



La centrale électrique japonaise Mikawa Power Plant est la première centrale biomasse solide équipée avec un système de captage et stockage du carbone (BECS). La centrale utilise des coques de noix de palme comme principale source de combustible.



+ 2,2 %

L'évolution de la consommation d'énergie primaire de biomasse solide dans l'UE à 28 entre 2018 et 2019

BAROMÈTRE BIOMASSE SOLIDE

Une étude réalisée par EurObserv'ER.



L'année 2019 a été marquée par une croissance plus significative de la consommation d'énergie biomasse solide. Selon EurObserv'ER, dans les pays de l'UE à 28, elle a atteint 102,6 Mtep en 2019, soit une croissance de 2,2 %. Sans le Royaume-Uni, la consommation s'élève à 94,5 Mtep, un chiffre en croissance de 1,8 %. Cette augmentation s'explique à la fois par une hausse sensible de la production d'électricité de quelques pays mais également par une augmentation de la consommation de chaleur de l'ordre 1,1 %, avec ou sans le Royaume-Uni.

106,0 TWh

La production d'électricité biomasse solide de l'UE à 28 en 2019

80,4 Mtep

La consommation de chaleur biomasse solide de l'UE à 28 en 2019



La production de biochar à des fins de stockage de carbone ouvre potentiellement un nouveau secteur d'activité aux acteurs des bioénergies.

La biomasse solide rassemble l'ensemble des composants solides d'origine biologique destinés à être utilisés comme combustibles. Cela regroupe le bois, les déchets de bois (copeaux, sciures...), les liqueurs noires de l'industrie papetière, la paille, la bagasse, les déchets animaux et autres matières et résidus végétaux solides, y compris la part renouvelable des déchets industriels solides. La valorisation énergétique de ces matières est essentiellement orientée vers des fins de production de chaleur et d'électricité. Le charbon de bois est également inclus dans la biomasse solide mais fait l'objet d'une comptabilité séparée et n'est pas inclus dans les indicateurs de ce baromètre qui traite donc de biomasse solide, hors charbon de bois. À titre d'indication, la consommation d'énergie finale de charbon de bois de l'Union européenne est de l'ordre de 400 ktep. La biomasse lignocellulosique (paille de céréales, résidus forestiers, etc.) peut également être valorisée sous forme de biocarburant liquide de 2^e génération ou de gaz, comme l'hydrogène ou

le méthane. Le biogaz provenant de procédés thermiques actuellement recensés dans 4 pays de l'Union européenne (Finlande, Espagne, Italie, Belgique) représentait une production de l'ordre de 164,7 ktep en 2019. Cette production est affiliée à la production de biogaz et n'est donc pas comptabilisée dans les indicateurs énergétiques de biomasse solide.

UN CONTEXTE CLIMATIQUE IMPACTANT L'ÉVOLUTION DE LA CONSOMMATION

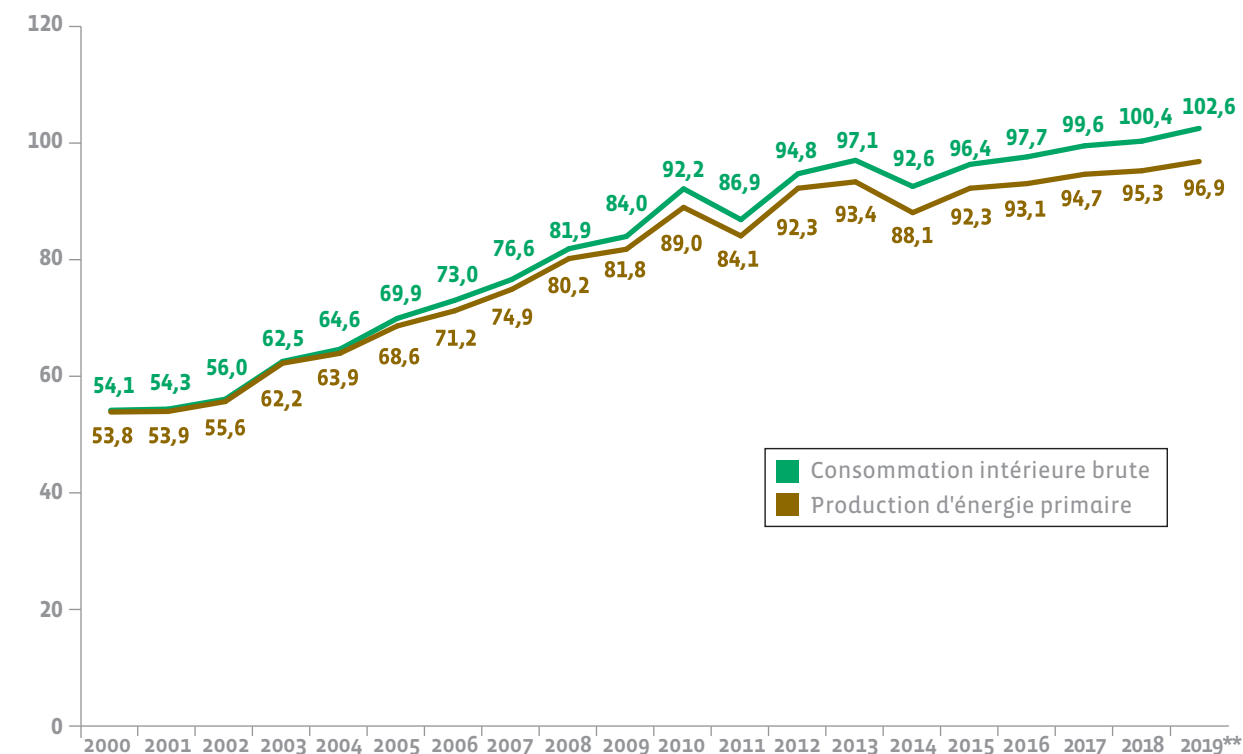
L'évolution de la consommation d'énergie biomasse solide de l'Union européenne est dépendante de deux grands axes : la fourniture de chaleur et la fourniture d'électricité. L'évolution de l'approvisionnement en chaleur, qui demeure la principale valorisation de l'énergie biomasse, est particulièrement sensible au climat durant la saison de chauffage. Le changement climatique a été particulièrement impactant ces dernières années sur la filière biomasse solide et

continuera à l'impacter dans les années à venir. Cette situation diminue la lisibilité des actions des pouvoirs visant à favoriser l'utilisation de la biomasse solide à des fins de chaleur. Également, les progrès technologiques qui améliorent l'efficacité, les rendements de combustion des appareils de chauffage domestique mais aussi des centrales et des chaufferies alimentant les réseaux de chaleur qui ne sont pas mis en avant par les indicateurs énergétiques de production de chaleur. Selon l'Organisation météorologique mondiale, le changement climatique a continué sa progression inexorable pendant les années 2019 et 2020. 2020 est en passe de devenir l'une des trois années les plus chaudes jamais constatées et les six années écoulées depuis 2015 sont les plus chaudes qui ont été enregistrées. Toujours selon le rapport provisoire de l'état du climat mondial de l'OMM, malgré le confinement lié à la Covid-19, les concentrations de gaz à effet de serre ne cessent d'augmenter.

