



EDF ÉNERGIES NOUVELLES

L'Ensemble éolien catalan, un parc de 96 MW de puissance installée, situé en Languedoc-Roussillon-Midi-Pyrénées



# 302,7 TWh

La production d'électricité éolienne estimée dans l'Union européenne en 2016

## BAROMÈTRE ÉOLIEN

Une étude réalisée par EurObserv'ER. 

Le marché mondial de l'éolien semble avoir trouvé ses premières limites. Après avoir augmenté de manière quasi continue depuis le début des années 2000 pour atteindre 64,4 GW en 2015, les premières estimations font état pour 2016 d'un marché annuel de 54,2 GW, en recul par rapport au marché de l'année précédente. Ces résultats permettent cependant au parc éolien mondial d'augmenter de 12,4 % pour s'établir désormais à 486,7 GW.

### 486,7 GW

La puissance éolienne installée dans le monde à la fin de l'année 2016

### 12,1 GW

La puissance éolienne installée dans l'UE durant l'année 2016



Parc éolien de Shimen à Taïwan.

Le marché mondial de l'éolien, après avoir augmenté de façon quasi continue depuis le début, si l'on excepte l'accident de parcours de 2013 (écroule-

ment du marché éolien des États-Unis dû à la reconduction tardive de l'aide fédérale de la Production Tax Credit) semble être entré dans une nouvelle phase.

Jusqu'alors poussé par des coûts de production en constante baisse (terrestre et offshore) et par la sortie de nouvelles machines efficaces même sur des sites

### Tabl. n° 1

Puissance éolienne installée dans le monde fin 2016\* (en MW)

	2015	2016	Puissance installée en 2016	Mises hors service en 2016
Union européenne	142 041,5	153 640,5	12 068,1	469,1
Turquie	4 718,3	6 101,1	1 382,8	0,0
Norvège	822,0	838,0	16,0	0,0
Russie	15,0	15,0	0,0	0,0
Reste de l'Europe	643,0	666,0	23,0	0,0
<b>Total Europe</b>	<b>148 239,8</b>	<b>161 260,6</b>	<b>13 489,9</b>	<b>469,1</b>
États-Unis	73 992,0	82 183,0	8 203,0	12,0
Canada	11 219,0	11 900,0	702,0	21,0
Mexique	3 073,0	3 527,0	454,0	0,0
<b>Total Amérique du Nord</b>	<b>88 284,0</b>	<b>97 610,0</b>	<b>9 359,0</b>	<b>33,0</b>
Chine	145 362,0	168 690,0	23 328,0	0,0
Inde	25 088,0	28 700,0	3 612,0	0,0
Japon	3 038,0	3 234,0	196,0	0,0
Autres pays d'Asie	2 482,0	3 019,0	544,0	7,0
<b>Total Asie</b>	<b>175 970,0</b>	<b>203 643,0</b>	<b>27 680,0</b>	<b>7,0</b>
Brésil	8 726,0	10 740,0	2 014,0	0,0
Autres pays d'Amérique latine	3 492,0	4 556,0	1 065,0	1,0
<b>Total Amérique latine</b>	<b>12 218,0</b>	<b>15 296,0</b>	<b>3 079,0</b>	<b>1,0</b>
Afrique et Moyen-Orient	3 488,0	3 906,0	418,0	0,0
Région Pacifique	4 823,0	4 963,0	140,0	0,0
<b>Total monde</b>	<b>433 022,8</b>	<b>486 678,6</b>	<b>54 165,9</b>	<b>510,1</b>

\* Estimation. Sources : EU: EurObserv'ER 2017 / US: AWEA 2017 / TR: Turkish Wind Energy Statistics 2017 / NO, RU: WindEurope 2017 / Others: GWEC 2017

peu ventés, le marché de l'éolien est de plus en plus nettement confronté aux défis de l'intégration au réseau et d'une croissance plus faible de la demande d'électricité. Ces contraintes de développement correspondent notamment au marché éolien chinois qui, en 2016, a amorcé un net repli (-24,2% par rapport à 2015), soit 23 328 MW (voir plus loin).

