moteur des innovations et se mesurent généralement grâce au nombre de demandes de brevets ou à la part de ces demandes dans chaque filière. La compétitivité des technologies renouvelables, à savoir les performances sur le marché des innovations issues de leur R&D, peut quant à elle être mesurée en analysant leurs parts de marché. Les chapitres suivants présentent les trois indicateurs utilisés : les dépenses dans la R&D (publiques et privées), qui montrent les investissements ou les efforts des pays en faveur des technologies renouvelables, les demandes de brevets, qui reflètent les résultats de la R&D, et enfin les parts de marché des technologies renouvelables, qui témoignent de la compétitivité d'un pays sur ces produits.

Investissements dans la R&D

Généralement, on considère que les investissements dans la R&D et l'innovation constituent la base des évolutions technologiques et donc de la compétitivité. Par conséquent, ils sont un facteur ou un moteur essentiel de la croissance économique. D'un point de vue macroéconomique, les investissements dans

la R&D peuvent être considérés comme un indicateur majeur permettant d'évaluer les performances d'innovation ou les systèmes d'innovation d'une économie. Cela permet d'évaluer la position d'un pays dans la compétition internationale en termes d'innovation.

Note méthodologique

Globalement, les dépenses de R&D sont financées par des ressources publiques et privées, et les activités de R&D sont mises en œuvre à la fois par les secteurs privé (les entreprises) et public (le gouvernement et l'enseignement supérieur). Cette différenciation entre financement (zone grise) et mise en œuvre (zone blanche) est illustrée dans la figure 1. Dans la présente section, nous analyserons les dépenses publiques et privées de R&D d'un ensemble de pays donnés, dans le domaine des

technologies d'énergie renouvelable, c'est-à-dire en prenant en compte les investissements dans la recherche issus du secteur public (zone gris foncé de la figure 1) ainsi que du secteur privé (zone gris clair de la figure 1).

Les investissements du secteur public dans la R&D sont censés dynamiser l'innovation dans le secteur privé. Bien que l'impact de ces investissements publics soit très peu connu, leur vocation

1

Financement et exécution de la R&D par secteur

Financement	Dépenses R&D totales		
	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'AIE¹, 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. 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 2019, mais celles de 2020 restent pour le moment incomplètes. Pour les chiffres de la recherche privée, les délais sont encore plus longs (2017 et 2018), car l'évaluation du JRC se base sur les données relatives aux brevets. La méthodologie est décrite de façon plus détaillée dans le rapport du JRC intitulé "JRC science for policy report, monitoring R&D in low carbon energy technologies: methodology for the

R&I indicators in the state of the Energy Union Report – 2016 edition". Les États membres complètent les données manquantes par le biais du groupe de pilotage du plan SET, ou par l'extraction de données (data mining). Il convient de remarquer que comme les données pour 2020 sont incomplètes, le texte de ce chapitre s'appuie sur celles de 2019, plus exhaustives. Lorsque les données de certains pays ne sont pas disponibles, ces derniers ne figurent pas dans le tableau.

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: <http://www.iea.org/statistics/RDDonlinedataservice/>

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 2017 et 2018 sont disponibles.

INVESTISSEMENTS PUBLICS DANS LA 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	69,2	68,9	0,0020 %	0,0020 %
	Pays-Bas	40,5	n.a.	0,0050 %	n.a.
	Espagne	26,6	n.a.	0,0021 %	n.a.
	Danemark	14,7	15,6	0,0047 %	0,0050 %
	France	14,3	n.a.	0,0006 %	n.a.
	Belgique	7,3	5,2	0,0015 %	0,0011 %
	Suède	2,2	3,9	0,0005 %	0,0008 %
	Finlande	1,1	n.a.	0,0005 %	n.a.
	Autriche	1,0	n.a.	0,0003 %	n.a.
	Tchéquie	0,8	0,3	0,0004 %	0,0002 %
	Irlande	0,8	n.a.	0,0002 %	n.a.
	Pologne	0,5	2,5	0,0001 %	0,0005 %
	Lituanie	0,2	0,1	0,0003 %	0,0002 %
	Hongrie	0,0	n.a.	0,0000 %	n.a.
UE-27		179,1	96,6	0,0013 %	0,0007 %
Commission européenne		43,1	46,7	n.a.	n.a.
Autres pays	Norvège	166,1	4,9	0,0467 %	0,0015 %
	Japon	109,1	128,4	0,0024 %	0,0029 %
	États-Unis	62,8	74,2	0,0003 %	0,0004 %
	Corée	47,8	n.a.	n.a.	n.a.
	Royaume-Uni	13,2	n.a.	0,0005 %	n.a.
	Canada	4,5	4,3	0,0003 %	0,0003 %
	Suisse	3,8	3,9	0,0006 %	0,0006 %
	Australie	0,1	n.a.	0,0000 %	n.a.

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 l'Union européenne, la Norvège, le Japon, les États-Unis et la Corée, dans cet ordre. Au sein de l'Union européenne, ce sont l'Allemagne, les Pays-Bas et l'Espagne qui enregistrent les valeurs les plus élevées. La Commission européenne participe également à ce financement, en contribuant approximativement à hauteur du deuxième plus gros investissement national, à savoir celui des Pays-Bas. En termes de part du PIB, le Japon s'illustre en 2020 en affichant la valeur la plus élevée, devant la Norvège. En la matière, les chiffres de l'Union européenne sont comparables à ceux de la Suisse, tous deux supérieurs à ceux des États-Unis et du Canada. ■

INVESTISSEMENTS PUBLICS DANS LA R&D

PHOTOVOLTAÏQUE

		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	105,2	90,2	0,0030 %	0,0027 %
	France	43,9	n.a.	0,0018 %	n.a.
	Espagne	17,0	n.a.	0,0014 %	n.a.
	Pays-Bas	13,5	n.a.	0,0017 %	n.a.
	Pologne	11,7	9,0	0,0022 %	0,0017 %
	Belgique	9,7	8,9	0,0020 %	0,0019 %
	Autriche	7,1	n.a.	0,0018 %	n.a.
	Finlande	4,9	n.a.	0,0021 %	n.a.
	Suède	3,8	6,8	0,0008 %	0,0014 %
	Tchéquie	2,4	1,7	0,0011 %	0,0008 %
	Danemark	2,1	1,4	0,0007 %	0,0005 %
	Lituanie	2,1	0,6	0,0042 %	0,0013 %
	Estonie	0,4	0,1	0,0014 %	0,0002 %
	Irlande	0,3	n.a.	0,0001 %	n.a.
	Slovaquie	0,2	0,3	0,0002 %	0,0003 %
	Hongrie	n.a.	0,36	n.a.	0,0003 %
UE-27		224,3	119,3	0,0016 %	0,0009 %
Commission européenne		117,5	59,2	n.a.	n.a.
Autres pays	États-Unis	168,4	216,5	0,0009 %	0,0012 %
	Corée	60,1	n.a.	n.a.	n.a.
	Royaume-Uni	27,6	n.a.	0,0011 %	n.a.
	Japon	26,3	24,0	0,0006 %	0,0005 %
	Suisse	26,2	26,4	0,0041 %	0,0040 %
	Canada	11,7	16,7	0,0008 %	0,0012 %
	Australie	9,1	n.a.	0,0007 %	n.a.
	Norvège	5,4	6,7	0,0015 %	0,0021 %
	Nouvelle-Zélande	0,2	n.a.	0,0001 %	n.a.

Sources : JRC Setis, Eurostat, base de données WDI

Dans le domaine de l'énergie solaire, l'Union européenne arrive en tête des investissements de R&D en 2019, mais a été détrônée par les États-Unis en 2020. Pour 2019, la Corée arrive juste derrière avec le Royaume-Uni, le Japon et la Suisse sur ses talons. Le tableau révèle une augmentation significative des investissements 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. En 2019, deux pays dominant largement les investissements nationaux effectués au sein de l'Union européenne : l'Allemagne et, dans une moindre mesure, la France. Ensemble, ils totalisent 67 % des investissements publics. L'Espagne, la Pologne, les Pays-Bas et la Belgique arrivent ensuite.

Si l'on analyse les dépenses exprimées en fonction du PIB, l'Union européenne affiche des valeurs similaires, quoique légèrement inférieures, à celles des États-Unis et du Canada. Il convient en outre de souligner le niveau d'engagement relativement élevé en Suisse. La part du PIB investie en Norvège est aussi relativement supérieure au reste de l'Union européenne. Au sein de l'UE, ce sont l'Allemagne, la Finlande et la Belgique qui consacrent la plus grosse part de leur budget à l'énergie solaire, suivis de la France et de l'Autriche. ■

INVESTISSEMENTS PUBLICS DANS LA 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	Autriche	2,5	n.a.	0,0006 %	n.a.
	Suède	2,1	1,8	0,0004 %	0,0004 %
	Espagne	1,9	n.a.	0,0002 %	n.a.
	Allemagne	1,6	2,0	0,0000 %	0,0001 %
	Belgique	0,8	n.a.	0,0002 %	n.a.
	Pologne	0,5	0,9	0,0001 %	0,0002 %
	France	0,4	n.a.	0,0000 %	n.a.
	Tchéquie	0,3	0,1	0,0001 %	0,0000 %
	Finlande	0,1	n.a.	0,0000 %	n.a.
	Danemark	0,1	n.a.	0,0000 %	n.a.
	Estonie	0,0	n.a.	0,0001 %	n.a.
UE-27		10,2	4,8	0,0001 %	0,0000 %
Commission européenne		23,4	10,0	n.a.	n.a.
Autres pays	États-Unis	71,7	101,2	0,0004 %	0,0006 %
	Canada	11,2	10,9	0,0007 %	0,0008 %
	Suisse	10,0	10,1	0,0016 %	0,0015 %
	Norvège	5,0	4,6	0,0014 %	0,0014 %
	Corée	2,1	n.a.	n.a.	n.a.
	Australie	0,1	n.a.	0,0000 %	n.a.
	Nouvelle-Zélande	0,0	n.a.	0,0000 %	n.a.

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 71,7 millions d'euros d'argent public investis en 2019. La Suisse et le Canada affichent des engagements remarquables, quoique bien inférieurs à ceux des États-Unis. Au sein de l'UE, la Commission européenne assure la majeure partie des financements (23,4 millions d'euros). Dans ce domaine, les engagements des États membres sont inférieurs (10,2 millions d'euros en 2019) et les pays qui contribuent le plus sont l'Autriche, la Suède et l'Espagne. 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. ■

INVESTISSEMENTS PUBLICS DANS LA 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	Hongrie	n.a.	1,8	n.a.	0,0013 %
	Allemagne	12,8	13,9	0,0004 %	0,0004 %
	Pays-Bas	9,5	n.a.	0,0012 %	n.a.
	France	7,3	n.a.	0,0003 %	n.a.
	Tchéquie	0,8	0,2	0,0004 %	0,0001 %
	Belgique	0,6	0,3	0,0001 %	0,0001 %
	Slovaquie	0,6	0,3	0,0006 %	0,0003 %
	Irlande	0,4	n.a.	0,0001 %	n.a.
	Pologne	0,1	0,2	0,0000 %	0,0000 %
	Suède	0,1	1,9	0,0000 %	0,0004 %
	Autriche	0,0	n.a.	0,0000 %	n.a.
	Lituanie	0,0	n.a.	0,0000 %	n.a.
UE-27		32,2	18,7	0,0002 %	0,0001 %
Commission européenne		17,9	12,8	n.a.	n.a.
Autres pays	États-Unis	57,4	71,5	0,0003 %	0,0004 %
	Suisse	13,7	13,8	0,0021 %	0,0021 %
	Japon	11,8	13,9	0,0003 %	0,0003 %
	Canada	9,8	4,6	0,0006 %	0,0003 %
	Nouvelle-Zélande	5,1	n.a.	0,0027 %	n.a.
	Corée	1,7	n.a.	n.a.	n.a.
	Norvège	1,1	1,1	0,0003 %	0,0003 %
	Royaume-Uni	0,8	n.a.	0,0000 %	n.a.
	Australie	0,1	n.a.	0,0000 %	n.a.

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 57,4 millions d'euros en 2019, ils ont pratiquement investi deux fois plus que l'ensemble de l'Union européenne (32,2 millions d'euros). Au sein de l'UE, la Commission européenne est le premier financeur de la R&D. À l'échelle des États membres, trois pays dominent les investissements nationaux: l'Allemagne, les Pays-Bas et la France. Les investissements de la Suisse et du Japon sont également significatifs. Comparées à celles de l'énergie solaire, les dépenses publiques restent relativement faibles. Si l'on rapporte leurs valeurs au PIB, les États-Unis affichent un engagement supérieur à celui de l'Union européenne.

La Nouvelle-Zélande et la Suisse sont les pays qui consacrent la plus grosse part de leur PIB aux investissements publics dans la R&D. 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 les Pays-Bas. ■

INVESTISSEMENTS PUBLICS DANS LA 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	Hongrie	n.a.	0,5	n.a.	0,0004 %
	France	50,6	n.a.	0,0021 %	n.a.
	Allemagne	37,4	44,7	0,0011 %	0,0013 %
	Suède	14,2	14,4	0,0030 %	0,0030 %
	Danemark	10,6	9,4	0,0034 %	0,0030 %
	Finlande	10,5	n.a.	0,0044 %	n.a.
	Autriche	9,2	n.a.	0,0023 %	n.a.
	Tchéquie	8,7	10,1	0,0039 %	0,0047 %
	Pays-Bas	7,1	n.a.	0,0009 %	n.a.
	Espagne	5,7	n.a.	0,0005 %	n.a.
	Pologne	3,9	2,4	0,0007 %	0,0005 %
	Irlande	1,9	n.a.	0,0005 %	n.a.
	Lituanie	1,8	2,1	0,0037 %	0,0042 %
	Belgique	0,8	3,2	0,0002 %	0,0007 %
	Estonie	0,1	0,1	0,0005 %	0,0005 %
	Slovaquie	0,0	0,0	0,0000 %	0,0000 %
	UE-27	162,6	87,0	0,0012 %	0,0006 %
	Commission européenne	67,8	70,9	n.a.	n.a.
Autres pays	États-Unis	163,9	181,5	0,0009 %	0,0010 %
	Japon	45,1	66,3	0,0010 %	0,0015 %
	Canada	28,8	43,9	0,0019 %	0,0030 %
	Corée	19,9	n.a.	n.a.	n.a.
	Royaume-Uni	14,7	n.a.	0,0006 %	n.a.
	Suisse	13,1	13,1	0,0020 %	0,0020 %
	Norvège	11,1	19,8	0,0031 %	0,0062 %
	Australie	2,0	n.a.	0,0002 %	n.a.
	Nouvelle-Zélande	1,2	n.a.	0,0006 %	n.a.