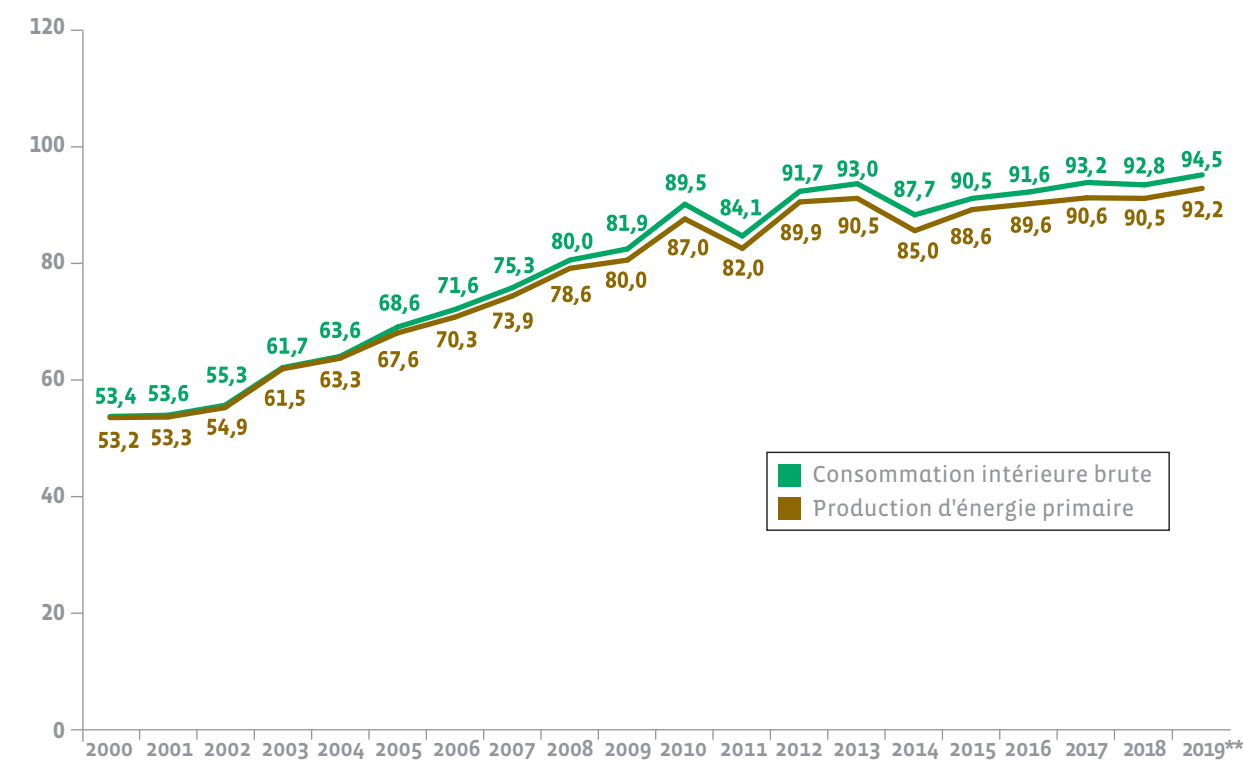


Graph. n° 1

Évolution de la production d'énergie primaire et de la consommation intérieure de biomasse solide* dans les pays de l'Union européenne à 28 depuis 2000 (en Mtep)



Évolution de la production d'énergie primaire et de la consommation intérieure de biomasse solide* dans les pays de l'Union européenne à 27 depuis 2000 (en Mtep)



* Hors charbon de bois. ** Estimation. Sources : années 2000-2016 Eurostat, années 2017, 2018 et 2019 EurObserv'ER.

La longue vie du CO₂ dans l’atmosphère condamne ainsi de nombreuses générations futures à subir un réchauffement supplémentaire. En Europe, l’hiver 2018-2019 a de nouveau été marqué par la douceur. Mis à part un mois de janvier 2019 conforme aux normales saisonnières, les températures ont été nettement

supérieures à la moyenne dès le mois de février et ce jusqu’à la fin de la période hivernale. Selon le programme européen Copernicus, en Europe toutes les saisons ont été plus chaudes que la normale en 2019, avec trois périodes exceptionnelles survenues en février, juin et juillet. L’hiver 2019-2020 a malheureusement été

bien plus doux. Toujours selon le service Copernicus pour le changement climatique, l’hiver 2019-2020 a été le plus chaud jamais enregistré en Europe, en particulier dans le Nord et l’Est, 3,4 °C plus chaud que l’hiver moyen pour la période 1981-2010. Des douceurs exceptionnelles ont été enregistrées du côté de la Baltique avec de très fortes anomalies de températures. Cette situation augure une baisse sensible de la consommation de biomasse solide à des fins de chauffage pour l’année 2020, d’autant plus que les températures sont restées particulièrement clémentes en Europe dans les derniers mois de l’année. Ainsi, le mois de novembre 2020 est en moyenne l’un des deux plus chauds jamais observés en Europe. Des conséquences sont donc à prévoir dans le cadre des objectifs énergies renouvelables 2020 des États membres, dans un contexte énergétique qui de toute façon sera très fortement impacté par les deux grandes vagues de l’épidémie de la Covid-19 du printemps et de l’automne.

LA BARRE DES 100 MTEP DÉPASSÉE POUR L’UE À 28

Selon EurObserv’ER, qui s’appuie sur les données officielles disponibles début décembre 2020, la consommation d’énergie primaire biomasse solide de l’UE à 28 a en 2019 nettement franchi le seuil des 100 Mtep avec 102,6 Mtep, soit une augmentation de la consommation de 2,2 % par rapport à 2018. Les consolidations statistiques opérées par quelques pays (dont l’Allemagne, le Royaume-Uni, le Danemark, les Pays-Bas...) indiquent que finalement le seuil des 100 Mtep avait tout juste été franchi en 2018 avec une consommation mesurée à 100,4 Mtep. Point révélateur, les sept premiers pays consommateurs de biomasse solide ont tous vu augmenter leur consommation. Les augmentations les plus significatives sont à mettre au crédit du Royaume-Uni (+ 509 ktep), des Pays-Bas (+ 354 ktep), de la Suède (+ 272 ktep), de la Pologne (+ 249 ktep), de l’Italie (+ 230 ktep), de la République tchèque (+ 267 ktep), de l’Allemagne (+ 131 ktep) et de la Finlande (+ 125 ktep), souvent liées avec une augmentation de la production d’électricité. Sans le Royaume-Uni, qui a officiellement quitté l’Union européenne le 31 janvier 2020, la consommation des

Tabl. n° 1

Production d’énergie primaire et consommation intérieure brute de biomasse solide* dans les pays de l’Union européenne en 2018 et en 2019** (en Mtep)

	2018		2019**	
	Production	Consommation	Production	Consommation
Allemagne	12,420	12,790	12,778	12,922
France***	10,246	10,341	10,194	10,411
Suède	9,223	9,312	9,458	9,583
Finlande	8,852	8,881	8,949	9,006
Italie	7,066	8,511	7,256	8,741
Royaume-Uni	4,745	7,589	4,710	8,099
Pologne	6,147	6,347	6,208	6,596
Espagne	5,441	5,441	5,528	5,528
Autriche	4,617	4,633	4,621	4,568
Roumanie	3,443	3,463	3,443	3,447
République tchèque	3,070	2,981	3,370	3,247
Danemark	1,631	3,094	1,554	3,049
Portugal	2,648	2,429	2,830	2,537
Hongrie	2,132	2,151	2,058	2,068
Belgique	1,228	2,000	1,198	1,880
Pays-Bas	1,342	1,199	1,440	1,553
Bulgarie	1,524	1,441	1,620	1,524
Lettonie	2,445	1,494	2,451	1,489
Croatie	1,496	1,259	1,572	1,331
Lituanie	1,286	1,285	1,247	1,262
Estonie	1,648	1,036	1,803	1,084
Slovaquie	0,908	0,889	0,884	0,884
Grèce	0,782	0,834	0,771	0,810
Slovénie	0,567	0,567	0,565	0,565
Irlande	0,250	0,273	0,237	0,262
Luxembourg	0,106	0,107	0,128	0,124
Chypre	0,023	0,024	0,023	0,024
Malte	0,000	0,001	0,000	0,002
Total UE 28	95,285	100,371	96,896	102,596
Total UE 27 (depuis 2020)	90,540	92,782	92,186	94,498
* Hors charbon de bois. ** Estimation. *** DOM inclus pour la France. Source : EurObserv’ER 2020.				

pays membres s’est établie à 94,5 Mtep en 2019 (92,2 Mtep en 2018), en augmentation de 1,8 % par rapport à 2018. La production d’énergie primaire d’origine biomasse solide, qui correspond à la biomasse solide prélevée sur le sol de l’Union européenne, augmente également mais moins rapidement que la consommation. Elle atteint 96,9 Mtep

dans l’UE à 28 (+ 1,7 % par rapport à 2018) et 92,2 Mtep dans l’UE à 27 (+ 1,8 % par rapport à 2018). 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 et de Russie.