### 486 679 MW DANS LE MONDE

#### UN TOP 5 RÉPARTI SUR 5 GRANDES ZONES GÉOGRAPHIQUES

Bien que le marché chinois ait quelque peu tressauté, le bilan de santé de l'industrie éolienne est resté plutôt bon, avec un marché mondial de 54 166 MW en 2016 (puissance connectée). Ce niveau d'installation constitue la deuxième meilleure performance de l'industrie éolienne derrière celle de 2015, une année exceptionnelle qui avait vu l'installation croître d'environ 64 400 MW (tableau 1). Les États-Unis ont maintenu en 2016 leur niveau d'installation de 2015, soit un marché de 8 203 MW (2e rang mondial) et l'Union européenne a bien résisté, avec 12 068 MW, profitant des bonnes

performances des marchés allemands (5 443 MW, 3e rang mondial), français (1 346 MW) et hollandais (789 MW). L'Inde a quant à elle enregistré un nouveau record d'installation (+3 612 MW) lui permettant de conserver son statut de quatrième marché de l'éolien. Le Brésil (+2 014 MW), bien qu'en retrait par rapport à 2015 (-27,1%), maintient son rang de premier marché d'Amérique du Sud et garde sa place dans le top 5 mondial.

Bien qu'en baisse, le niveau du marché de l'année 2016 est resté suffisant pour assurer une croissance à deux chiffres de la puissance du parc mondial (+12,4% qui s'établit désormais à 486,7 GW (graphique 1). La Chine dispose désormais de plus du tiers de la puissance mondiale installée (168,7 GW) soit plus de la totalité de la puissance de l'Union européenne (153,6 GW). La puissance éolienne chinoise représente également plus de deux fois la puissance éolienne états-unienne (82,2 GW) et plus du triple (3,4 fois) de la puissance allemande (50 GW). Dans le monde, six autres pays disposent d'une puissance cumulée supérieure à 10 GW, à savoir l'Inde (28,7 GW), l'Espagne (23,1 GW), le Royaume-Uni (15 GW), la France (11,7 GW), le Canada (11,9 GW), rejoint en 2016 par Brésil (10,7 GW).