Sources : JRC Setis, Eurostat, base de données WDI

En matière d'investissement public dans la R&D, les biocarburants restent un secteur important des énergies renouvelables, même s'il a récemment perdu du terrain par rapport au solaire et à l'éolien. L'engagement de l'Union européenne et des États-Unis n'a pratiquement pas changé en 2019 (UE : 162,6 ; États-Unis : 163,9 millions d'euros). Toutefois, la Commission européenne fournit un financement supplémentaire au sein de l'UE (67,8 millions d'euros). La France et l'Allemagne enregistrent les meilleures contributions nationales de l'Union européenne. Parmi les autres pays enregistrés, les investissements du Japon et du Canada sont également significatifs. En ce qui concerne la part du PIB, l'Union européenne devance légèrement les États-Unis. Les parts de PIB de la Finlande, de la République tchèque, du Danemark et de la Norvège sont particulièrement élevées. ■

INVESTISSEMENTS PUBLICS DANS LA R&D

ÉNERGIE MARINE

		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	6,3	n.a.	0,0003 %	n.a.
	Irlande	4,0	n.a.	0,0011 %	n.a.
	Suède	3,4	4,3	0,0007 %	0,0009 %
	Espagne	1,1	n.a.	0,0001 %	n.a.
	Danemark	0,5	4,3	0,0002 %	0,0014 %
	Belgique	0,2	0,2	0,0000 %	0,0000 %
	Pologne	0,1	0,1	0,0000 %	0,0000 %
	Pays-Bas	0,0	n.a.	0,0000 %	n.a.
	UE-27	15,7	9,0	0,0001 %	0,0001 %
	Commission européenne	23,8	13,7	n.a.	n.a.
Autres pays	Royaume-Uni	18,3	n.a.	0,0007 %	n.a.
	Japon	6,7	4,9	0,0001 %	0,0001 %
	Australie	4,1	n.a.	0,0003 %	n.a.
	Corée	1,9	n.a.	n.a.	n.a.
	Canada	1,2	2,8	0,0001 %	0,0002 %
	Norvège	0,1	0,1	0,0000 %	0,0000 %

Sources : JRC Setis, Eurostat, base de données WDI

L'énergie marine est un secteur relativement modeste en termes d'investissement public dans la R&D. En 2019, les investissements les plus importants sont ceux de l'Union européenne et du Royaume-Uni. Au sein de l'UE, c'est la Commission européenne qui apporte la plus grande contribution financière. Au niveau national, ce sont la France et l'Irlande en 2019, et la Suède et le Danemark en 2020 qui investissent les plus gros montants. Le Danemark domine en matière de parts de PIB en atteignant 0,0014 % de ses investissements en R&D par milliard de milliards d'euros de PIB. En termes de parts de PIB, l'Irlande (2019) et la Suède (2020) arrivent en deuxième place. Globalement, l'Union européenne a investi seulement 0,0001 % de son PIB en fonds publics dans la R&D. ■

INVESTISSEMENTS PUBLICS DANS LA 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	226,1	219,8	0,0065 %	0,0065 %
	France	122,8	n.a.	0,0050 %	n.a.
	Pays-Bas	70,5	n.a.	0,0087 %	n.a.
	Espagne	52,4	n.a.	0,0042 %	n.a.
	Danemark	27,9	30,8	0,0090 %	0,0099 %
	Suède	25,8	33,2	0,0054 %	0,0070 %
	Autriche	19,8	n.a.	0,0050 %	n.a.
	Belgique	19,4	17,7	0,0041 %	0,0039 %
	Pologne	16,8	15,1	0,0032 %	0,0029 %
	Finlande	16,6	n.a.	0,0069 %	n.a.
	Tchéquie	13,0	12,4	0,0058 %	0,0058 %
	Irlande	7,4	n.a.	0,0021 %	n.a.
	Lituanie	4,1	2,8	0,0083 %	0,0056 %
	Slovaquie	0,8	0,6	0,0009 %	0,0006 %
	Estonie	0,6	0,2	0,0020 %	0,0007 %
	Hongrie	0,0	2,7	0,0000 %	0,0020 %
UE-27		624,0	335,3	0,0045 %	0,0025 %
Commission européenne		293,4	213,3	n.a.	n.a.
Autres pays	États-Unis	524,2	645,0	0,0028 %	0,0035 %
	Japon	199,1	237,5	0,0044 %	0,0053 %
	Norvège	188,8	37,2	0,0530 %	0,0117 %
	Corée	133,5	n.a.	n.a.	n.a.
	Royaume-Uni	74,6	n.a.	0,0030 %	n.a.
	Canada	67,3	83,2	0,0044 %	0,0058 %
	Suisse	66,9	67,3	0,0104 %	0,0102 %
	Australie	15,5	n.a.	0,0013 %	n.a.
	Nouvelle-Zélande	6,6	n.a.	0,0035 %	n.a.

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 2019 pour un total dépassant le milliard d'euros, en tenant compte des contributions nationales (694,4 millions d'euros) et de la Commission européenne (331,1 millions d'euros). Les États-Unis représentent la deuxième plus grande contribution en matière d'investissement public dans la R&D des technologies renouvelables, légèrement supérieure à 50 % des résultats cumulés de l'UE et de la Commission européenne. Dans l'ensemble, l'Union européenne a investi 0,0025 % de son PIB dans la R&D en 2020. Parmi les pays qui ont investi plus de 50 millions d'euros au total, la Norvège, la Suisse et le Danemark se distinguent avec les parts de PIB les plus élevées. ■



INVESTISSEMENTS PRIVÉS DANS LA R&D

ÉOLIEN

		Dépenses privées de R&D (en millions d'euros)		Part des dépenses privées de R&D dans le PIB	
		2017	2018	2017	2018
UE-27	Allemagne	868,0	1 395,9	0,0266 %	0,0414 %
	Danemark	538,4	941,5	0,1826 %	0,3114 %
	Pays-Bas	84,9	56,5	0,0115 %	0,0073 %
	Espagne	43,7	93,3	0,0038 %	0,0078 %
	France	42,0	21,6	0,0018 %	0,0009 %
	Belgique	20,1	38,7	0,0045 %	0,0084 %
	Suède	18,4	30,2	0,0038 %	0,0064 %
	Finlande	17,3	7,2	0,0076 %	0,0031 %
	Autriche	10,3	34,3	0,0028 %	0,0089 %
	Roumanie	7,3	n.a.	0,0039 %	n.a.
	Italie	6,3	4,7	0,0004 %	0,0003 %
	Lettonie	3,1	n.a.	0,0116 %	n.a.
	Slovénie	3,1	n.a.	0,0073 %	n.a.
	Luxembourg	1,6	8,5	0,0027 %	0,0141 %
	Pologne	0,1	4,7	0,0000 %	0,0010 %
UE-27		1 664,6	2 637,2	0,0127 %	0,0195 %

Sources : JRC Setis, Eurostat, base de données WDI

Depuis 2017, l'éolien attire les plus grands volumes d'investissements privés dans la R&D (2,6 milliards d'euros en 2018) au sein de l'Union européenne (suivi de près par le solaire). À elle seule, l'Allemagne représente plus de 50 % des investissements de l'Union européenne (1,4 milliard d'euros), devant le Danemark avec un peu moins d'un milliard d'euros. Tous les autres pays de l'Union européenne dépensent moins de 100 millions d'euros dans l'éolien, l'Espagne étant le pays qui investit le plus, suivi par les Pays-Bas, la Belgique, l'Autriche et la Suède. Au total, une hausse significative des investissements est observée en 2018, principalement due à des engagements plus forts de l'Allemagne et de l'Espagne. En termes de part du PIB, le Danemark s'illustre en affichant la valeur la plus élevée (0,31 %), loin devant l'Allemagne. Les investissements issus du secteur privé pour la R&D dans la filière éolienne représentent en moyenne une part de 0,02 % du PIB de l'Union européenne. ■

INVESTISSEMENTS PRIVÉS DANS LA R&D

SOLAIRE

		Dépenses privées de R&D (en millions d'euros)		Part des dépenses privées de R&D dans le PIB	
		2017	2018	2017	2018
UE-27	Allemagne	823,1	644,8	0,0252 %	0,0191 %
	France	171,5	212,8	0,0075 %	0,0090 %
	Italie	121,5	115,6	0,0070 %	0,0065 %
	Suède	73,2	64,9	0,0152 %	0,0138 %
	Pays-Bas	68,8	73,8	0,0093 %	0,0095 %
	Espagne	46,2	48,7	0,0040 %	0,0041 %
	Finlande	30,7	21,1	0,0136 %	0,0090 %
	Autriche	23,1	29,9	0,0063 %	0,0078 %
	Irlande	18,1	4,8	0,0061 %	0,0015 %
	Belgique	16,2	13,0	0,0036 %	0,0028 %
	Pologne	13,3	16,8	0,0028 %	0,0034 %
	Portugal	9,8	n.a.	0,0050 %	n.a.
	Danemark	7,6	13,5	0,0026 %	0,0045 %
	Hongrie	7,2	4,8	0,0057 %	0,0035 %
	Tchéquie	6,0	n.a.	0,0031 %	n.a.
	Malte	4,9	n.a.	0,0410 %	n.a.
	Estonie	3,3	n.a.	0,0137 %	n.a.
	Grèce	0,8	2,4	0,0005 %	0,0013 %
	Roumanie	n.a.	4,8	n.a.	0,0023 %
	Luxembourg	n.a.	0,6	n.a.	0,0010 %
UE-27		1 445,2	1 272,4	0,0111 %	0,0094 %

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 plus de 50 % du total des investissements dans l'Union européenne. Les pays suivants arrivent ensuite, loin derrière l'Allemagne : la France, l'Italie, la Suède et les Pays-Bas (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 en 2018. Derrière, avec un pourcentage légèrement inférieur, la Suède a investi 0,0138 % de son PIB dans la R&D. Les autres pays de l'Union européenne ont donc investi une part de leur PIB inférieure à 0,01 %. La part du PIB total de l'Union européenne affiche une légère baisse à 0,0094 % en 2018. ■

INVESTISSEMENTS PRIVÉS DANS LA R&D

HYDROÉLECTRICITÉ

		Dépenses privées de R&D (en millions d'euros)		Part des dépenses privées de R&D dans le PIB	
		2017	2018	2017	2018
UE-27	Allemagne	19,3	10,4	0,0006 %	0,0003 %
	France	7,4	35,6	0,0003 %	0,0015 %
	Espagne	3,0	n.a.	0,0003 %	n.a.
	Finlande	2,6	4,8	0,0011 %	0,0021 %
	Italie	2,4	1,3	0,0001 %	0,0001 %
	Grèce	1,7	n.a.	0,0010 %	n.a.
	Belgique	1,7	2,6	0,0004 %	0,0006 %
	Suède	1,6	6,4	0,0003 %	0,0014 %
	Autriche	1,2	5,2	0,0003 %	0,0013 %
	Roumanie	0,9	1,3	0,0005 %	0,0006 %
	Slovénie	0,5	4,2	0,0012 %	0,0091 %
	Tchéquie	n.a.	3,9	n.a.	0,0019 %
	Irlande	n.a.	2,6	n.a.	0,0008 %
	Pays-Bas	n.a.	1,3	n.a.	0,0002 %
UE-27		42,3	79,5	0,0003 %	0,0006 %

Sources : JRC Setis, Eurostat, base de données WDI

Tout comme celui de 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 plus importants que les investissements publics, comme c'était le cas lors des années précédentes. L'Allemagne affiche de loin les valeurs les plus élevées en 2017, devant la France, l'Espagne, la Finlande et l'Italie. En 2018, la France a enregistré un volume d'investissement remarquablement élevé, qui a fait du pays le plus gros investisseur privé cette année-là. La Suède, l'Autriche et la Finlande ont également enregistré des investissements significatifs en 2018. Même si le total des investissements dans l'hydroélectricité a chuté au sein de l'Union européenne depuis 2015, on observe une augmentation significative de 37 millions d'euros en 2018. De même, la part totale du PIB de l'Union européenne que représentent les investissements privés dans la R&D a presque doublé pour atteindre 0,0006 %. Avec une augmentation remarquable des investissements dans l'hydroélectricité, la Slovénie arrive en tête en matière de part du PIB dans l'Union européenne avec 0,0091 %. Avec des parts similaires, les autres plus gros investissements ont été enregistrés par la Finlande, la République tchèque, la France, la Suède et l'Autriche. ■

INVESTISSEMENTS PRIVÉS DANS LA R&D

GÉOTHERMIE

		Dépenses privées de R&D (en millions d'euros)		Part des dépenses privées de R&D dans le PIB	
		2017	2018	2017	2018
UE-27	Suède	5,9	4,3	0,0012 %	0,0009 %
	Allemagne	4,2	13,5	0,0001 %	0,0004 %
	Finlande	3,6	0,3	0,0016 %	0,0001 %
	Danemark	2,1	2,1	0,0007 %	0,0007 %
	France	1,3	n.a.	0,0001 %	n.a.
	Italie	1,0	6,4	0,0001 %	0,0004 %
	Belgique	0,8	n.a.	0,0002 %	n.a.
	Pays-Bas	n.a.	4,3	n.a.	0,0006 %
	UE-27	18,9	30,8	0,0001 %	0,0002 %

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, les Pays-Bas et la Suède. L'Italie et les Pays-Bas ont engagé des investissements importants par rapport à 2017 et totalisent environ un tiers du total des investissements de l'Union européenne (30,8 millions d'euros). À l'inverse, la Finlande affiche une baisse significative de ses dépenses privées dans le domaine, qui fait chuter la part de ses investissements par rapport à son PIB de la première à la dernière place (0,0001 % en 2018). La Suède arrive en tête en matière de part du PIB investi dans la R&D, juste devant le Danemark et les Pays-Bas. ■

INVESTISSEMENTS PRIVÉS DANS LA R&D

BIOCARBURANTS

		Dépenses privées de R&D (en millions d'euros)		Part des dépenses privées de R&D dans le PIB	
		2017	2018	2017	2018
UE-27	Danemark	101,8	72,9	0,0345 %	0,0241 %
	Finlande	66,6	52,8	0,0294 %	0,0226 %
	Allemagne	55,6	32,2	0,0017 %	0,0010 %
	France	51,6	24,0	0,0022 %	0,0010 %
	Pays-Bas	31,4	34,4	0,0042 %	0,0044 %
	Italie	19,8	13,8	0,0011 %	0,0008 %
	Espagne	19,7	5,5	0,0017 %	0,0005 %
	Belgique	12,5	8,3	0,0028 %	0,0018 %
	Hongrie	8,6	33,2	0,0068 %	0,0244 %
	Suède	8,2	6,8	0,0017 %	0,0015 %
	Autriche	5,7	6,6	0,0015 %	0,0017 %
	Slovaquie	5,2	n.a.	0,0061 %	n.a.
	Pologne	4,3	4,4	0,0009 %	0,0009 %
	Tchéquie	4,3	2,2	0,0022 %	0,0011 %
	Lettonie	2,1	n.a.	0,0080 %	n.a.
	Luxembourg	0,8	n.a.	0,0014 %	n.a.
	Irlande	n.a.	5,9	n.a.	0,0018 %
	Portugal	n.a.	2,2	n.a.	0,0011 %
UE-27		398,3	305,6	0,0030 %	0,0023 %

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 2018, le Danemark, la Finlande, les Pays-Bas, la Hongrie et l'Allemagne (dans cet ordre) ont enregistré les investissements privés les plus élevés au sein de l'Union européenne. La Hongrie a effectué des investissements significatifs à hauteur de 25 millions d'euros en 2018. L'Irlande, les Pays-Bas, le Portugal, l'Autriche et la Pologne ont également augmenté leurs investissements. Les autres pays ont diminué leurs investissements privés dans la R&D, ce qui a provoqué une chute de 23 % du total des investissements dans l'Union européenne, à 306 millions d'euros. Trois pays, la Hongrie, le Danemark et la Finlande ont dépensé une part significative de leur PIB (plus de 0,02 %) dans la R&D en 2018. Avec les Pays-Bas (0,0044 %), ces pays ont porté la part totale du PIB de l'Union européenne dépensée à 0,0023 %.