EurObserv’ER distingue les 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

Tabl. n° 2

Production brute d’électricité à partir de biomasse solide* de l’Union européenne en 2018 et en 2019** (en TWh)

	2018			2019**		
	Électricité seule	Cogénération	Total	Électricité seule	Cogénération	Total
Royaume-Uni	23,115	0,655	23,770	25,046	0,889	25,935
Finlande	1,429	10,392	11,821	1,318	10,999	12,317
Suède	0,000	10,195	10,195	0,000	11,129	11,129
Allemagne	5,500	5,700	11,200	5,100	6,000	11,100
Pologne	1,500	3,833	5,333	1,584	4,663	6,247
Danemark	0,000	4,417	4,417	0,000	4,353	4,353
Italie	2,168	2,024	4,191	2,129	2,068	4,197
Espagne	3,289	0,932	4,221	3,009	0,876	3,885
France***	0,557	3,249	3,806	0,506	3,377	3,884
Autriche	0,985	2,981	3,966	0,783	2,993	3,775
Belgique	2,177	1,307	3,484	1,990	1,302	3,292
Pays-Bas	0,434	1,078	1,512	0,878	1,960	2,838
Portugal	0,840	1,717	2,557	1,040	1,709	2,749
République tchèque	0,003	2,118	2,121	0,002	2,397	2,399
Hongrie	1,103	0,696	1,799	1,094	0,690	1,784
Bulgarie	0,721	0,559	1,280	0,877	0,679	1,556
Estonie	0,271	0,952	1,223	0,279	0,982	1,261
Slovaquie	0,000	1,070	1,070	0,000	0,801	0,801
Lettonie	0,000	0,570	0,570	0,000	0,575	0,575
Croatie	0,000	0,313	0,313	0,000	0,487	0,487
Roumanie	0,021	0,346	0,367	0,023	0,375	0,398
Irlande	0,321	0,013	0,334	0,329	0,017	0,346
Lituanie	0,000	0,355	0,355	0,000	0,331	0,331
Luxembourg	0,047	0,095	0,142	0,047	0,159	0,206
Slovénie	0,000	0,142	0,142	0,000	0,151	0,151
Grèce	0,012	0,000	0,012	0,009	0,016	0,024
Total UE 28	44,494	55,708	100,202	46,043	59,976	106,019
Total UE 27 (depuis 2020)	21,379	55,052	76,432	20,997	59,087	80,084
* Hors charbon de bois. ** Estimation. *** DOM inclus pour la France. Source : EurObserv’ER 2020.						



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 ou industriel) (tableau 4). Selon EurObserv'ER, la consommation de chaleur biomasse solide directement utilisée par le consommateur final est, à l'échelle de l'UE à 28, en légère augmentation (+ 0,6 % par rapport à 2018), pour atteindre 68,9 Mtep en 2019. Elle est du même ordre dans l'UE à 27 (+ 0,5 %), pour atteindre cette fois 65,8 Mtep. Cette augmentation s'explique notamment par une augmentation de la consommation de granulés de bois (voir ci-dessous). La chaleur biomasse solide vendue dans les réseaux de chaleur (issue du secteur de la transformation) a augmenté en 2019 d'un peu plus d'un demi-million de tep pour atteindre 11,5 Mtep dans l'UE à 28 et 11,4 Mtep dans l'UE à 27, liée notamment à la mise en œuvre de nouvelles unités fonctionnant en cogénération (Pays-Bas, France) et à une activité plus importante en Finlande et au Danemark. L'évolution de la production d'électricité

biomasse solide est, quant à elle, liée en grande partie à la politique de certains pays membres de se désengager du charbon en convertissant ou en adaptant tout ou partie de leurs centrales électriques (ou unités de cogénération) avec des combustibles biomasse solides (granulés, plaquettes forestières, etc.). Cette évolution s'explique également par les variations de la demande dans les pays du nord de l'Europe, qui sollicite les centrales biomasse fonctionnant en cogénération. À l'échelle de l'Union européenne à 28, la production d'électricité biomasse a été mesurée à 106 TWh en 2019, en augmentation de 5,8 % par rapport à 2018 (+ 5,8 TWh). Sans le Royaume-Uni, qui est le pays le plus actif en la matière, la production de l'UE à 27 s'établit à 80,1 TWh (+ 3,7 TWh) en croissance cette fois de 4,8 % par rapport à 2018. Les augmentations les plus significatives sont à mettre au crédit du Royaume-Uni (+ 2,2 TWh), des Pays-Bas (+ 1,3 TWh), de la Suède (+ 0,9 TWh), de la Pologne (+ 0,9 TWh) et de la Finlande (+ 0,5 TWh).

UNE CONSOMMATION DE GRANULÉS DE BOIS EN HAUSSE

Selon les données de l'EPC (European Pellet Council) publiées dans le rapport statistique 2020 spécial granulés de bois de Bioenergy Europe, la consommation de granulés de bois de l'Union européenne des 28 a continué d'augmenter en 2019. Elle atteint 27,7 millions de tonnes (Mt), soit une consommation supplémentaire de 1,8 Mt (+ 6,8 % entre 2018 et 2019). Le rapport précise que l'Union européenne à 28 demeure le plus gros utilisateur de granulés au monde. La consommation mondiale est estimée à 37,2 Mt, en augmentation de 7 %. La production de l'UE à 28, quant à elle, est de 17,7 Mt dont 2,8 Mt en Allemagne (+ 16,8 %), 1,6 Mt en Suède (- 11,4 %), 1,6 Mt en Lettonie (+ 1,9 %) et 1,6 Mt en France (+ 6,7 %). L'essentiel des importations hors UE 28 provient des États-Unis, du Canada, de Russie et des autres pays européens non membres de l'UE. Le top 5 des pays européens consommateurs de granulés de bois sont le Royaume-Uni avec 9,2 Mt

(+ 8,2 %), l'Italie avec 3,4 Mt (+ 9,8 %), le Danemark avec 3 Mt (- 6,4 %), l'Allemagne 2,3 Mt (+ 5 %) et la France avec 1,8 Mt (+ 15,4 %). La croissance de la consommation de granulés dans le secteur résidentiel et commercial a été moindre qu'en 2018 pour deux principales raisons. Les besoins énergétiques de la saison de chauffage 2018-2019 ont été du même ordre que ceux de la saison de chauffage 2017-2018 dans la plupart des zones européennes. Par contre, la saison de chauffage 2019-2020 a été marquée par

une très faible demande en énergie. Deuxièmement, selon le rapport, les ventes d'appareils de chauffage à granulés n'ont pas augmenté de manière spectaculaire en Europe. L'Italie et la France restent cependant les deux pays les plus dynamiques sur le segment de marché du résidentiel/commercial. La consommation de granulés pour les besoins de chaleur (secteurs résidentiel et commercial, et chaleur issue des unités fonctionnant en cogénération) a augmenté de 4,6 % entre 2018 et 2019 pour atteindre 16,4 Mt. Les principaux pays

consommateurs sont l'Italie (3,4 Mt), le Danemark (2,3 Mt), l'Allemagne (2,3 Mt), et la France (1,8 Mt). L'utilisation des granulés de bois destinés au chauffage est différente selon les pays. En Italie et en France, l'essentiel est destiné au chauffage résidentiel, au Danemark, un peu moins de 60 % est destiné aux unités de chauffage fonctionnant en cogénération, et un peu moins de 40 % au chauffage résidentiel. En Allemagne, plus de 70 % est destiné au chauffage

Tabl. n° 3

Production brute de chaleur à partir de biomasse solide* de l'Union européenne en 2018 et en 2019** (en Mtep) dans le secteur de la transformation