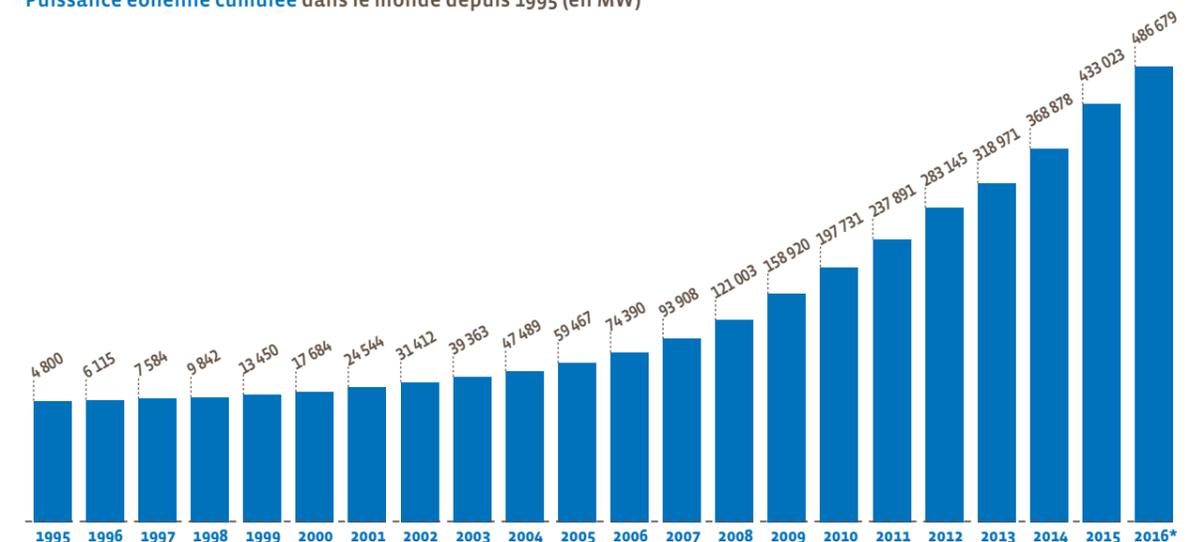
### Note méthodologique

Il convient de préciser que les sources (référéncées en fin d'étude) utilisées pour la réalisation des indicateurs de ce baromètre thématique sont parfois différentes de celles utilisées dans notre publication *État des énergies renouvelables en Europe, édition 2016*. Afin de garder une cohérence statistique et de mieux mesurer l'évolution du marché, EurObserv'ER fait le choix de privilégier une unité de sources pour les deux années présentées. Ce choix peut expliquer de légères différences avec les indicateurs précédemment publiés, provenant d'organismes officiels et disponibles plus tard dans l'année.

Une analyse géographique plus globale confirme que le marché de l'éolien reste plus que jamais tiré par l'Asie qui a représenté en 2016 un peu plus de la moitié (51,1%) de la puissance éolienne installée

### Graph. n° 1

Puissance éolienne cumulée dans le monde depuis 1995 (en MW)



\* Estimation. Source : EurObserv'ER 2017.

dans le monde (**graphique 2A**). L'Europe est restée la seconde place forte de l'énergie éolienne avec près du quart (24,9 %), devançant l'Amérique du Nord (17,3 %) et le reste du monde (6,7 %). Au niveau de la puissance totale cumulée (**graphique 2B**), l'Asie (41,8 %) se détache de plus en plus nettement de l'Europe (33,1 %) et de l'Amérique du Nord (20,1 %).

Si l'essentiel du marché mondial reste terrestre, le marché de l'éolien offshore continue d'étayer ses fondations, avec un peu plus de 2 GW connectés en 2016, ce qui porte la puissance éolienne offshore mondiale à 14 160 MW. La Chine, qui selon le GWEC (Global Wind Energy Council) a ajouté 592 MW (soit un total de 1 627 MW), remonte progressivement dans la hiérarchie mondiale de l'éolien offshore pour monter à la troisième place du podium, derrière le Royaume-Uni et l'Allemagne, évinçant le Danemark.

#### ACTUALITÉS DES DEUX PRINCIPAUX MARCHÉS MONDIAUX

##### Un plan chinois à 2,5 trillions de yuans

Outre les raisons déjà invoquées en introduction (intégration réseau et croissance plus faible de la demande d'électricité), la moindre performance du marché chinois s'explique également par la baisse programmée des tarifs d'achat, effective au 1<sup>er</sup> janvier 2016. Cette baisse a logiquement provoqué une course aux installa-

tions pour bénéficier des meilleurs tarifs, se faisant au détriment du marché de l'année suivante. En Chine, le tarif d'achat est fixé selon quatre grandes régions de production, disposant d'un gisement éolien décroissant : le nord-ouest (catégorie 1), le nord central (catégorie 2), et le nord-est (catégorie 3) où les ressources éoliennes sont plutôt bonnes, et la catégorie 4 pour les régions à faibles potentiels éoliens. Pour les trois premières catégories, le tarif d'achat a été diminué de 0,02 CNY/kWh (0,003 €/kWh) et de 0,01 CNY/MWh pour la quatrième. Une nouvelle baisse est d'ores et déjà prévue pour 2018, de 0,03 CNY/kWh pour les trois premières et de 0,02 CNY/kWh pour la quatrième. En 2015, le tarif d'achat respectif des quatre catégories était de 0,49 CNY/kWh, 0,52 CNY/kWh, 0,56 CNY/kWh et 0,62 CNY/kWh, soit un tarif d'achat compris entre 0,071€/kWh et 0,085 €/kWh (taux de change de mi-février 2017).