INVESTISSEMENTS PRIVÉS DANS LA R&D

ÉNERGIE MARINE

		Dépenses privées de R&D (en millions d'euros)		Part des dépenses privées de R&D dans le PIB	
		2017	2018	2017	2018
UE-27	France	17,1	5,0	0,0007 %	0,0002 %
	Italie	13,9	n.a.	0,0008 %	n.a.
	Suède	11,9	7,2	0,0025 %	0,0015 %
	Espagne	6,3	0,6	0,0005 %	0,0001 %
	Finlande	5,6	2,5	0,0025 %	0,0011 %
	Allemagne	4,8	6,7	0,0001 %	0,0002 %
	Irlande	4,2	n.a.	0,0014 %	n.a.
	Danemark	3,2	2,5	0,0011 %	0,0008 %
	Pays-Bas	n.a.	3,8	n.a.	0,0005 %
	Roumanie	n.a.	1,3	n.a.	0,0006 %
	UE-27	67,0	29,6	0,0005 %	0,0002 %

Sources : JRC Setis, Eurostat, base de données WDI

L'énergie marine est encore l'un des secteurs les plus modestes en termes d'investissement privé dans la R&D. La France, l'Italie et la Suède étaient très engagées sur cette technologie en 2017 et représentent environ les deux tiers du total des investissements dans l'Union européenne. En 2018, une forte chute a été enregistrée, avec moins de la moitié des investissements privés de 2017 (30 millions d'euros). 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. Comme pour les biocarburants et la géothermie, la part totale des dépenses privées par rapport au PIB de l'Union européenne était de 0,0002 % pour l'énergie marine en 2018.

INVESTISSEMENTS PRIVÉS DANS LA 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	
	2017	2018	2017	2018
Allemagne	1 775,1	2 103,5	0,0543 %	0,0625 %
Danemark	653,0	1 032,6	0,2215 %	0,3415 %
France	290,9	298,9	0,0127 %	0,0126 %
Pays-Bas	185,1	174,1	0,0251 %	0,0225 %
Italie	165,0	141,9	0,0095 %	0,0080 %
Finlande	126,3	88,7	0,0558 %	0,0380 %
Suède	119,2	119,7	0,0248 %	0,0254 %
Espagne	118,9	148,2	0,0102 %	0,0123 %
Belgique	51,3	62,6	0,0115 %	0,0136 %
Autriche	40,3	76,0	0,0109 %	0,0197 %
Irlande	22,3	13,3	0,0075 %	0,0041 %
Pologne	17,7	26,0	0,0038 %	0,0052 %
Hongrie	15,8	38,0	0,0124 %	0,0280 %
Tchéquie	10,3	6,1	0,0053 %	0,0029 %
Portugal	9,8	2,2	0,0050 %	0,0011 %
Roumanie	8,2	7,4	0,0044 %	0,0036 %
Lettonie	5,3	n.a.	0,0196 %	n.a.
Slovaquie	5,2	n.a.	0,0061 %	n.a.
Malte	4,9	n.a.	0,0410 %	n.a.
Slovénie	3,6	4,2	0,0085 %	0,0091 %
Estonie	3,3	n.a.	0,0137 %	n.a.
Grèce	2,5	2,4	0,0014 %	0,0013 %
Luxembourg	2,4	9,2	0,0041 %	0,0152 %
UE-27	3 636,3	4 355,1	0,0278 %	0,0322 %

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 en 2018, on constate que l'Allemagne occupe une position dominante, le Danemark arrive en deuxième position avec des résultats remarquables, devant la France, les Pays-Bas et l'Espagne. Le secteur éolien a reçu plus de 60 % du total des investissements privés en R&D dans l'Union européenne, tandis que le secteur de l'énergie solaire arrive deuxième avec 29 % du total des investissements privés. Parmi les autres pays aux investissements conséquents, l'Allemagne, la Finlande, la Hongrie, la Suède et les Pays-Bas affichent les valeurs les plus élevées. La part totale du PIB de l'Union européenne est passée de 0,028 % en 2017 à 0,032 % en 2018, ce qui correspond à l'augmentation 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

européenne, les plus gros investissements sont enregistrés par la Commission européenne, l'Allemagne et la France. Concernant les investissements privés en R&D dans l'Union européenne, l'Allemagne, la France et l'Italie arrivent en tête ;

- en ce qui concerne l'énergie géothermique, les États-Unis arrivent en première position, loin devant l'Allemagne, les Pays-Bas et la France qui occupent les places suivantes du classement. La Suède, l'Allemagne et la Finlande affichent les plus grosses dépenses privées de R&D de l'Union européenne ;
- dans l'hydroélectricité, les États-Unis arrivent en tête des investissements publics de R&D, devant l'Union européenne. Au sein de l'UE, la Commission européenne arrive en tête, devant l'Autriche, la Suède et l'Espagne. En ce qui concerne les investissements privés dans l'UE, l'Allemagne, la France et l'Espagne présentent les valeurs les plus élevées ;
- dans les biocarburants, les États-Unis présentent les plus gros investissements publics en R&D, devant le Japon et le Canada. Au

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

- dans l'éolien, l'Union européenne arrive en tête des dépenses publiques en R&D, devant la Norvège et le Japon. Au sein de l'UE, les plus grosses contributions proviennent de l'Allemagne, de la Commission européenne et des Pays-Bas. Quant aux dépenses privées de R&D dans l'Union européenne, le Danemark, l'Allemagne et les Pays-Bas arrivent en tête de liste ;
- dans l'énergie marine, 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, l'Irlande et la Suède. Concernant les investissements privés en R&D dans l'Union européenne, la France, l'Italie et la Suède sont les pays les plus engagés ;

- 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. Le Japon, la Norvège et la Corée suivent ensuite à bonne distance ;

- 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, les Pays-Bas et l'Italie. ■





Dépôt de brevets

La performance technologique d'un pays ou d'un système d'innovation se mesure généralement par le dépôt et la délivrance de brevets, ces données pouvant être considérées comme les principaux indicateurs de résultat des activités de R&D. Un pays dont la production de brevets est importante tendra à bénéficier d'une forte compétitivité technologique, ce qui pourrait se traduire par une compétitivité macro-

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

Note méthodologique

Les chiffres du présent rapport ont été fournis par JRC/Setis. Ils sont issus de l'édition du printemps 2021 (mise à jour JRC : mai 2021) de la base de données mondiale World Patent Statistical Database (Patstat)¹, développée par l'Office européen des brevets (OEB). 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 – CPC)². Les ensembles de données sont traités par JRC/Setis afin d'éliminer les erreurs et les incohérences. Les statistiques relatives aux brevets sont basées sur la date de priorité, les familles de brevets simples³ 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"⁴. Le nombre total de demandes de brevets (nationales et internationales), la spécialisation des brevets ainsi que leur nombre par rapport au PIB sont décrits par technologie renouvelable pour 2017 et 2018. Pour les pays extracommunautaires, il convient de noter que la catégorie "Reste du monde" inclut les valeurs du Royaume-Uni.

1. OEB. Base de données statistiques mondiale des brevets (Patstat), Office européen des brevets. Disponible à l'adresse suivante : <https://www.epo.org/searching-for-patents/business/patstat.html#tab1>
2. 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>
3. Les brevets permettent aux entreprises de protéger leurs efforts de recherche et d'innovation. Les brevets couvrant uniquement le marché intérieur (familles comportant un seul brevet) ne fournissent une protection qu'au niveau national, alors que les brevets déposés auprès de l'OMPI ou de l'OEB offrent une protection au-delà du marché intérieur (ils sont transmis à d'autres offices nationaux) et illustrent donc la compétitivité internationale de l'entreprise.
4. A. Fiorini, A. Georgakaki, F. Pasimeni, E. Tzimas, "Monitoring R&D in low-carbon energy technologies", EUR 28446 EN (2017).

ÉOLIEN

	Nombre de familles de brevets		Spécialisation des brevets		Brevets par billion d'euros de PIB	
	2017	2018	2017	2018	2017	2018
UE-27						
Danemark	249,6	287,6	25,3	25,1	846,6	951,3
Allemagne	263,2	240,9	1,9	1,7	80,6	71,5
Espagne	26,5	29,9	4,9	5,6	22,8	24,8
France	31,0	28,3	0,8	0,7	13,5	12,0
Pays-Bas	41,8	23,3	3,9	2,3	56,7	30,0
Belgique	7,6	12,1	1,7	2,5	17,0	26,3
Autriche	5,5	11,5	0,9	1,6	15,0	29,8
Pologne	8,8	8,3	1,5	1,5	18,9	16,7
Suède	10,1	6,8	1,2	0,7	21,0	14,5
Roumanie	7,5	3,3	4,9	2,5	39,9	16,3
Finlande	3,5	3,2	0,7	0,6	15,5	13,6
Italie	5,7	3,0	0,7	0,3	3,3	1,7
Luxembourg	1,0	3,0	1,2	4,4	17,2	49,7
Grèce	0	0,8	0	4,9	0	4,6
Hongrie	0,5	0,4	1,2	0,8	3,9	2,8
Bulgarie	0	0	0	0	0	0
Chypre	0	0	0	0	0	0
Tchéquie	0	0	0	0	0	0
Estonie	0	0	0	0	0	0
Croatie	0	0	0	0	0	0
Irlande	0	0	0	0	0	0
Lituanie	0	0	0	0	0	0
Lettonie	2,0	0	12,7	0	74,1	0
Malte	0	0	0	0	0	0
Portugal	1,0	0	2,0	0	5,1	0
Slovénie	1,0	0	4,6	0	23,2	0
Slovaquie	1,0	0	3,0	0	11,8	0
Total UE-27	667,4	662,4	2,7	2,5	52,8	50,7

Continue page suivante

Autres pays					
Chine	1 525,0	1 864,8	1,0	1,0	141,1 152,9
États-Unis	220,2	172,5	1,0	0,8	20,4 14,1
Corée	147,7	131,8	0,5	0,4	0 0
Japon	143,2	139,0	0,4	0,3	33,1 31,4
Reste du monde	120,0	117,4	1,1	1,0	2,0 1,9

Remarque: la valeur 0 indique qu'aucune demande de brevet n'a été enregistrée. N.A. indique que les données ne sont pas disponibles. À noter que les valeurs sont potentiellement biaisées par l'intégration des brevets qui sont seuls dans leur famille (singletons). Source: Centre commun de recherche (JRC) à partir des données de l'Office européen des brevets (OEB), d'Eurostat et de la base de données WDI

Dans l'énergie éolienne, c'est 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. Au sein de l'Union européenne, le Danemark et l'Allemagne sont les pays les plus actifs, devant les Pays-Bas, la France et l'Espagne. On remarque que l'Union européenne affiche une nette spécialisation 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 un mondial de l'éolien. La Chine, l'Allemagne et les Pays-Bas suivent très loin derrière. Dans les pays déposant beaucoup de brevets, le Japon est celui pour qui cette activité est la plus conséquente par rapport à son PIB, devant l'Espagne.

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 et les Pays-Bas arrivent ensuite et affichent un indice de spécialisation relativement élevé (supérieur à celui de l'Allemagne, le numéro 2 des dépôts de brevets pour l'éolien). ■



SOLAIRE

	Nombre de familles de brevets		Spécialisation des brevets		Brevets par billion d'euros de PIB	
	2017	2018	2017	2018	2017	2018
UE-27						
Allemagne	217,6	196,6	0,5	0,4	66,6	58,4
France	100,5	113,7	0,7	0,8	43,8	48,1
Pays-Bas	42,2	33,0	1,2	1,0	57,1	42,6
Espagne	37,1	32,7	2,0	1,8	31,9	27,2
Italie	38,1	32,7	1,3	1,1	22,0	18,5
Pologne	15,7	27,6	0,8	1,5	33,5	55,4
Suède	18,4	14,3	0,6	0,5	38,3	30,3
Autriche	10,7	10,8	0,5	0,5	29,0	28,0
Belgique	8,6	8,9	0,6	0,6	19,3	19,4
Roumanie	7,5	8,7	1,5	1,9	39,9	42,4
Finlande	9,7	5,9	0,6	0,3	42,9	25,3
Danemark	2,7	4,8	0,1	0,1	9,3	15,8
Tchéquie	2,2	2,5	0,7	0,7	11,2	11,9
Hongrie	2,5	2,0	1,8	1,3	19,5	14,7
Irlande	6,9	2,0	1,3	0,3	23,4	6,1
Slovaquie	0	2,0	0	1,4	0	22,4
Luxembourg	0	1,3	0	0,6	0	22,1
Grèce	1,3	1,3	1,6	2,2	7,5	7,0
Lituanie	0	1,0	0	2,8	0	22,0
Lettonie	0	1,0	0	3,2	0	34,3
Bulgarie	0	0	0	0	0	0
Chypre	0,5	0	0	0	24,7	0
Estonie	0,7	0	0,9	0	28,0	0
Croatie	0	0	0	0	0	0
Malte	1,0	0	5,0	0	83,7	0
Portugal	2,5	0	1,5	0	12,8	0
Slovénie	0	0	0	0	0	0
Total UE-27	526,4	502,8	0,6	0,6	41,7	38,5

Continue page suivante

Autres pays						
Chine	5 785,6	6 830,5	1,1	1,1	535,3	559,9
Corée	1 270,2	1 407,7	1,3	1,4	0	0
Japon	996,2	719,8	0,8	0,5	230,1	162,8
États-Unis	431,1	418,9	0,6	0,6	39,9	34,3
Reste du monde	418,1	429,7	1,1	1,1	7,1	6,9