	2017			2018		
	Électricité seule	Cogénération	Total	Électricité seule	Cogénération	Total
Suède	0,685	1,799	2,484	0,662	1,823	2,485
Finlande	0,691	0,903	1,594	0,747	0,894	1,641
Danemark	0,498	0,866	1,363	0,493	0,927	1,420
France***	0,574	0,552	1,126	0,600	0,613	1,213
Autriche	0,541	0,353	0,894	0,536	0,357	0,893
Allemagne	0,150	0,423	0,573	0,155	0,437	0,592
Lituanie	0,396	0,135	0,532	0,397	0,140	0,537
Italie	0,080	0,458	0,538	0,078	0,445	0,523
Pologne	0,068	0,252	0,320	0,080	0,297	0,377
Estonie	0,127	0,189	0,316	0,143	0,215	0,358
Lettonie	0,124	0,185	0,310	0,154	0,194	0,347
Pays-Bas	0,030	0,131	0,161	0,056	0,194	0,250
République tchèque	0,033	0,129	0,162	0,038	0,145	0,183
Bulgarie	0,006	0,103	0,109	0,007	0,131	0,138
Royaume-Uni	0,098	0,000	0,098	0,100	0,000	0,100
Hongrie	0,040	0,058	0,098	0,040	0,059	0,099
Slovaquie	0,042	0,080	0,122	0,032	0,061	0,093
Croatie	0,000	0,056	0,056	0,000	0,085	0,085
Luxembourg	0,004	0,032	0,036	0,004	0,054	0,059
Roumanie	0,014	0,043	0,057	0,014	0,043	0,057
Slovénie	0,010	0,019	0,029	0,012	0,023	0,035
Belgique	0,000	0,006	0,006	0,000	0,008	0,008
Total UE 28	4,211	6,772	10,983	4,350	7,144	11,494
Total UE 27 depuis 2020	4,113	6,772	10,885	4,250	7,144	11,394

* Hors charbon de bois. ** Estimation. *** DOM inclus pour la France.
Source : EurObserv'ER 2020.

résidentiel et un peu moins de 30 % au chauffage commercial. La Suède fait un usage plus équilibré entre les trois usages résidentiel, commercial et unités de cogénération. Toujours selon le même rapport, la consommation de granulés par l'industrie (électricité et chaleur) est une

nouvelle fois en forte augmentation. Dans l'UE à 28, elle a augmenté de 8,3 % pour atteindre 13,2 Mt. La consommation britannique à elle seule est de l'ordre de 8,5 millions de tonnes (+ 8,9 % par rapport à 2018), suivie par le Danemark avec 2 millions de tonnes (- 4,6 % par rapport à 2018), la Belgique

avec 1 million de tonnes (- 9,1 %), les Pays-Bas avec 0,8 million de tonnes (+ 128,6 %) et la Suède avec 0,6 million de tonnes (+ 5,5 %). La forte augmentation de la consommation au Royaume-Uni et aux Pays-Bas est destinée uniquement à la production d'électricité (centrales décrites un peu plus loin).

Tabl. n° 4

Consommation de chaleur issue de la biomasse solide* dans les pays de l'Union européenne en 2018 et 2019**

	Total	dont consommation d'énergie finale	dont chaleur dérivée***	Total	dont consommation d'énergie finale	dont chaleur dérivée***
Allemagne	10,127	9,554	0,573	10,242	9,649	0,592
France****	9,278	8,152	1,126	9,361	8,149	1,213
Suède	7,576	5,092	2,484	7,625	5,140	2,485
Italie	7,211	6,673	0,538	7,423	6,900	0,523
Finlande	7,115	5,521	1,594	7,228	5,587	1,641
Pologne	5,270	4,950	0,320	5,272	4,895	0,377
Espagne	4,099	4,099	0,000	4,223	4,223	0,000
Autriche	3,907	3,014	0,894	3,898	3,005	0,893
Roumanie	3,424	3,368	0,057	3,417	3,360	0,057
Royaume-Uni	3,194	3,096	0,098	3,275	3,175	0,100
République tchèque	2,486	2,324	0,162	2,695	2,511	0,183
Danemark	2,542	1,179	1,363	2,522	1,102	1,420
Portugal	1,764	1,764	0,000	1,812	1,812	0,000
Hongrie	1,678	1,580	0,098	1,599	1,500	0,099
Lettonie	1,306	0,996	0,310	1,313	0,965	0,347
Belgique	1,287	1,281	0,006	1,222	1,214	0,008
Croatie	1,131	1,075	0,056	1,185	1,100	0,085
Bulgarie	1,144	1,035	0,109	1,160	1,022	0,138
Lituanie	1,163	0,632	0,532	1,149	0,611	0,537
Pays-Bas	0,819	0,658	0,161	0,922	0,672	0,250
Grèce	0,827	0,827	0,000	0,789	0,789	0,000
Estonie	0,737	0,421	0,316	0,770	0,412	0,358
Slovénie	0,538	0,509	0,029	0,534	0,499	0,035
Slovaquie	0,580	0,459	0,122	0,493	0,400	0,093
Irlande	0,203	0,203	0,000	0,185	0,185	0,000
Luxembourg	0,077	0,040	0,036	0,083	0,024	0,059
Chypre	0,021	0,021	0,000	0,021	0,021	0,000
Malte	0,001	0,001	0,000	0,002	0,002	0,000
Total UE 28	79,506	68,523	10,983	80,418	68,924	11,494
Total UE 27 (depuis 2020)	76,312	65,427	10,885	77,143	65,749	11,394

* Hors charbon de bois. ** Estimation. *** Production brute de chaleur dans le secteur de la transformation. **** DOM inclus pour la France. Source : EurObserv'ER 2020.