Le GWEC, à l'origine des premières estimations du marché chinois, prévoit un retour à la croissance dès 2017. Les perspectives de développement des énergies renouvelables s'annoncent en effet gigantesques. La NEA (Administration nationale de l'énergie) a annoncé le 5 janvier 2017 un plan énergie renouvelable prévoyant l'investissement de 2,5 trillions de Yuans sur la période 2016-2020, soit l'équivalent de 343 milliards d'euros, sans préciser la répartition des fonds alloués. L'objectif est de réduire la consommation de char-

bon du pays de 800 millions de tonnes par an d'ici 2020, via le développement parallèle de centrales gaz et nucléaires. Fin janvier 2017, la NEA a également annoncé qu'elle suspendait la construction de 104 centrales électriques charbon représentant une puissance de 120 GW, dont 54 GW étaient déjà en construction. La tâche à accomplir pour réduire la consommation de charbon du pays reste considérable. Le NEA a précisé que le renouvelable ne représenterait que 15 % de la consommation d'énergie totale en Chine en 2020, équivalant tout de même à la consommation de 580 millions de tonnes de charbon.

##### Le marché éolien américain pour l'instant préservé

Comme chaque année aux États-Unis, pour des raisons fiscales, c'est le dernier trimestre de l'année qui concentre l'essentiel des mises en service. Il a été plutôt bon, si l'on en juge les données de l'AWEA (American Wind Energy Association). Selon l'association, 6 748 MW ont ainsi été installés durant le quatrième trimestre de l'année (soit le deuxième meilleur trimestre jamais enregistré), portant la puissance mise en service durant l'année 2016 à 8 203 MW. Le marché 2016 n'est donc qu'en léger retrait (- 4,6 %) par rapport à celui de 2015 (8 598 MW) et permet aux États-Unis de disposer d'une puissance totale de 82 183 MW fin 2016.

Point intéressant, l'AWEA précise qu'une part substantielle des projets éoliens

(plus de 4 000 MW signés en 2016) ont fait l'objet d'un contrat d'achat d'électricité (PPA - Power Purchase Agreement), constituant une tendance forte du marché. Ce contrat est passé entre un fournisseur d'électricité et un producteur indépendant d'électricité, permettant à ce dernier de garantir la rentabilité de sa centrale en assurant l'écoulement de sa production à un prix fixé à l'avance.

Le marché américain devrait rester préservé ces trois prochaines années, car il

bénéficie jusqu'à 2020 de la protection du système d'incitation fiscale de la Production Tax Credit. Jusqu'en 2016, l'aide fiscale était de 23 \$ par MWh (0,22 €/kWh). Elle a diminué à 80 % de ce montant pour les projets construits à partir de 2017, puis passera à 60 % en 2018 et à 40 % en 2019, avec une sortie du dispositif pour les projets construits après le 31 décembre 2019. À partir de 2020, la situation de l'éolien pourrait devenir plus difficile sur le marché américain, le nouveau président des États-

Unis, ouvertement climato-septique, étant opposé aux systèmes d'incitation promouvant les énergies renouvelables.

#### UNE UNION EUROPÉENNE À PLUSIEURS VITESSES

Malgré un contexte difficile sur le marché de l'électricité (caractérisé par une faible demande et une surcapacité de

Tabl. n° 2

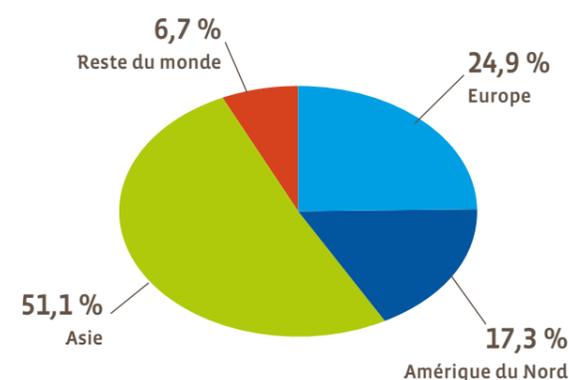
Puissance éolienne installée dans l'Union européenne fin 2016\* (en MW)