Remarque: la valeur 0 indique qu'aucune demande de brevet n'a été enregistrée. N.A. indique que les données ne sont pas disponibles. À noter que les valeurs sont potentiellement biaisées par l'intégration des brevets qui sont seuls dans leur famille (singletons). Source: Centre commun de recherche (JRC) à partir des données de l'Office européen des brevets (OEB), d'Eurostat et de la 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, mais aussi en termes de brevets par rapport au 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 l'Italie. Parmi les pays déposant beaucoup de brevets, l'Allemagne, les Pays-Bas, la France et la Finlande 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 2017 pour le nombre de brevets spécialisés, avec les indices de spécialisation les plus élevés en Lettonie, en Lituanie et en Grèce. En dehors de l'Union européenne, seule la Chine affiche une légère augmentation de sa spécialisation dans

le solaire, tandis que le Japon affiche une baisse de sa spécialisation en 2018. ■



HYDROÉLECTRICITÉ

	Nombre de familles de brevets		Spécialisation des brevets		Brevets par billion d'euros de PIB	
	2017	2018	2017	2018	2017	2018
UE-27						
France	6,2	15,4	0,7	1,7	2,7	6,5
Allemagne	15,5	5,9	0,5	0,2	4,7	1,8
Pologne	3,0	4,5	2,3	3,9	6,4	9,0
Finlande	1,5	3,8	1,4	3,7	6,6	16,4
Autriche	0,5	3,0	0,4	2,1	1,4	7,8
Suède	0,8	2,5	0,4	1,3	1,7	5,3
Slovaquie	0	2,3	0	26,0	0	25,2
Slovénie	0,3	1,6	6,3	22,6	7,0	34,9
Tchéquie	0	1,5	0	6,7	0	7,1
Italie	1,9	1,2	1,0	0,6	1,1	0,7
Belgique	1,3	1,0	1,3	1,0	3,0	2,2
Irlande	1,0	1,0	3,0	2,8	3,4	3,1
Roumanie	2,0	1,0	5,9	3,7	10,7	4,9
Lituanie	0,3	0,5	15,8	23,1	5,9	11,0
Pays-Bas	0,6	0,5	0,3	0,2	0,8	0,6
Portugal	0	0,5	0	5,1	0	2,4
Espagne	2,0	0,4	1,7	0,4	1,7	0,3
Hongrie	0	0,1	0	1,4	0	0,9
Bulgarie	0	0	0	0	0	0
Chypre	0	0	0	0	0	0
Danemark	0,1	0	0,0	0	0,3	0
Estonie	0	0	0	0	0	0
Grèce	1,0	0	18,4	0	5,7	0
Croatie	0	0	0	0	0	0
Luxembourg	0	0	0	0	0	0
Lettonie	0	0	0	0	0	0
Malte	0	0	0	0	0	0
Total UE-27	38,0	46,7	0,7	0,9	3,0	3,6

Continue page suivante

Autres pays						
Chine	398,7	427,1	1,2	1,2	36,9	35,0
Japon	79,8	62,5	0,9	0,8	18,4	14,1
Corée	45,3	43,5	0,7	0,7	0	0
États-Unis	11,8	10,7	0,2	0,3	1,1	0,9
Royaume-Uni	4,0	3,1	1,0	0,7	1,7	1,2
Reste du monde	45,2	35,0	1,8	1,5	0,8	0,6

Remarque: la valeur 0 indique qu'aucune demande de brevet n'a été enregistrée. N.A. indique que les données ne sont pas disponibles. À noter que les valeurs sont potentiellement biaisées par l'intégration des brevets qui sont seuls dans leur famille (singletons). Source: Centre commun de recherche (JRC) à partir des données de l'Office européen des brevets (OEB), d'Eurostat et de la base de données WDI

Le nombre de brevets est beaucoup plus bas dans le domaine de l'énergie hydroélectrique que dans l'énergie solaire. 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 la Finlande. Les 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 le Japon arrivent en tête au niveau mondial, tandis que l'Allemagne et la France dominent au sein de l'Union européenne. ■



GÉOTHERMIE

	Nombre de familles de brevets		Spécialisation des brevets		Brevets par billion d'euros de PIB	
	2017	2018	2017	2018	2017	2018
UE-27						
Pologne	1,0	6,0	2,4	19,5	2,2	12,1
Allemagne	4,2	5,2	0,4	0,7	1,3	1,5
Italie	1,4	1,5	2,4	3,0	0,8	0,8
Pays-Bas	0,5	1,5	0,7	2,7	0,7	1,9
Finlande	2,5	1,2	7,1	4,3	11,0	5,1
Danemark	0,9	1,0	1,3	1,6	2,9	3,3
Espagne	0	1,0	0	3,4	0	0,8
Suède	3,2	1,0	5,3	1,9	6,7	2,1
France	3,2	0,3	1,1	0,1	1,4	0,1
Autriche	0	0,3	0	0,7	0	0,6
Belgique	1,3	0	4,2	0	3,0	0
Bulgarie	0	0	0	0	0	0
Chypre	0	0	0	0	0	0
Tchéquie	0	0	0	0	0	0
Estonie	0	0	0	0	0	0
Grèce	0	0	0	0	0	0
Croatie	0	0	0	0	0	0
Hongrie	0	0	0	0	0	0
Irlande	0	0	0	0	0	0
Lituanie	0	0	0	0	0	0
Luxembourg	0	0	0	0	0	0
Lettonie	0	0	0	0	0	0
Malte	0	0	0	0	0	0
Portugal	0	0	0	0	0	0
Roumanie	0	0	0	0	0	0
Slovénie	0	0	0	0	0	0
Slovaquie	0	0	0	0	0	0
Total UE-27	18,3	18,9	1,1	1,3	1,4	1,4

Continue page suivante

Autres pays						
Chine	100,5	81,0	0,9	0,8	9,3	6,6
Coréen	34,8	33,8	1,7	2,1	0	0
Japon	21,7	12,8	0,8	0,6	5,0	2,9
États-Unis	12,4	7,6	0,8	0,7	1,1	0,6
Reste du monde	9,0	14,4	1,1	2,2	0,2	0,2

Remarque: la valeur 0 indique qu'aucune demande de brevet n'a été enregistrée. N.A. indique que les données ne sont pas disponibles. À noter que les valeurs sont potentiellement biaisées par l'intégration des brevets qui sont seuls dans leur famille (singletons). Source: Centre commun de recherche (JRC) à partir des données de l'Office européen des brevets (OEB), d'Eurostat et de la 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, mais aussi que celui de l'hydroélectricité. Parmi les États membres, moins de 20 demandes de brevets ont été déposées en 2017 et en 2018. L'Allemagne, la Suède, la Finlande, la France, la Pologne 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 100 brevets déposés en 2017 et 81 en 2018. La Corée et le Japon arrivent ensuite avec un nombre de dépôts de brevets à deux chiffres et enregistrent individuellement plus de dépôts de brevets que l'ensemble de l'Union européenne. Par ailleurs, la Finlande (2017) et la Pologne (2018) ont déposé le plus grand nombre de brevets par rapport à leur PIB, devant la Chine et le Japon. Les États membres qui suivent au classement sont: la Suède, la Belgique et le Danemark.

Parmi les pays déposant beaucoup de brevets, la Finlande, la Suède, la Belgique et le Danemark ont affiché un niveau de spécialisation élevé en 2017, tandis que la Finlande,

l'Espagne et les Pays-Bas se sont illustrés en la matière en 2018. En dehors de l'Union européenne, seule la Corée affiche un niveau de spécialisation significatif. ■



BIOCARBURANTS

	Nombre de familles de brevets		Spécialisation des brevets		Brevets par billion d'euros de PIB	
	2017	2018	2017	2018	2017	2018
UE-27						
France	28,4	28,2	1,1	1,2	12,4	11,9
Allemagne	34,4	21,3	0,4	0,3	10,5	6,3
Pologne	12,2	19,0	3,2	6,5	26,0	38,2
Pays-Bas	20,8	16,0	3,1	3,0	28,2	20,6
Finlande	19,1	14,6	6,0	5,5	84,5	62,5
Danemark	10,9	9,9	1,7	1,7	36,9	32,9
Hongrie	2,0	8,0	7,5	34,3	15,7	58,8
Italie	8,7	6,2	1,6	1,3	5,0	3,5
Irlande	0	3,3	0	3,7	0	10,2
Belgique	8,9	3,0	3,1	1,2	20,0	6,5
Autriche	2,6	2,5	0,7	0,7	7,0	6,5
Espagne	12,8	2,3	3,7	0,8	11,0	1,9
Tchéquie	2,0	2,0	3,3	3,5	10,3	9,5
Roumanie	2,0	2,0	2,0	2,9	10,7	9,8
Suède	3,3	1,5	0,6	0,3	6,9	3,3
Lituanie	0	1,0	0	18,0	0	22,0
Lettonie	0,5	1,0	5,0	20,3	18,5	34,3
Portugal	0	1,0	0	4,0	0	4,9
Slovénie	0	1,0	0	5,5	0	21,8
Slovaquie	1,2	0,5	5,7	2,3	14,3	5,6
Bulgarie	0	0	0	0	0	0
Chypre	0	0	0	0	0	0
Estonie	0	0	0	0	0	0
Grèce	0	0	0	0	0	0
Croatie	0	0	0	0	0	0
Luxembourg	0,5	0	1,0	0	8,6	0
Malte	0	0	0	0	0	0
Total UE-27	170,4	144,2	1,1	1,1	13,5	11,0

Continue page suivante

Autres pays						
Chine	1 121,1	999,6	1,1	1,1	103,7	81,9
Japon	131,4	147,7	0,5	0,7	30,3	33,4
Corée	156,1	131,0	0,9	0,8	0	0
États-Unis	100,8	80,8	0,7	0,7	9,3	6,6
Reste du monde	109,7	105,1	1,5	1,7	1,9	1,7

Remarque: la valeur 0 indique qu'aucune demande de brevet n'a été enregistrée. N.A. indique que les données ne sont pas disponibles. À noter que les valeurs sont potentiellement biaisées par l'intégration des brevets qui sont seuls dans leur famille (singletons). Source: Centre commun de recherche (JRC) à partir des données de l'Office européen des brevets (OEB), d'Eurostat et de la base de données WDI

La Chine a également déposé, de très loin, le plus grand nombre de brevets en 2017 et 2018 dans les biocarburants. Le Japon, l'Union européenne, la Corée et les États-Unis suivent ensuite. Les États membres qui déposent le plus de brevets sont la France, l'Allemagne, la Pologne et les Pays-Bas.

La Chine et la Finlande se distinguent particulièrement par rapport à leur PIB respectif, devant la Finlande et la Pologne. Dans le reste du monde, le Japon est le pays qui dépense ensuite le plus en dépôts de brevets par rapport à son PIB.

La Pologne s'illustre en affichant le niveau de spécialisation le plus élevé, devant la Finlande et les Pays-Bas. En dehors de l'Union européenne, aucun pays n'affiche un indice de spécialisation particulièrement significatif ou remarquable. ■



ÉNERGIE MARINE

	Nombre de familles de brevets		Spécialisation des brevets		Brevets par billion d'euros de PIB	
	2017	2018	2017	2018	2017	2018
UE-27						
France	14,3	8,5	2,9	1,5	6,2	3,6
Suède	4,3	3,8	4,0	3,1	9,0	8,1
Allemagne	3,3	3,7	0,2	0,2	1,0	1,1
Pays-Bas	0,3	1,5	0,2	1,1	0,3	1,9
Portugal	1,0	1,5	16,3	23,5	5,1	7,3
Espagne	1,5	1,3	2,2	1,8	1,3	1,0
Italie	4,6	1,2	4,3	1,0	2,6	0,7
Danemark	0,9	1,0	0,7	0,7	2,9	3,3
Finlande	4,0	1,0	6,4	1,5	17,7	4,3
Roumanie	0	0,5	0	2,8	0	2,4
Autriche	0	0	0	0	0	0
Belgique	0,3	0	0,6	0	0,7	0
Bulgarie	0	0	0	0	0	0
Chypre	0	0	0	0	0	0
Tchéquie	0	0	0	0	0	0
Estonie	0	0	0	0	0	0
Grèce	0	0	0	0	0	0
Croatie	0	0	0	0	0	0
Hongrie	0	0	0	0	0	0
Irlande	1,0	0	5,2	0	3,4	0
Lituanie	0	0	0	0	0	0
Luxembourg	0	0	0	0	0	0
Lettonie	0	0	0	0	0	0
Malte	0	0	0	0	0	0
Pologne	0	0	0	0	0	0
Slovénie	0	0	0	0	0	0
Slovaquie	0	0	0	0	0	0
Total UE-27	35,4	23,9	1,1	0,7	2,8	1,8

Continue page suivante

Autres pays						
Chine	203,3	274,0	1,0	1,2	18,8	22,5
Corée	44,2	39,8	1,2	1,0	0	0
États-Unis	13,2	30,5	0,5	1,1	1,2	2,5
Japon	18,6	15,4	0,4	0,3	4,3	3,5
Reste du monde	36,1	24,2	2,6	1,5	0,6	0,4
Dont Royaume-Uni	7,9	3,0	3,4	1,0	3,3	1,2

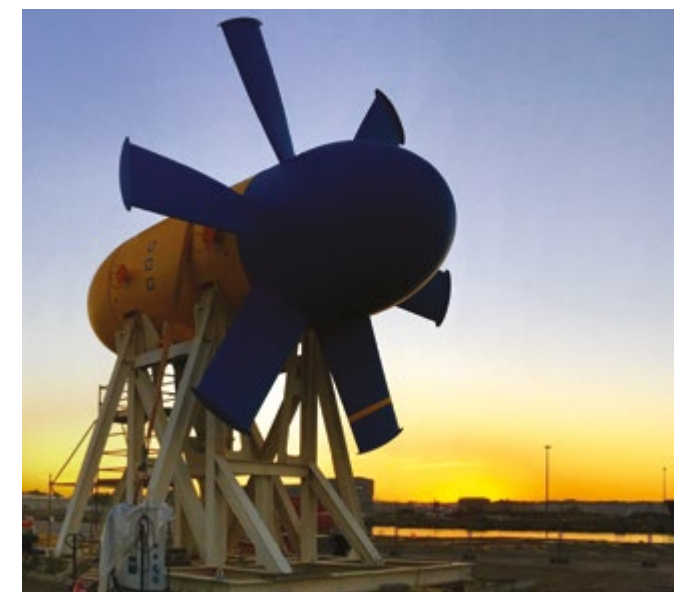
Remarque: la valeur 0 indique qu'aucune demande de brevet n'a été enregistrée. N.A. indique que les données ne sont pas disponibles. À noter que les valeurs sont potentiellement biaisées par l'intégration des brevets qui sont seuls dans leur famille (singletons). Source: Centre commun de recherche (JRC) à partir des données de l'Office européen des brevets (OEB), d'Eurostat et de la base de données WDI

L'énergie marine 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 de près par la Corée et l'Union européenne, qui distancent le Japon et les États-Unis. Au sein de l'Union européenne, la France est particulièrement active, devant la Suède et l'Allemagne.