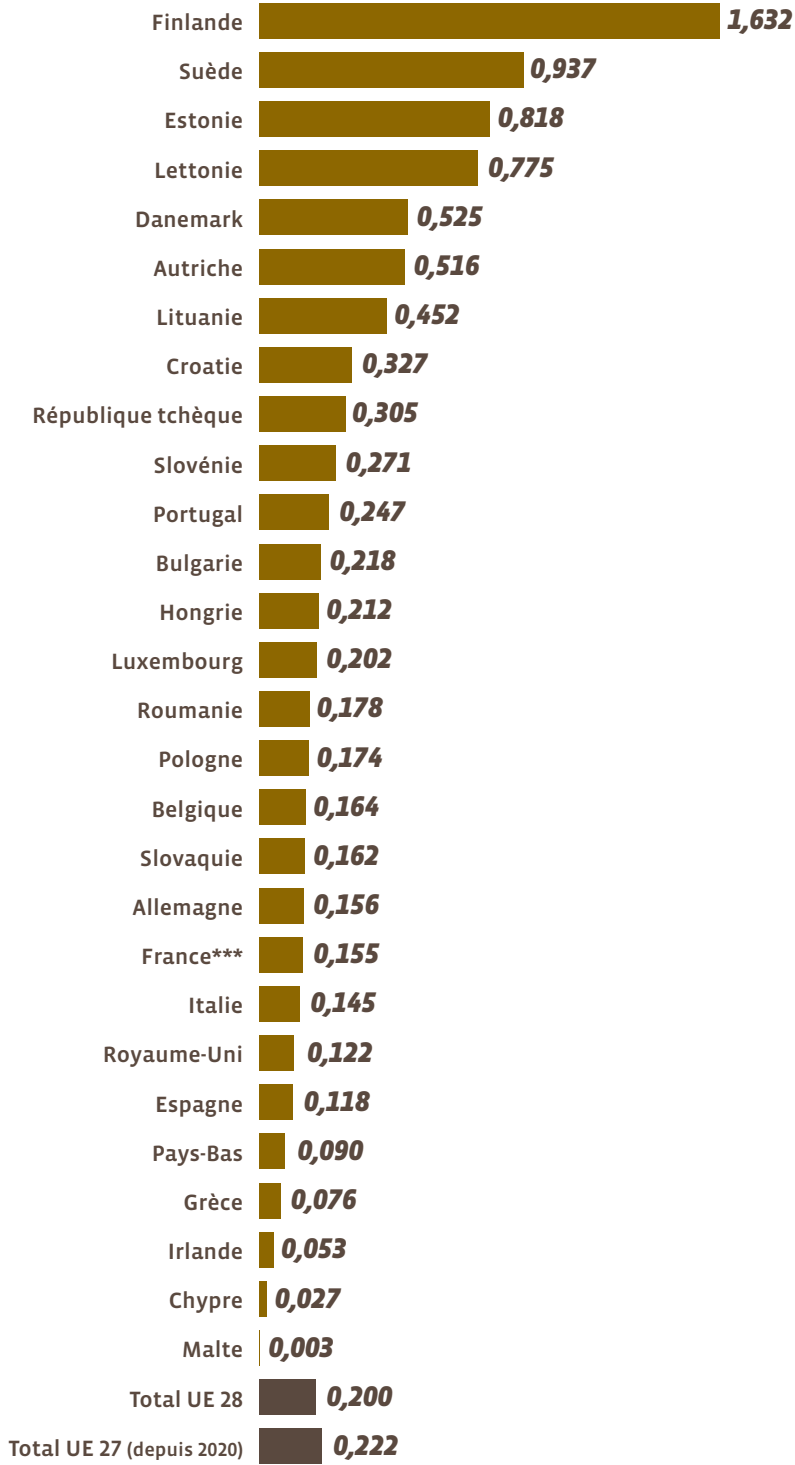
L'ÉLECTRICITÉ AU CŒUR DE LA CROISSANCE DE LA CONSOMMATION DE LA BIOMASSE SOLIDE

FORTE HAUSSE DE LA CONSOMMATION DE BIOMASSE SOLIDE AUX PAYS-BAS

En 2019, les Pays-Bas ont été le pays de l'UE à 27 le plus actif en matière de consommation d'énergie biomasse. Selon Statistics Netherlands, la consommation de biomasse solide a augmenté de 29,5 % en une seule année, passant d'un niveau de 1,2 Mtep en 2018 à un peu moins d'1,6 Mtep en 2019 (+ 354 ktep). Cette tendance s'explique essentiellement par une forte augmentation des importations de granulés de bois, qui ont atteint 780 000 tonnes en 2019 (164 000 tonnes en 2018), le pays en ayant exporté 187 000 tonnes en 2019 (185 000 tonnes). Les importations de granulés proviennent d'horizons très diversifiés et majoritairement de pays de l'Union européenne comme la Lettonie (181 000 tonnes), l'Estonie (128 000 tonnes), la Lituanie (18 000 tonnes), la Belgique (131 000 tonnes), le Portugal (77 000 tonnes), l'Allemagne (51 000 tonnes). Hors Union européenne, les importations proviennent de Russie (102 000 tonnes), des États-Unis (90 000 tonnes) et du Canada (20 000 tonnes). Cette consommation de granulés supplémentaires a uniquement été destinée à l'approvisionnement des deux centrales charbon de l'exploitant RWE Amers 9 (652 MW) et Eemshaven (1 554 MW) et de la centrale d'Uniper MPP3 (Maasvlakte Power Plant 3) de 1 100 MW, qui ont été converties en centrales de cocombustion biomasse. La centrale d'Amers 9 peut désormais fonctionner à 80 % de combustibles biomasse, tandis que celles de Eemshaven et de MPP3 à 15 %. Selon Statistics Netherlands, la production d'électricité biomasse solide a ainsi augmenté de 87,7 % entre 2018 et 2019 pour atteindre 2,8 TWh dont 2 TWh produits en cogénération. La production de chaleur issue du secteur de la transformation a également fait un bond de 55,6 % pour atteindre 250 ktep (dont 194 ktep produits en cogénération). Le pays a annoncé qu'il fermerait toutes ses

Graph. 2

Consommation intérieure brute de biomasse solide en tep par habitant dans l'Union Européenne en 2019**



* Hors charbon de bois. ** Estimation. *** DOM inclus pour la France. Source : EurObserv'ER 2020.

capacités de centrales charbon restantes (soit 4,8 GW) d'ici 2030, une proposition de loi concernant la prohibition de l'usage du charbon pour la production d'électricité ayant été votée en décembre 2019. Cette interdiction se fera en deux temps, les plus anciennes fermeront le 1^{er} janvier 2025 et les plus récentes le 1^{er} janvier 2030.

UN DEMI-MILLION DE TEP SUPPLÉMENTAIRES CONSOMMÉS AU ROYAUME-UNI

Ces dernières années, le Royaume-Uni a été le pays européen le plus actif en matière de consommation d'énergie biomasse solide. L'année 2019 confirme cette tendance. Selon les données du département des Affaires, de l'Énergie et des Stratégies industrielles (BEIS), la consommation totale du pays a été portée à 8,1 Mtep en 2019, soit 0,5 Mtep (509 ktep) de plus qu'en 2018. Cette augmentation s'explique uniquement par une augmentation de ses importations, la production d'énergie primaire biomasse solide ayant légèrement diminué (-0,7 % entre 2018 et 2019) pour atteindre 4,7 Mtep.

La forte croissance de la consommation d'énergie biomasse solide du Royaume-Uni s'explique par sa décision de sortir du charbon pour la production d'électricité en convertissant une partie de ses centrales aux combustibles bois. Le BEIS précise que la puissance électrique des centrales biomasse solide a faiblement augmenté en 2019 (+ 4,5 MW) et que la forte augmentation de la production d'électricité s'explique par le fonctionnement sur une année complète de la puissance nouvellement installée en 2018. La capacité additionnelle ajoutée en 2018 comprend la centrale de Lynemouth (420 MW), une centrale charbon qui avait été complètement arrêtée en 2015 et rouverte en 2018 après avoir été entièrement convertie aux granulés de bois. 2019 a également été la première année où la quatrième unité de la centrale de Drax (700 MW supplémentaires) a pu fonctionner sur une année complète (la conversion de la 4^e unité ayant été finalisée au troisième trimestre de 2018). Après presque un demi-siècle de production d'électricité issue du charbon, les exploitants de la centrale de Drax ont annoncé qu'ils cesseront définitivement

d'utiliser du combustible charbon en mars 2021, une étape importante dans l'ambition de la compagnie de devenir neutre en émission de carbone à partir de 2030 grâce à la mise en place de technologies permettant la séquestration du carbone sur la combustion de la biomasse. Le facteur de charge des unités biomasses du Royaume-Uni est quant à lui estimé à 72,2 % en 2019 (72,8 % en 2018). La production d'électricité biomasse solide devrait une nouvelle fois augmenter dans les deux prochaines années avec la mise en ligne, prévue pour fin 2020 mais retardée en raison de l'épidémie du Covid-19, de la nouvelle unité de cogénération biomasse de Teeside (299 MW).

LA SUÈDE, ROYAUME DE L'ÉNERGIE BIOMASSE

Les bioénergies sont la principale source d'énergie renouvelable de la Suède sur le plan de l'énergie finale avec une part significative dévolue à la biomasse solide. Selon Statistics Sweden, la consommation de biomasse solide s'est rapprochée du seuil des 10 Mtep avec 9,6 Mtep en 2019, en progression de 2,9 % par rapport à 2018. Cette consommation supplémentaire a essentiellement bénéficié à la production d'électricité, qui a augmenté de 9,2 % pour atteindre 11,1 TWh en 2019 (+ 0,9 TWh), provenant uniquement d'unités fonctionnant en cogénération. En Europe, c'est le troisième niveau de production le plus élevé, derrière le Royaume-Uni (25,9 TWh) et la Finlande (12,3 TWh). Selon Statistics Sweden, la puissance électrique du pays issue des combustibles biomasse solide a légèrement diminué entre 2018 et 2019 (-84 MW), passant de 3 918 MW à 3 834 MW, alors qu'elle avait augmenté de 212 MW entre 2017 et 2018. Parmi les réalisations récentes du pays, le réseau de chaleur de la ville de Borås a été renforcé par la mise en service au printemps 2019 de la centrale biomasse de cogénération de Sobacken (120 MWth et 45 MWe), qui produira environ 155 GWh d'électricité et 375 GWh de chaleur par an.