	Puissance cumulée fin 2015	Puissance cumulée fin 2016	Puissance installée en 2016	Mises hors-service en 2016
Allemagne**	44 942,0	50 019,0	5 443,0	366,0
Espagne	22 987,8	23 026,0	38,2	0,0
Royaume-Uni	14 291,0	15 030,0	739,0	0,0
France***	10 324,0	11 670,0	1 346,0	0,0
Italie	8 972,8	9 255,4	282,6	0,0
Suède	6 029,0	6 519,0	493,0	3,0
Pologne	5 100,0	5 782,0	682,0	0,0
Portugal	5 034,0	5 269,0	235,0	0,0
Danemark	5 075,0	5 242,0	225,0	58,0
Pays-Bas	3 391,0	4 179,5	788,5	0,0
Roumanie	2 975,9	3 028,0	52,1	0,0
Irlande	2 440,0	2 764,7	324,7	0,0
Autriche	2 404,0	2 632,0	228,0	0,0
Belgique	2 169,0	2 400,0	231,0	0,0
Grèce	2 135,7	2 374,3	238,6	0,0
Finlande	1 005,0	1 533,0	570,0	42,0
Bulgarie	691,2	691,2	0,0	0,0
Lituanie	438,0	509,0	71,0	0,0
Croatie	428,2	462,4	34,2	0,0
Hongrie	329,0	329,0	0,0	0,0
Estonie	300,0	310,0	10,0	0,0
Rép. tchèque	280,6	280,5	0,0	0,1
Chypre	157,5	157,5	0,0	0,0
Luxembourg	63,8	100,0	36,2	0,0
Lettonie	69,0	69,0	0,0	0,0
Slovénie	5,0	5,0	0,0	0,0
Slovaquie	3,0	3,0	0,0	0,0
Malte	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Total UE 28</b>	<b>142 041,5</b>	<b>153 640,5</b>	<b>12 068,1</b>	<b>469,1</b>

\* Estimation. \*\* en Allemagne 5 443 MW installés dont 679 MW de repowering. \*\*\* Départements d'outre-mer non inclus pour la France. Source : EuroObserv'ER 2017.

Graph. n° 2A

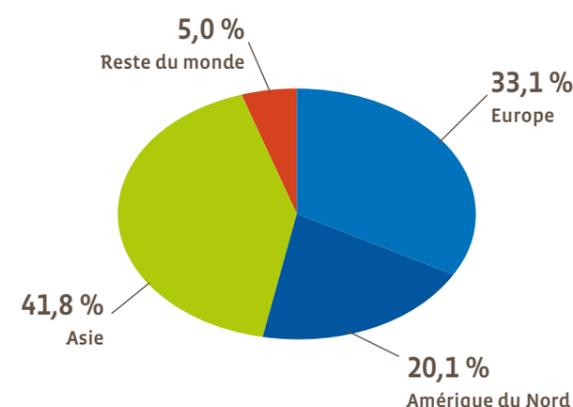
Répartition mondiale du marché éolien en 2016\*



\* Estimation. Source : EuroObserv'ER 2017.

Graph. n° 2B

Répartition de la puissance éolienne mondiale fin 2016\*



\* Estimation. Source : EuroObserv'ER 2017.