La Chine et la Suède arrivent en tête en matière de dépôts de brevets par rapport au PIB. Parmi les États membres, ce sont ensuite le Portugal et la Finlande qui dépensent le plus dans les dépôts de brevets par rapport à leur PIB. En dehors de l'Union européenne, le Japon arrive deuxième pour le nombre de dépôts de brevets par billion de PIB.

Le Portugal affiche de loin l'indice de spécialisation le plus élevé dans cette filière. Il est suivi par la Suède, qui est aussi le deuxième État membre déposant le plus de

brevets. Le Royaume-Uni affiche un indice de spécialisation 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		
2017	2018	2017	2018	
UE-27				
Allemagne	538	473	164,7	140,6
Danemark	265	304	898,9	1 006,6
France	184	194	79,9	82,3
Pays-Bas	106	76	143,9	97,8
Espagne	80	68	68,8	56,1
Italie	60	46	34,8	25,8
Pologne	41	65	87,1	131,4
Finlande	40	30	178,3	127,2
Suède	40	30	83,7	63,7
Belgique	28	25	63,1	54,4
Autriche	19	28	52,4	72,7
Roumanie	19	16	101,2	75,8
Irlande	9	6	30,1	19,4
Hongrie	5	11	39,2	77,2
Portugal	5	3	23,0	14,6
Tchéquie	4	6	21,5	28,4
Lettonie	3	2	92,6	68,6
Grèce	2	2	13,2	11,6
Slovaquie	2	5	26,2	53,1
Luxembourg	2	4	25,8	71,8
Slovénie	1	3	30,2	56,7
Malte	1	n.a.	83,7	n.a.
Estonie	1	n.a.	28,0	n.a.
Chypre	1	n.a.	24,7	n.a.
Lituanie	0	3	5,9	54,9
Bulgarie	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Croatie	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Total UE-27	1 456	1 399	115,3	107,0

Continue page suivante

Autres pays				
Chine	9 134	10 477	845,1	858,8
Corée	1 698	1 788	n.a.	n.a.
Japon	1 391	1 097	321,3	248,1
États-Unis	789	721	73,0	59,1
Reste du monde	738	726	12,6	11,6
<i>Dont Royaume-Uni</i>	93	85	39,3	33,4
<i>Remarque: la valeur 0 indique qu'aucune demande de brevet n'a été enregistrée. N.A. indique que les données ne sont pas disponibles. À noter que les valeurs sont potentiellement biaisées par l'intégration des brevets qui sont seuls dans leur famille (singletons). Source: Centre commun de recherche (JRC) à partir des données de l'Office européen des brevets (OEB), d'Eurostat et de la base de données WDI</i>				

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 2018, 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 les Pays-Bas. En évaluant les résultats au regard du PIB, on observe une modification du classement avec le Danemark qui domine, très loin devant l'Allemagne, la Pologne et la Finlande. ■



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 et les Pays-Bas affichent, par exemple, des résultats remarquables dans l'éolien, tandis que la Finlande est très active dans les biocarburants. Avec le Brexit, l'Union européenne a perdu un

pays qui faisait partie des cinq déposant le plus de brevets.

Concernant les technologies renouvelables, le solaire enregistre le plus grand nombre de dépôts de brevets dans le monde, tandis que dans l'Union européenne, c'est l'éolien qui arrive en première place. Contrairement aux importants investissements en R&D observés dans les biocarburants, les statistiques sur les brevets révèlent des résultats relativement modestes dans ce même secteur (troisième secteur derrière l'énergie solaire et l'énergie éolienne). En ce qui concerne l'énergie marine, 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. ■





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.

$$RCA_{ij} = 100 \cdot \tanh \left(\log \frac{E_{ij} / \sum_k E_{ik}}{\sum_j E_{ij} / \sum_k \sum_j E_{ik}} \right)$$

La part des exportations d'une technologie renouvelable d'un pays *i* est mesurée par les exportations de cette technologie, par rapport



à l'ensemble des exportations du pays *i*. Cette part est ensuite comparée à la part des exportations de cette même technologie au niveau mondial (somme de tous les autres pays). La part des filières renouvelables montre, quant à elle, la part des exportations des technologies renouvelables par rapport à toutes les exportations. Par conséquent, pour ce pays, l'ACR représente la part des exportations d'une technologie (l'éolien par exemple) par rapport à la part mondiale des exportations de cette même technologie. Si la part du pays *i* est plus importante que la part mondiale, alors on peut dire que le pays *i* est spécialisé dans ce domaine. La fonction "tanhyp-log" ne modifie pas cette interprétation générale, mais symétrise cet indicateur en le normalisant dans un intervalle compris entre -100 et +100, contrairement à l'indice ATR (avantage technologique révélé). D'autre part, l'ACR fait référence à tous les groupes de produits commercialisés tandis que l'ATR, employé pour le dépôt de brevets, concerne les technologies énergétiques. L'ACR doit être interprété par rapport au reste du portefeuille du pays et à la part mondiale. Par exemple, si le pays n'a qu'une part minime (inférieure à la moyenne) d'énergies renouvelables au sein de son portefeuille commercial, toutes les valeurs seront négatives. En revanche, certains pays (par exemple le Danemark, le Japon, la Chine

et l'Espagne) ont une part importante de technologies renouvelables au sein de leur portefeuille de produits exportés.

L'analyse porte sur les exportations de technologies renouvelables prises dans leur ensemble, mais aussi sur chaque secteur pris séparément. Ces secteurs comprennent le photovoltaïque, l'éolien, l'hydroélectricité et les biocarburants pour les années 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.

Note : Le lien de proportion entre la taille des pastilles et le volume des échanges diffère d'une carte à l'autre.

TOTAL DES TECHNOLOGIES RENOUVELABLES

Échanges commerciaux de l'UE-27 (incluant les échanges intra-UE), 2019

	Importations (en millions €)	Exportations (en millions €)	Exportations nettes (en millions €)	Part des exportations mondiales de technologies énergétiques renouve- lables	Spéciali- sation des exportations (ACR)
Danemark	421	2 731	2 310	4,1 %	68
Allemagne	3 758	4 589	831	7,0 %	-7
Hongrie	284	438	154	0,7 %	-1
Slovaquie	55	96	41	0,1 %	-49
France	1 114	1 132	19	1,7 %	-25
Slovénie	80	82	3	0,1 %	-22
Croatie	43	34	-9	0,1 %	-25
Malte	9	0	-9	0,0 %	-98
Luxembourg	73	63	-10	0,1 %	7
Bulgarie	62	49	-13	0,1 %	-37
Estonie	26	13	-14	0,0 %	-60
Lettonie	20	5	-15	0,0 %	-78
Chypre	24	0	-24	0,0 %	-100
Lituanie	66	36	-29	0,1 %	-48
Irlande	79	24	-55	0,0 %	-89
Autriche	389	327	-62	0,5 %	-27
Tchéquie	233	160	-72	0,2 %	-57
Finlande	120	9	-111	0,0 %	-90
Portugal	447	265	-183	0,4 %	4
Italie	668	438	-230	0,7 %	-57
Roumanie	244	9	-235	0,0 %	-91
Grèce	380	19	-361	0,0 %	-69
Suède	565	201	-365	0,3 %	-43
Belgique	709	341	-367	0,5 %	-48
Pologne	545	133	-413	0,2 %	-68
Pays-Bas	3 094	2 602	-492	3,9 %	9
Espagne	1 537	850	-687	1,3 %	-16
Total UE-27	15 044	14 647	-397	22 %	-13

Échanges des principaux partenaires commerciaux de l'UE avec le reste du monde, 2019

	Importations (en millions €)	Exportations (en millions €)	Exportations nettes (en millions €)	Part des exportations mondiales de technologies énergétiques renouve- lables	Spéciali- sation des exportations (ACR)
Chine	6 452	22 141	15 689	33,6 %	37
Suisse	297	128	-170	0,2 %	-74
Turquie	555	165	-390	0,3 %	-54
Russie	540	69	-471	0,1 %	-87
Japon	3 806	3 185	-621	4,8 %	9
Brésil	1 618	959	-659	1,5 %	8
Norvège	806	5	-801	0,0 %	-95
Canada	1 136	255	-881	0,4 %	-67
Royaume-Uni	1 230	286	-944	0,4 %	-65
Inde	2 494	371	-2 123	0,6 %	-46
États-Unis	8 411	4 300	-4 111	6,5 %	-14
Reste du monde	23 186	19 476	-3 710	29,5 %	1

L'importation et l'exportation totales de technologies renouvelables ont toutes les deux progressé dans l'Union européenne en 2020 par rapport à 2019. Les importations ont plus progressé que les exportations, ce qui a accru le déficit de la balance commerciale dans les filières renouvelables en 2020 pour l'Union européenne. Les augmentations relatives les plus significatives des importations peuvent être observées en Pologne (489 millions d'euros), aux Pays-Bas (444 millions d'euros) et en Belgique (384 millions d'euros). Les importations de l'Espagne sont celles qui ont le plus reculé dans l'Union

européenne (271 millions d'euros). Quelques pays affichent également une grande augmentation relative de leurs importations, notamment l'Autriche, la Croatie, l'Estonie et la Pologne. D'autre part, les exportations progressent significativement aux Pays-Bas (835 millions d'euros) et plus modestement en Belgique (180 millions d'euros), en Espagne (146 millions d'euros) et en France (120 millions d'euros). Une forte augmentation relative des exportations a été observée à Chypre, en Estonie et en Grèce, même si les volumes exportés par ces États membres ne dépassent pas les 50 millions d'euros.

En observant les principaux partenaires commerciaux, on remarque une forte augmentation des importations aux États-Unis (1 893 millions d'euros) et en Turquie (570 millions d'euros) en 2020 par rapport à 2019. Un recul important des importations est observé en Inde (875 millions d'euros), en Norvège (473 millions d'euros), au Japon (442 millions d'euros) et au Brésil (183 millions d'euros). Concernant les exportations, les plus gros changements ont été observés au Brésil (298 millions d'euros d'augmentation), au Canada (110 millions d'euros d'augmentation) et aux États-Unis (baisse de 121 millions d'euros).

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 renouve- lables	Spéciali- sation des exportations (ACR)
Autriche	36	106	70	11,9 %	82
Italie	7	50	43	5,6 %	33
Allemagne	12	61	50	6,9 %	-2
Tchéquie	6	41	35	4,6 %	58
Slovénie	6	24	18	2,7 %	0
France	19	30	11	3,3 %	12
Espagne	4	16	12	1,8 %	6
Pologne	0	8	8	0,9 %	-17
Bulgarie	2	10	8	1,1 %	68
Pays-Bas	0	2	2	0,3 %	-77
Hongrie	0	2	1	0,2 %	-50
Roumanie	5	1	-4	0,1 %	-50
Croatie	0	2	2	0,2 %	39
Finlande	3	3	0	0,3 %	-1
Danemark	0	0	0	0,1 %	-77
Estonie	0	0	0	0,0 %	0
Chypre	0	0	0	0,0 %	0
Malte	0	0	0	0,0 %	-100
Belgique	0	0	0	0,1 %	-89
Lituanie	1	1	0	0,1 %	-43
Irlande	0	0	0	0,0 %	-100
Slovaquie	0	0	0	0,0 %	-98
Grèce	3	0	-3	0,0 %	-90
Luxembourg	1	0	0	0,0 %	0
Lettonie	6	0	-6	0,0 %	-97
Portugal	5	2	-2	0,3 %	-6
Suède	7	3	-3	0,4 %	-31
Total UE-27	124	364	241	41 %	18

Échanges des principaux partenaires commerciaux de l'UE avec le reste du monde, 2020

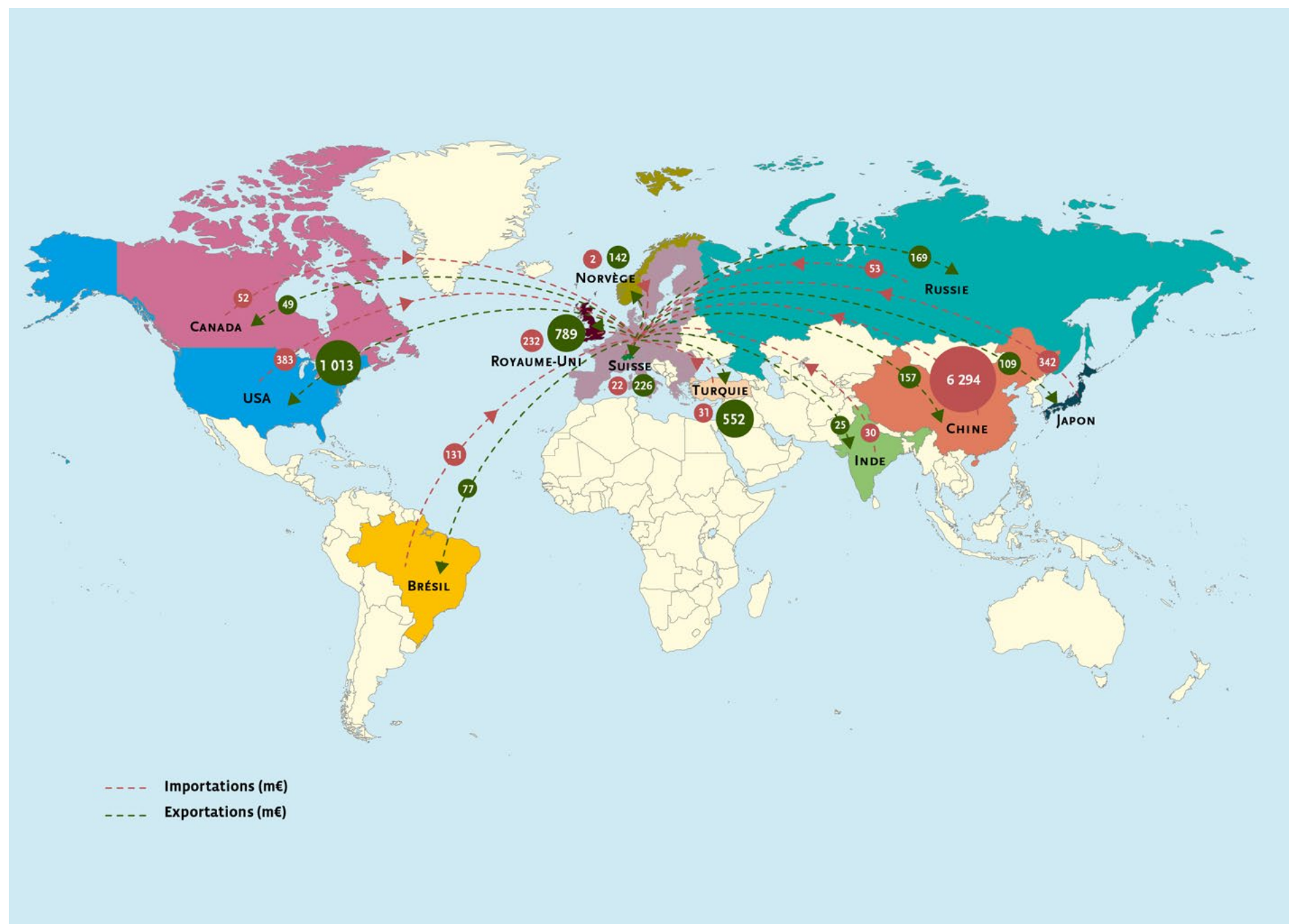
	Importations (en millions €)	Exportations (en millions €)	Exportations nettes (en millions €)	Part des exportations mondiales de technologies énergétiques renouve- lables	Spéciali- sation des exportations (ACR)
Chine	2	166	164	18,6 %	14
Inde	5	54	50	6,1 %	56
Brésil	2	40	38	4,5 %	99
Japon	13	4	-8	0,5 %	-68
Royaume-Uni	11	7	-3	0,8 %	-37
États-Unis	39	34	-5	3,8 %	-28
Suisse	16	41	25	4,6 %	42
Norvège	25	2	-22	0,3 %	-19
Turquie	23	9	-13	1,1 %	8
Canada	20	13	-8	1,4 %	-15
Russie	68	8	-61	0,8 %	-30
Reste du monde	405	37	-368	4,2 %	-66

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 et la Bulgarie. Ces pays exportant plus de technologies renouvelables qu'ils n'en importent, leur balance commerciale est positive. Tous les autres pays de cette étude présentent des balances commerciales déficitaires. Les pays affichant le solde le plus négatif sont

les États-Unis, l'Inde, la Turquie, le Royaume-Uni, la Pologne et le Canada. Le Japon aussi présente un solde négatif, mais il a amélioré sa position entre 2019 et 2020. 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 %. Pour l'ensemble de l'Union européenne, la part des exportations a légèrement augmenté, passant de 22 % en 2019 à près de 23 % en 2020. Les principaux pays exportateurs après la Chine sont les États-Unis, l'Allemagne, le Japon, les Pays-Bas et le Danemark. Les pays affichant les parts les plus modestes sont Malte, Chypre, la Lettonie, la Finlande, la Roumanie et l'Irlande.