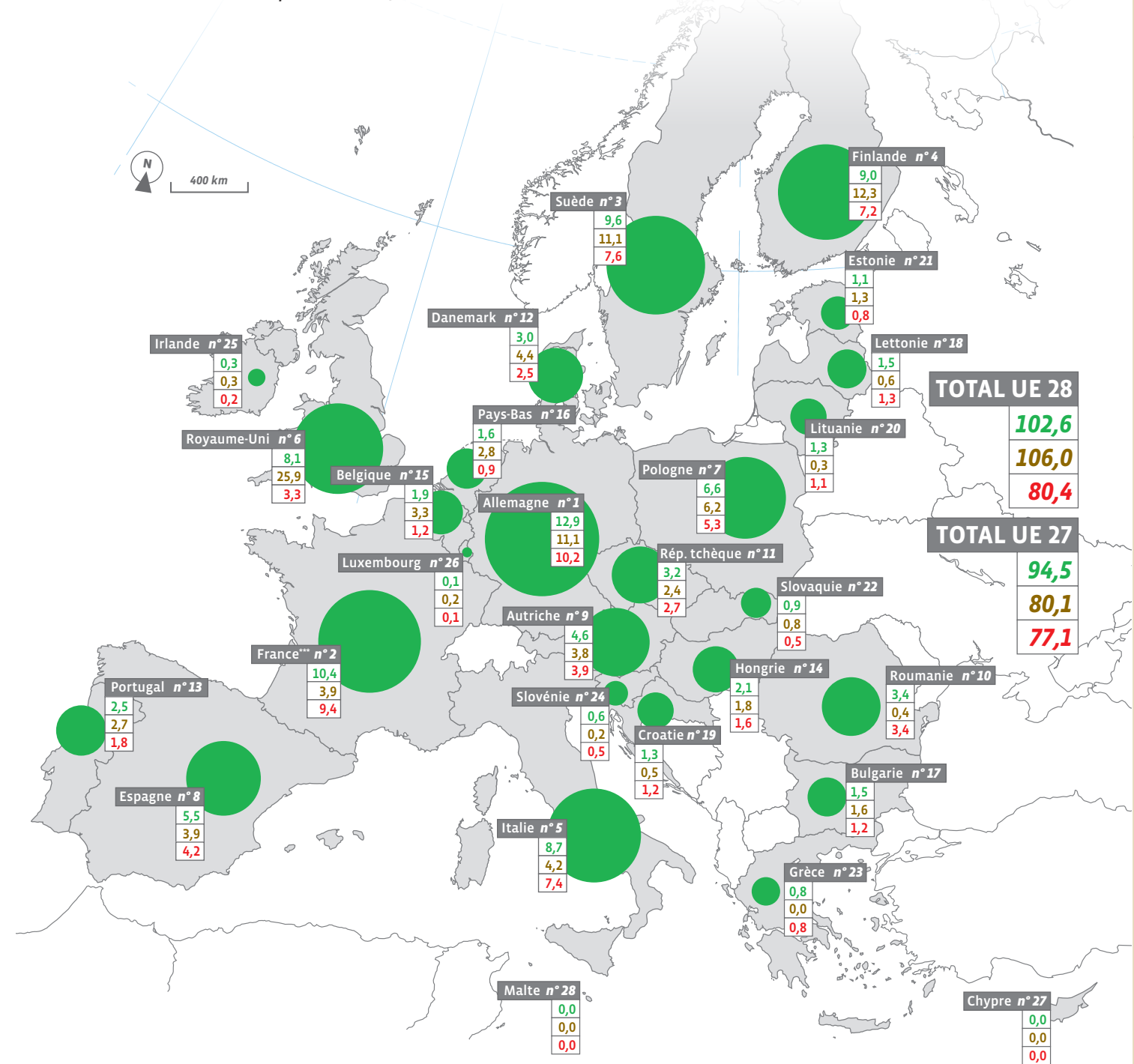
La chaleur biomasse solide issue du secteur de la transformation est également fortement développée dans le pays, soit un niveau de production de 2,5 Mtep en 2019 (stable par rapport à 2018). Le mix énergétique des réseaux de chaleur est

composé à plus de 50 % de biomasse. L'augmentation de la chaleur directement consommée par l'utilisateur final a été plus modeste, de l'ordre de 1 % (+ 48 ktep). Précurseur en matière de taxation carbone dès les années 1990, la Suède fait partie des pays industrialisés les plus avancés en matière de transition bas carbone. Le parlement suédois a voté en juin 2017 une loi-cadre entrée en vigueur le 1^{er} janvier 2018, qui oblige le gouvernement à mener une politique en cohérence avec les objectifs climatiques adoptés par le parlement. La loi précise qu'une partie de la réduction des émissions pourra être couverte par des mesures supplémentaires comme le renforcement des puits de carbone que constituent les forêts (via une extension et une meilleure gestion de la forêt) et la mise en place de projets climatiques à l'étranger. La forêt suédoise devra donc à la fois contribuer davantage aux besoins énergétiques du pays et renforcer son rôle de puits de carbone. Le gouvernement est tenu d'associer à sa loi budgétaire un rapport sur le climat ainsi qu'un plan d'actions garantissant la cohérence de sa stratégie. L'objectif de la loi est de contraindre la société et le monde de l'entreprise à la transition écologique. La Suède s'est fixé pour objectifs d'atteindre la neutralité carbone en 2045, avec cinq ans d'avance sur ce que préconise l'Accord de Paris, et de réduire de 85 % de ses émissions de gaz à effet de serre par rapport à 1990.

LE SEUIL DES 9 MTEP FRANCHI EN FINLANDE

La Finlande, pays le plus boisé d'Europe avec 86 % de sa superficie couverts de forêts, est le plus grand consommateur de biomasse solide par habitant. Selon Statistics Finland, le pays a pour la première fois atteint le seuil des 9 Mtep de biomasse solide consommés en 2019, grâce à une augmentation de 1,4 % par rapport à 2018. Cette augmentation s'explique à la fois par une sollicitation accrue des centrales alimentant les réseaux de chaleur du pays (+ 2,9 %), soit une production de plus d'1,6 Mtep, et par une augmentation de la production d'électricité, essentiellement issue de centrales fonctionnant en cogénération

Consommation d'énergie primaire, production brute d'électricité et consommation de chaleur à partir de biomasse solide* de l'Union européenne en 2019**



Légende

- 12,9 Consommation intérieure brute de biomasse solide* dans les pays de l'Union européenne en 2019** (en Mtep)
- 11,1 Production brute d'électricité à partir de biomasse solide* dans les pays de l'Union européenne en 2019** (en TWh)
- 10,2 Consommation de chaleur issue de la biomasse solide* dans les pays de l'Union européenne en 2019** (en Mtep)

* Hors charbon de bois. ** Estimation. *** DOM inclus pour la France. Source : Eurobserv'ER 2020.



L'exploitant Fortum a annoncé en mai 2020 l'entrée en phase commerciale de l'unité de Kivenlahti (49 MWth), dans la ville d'Espoo, en Finlande. Cette centrale, qui produira entre 350 et 380 GWh de chaleur (entre 30 et 33 ktep), permettra d'augmenter la part "neutre en carbone" du réseau de chaleur d'Espoo à 40 %.

(+ 4,2 %), soit une production de 12,3 TWh en 2019. La sortie du Royaume-Uni de l'UE offre au pays le statut de premier producteur d'électricité biomasse des pays de l'Union européenne. La production de chaleur biomasse de la Finlande sera amenée à se renforcer en 2020, avec la connexion d'une nouvelle chaufferie de grande puissance. L'exploitant Fortum a annoncé en mai 2020 l'entrée en phase commerciale de l'unité de Kivenlahti (49 MWth), dans la ville d'Espoo. Cette centrale, qui produira entre 350 et 380 GWh de chaleur (entre 30 et 33 ktep), remplacera une des deux chaudières fonctionnant au charbon de la centrale de Suomenoja appartenant à Fortum et permettra dans le même temps d'augmenter la part "neutre en carbone" du réseau de chaleur d'Espoo à 40 %. La

nouvelle chaudière de Kivenlahti est une étape importante du programme Espoo Clean Heat, dont l'objectif est de générer un chauffage urbain totalement neutre en carbone au cours de cette décennie et d'arrêter l'utilisation du charbon en 2025.