production), le marché éolien de l'Union européenne a plutôt bien résisté en 2016. Il s'est maintenu au-delà du seuil des 12 GW (12 068 MW selon EurObserv'ER), amenant la puissance totale du parc de l'Union européenne à 153,6 GW (**tableau 2**). Ce bon résultat s'explique une nouvelle fois par les résultats très positifs du marché allemand (5 443 MW), qui représente cette année encore près de la moitié du marché de l'UE (45,1 % exactement). Bonne surprise également sur le marché

français, qui s'est enfin relancé en 2016 en franchissant nettement le cap du GW installé (1 346 MW), constituant un nouveau record d'installation. D'autres marchés de l'Union se sont distingués, parmi lesquels les Pays-Bas (788,5 MW), qui entrent cette année dans le top 10 du marché éolien mondial, boosté par la connexion du deuxième plus grand parc éolien offshore jamais installé (projet Gemini de 600 MW). La Finlande, qui bat également son record d'installation (+ 570 MW), augmente en

une seule année la taille de son parc de plus de 50 %. La Suède ajoute également près de 500 MW (493 MW exactement). Il convient de préciser que rapportée à leur taille, la dynamique du marché dans ces pays est très positive, avec des impacts significatifs dans l'évolution de leur mix électrique.

Ces évolutions positives contrastent cependant avec l'apathie de certains marchés de l'Union européenne. Selon notre décompte, aucune puissance supplémentaire n'a été installée dans huit pays, et dans quelques autres les marchés sont restés relativement faibles. L'Espagne par exemple, qui demeure la deuxième nation européenne sur le plan de la puissance cumulée, n'a installé que quelques dizaines de MW (38,2 MW en 2016) depuis le moratoire sur les aides apportées aux énergies renouvelables en janvier 2012. Le pays entrevoit cependant la fin du tunnel, le gouvernement ayant annoncé fin décembre 2016 travailler sur la préparation d'un appel d'offres portant sur 3 000 MW, tous types d'énergies renouvelables confondus (éolien, solaire, biomasse, etc.). Le marché italien, après des années fastes, a considérablement ralenti depuis 2013, avec seulement 713 MW supplémentaires en trois ans (282,6 MW en 2016).

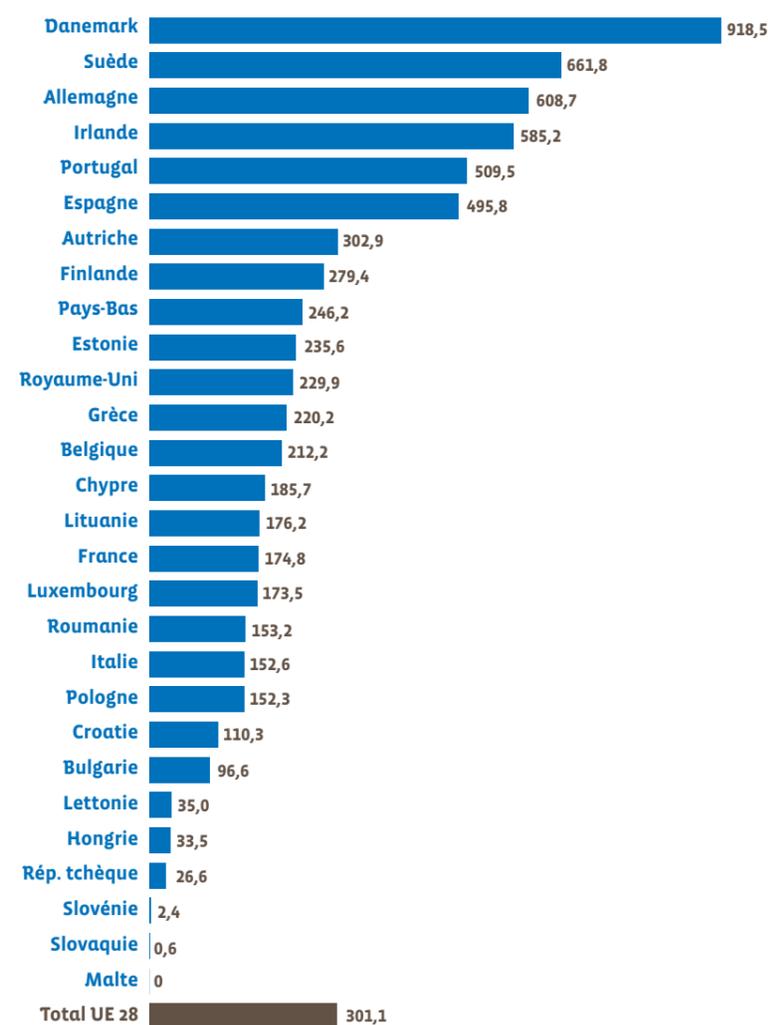
### TROU D'AIR SUR LE MARCHÉ OFFSHORE BRITANNIQUE