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. La figure illustre le commerce de technologies renouvelables entre les pays de l'Union européenne et les principaux partenaires commerciaux. La balance

Échanges des principaux partenaires commerciaux de l'UE avec le reste du monde, 2020



commerciale nette avec la Chine est très déficitaire, ce qui signifie que l'Union européenne importe beaucoup plus depuis la Chine que l'inverse. Les importations depuis la Chine ont augmenté d'environ 1 000 millions d'euros en 2020 par rapport à 2019. La balance commerciale des technologies renouvelables de l'Union européenne est également négative avec le Japon et le Brésil. Celle-ci est à l'inverse très excédentaire avec les États-Unis, le Royaume-Uni, la Turquie, la Suisse, la Norvège et la Russie. Les exportations nettes vers ces pays ont également augmenté en 2020 par rapport à 2019. Au Canada, les 70 millions d'euros d'exportations nettes en 2019 ont fait place à des importations d'une valeur de 3 millions d'euros en 2020. ■

ÉNERGIE ÉOLIENNE

Échanges commerciaux de l'UE-27 (incluant les échanges intra-UE), 2019

	Importations (en millions €)	Exportations (en millions €)	Exportations nettes (en millions €)	Part des exportations mondiales de technologies énergétiques renouve- lables	Spéciali- sation des exportations (ACR)
Danemark	274	2 700	2 426	38,4 %	95
Allemagne	84	2 036	1 952	29,0 %	50
Espagne	97	551	454	7,8 %	56
Pays-Bas	429	628	199	8,9 %	42
Portugal	0	22	21	0,3 %	-8
Estonie	1	9	8	0,1 %	12
Lituanie	4	8	4	0,1 %	-21
Irlande	4	5	1	0,1 %	-81
Croatie	0	0	0	0,0 %	-87
Lettonie	0	0	0	0,0 %	-98
Slovaquie	0	0	0	0,0 %	-100
Chypre	0	0	0	0,0 %	0
Slovénie	0	0	0	0,0 %	0
Hongrie	0	0	0	0,0 %	-100
Malte	0	0	0	0,0 %	-100
Bulgarie	0	0	0	0,0 %	-99
Italie	2	1	0	0,0 %	-97
Roumanie	1	0	-1	0,0 %	-100
Tchéquie	4	1	-3	0,0 %	-95
Luxembourg	8	0	-8	0,0 %	0
Autriche	34	1	-34	0,0 %	-96
Finlande	41	0	-41	0,0 %	-100
Pologne	75	1	-73	0,0 %	-95
Suède	159	0	-159	0,0 %	-100
France	182	3	-179	0,0 %	-95
Grèce	274	14	-260	0,2 %	-3
Belgique	289	3	-286	0,0 %	-92
Total UE-27	1 961	5 983	4 022	85 %	42

Échanges commerciaux de l'UE-27 avec ses principaux partenaires, 2019

	Importations (en millions €)	Exportations (en millions €)	Exportations nettes (en millions €)	Part des exportations mondiales de technologies énergétiques renouve- lables	Spéciali- sation des exportations (ACR)
Chine	10	848	837	12,1 %	-6
Inde	7	38	30	0,5 %	-48
États-Unis	100	118	18	1,7 %	-62
Brésil	9	20	12	0,3 %	-55
Suisse	0	0	0	0,0 %	-100
Russie	162	0	-162	0,0 %	-100
Japon	204	12	-192	0,2 %	-87
Canada	220	1	-219	0,0 %	-97
Turquie	235	0	-234	0,0 %	-99
Royaume-Uni	358	1	-357	0,0 %	-97
Norvège	714	0	-714	0,0 %	-100
Reste du monde	2 005	9	-2 235	0,1 %	-98

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. Les exportations nettes de l'Union européenne ont reculé en 2020, notamment en raison d'une baisse des exportations nettes du Danemark (750 millions d'euros de moins qu'en 2019). 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. 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. ■

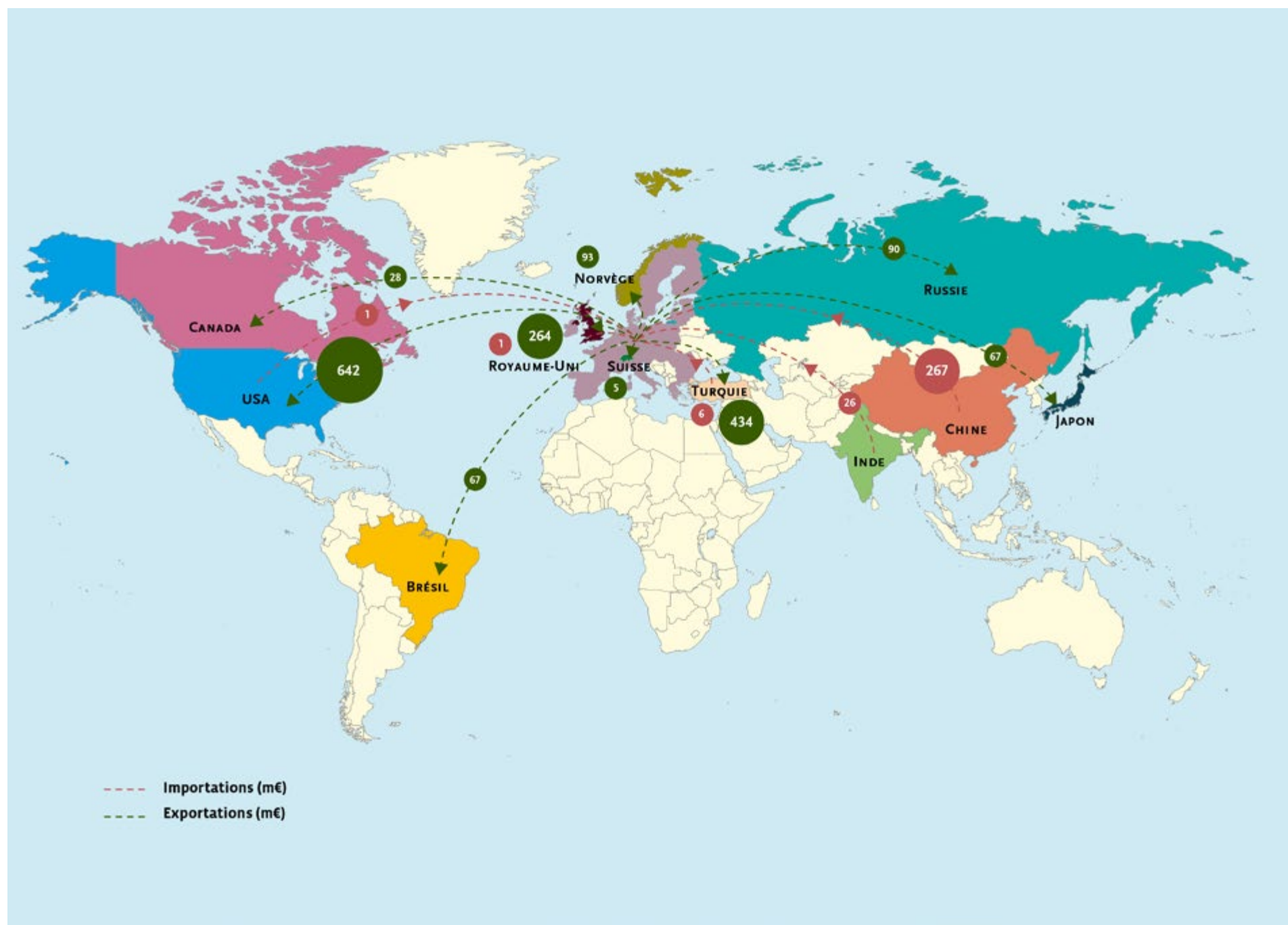
Échanges commerciaux de l'UE-27 (incluant les échanges intra-UE), 2020

	Importations (en millions €)	Exportations (en millions €)	Exportations nettes (en millions €)	Part des exportations mondiales de technologies énergétiques renouve- lables	Spéciali- sation des exportations (ACR)
Allemagne	77	2 116	2 039	30,1 %	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 %	0
Chypre	0	0	0	0,0 %	0
Luxembourg	0	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 %	39

Échanges commerciaux de l'UE-27 avec ses principaux partenaires, 2020

	Importations (en millions €)	Exportations (en millions €)	Exportations nettes (en millions €)	Part des exportations mondiales de technologies énergétiques renouve- lables	Spéciali- sation des exportations (ACR)
Chine	3	972	969	13,8 %	-4
Inde	1	171	170	2,4 %	17
Brésil	8	172	163	2,4 %	98
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

Échanges des principaux partenaires commerciaux de l'UE avec le reste du monde, 2020



PHOTOVOLTAÏQUE

Échanges commerciaux de l'UE-27 (incluant les échanges intra-UE), 2019

	Importations (en millions €)	Exportations (en millions €)	Exportations nettes (en millions €)	Part des exportations mondiales de technologies énergétiques renouve- lables	Spéciali- sation des exportations (ACR)
Luxembourg	61	63	1	0,1 %	0
Lettonie	3	1	-3	0,0 %	-95
Croatie	34	31	-3	0,1 %	-18
Malte	8	0	-8	0,0 %	-99
Irlande	28	18	-10	0,0 %	-89
Slovaquie	44	27	-17	0,1 %	-75
Slovénie	69	51	-18	0,1 %	0
Estonie	22	3	-19	0,0 %	-82
Chypre	20	0	-20	0,0 %	0
Lituanie	48	25	-23	0,1 %	-51
Danemark	62	27	-36	0,1 %	-79
Bulgarie	50	4	-46	0,0 %	-88
Finlande	54	7	-47	0,0 %	-89
Tchéquie	158	94	-63	0,2 %	-65
Grèce	75	5	-69	0,0 %	-86
Suède	122	47	-75	0,1 %	-75
Roumanie	125	4	-121	0,0 %	-93
France	637	514	-124	1,0 %	-44
Autriche	285	116	-169	0,2 %	-54
Portugal	420	237	-183	0,5 %	11
Hongrie	261	42	-218	0,1 %	-72
Belgique	306	81	-225	0,2 %	-77
Italie	537	310	-227	0,6 %	-59
Pologne	342	26	-317	0,1 %	-89
Allemagne	2 730	2 207	-523	4,4 %	-27
Pays-Bas	1 835	1 039	-797	2,1 %	-18
Espagne	1 339	55	-1 284	0,1 %	-84
Total UE-27	9 677	5 036	-4 641	10 %	-45

Échanges commerciaux de l'UE-27 avec ses principaux partenaires, 2019

	Importations (en millions €)	Exportations (en millions €)	Exportations nettes (en millions €)	Part des exportations mondiales de technologies énergétiques renouve- lables	Spéciali- sation des exportations (ACR)
Chine	6 392	21 072	14 680	41,8 %	45
Norvège	32	2	-31	0,0 %	-98
Japon	3 193	3 153	-40	6,3 %	20
Turquie	228	154	-74	0,3 %	-47
Suisse	190	112	-78	0,2 %	-71
Royaume-Uni	343	154	-189	0,3 %	-73
Canada	367	147	-220	0,3 %	-73
Russie	313	17	-296	0,0 %	-95
Brésil	1 018	3	-1 015	0,0 %	-98
Inde	2 195	247	-1 948	0,5 %	-51
États-Unis	7 525	1 942	-5 583	3,9 %	-35
Reste du monde	19 165	18 341	-922	36,4 %	10

Dans le secteur du photovoltaïque, la Chine confirme sa position dominante. En 2020, environ 41 % des exportations mondiales du secteur proviennent de Chine, puis du Japon (6 %), d'Allemagne (4 %) et enfin des États-Unis (4 %). L'Union européenne a atteint une part de 11 % des exportations en 2020. Le pourcentage est également très élevé pour la catégorie "Reste du monde" (37 % en 2020). Concernant les exportations nettes, la Chine et le Japon sont les seuls pays à enregistrer des valeurs très positives. Tous les autres pays de cette étude ont une balance commerciale négative 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. ■