CERTAINS EXPLOITANTS DE BIOÉNERGIES VISENT LES ÉMISSIONS NÉGATIVES

Certains exploitants de centrales utilisant les bioénergies, et notamment celles dédiées à la production d'électricité, ont fait le choix de se projeter sur un nouveau paradigme qui est de ne pas seulement viser la neutralité carbone de leur activité de production d'énergie, mais de contribuer négativement aux

émissions de gaz à effet de serre. Pour cela, ils comptent s'appuyer sur la mise en œuvre de nouvelles technologies, comme la bioénergie avec captage et stockage du carbone (BECCS ou BECCS en anglais) et la production de biochar issue du processus de production d'électricité, un charbon végétal issu de la pyrolyse de la biomasse. La production de biochar à des fins de stockage de carbone ouvre potentiellement un nouveau secteur d'activité aux acteurs des bioénergies, dans la mesure où le stockage de carbone deviendrait une activité rémunérée et un objectif prioritaire des pouvoirs publics. Plus précisément, lorsque la biomasse utilisée pour l'énergie est transformée en biochar, elle fournit une voie pour fixer le carbone et le séquestrer dans les sols. Il s'agit d'une forme d'énergie biomasse

avec captage et stockage du carbone (BECCS) répertoriée par le Groupe d'experts international sur l'évolution du climat (GIEC) comme une technologie clé pour la réduction du carbone. La production de biochar implique une combustion partielle de la matière végétale. Dans ce brûlage partiel, une partie du carbone capté par la plante est immédiatement libérée sous forme d'énergie, de manière optimale sous forme de chaleur, mais également sous forme d'électricité. Mais 50 % ou plus du carbone peut rester sous sa nouvelle forme de biochar. Il y a encore de l'énergie dans le biochar, sa valeur énergétique s'apparente au charbon de bois ou au charbon. Mais à ce stade se pose économiquement la question de sa valeur, soit une valorisation énergétique complète jusqu'à l'état de cendres,

laissant peu ou pas de carbone, soit un arrêt du processus de combustion, pour permettre la réintégration du biochar dans le sol, sous forme de carbone stable, sans possibilité de se décomposer sous forme de gaz à effet de serre, comme le ferait naturellement la biomasse en décomposition. La réintégration au sol du biochar permet de stocker du carbone au sol issu de la photosynthèse tout en amendant et fertilisant les sols. Cette option nécessite cependant une gestion et une exploitation raisonnée des ressources forestières afin de respecter les besoins des écosystèmes forestiers. Un autre objectif des exploitants est de mettre en place à grande échelle les technologies de bioénergies avec captage et stockage du carbone (BECCS). Ce procédé consiste à piéger les molécules de CO₂ avant, pendant ou après l'étape de combustion afin d'éviter sa libération dans l'atmosphère et de stocker le CO₂ dans des formations géologiques. Trois familles de procédés de capture sont en cours de développement : la capture avant la combustion, "la précombustion" ; la capture après une combustion classique (à l'air), avec peu ou pas de modification du procédé de combustion, "la postcombustion" ; et la capture après une combustion à l'oxygène pur, "l'oxycombustion".

Jusqu'à peu, la plupart des technologies BECCS stockant du carbone concernaient des unités de production de biocarburant. Selon l'étude de Global CCS Institute, "Bioenergy and Carbon Capture and Storage, 2019 Perspectives", 5 unités dans le monde disposaient de technologie de type BECCS (4 unités aux États-Unis et 1 au Canada), capturant à elle cinq de l'ordre de 1,5 million de tonnes de carbone. La plus importante, propriété d'Archer Daniels Midland, se trouve dans l'Illinois, dont l'objet est de produire de l'éthanol à partir de céréales, capture jusqu'à 1 million de tonnes de CO₂ par an.

Plusieurs projets d'énergie biomasse solide sont en phase de développement, dont un est entré dans sa phase commerciale en novembre 2020. Il s'agit de la centrale électrique japonaise Mikawa Power Plant exploitée par une filiale de Toshiba ESS (Toshiba Energy Systems & Solutions Corporation), Sigma Power Ariake Corporation (SPAC), à Omuta dans

la préfecture de Fukuoka. Elle est la première centrale de bioénergies japonaise à être équipée d'un système de capture et de stockage de carbone. Cette centrale charbon a été entièrement reconvertie à la biomasse en 2018 et utilise des coques de noix de palme comme principale source de combustible. Toshiba ESS exploitait déjà sur ce site, depuis 2009, un pilote de capable de capturer 10 tonnes de CO₂ par jour. Le nouveau projet "Demonstration of sustainable CCS technology project", dont la construction avait débuté en février 2018 et qui a bénéficié du soutien du ministère de l'Environnement japonais, capturera cette fois plus de 500 tonnes de CO₂ chaque jour, soit plus de la moitié des émissions de CO₂ de la centrale. D'autres projets sont en développement, le projet norvégien de Norwegian Full-Chain CCS, qui vise l'intégration d'une technologie BECCS adossée à une cimenterie brûlant 30 % de biomasse et à une unité de valorisation énergétique de déchets ménagers. Un autre projet très ambitieux est celui de la centrale électrique britannique Drax, dans le Yorkshire du Nord, où un pilote est déjà en fonctionnement, capable de stocker une tonne de carbone chaque jour. Ce pilote a été le premier au monde à stocker du carbone provenant d'une matière première 100 % biomasse. Drax Group Plc a annoncé en décembre 2019 son ambition de devenir négative en carbone d'ici 2030. La centrale de Drax, dont la conversion à la biomasse est quasiment achevée, représente environ 12 % de la production d'électricité du pays. En Suède, cette fois, la compagnie énergétique Stockholm Exergi AB, s'est fixé un nouvel objectif de durabilité : avoir une contribution positive pour le climat d'ici 2025. L'objectif est de faire de Stockholm la première capitale mondiale "climate-positive". Stockholm Exergi AB a annoncé avoir un projet d'une centrale de production de biochar à grande échelle et en plus s'intéresse au potentiel de la technologie BECCS. L'objectif environnemental initial de long terme était de rendre le réseau de chaleur de la ville de Stockholm climatiquement neutre d'ici 2030, le nouvel objectif est de rendre l'activité de la compagnie positive pour le climat d'ici 2025. La centrale

de cogénération biomasse Värtan est actuellement bien positionnée pour être équipée de la technologie BECSC. Un pilote test capable de compresser le CO₂ à l'état liquide pour le stocker dans des formations rocheuses est déjà opérationnel sur le site de cette centrale depuis décembre 2019. Les calculs de Stockholm Exergi montrent qu'il est possible de capter 800 000 tonnes par an de CO₂ sur ce seul site.

LA BIOMASSE SOLIDE, ÉNERGIE FACILITATRICE DE LA NEUTRALITÉ CARBONE

Alors que les conséquences du changement climatique sont désormais palpables par tous, l'ambition affichée pour les trente prochaines années n'est rien d'autre que la neutralité carbone de

toute l'économie européenne, et en premier lieu la décarbonisation des secteurs du chauffage, de la production d'électricité et des transports. Pour atteindre cet objectif, les technologies d'énergie biomasse, et notamment l'énergie biomasse solide, resteront très sollicitées car elles restent les filières de production énergies renouvelables les plus facilement substituables aux énergies fossiles. Elles ont également la capacité de devenir des sources d'énergie à émissions négatives grâce à la mise en œuvre de nouvelles technologies décrites précédemment, conditionnée toutefois à la mise en œuvre d'incitations économiques. Le déploiement futur de l'énergie biomasse sera cependant soumis à de nouvelles règles suite à la refonte de la directive énergies renouvelables (2018/2001) qui définit le cadre législatif des énergies renouvelables pour la période 2021-2030

et en particulier celles fixées par l'article 29 concernant les exigences de durabilité et les critères de réduction de gaz à effet de serre des carburants, liquides, solides et gazeux. Les critères de durabilité couvrent désormais l'ensemble des usages de la bioénergie (biocarburant, électricité et chaleur). L'objectif de la directive est de minimiser les risques environnementaux négatifs comme la déforestation, la perte de biodiversité et de minimiser les risques d'impacts négatifs sur les puits de carbone forestiers. L'année qui s'achève a été une année très particulière qui à coup sûr va brouiller la lisibilité des objectifs 2030 assignés par la précédente directive énergies renouvelables. Particulière du fait des deux grandes vagues pandémiques qui ont affecté l'activité économique, et donc les besoins énergétiques des pays membres, et du fait d'un hiver 2019-2020 marqué par

Tabl. n° 5

Principaux opérateurs de centrales biomasse de l'Union européenne en 2019

Opérateur	Pays	Capacité opérationnelle (MW)	Centrale biomasse et cocombustion	Production (TWh)
Orsted	Royaume-Uni	Centrale cocombustion avec conversion biomasse 1665 MWe 2339 MWth	Avedøre 1 (Den), Avedøre 2 (Den), Asnæs 6 (Den), Herning (Den), Skærbæk 3 (Den), Studstrup 3 (Den)	4,6 TWh (élec.) 8,3 TWh (chaleur) (68 % de la chaleur et de l'électricité totale à partir de biomasse renouvelable)
Drax Group	Suède	2600 MWe (capacité de d'électricité à partir de biomasse)	Drax power station (UK)	13,7 TWh (électricité renouvelable en 2019)
Vattenfall	Finlande	Centrale à cogénération biomasse et chaudière 224 MWe 2214 MWth	Lelystad (NL), Märkisches Viertel (GER) et, en Suède : Gotland, Vänersborg, Motala, Askersund, Lyvikverket – Ludvika, Craboverket – Fagersta, Idåbäckverket – Nyköping, Jordbro, Ekobacken, Fisksåtra, Knivsta, Uppsala, Storvreta, Bollmora	0,4 TWh (élec.)
Pohjolan Voima	Finlande	Multicombustible (biomasse, tourbe, fossile) centrale à cogénération 620 MWe 1472 MWth	Hämeenkyrön Voima (Fin), Kymin Voima (Fin), Laanilan Voima (Fin), Kaukaan Voima (Fin), Alholmens Kraft (Fin), Porin Prosessivoima (Fin), Rauman Biovoima (Fin)	4,2 TWh (chaleur) 1,7 TWh (élec.) toutes centrales à cogénération (62 % combustible à base de bois utilisé)
Fortum	Allemagne	Biocogénération : 352 MWe, 848 MWth Multicombustible (biomasse-charbon cogénération) : 399 MWe, 624 MWth	Biomass-CHP : Järvenpää (Fin), Joensuu (Fin), Pärnu (Est), Tartu (Est), Jelgava (Lat), Värtan KVV8 Brista 1 (Swe), Hässelby (Swe) Multifuel (biomass-coal) CHP : Czystochowa 5 (Pol), Zabrze (Pol), Naantali (Fin)	n.a.
RWE	France	660 MWe 350 MWth	Markinch CHP biomass plant (UK) Amer biomass and hard-coal fired power plant (NL)	n.a.
Engie	France	280 MWe (2019) 205 MWe (depuis août 2020)	Rodenhuize (Bel), Awirs (Bel) – fermée le 31 août 2020	n.a.

Source : Eurobserv'ER 2020 sur la base des rapports annuels et de la communication des entreprises.

une douceur très inhabituelle qui a réduit les besoins de chauffage et d'électricité. À plus long terme, la croissance future de la chaleur et de la production d'électricité biomasse solide dépendra de la mise en œuvre et des choix stratégiques de chaque pays membre définis par leurs plans nationaux énergie et climat 2030 (PNEC). Bioenergy Europe, dans son "Statistical Report", a fait une première analyse de ces plans climats. Selon ses projections, la bioélectricité dans son ensemble (donc pas seulement la biomasse solide, mais également le biogaz, la biomasse liquide et les déchets ménagers renouvelables) augmentera de l'ordre de 30 % durant la prochaine décennie pour atteindre 17,4 Mtep en 2030 dans l'UE des 27 (équivalent à 202,4 TWh). Selon EurObserv'ER, la biomasse solide a représenté en 2019, à elle seule, environ la moitié de la production d'électricité issue des bioénergies des pays de l'UE à 27. Une croissance de 30 % appliquée à la production d'électricité biomasse impliquerait un niveau de l'ordre de 104 TWh d'ici 2030. La contribution énergétique de la biomasse solide aux objectifs de chaleur et de rafraîchissement est plus difficile à déterminer à l'horizon 2030. L'utilisation de la chaleur biomasse solide tend à augmenter régulièrement dans les secteurs de l'industrie et dans le secteur de la transformation, ce qui montre la volonté

des exploitants et des industriels à substituer leur utilisation d'énergies fossiles. La tendance, ces dernières années, est cependant beaucoup moins claire dans le secteur résidentiel, où les besoins énergétiques sont davantage impactés par une succession d'hivers doux. Les records de températures enregistrés durant l'hiver 2019-2020 auront de manière certaine un impact significatif sur la demande de chaleur biomasse solide en 2020. Pour rappel, l'objectif affiché dans la nouvelle directive est que la chaleur et le froid renouvelables représentent environ 40 % de la consommation d'énergies renouvelables d'ici à 2030, soit environ le double d'aujourd'hui. La nouvelle directive ENR fixe de plus un objectif indicatif d'une augmentation annuelle de 1,3 point de pourcentage des énergies renouvelables dans la consommation finale de chaleur, prenant comme point de référence la part d'énergie renouvelable au niveau national dans le secteur du chauffage et du refroidissement en 2020. Avec un facteur limitant cependant, car la directive prévoit la possibilité d'intégrer à cet objectif la récupération de la chaleur ou le froid fatal dans la limite de 40 % de l'augmentation annuelle moyenne. Selon Bioenergy Europe, cependant, qui a analysé à travers les PNEC les objectifs énergies renouvelables des pays membres dans les secteurs de la chaleur et du rafraîchissement, relativement

peu d'États membres semblent s'être appuyés sur une trajectoire de croissance annuelle de 1,3 point de pourcentage par an pour calculer leurs objectifs chaleur et refroidissement 2030. Des incertitudes demeurent donc sur le niveau total de production de chaleur renouvelable qui sera dévolu à la biomasse solide à cette échéance. L'association rappelle cependant que si elle est correctement traitée, la chaleur biomasse offre à l'UE des solutions fiables, facilement disponibles, abordables et efficaces pour atteindre la neutralité carbone d'ici 2050. □

Sources : AGEE-Stat (Allemagne), BEIS (Royaume-Uni), Terna (Italie), SDES (France), Ministry of Industry and Trade (Rép. tchèque), Danish Energy Agency (Danemark), Statistics Netherlands (Pays-Bas), GUS (Pologne), Ministry for the Ecological Transition and the Demographical Challenge (Espagne), Statistics Austria (Autriche), SPF Economie (Belgique), Statistics Finland (Finlande), Statistics Sweden (Suède), CRE (Grèce), Central Statistical Bureau of Latvia (Lettonie), DGEG (Portugal), NSI (Bulgarie), SEAI (Irlande), Statistics Lithuania (Lituanie), Statistical Office of the Republic of Slovenia (Slovénie), STATEC (Luxembourg), MRA (Malte), EurObserv'ER, Eurostat early estimate.

Le prochain baromètre traitera de l'éolien.



Ce baromètre a été réalisé par Observ'ER dans le cadre du projet "EurObserv'ER" regroupant Observ'ER (FR), TNO Energy Transition (NL), Renac (DE), Frankfurt School of Finance & Management (DE), Fraunhofer ISI (DE) et Statistics Pays-Bas (NL). 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 peut être tenu responsable de l'usage qui pourrait être fait des informations qui y figurent.