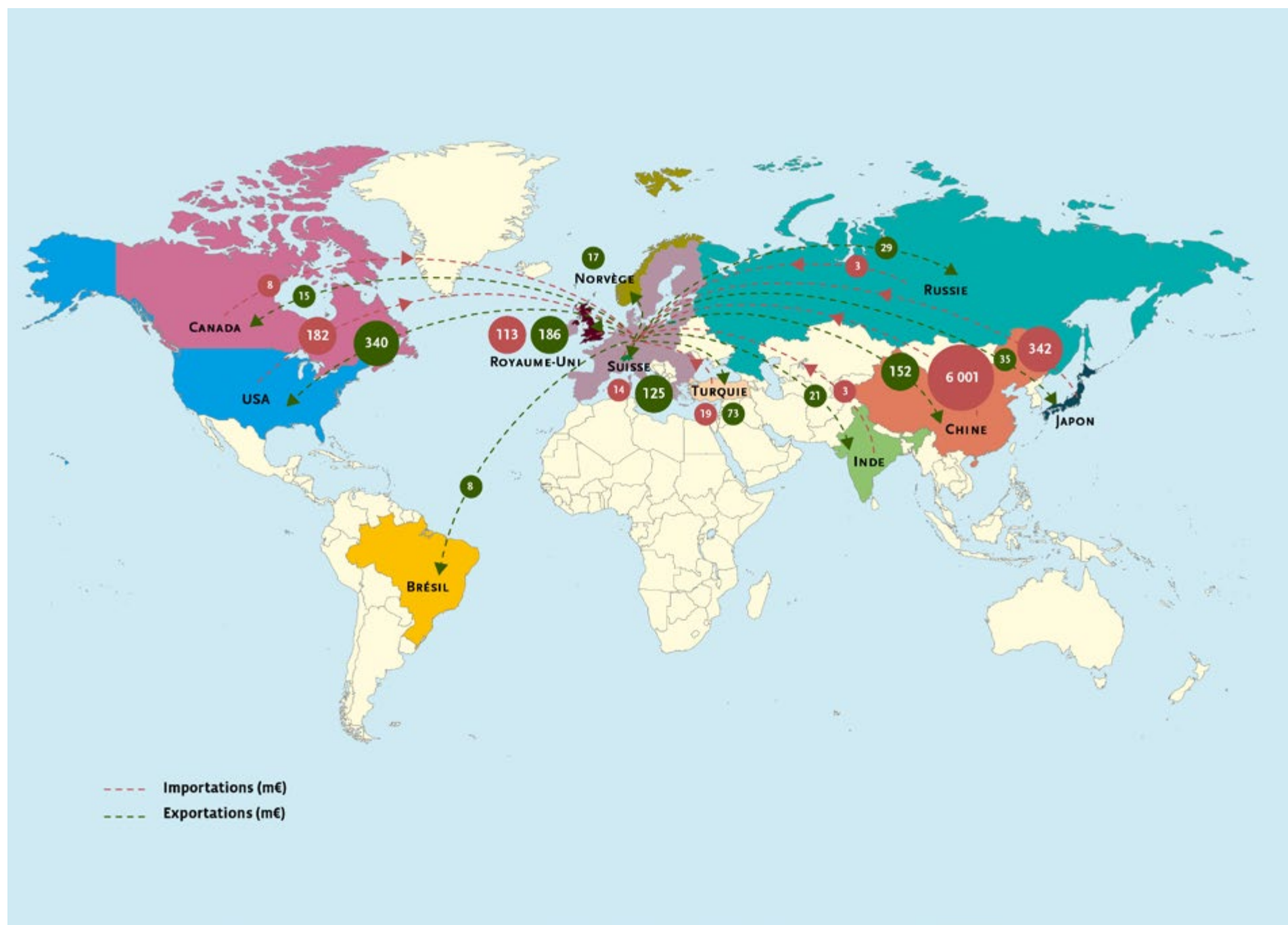
Échanges commerciaux de l'UE-27 (incluant les échanges intra-UE), 2020

	Importations (en millions €)	Exportations (en millions €)	Exportations nettes (en millions €)	Part des exportations mondiales de technologies énergétiques renouve- lables	Spéciali- sation des exportations (ACR)
Croatie	38	41	3	0,1 %	-9
Luxembourg	46	42	-4	0,1 %	0
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 %	0
Chypre	18	0	-18	0,0 %	0
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	2 733	2 124	-610	4,2 %	-28
Pologne	674	33	-640	0,1 %	-88
Pays-Bas	2 069	1 304	-765	2,6 %	-10
Espagne	1 015	167	-848	0,3 %	-63
Total UE-27	10 210	5 505	-4 705	11 %	-42

Échanges commerciaux de l'UE-27 avec ses principaux partenaires, 2020

	Importations (en millions €)	Exportations (en millions €)	Exportations nettes (en millions €)	Part des exportations mondiales de technologies énergétiques renouve- lables	Spéciali- sation des exportations (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 %	-50
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

Échanges des principaux partenaires commerciaux de l'UE avec le reste du monde, 2020



BIOCARBURANTS

Échanges commerciaux de l'UE-27 (incluant les échanges intra-UE), 2019

	Importations (en millions €)	Exportations (en millions €)	Exportations nettes (en millions €)	Part des exportations mondiales de technologies énergétiques renouve- lables	Spéciali- sation des exportations (ACR)
Hongrie	23	392	369	5,1 %	71
France	277	576	299	7,5 %	37
Belgique	114	257	143	3,3 %	28
Espagne	97	222	126	2,9 %	19
Pays-Bas	830	932	102	12,1 %	52
Autriche	31	94	63	1,2 %	11
Slovaquie	11	69	58	0,9 %	25
Bulgarie	12	39	27	0,5 %	41
Malte	0	0	0	0,0 %	0
Luxembourg	2	0	-2	0,0 %	0
Estonie	4	1	-3	0,0 %	-78
Chypre	4	0	-4	0,0 %	0
Slovénie	5	0	-4	0,0 %	0
Lettonie	12	4	-8	0,1 %	-19
Croatie	9	0	-8	0,0 %	-88
Lituanie	13	3	-10	0,0 %	-57
Portugal	17	2	-15	0,0 %	-82
Finlande	24	0	-24	0,0 %	0
Pologne	127	97	-30	1,3 %	-4
Grèce	30	0	-30	0,0 %	-98
Tchéquie	65	26	-39	0,3 %	-48
Irlande	47	1	-46	0,0 %	-97
Italie	118	49	-69	0,6 %	-58
Danemark	85	4	-81	0,1 %	-79
Suède	267	153	-114	2,0 %	34
Roumanie	117	1	-116	0,0 %	-92
Allemagne	927	289	-637	3,8 %	-33
Total UE-27	3 264	3 211	-53	4,2 %	14

Échanges commerciaux de l'UE-27 avec ses principaux partenaires, 2019

	Importations (en millions €)	Exportations (en millions €)	Exportations nettes (en millions €)	Part des exportations mondiales de technologies énergétiques renouve- lables	Spéciali- sation des exportations (ACR)
États-Unis	748	2 209	1 462	28,7 %	46
Brésil	587	891	305	11,6 %	75
Russie	1	46	46	0,6 %	-53
Chine	48	12	-36	0,2 %	-96
Norvège	38	0	-38	0,0 %	0
Turquie	57	4	-53	0,1 %	-86
Suisse	82	2	-80	0,0 %	-95
Inde	283	33	-250	0,4 %	-55
Japon	401	1	-400	0,0 %	-99
Royaume-Uni	521	120	-401	1,6 %	-21
Canada	503	93	-410	1,2 %	-30
Reste du monde	1 545	1 079	-465	14,0 %	-31

Dans le secteur des biocarburants (comprenant les alcools-éthylliques 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 2019 et 2020, 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, de la Bulgarie et des États-Unis. ■

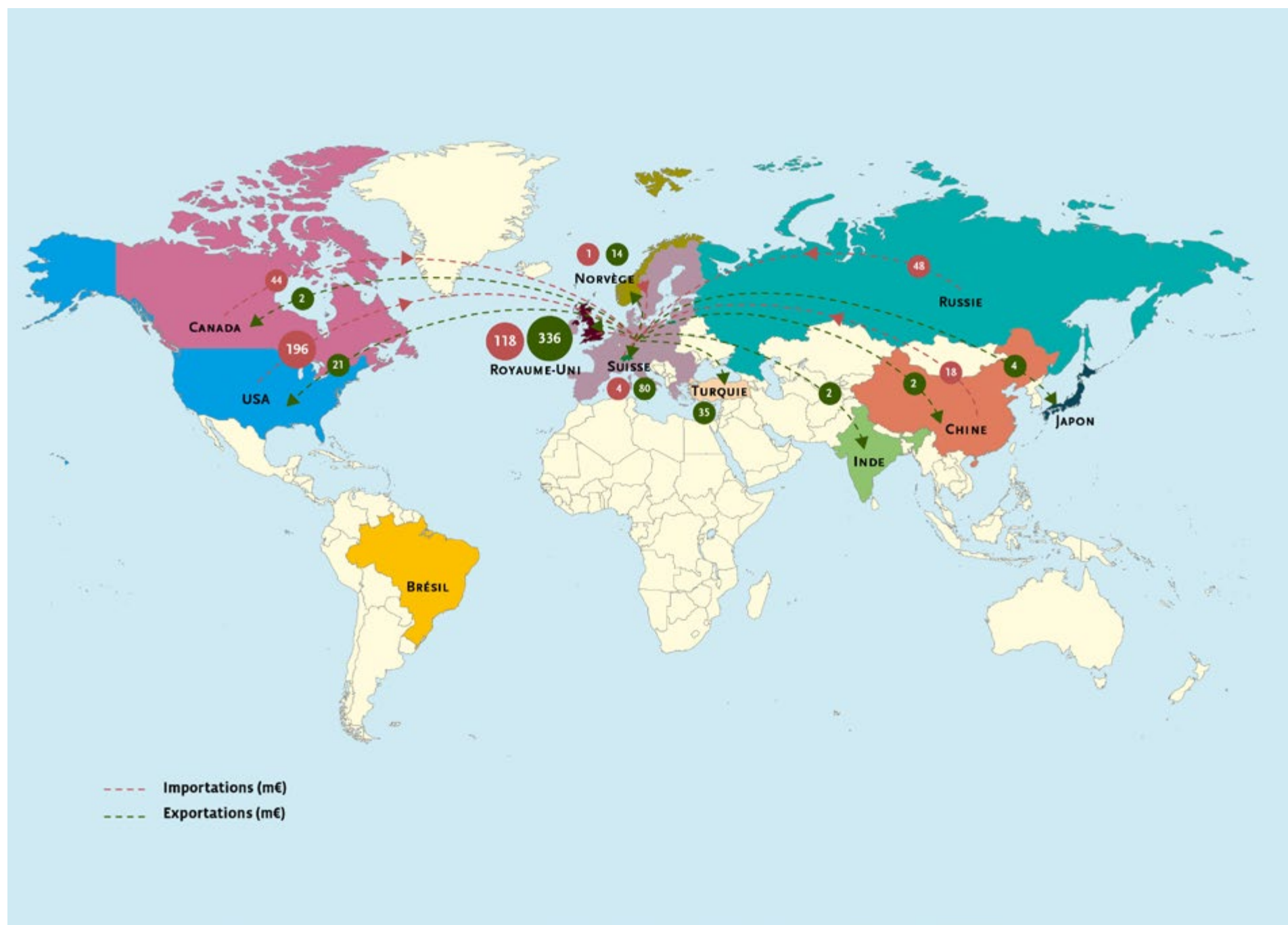
Échanges commerciaux de l'UE-27 (incluant les échanges intra-UE), 2020

	Importations (en millions €)	Exportations (en millions €)	Exportations nettes (en millions €)	Part des exportations mondiales de technologies énergétiques renouve- lables	Spéciali- sation des exportations (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 %	0
Pologne	166	163	-3	1,9 %	9
Chypre	3	0	-3	0,0 %	0
Slovénie	8	2	-6	0,0 %	0
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	0	-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	3 929	3 833	-96	44 %	15

Échanges commerciaux de l'UE27 avec leurs principaux partenaires, 2020

	Importations (en millions €)	Exportations (en millions €)	Exportations nettes (en millions €)	Part des exportations mondiales de technologies énergétiques renouve- lables	Spéciali- sation des exportations (ACR)
États-Unis	683	2 121	1 438	24,1 %	43
Brésil	401	1 043	642	11,8 %	99
Russie	1	55	54	0,6 %	-46
Chine	31	220	189	2,5 %	-66
Norvège	35	0	-35	0,0 %	0
Turquie	182	5	-177	0,1 %	-86
Suisse	106	6	-100	0,1 %	-89
Inde	269	95	-174	1,1 %	-18
Japon	468	1	-467	0,0 %	-99
Royaume-Uni	376	134	-242	1,5 %	-18
Canada	513	150	-364	1,7 %	-13
Reste du monde	1 787	1 143	-645	13,0 %	-35

Échanges des principaux partenaires commerciaux de l'UE avec le reste du monde, 2020



HYDROÉLECTRICITÉ

Échanges commerciaux de l'UE-27 (incluant les échanges intra-UE), 2019

	Importations (en millions €)	Exportations (en millions €)	Exportations nettes (en millions €)	Part des exportations mondiales de technologies énergétiques renouve- lables	Spéciali- sation des exportations (ACR)
Autriche	38	115	77	11,8 %	82
Italie	11	78	67	7,9 %	44
Allemagne	17	57	40	5,8 %	-10
Tchéquie	6	39	33	4,0 %	55
Slovénie	5	30	25	3,1 %	0
France	17	40	22	4,1 %	17
Espagne	5	22	17	2,2 %	13
Pologne	1	9	7	0,9 %	-15
Bulgarie	0	7	6	0,7 %	54
Pays-Bas	0	4	4	0,4 %	-69
Hongrie	0	3	3	0,3 %	-25
Roumanie	1	4	3	0,4 %	-2
Croatie	0	2	2	0,3 %	45
Finlande	1	2	0	0,2 %	-31
Danemark	0	0	0	0,0 %	-82
Estonie	0	0	0	0,0 %	0
Chypre	0	0	0	0,0 %	0
Malte	0	0	0	0,0 %	-79
Belgique	0	0	0	0,0 %	-93
Lituanie	0	0	0	0,0 %	-96
Irlande	1	0	0	0,0 %	-86
Slovaquie	0	0	0	0,0 %	-100
Grèce	1	0	-1	0,0 %	-95
Luxembourg	2	0	-1	0,0 %	0
Lettonie	5	0	-5	0,0 %	-95
Portugal	10	4	-6	0,4 %	9
Suède	18	0	-17	0,0 %	-84
Total UE-27	141	417	275	43 %	19

Échanges commerciaux de l'UE-27 avec ses principaux partenaires, 2019

	Importations (en millions €)	Exportations (en millions €)	Exportations nettes (en millions €)	Part des exportations mondiales de technologies énergétiques renouve- lables	Spéciali- sation des exportations (ACR)
Chine	2	210	208	21,4 %	24
Inde	8	52	44	5,3 %	48
Brésil	5	45	40	4,6 %	56
Japon	8	19	12	2,0 %	-24
Royaume-Uni	8	10	3	1,0 %	-33
États-Unis	38	30	-8	3,1 %	-40
Suisse	25	14	-11	1,4 %	-4
Norvège	22	3	-19	0,3 %	-17
Turquie	35	7	-28	0,7 %	-9
Canada	46	14	-32	1,4 %	-18
Russie	64	6	-58	0,6 %	-48
Reste du monde	472	46	-425	4,7 %	-63

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 Slovénie (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 de l'Inde et du Brésil, qui affichent tous deux des valeurs comparables pour leur taille (6 %

et 5 % respectivement). Par ailleurs, la Suisse affiche une part plutôt élevée malgré sa taille, en exportant à peine plus de produits liés à l'hydroélectricité que le Brésil. 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 Slovénie, la France et l'Espagne. Toutefois, c'est la Chine qui présente la valeur la plus élevée à l'échelle mondiale. Les États-Unis ont une balance commerciale négative. Les valeurs de spécialisation révèlent une situation assez favorable pour l'Europe, où huit États membres

présentent un ACR positif. Le Brésil est toutefois le pays le plus spécialisé 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. ■

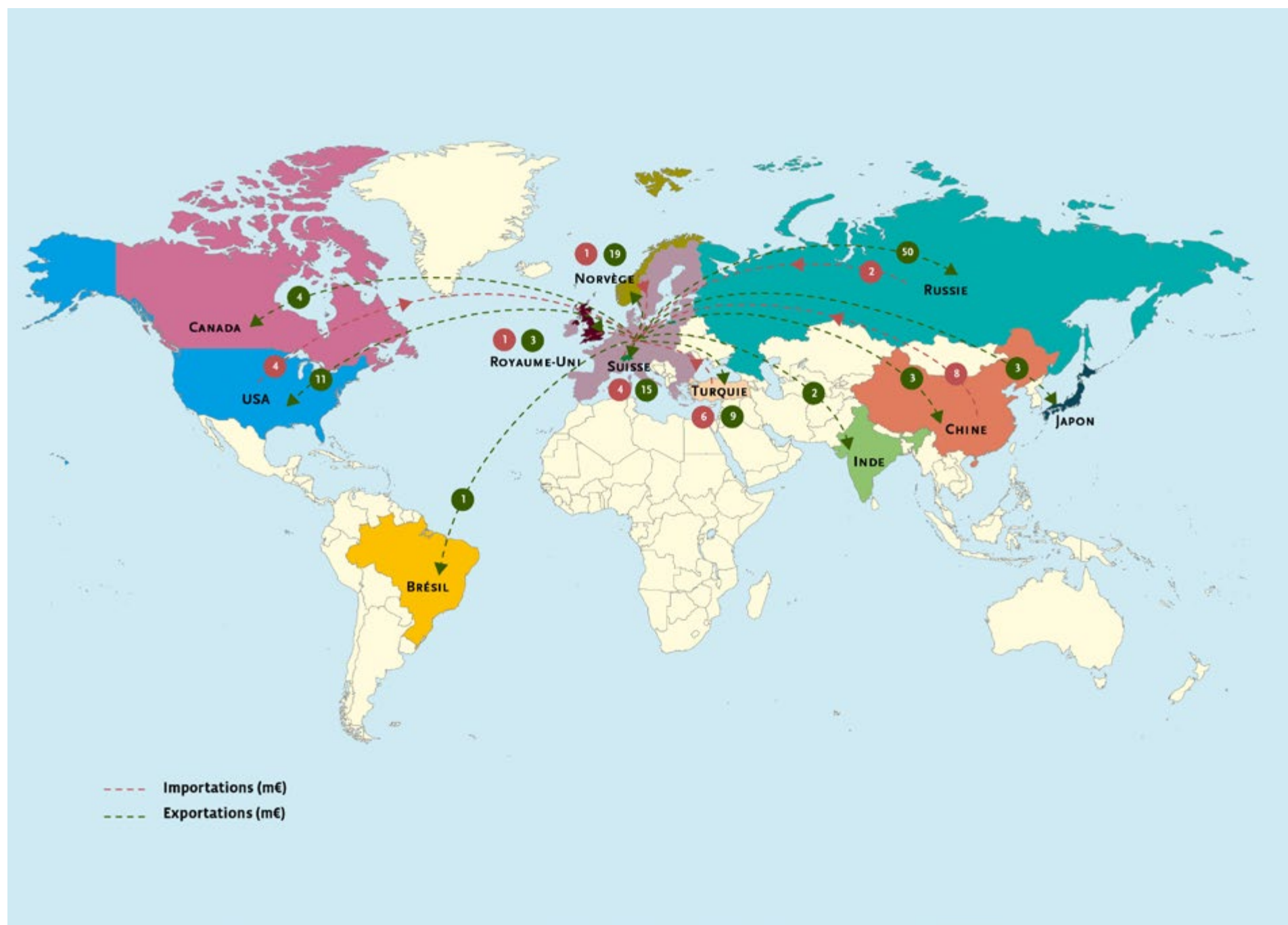
Échanges commerciaux de l'UE-27 (incluant les échanges intra-UE), 2020

	Importations (en millions €)	Exportations (en millions €)	Exportations nettes (en millions €)	Part des exportations mondiales de technologies énergétiques renouve- lables	Spéciali- sation des exportations (ACR)
Autriche	36	106	70	11,9 %	82
Italie	7	50	43	5,6 %	33
Allemagne	12	61	50	6,9 %	-2
Tchéquie	6	41	35	4,6 %	58
Slovénie	6	24	18	2,7 %	0
France	19	30	11	3,3 %	12
Espagne	4	16	12	1,8 %	6
Pologne	0	8	8	0,9 %	-17
Bulgarie	2	10	8	1,1 %	68
Pays-Bas	0	2	2	0,3 %	-77
Hongrie	0	2	1	0,2 %	-50
Roumanie	5	1	-4	0,1 %	-50
Croatie	0	2	2	0,2 %	39
Finlande	3	3	0	0,3 %	-1
Danemark	0	0	0	0,1 %	-77
Estonie	0	0	0	0,0 %	0
Chypre	0	0	0	0,0 %	0
Malte	0	0	0	0,0 %	-100
Belgique	0	0	0	0,1 %	-89
Lituanie	1	1	0	0,1 %	-43
Irlande	0	0	0	0,0 %	-100
Slovaquie	0	0	0	0,0 %	-98
Grèce	3	0	-3	0,0 %	-90
Luxembourg	1	0	0	0,0 %	0
Lettonie	6	0	-6	0,0 %	-97
Portugal	5	2	-2	0,3 %	-6
Suède	7	3	-3	0,4 %	-31
Total UE-27	124	364	241	41 %	18

Échanges commerciaux de l'UE-27 avec ses principaux partenaires, 2020

	Importations (en millions €)	Exportations (en millions €)	Exportations nettes (en millions €)	Part des exportations mondiales de technologies énergétiques renouve- lables	Spéciali- sation des exportations (ACR)
Chine	2	166	164	18,6 %	14
Inde	5	54	50	6,1 %	56
Brésil	2	40	38	4,5 %	99
Japon	13	4	-8	0,5 %	-68
Royaume-Uni	11	7	-3	0,8 %	-37
États-Unis	39	34	-5	3,8 %	-28
Suisse	16	41	25	4,6 %	42
Norvège	25	2	-22	0,3 %	-19
Turquie	23	9	-13	1,1 %	8
Canada	20	13	-8	1,4 %	-15
Russie	68	8	-61	0,8 %	-30
Reste du monde	405	37	-368	4,2 %	-66

Échanges des principaux partenaires commerciaux de l'UE avec le reste du monde, 2020



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 photovoltaïque, la part des exportations mondiales de l'Union européenne est faible (11 %) par rapport à celle de la Chine (41 %). Dans l'éolien, les principaux concurrents sont l'Allemagne et le Danemark, mais aussi les Pays-Bas et l'Espagne, qui jouent un rôle majeur sur les marchés à l'exportation, au niveau mondial. Ces quatre pays totalisent environ 80 % des exportations mondiales. Le rôle de la Chine dans les exportations de technologie éolienne a pris de l'ampleur ces dernières années, avec une part des exportations mondiales comparable à celle des Pays-Bas (14 %) et des

exportations nettes qui la mettent en troisième place derrière l'Allemagne et le Danemark.

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 2020. 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>)
- Bloomberg (www.bloomberg.com)
- BNEF – Bloomberg New Energy Finance (<https://about.bnef.com>)
- Cewep – Confederation of European Waste-to-Energy Plants (www.cewep.eu)
- EBA – European Biogas Association (www.european-biogas.eu)
- EBB – European Biodiesel Board (www.ebb-eu.org)
- Egec – European Geothermal Energy Council (www.egec.org)
- Ehpa – European Heat Pump Association (www.ehpa.org)
- Ocean Energy Europe (www.oceanenergy-europe.eu)
- Eurostat – Statistique européenne/European Statistics (www.ec.europa.eu/eurostat/fr)
- Eurostat Shares (Short Assessment of Renewable Energy Sources) (<https://ec.europa.eu/eurostat/fr/web/energy/data/shares>)
- WindEurope (<https://windeurope.org>) anciennement Ewea
- 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

- IG Windkraft – Austrian Wind Energy Association (www.igwindkraft.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)
- Apere – Renewable Energies Association (www.apere.org)
- 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)

CROATIE

- Croatian Bureau of Statistics (www.dzs.hr/default_e.htm)
- HROTE – Croatian Energy Market Operator (www.hrote.hr)

DANEMARK

- Danish Wind Industry Association (<https://en.winddenmark.dk>)
- 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)

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)
- VTT – Technical Research Centre of Finland (www.vtt.fi)

FRANCE

- Ademe – Environment and Energy Efficiency Agency (www.ademe.fr)
- Afpac – French Heat Pump Association (www.afpac.org)
- AFPG – Geothermal French Association (www.afpg.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 (<https://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, aéroluques et frigorifiques (www.uniclimate.fr/)

GRÈCE

- Cres – Center for Renewable Energy Sources and Saving (www.cres.gr)
- Deddie – Hellenic Electricity Distribution Network Operator S.A. (www.deddie.gr)
- Ebhe – Greek Solar Industry Association (www.ebhe.gr)
- Helapco – Hellenic Association of Photovoltaic Companies (www.helapco.gr)
- HWEA – Hellenic Wind Energy Association (www.eletaen.gr)
- Ministry of Environment and Energy and Climate Change (<https://ypen.gov.gr/>)
- Energy Centre – Energy Efficiency, Environment and Energy Information Agency (www.energycentre.hu)

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 (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)
- 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 SOCIO-ÉCONOMIQUES

- Advancefuel 2020: Total system costs of RESfuel scenarios and the employment impacts of biofuel production. <http://www.advancefuel.eu/contents/reports/d63-socioeconomic-analysis-final.pdf>
- 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/>
- WindEurope 2021: Financing and investment trends. The European wind industry in 2020, published April 2021, <https://windeurope.org/intelligence-platform/product/financing-and-investment-trends-2020/>

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.

RÉFÉRENCES POUR LES CONSOMMATIONS DE COMBUSTIBLES FOSSILES, LES COÛTS RÉSULTANTS ET LES ÉMISSIONS DE GES ÉVITÉS

- 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>
- 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)

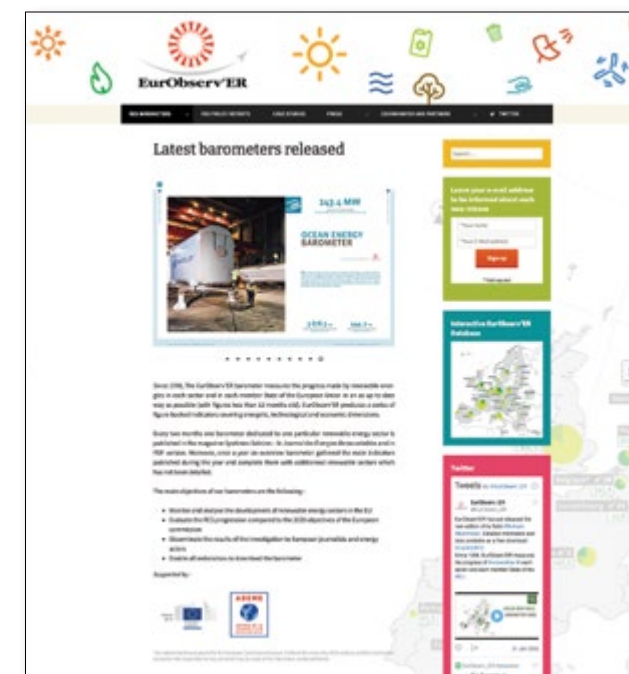
RÉFÉRENCES POUR LES INDICATEURS SUR L'INNOVATION ET LA COMPÉTITIVITÉ

- Aghion, P./Howitt, P. (1993): A model of growth through creative destruction. In: Foray, D./Freeman, C. (eds.): Technology and the wealth of Nations. London: Pinter Publisher, 145-172.
- 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. <https://www.cooperativepatentclassification.org/cpcSchemeAndDefinitions>
- 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.
- 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>
- Freeman, C. (1982): The Economics of Industrial Innovation. London: Pinter Publishers.
- Grupp, H. (1998): Foundations of the Economics of Innovation - Theory, Measurement and Practice. Cheltenham: Edward Elgar.
- IEA. International Energy Agency RD&D Online Data Service. <http://www.iea.org/statistics/RDDonlinedataservice/>
- Krugman, P. (1979): A Model of Innovation, Technology Transfer, and the World Distribution of Income, Journal of Political Economy, 87, 253-266.
- Leamer, E.E. (1980): The Leontief Paradox, Reconsidered, Journal of Political Economy, 88, 495-503.
- Leontief, W. (1953): Domestic Production and Foreign Trade; The American Capital Position Re-Examined, Proceedings of the American Philosophical Society, 97, 332-349.
- Nelson, R.R./Romer, P.M. (1996): Science, Economic Growth, and Public Policy. In: Smith, B.L.R./Barfield, C.E. (eds.): Technology, R&D, and the Economy. Washington D.C.: The Brookings Institution.
- 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 Patsat. 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.
- Romer, P.M. (1990): Endogenous Technological Change, Journal of Political Economy, 98, S71-S102.
- Vernon, R. (1966): International Investment and International Trade in the Product Cycle, Quarterly Journal of Economics, 80, 190-207.
- Vernon, R. (1979): The Product Cycle Hypothesis in a New International Environment, Oxford Bulletin of Economics & Statistics, 41, 255-267.

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 73 53

E-mail : diane.lescot@energies-renouvelables.org

Internet : www.energies-renouvelables.org

Planning des baromètres thématiques EurObserv'ER pour 2022

Éolien	>> Mars 2022
Photovoltaïque	>> Avril 2022
Solaire thermique	>> Juin 2022
Énergies marines renouvelables	>> Septembre 2022
Énergies renouvelables dans les transports	>> Novembre 2022
Biomasse solide	>> Décembre 2022



Directeur de la publication : Vincent Jacques le Seigneur

Rédacteur en chef adjoint : Diane Lescot

Coordination éditoriale : Romain David

Rédacteurs : Observ'ER (FR), ECN part of TNO (NL), RENAC (DE), Frankfurt School of Finance and Management (DE), Fraunhofer ISI (DE) 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 : Jan Arne Wold - Woldcam - Statoil

ISSN 2824-3870



OBSERV'ER

146, rue de l'Université

F-75007 Paris

Tél. : +33 (0)1 44 18 00 80

www.energies-renouvelables.org