Selon EurObserv'ER, la puissance offshore raccordée n'a progressé que de 1 412 MW en 2016<sup>(1)</sup> (**tableau 3**), moitié moins qu'en 2015 qui avait vu la connexion d'un peu plus de 3 000 MW. Selon notre décompte, l'Allemagne a augmenté sa puissance offshore de 824,3 MW et les Pays-Bas de 600 MW. Les chiffres du Royaume-Uni restent provisoires, le BEIS (Department

*Il convient de préciser que ces statistiques ne prennent pas en compte les parcs côtiers (nearshore), car possédant des caractéristiques plus proches des parcs terrestres que ceux installés à plusieurs kilomètres au large. Par exemple, le parc nearshore néerlandais de Westermeerwind (144 MW), entièrement connecté au réseau en 2016, est officiellement inclus (après vérification auprès de Statistics Netherlands) dans les statistiques des parcs terrestres.*

### Graph. n° 3

Puissance éolienne pour 1 000 habitants dans les pays de l'Union européenne en 2016 (kW/1 000 hab.)\*



\* Estimation. \*\* Départements d'outre-mer non inclus pour la France. Source : EurObserv'ER 2017.

for Business, Energy & Industrial Strategy) n'ayant publié mi-février que les données de connexion au troisième trimestre. Si le BEIS a pris en compte la mise hors-service début 2016 du parc de démonstration Beatrice (10 MW), il pourrait comptabiliser la mise en service, en fin d'année, des premières éoliennes de l'extension du parc de Burbo Bank, et ainsi ajouter quelques dizaines de mégawatts au parc du Royaume-Uni. D'autres projets de démonstration ont été mis hors-service durant l'année 2016, à savoir le projet de démonstration d'éolienne flottante Windfloat au Portugal (2 MW) et de l'éolienne Bard (5.0 MW) du projet Hooksiel en Allemagne.

En 2016, seuls trois nouveaux parcs offshore ont entièrement été installés et connectés (**tableau 3 bis**). Le plus important d'entre eux est le parc de Gemini (600 MW), situé à 85 km au large des côtes néerlandaises en mer du Nord (et donc invisible depuis la côte). Il est le deuxième plus grand parc offshore au monde (juste derrière London Array et ses 630 MW), et devrait fournir une production de l'ordre de 2,6 TWh chaque année (soit 2,5 % de la production d'électricité du pays). Ce parc, qui a nécessité un investissement de 2,8 milliards d'euros, permettra de répondre aux besoins en électricité de 785 000 foyers néerlandais (1,5 million de personnes) tout en réduisant les émissions de dioxyde de carbone de 1,25 million de tonnes chaque année. Les deux autres parcs sont ceux de Gode Wind 1 (330 MW) et Gode Wind 2 (252 MW), également situés en mer du Nord, à 40 km des côtes allemandes. Selon Dong Energy, qui a investi 2,2 milliards d'euros dans ces deux projets,

### Tabl. n° 3

Puissance éolienne offshore connectée au réseau dans l'Union européenne fin 2016 (en MW)

	2 015	2 016
Royaume-Uni	5 103,5	5 093,5*
Allemagne	3 284,0	4 108,3
Danemark	1 271,1	1 271,1
Pays-Bas	357,0	957,0
Belgique	712,2	712,2
Suède	201,7	201,7
Finlande	32,0	32,0
Irlande	25,2	25,2
Espagne	5,0	5,0
Portugal	2,0	0,0
<b>Total UE 28</b>	<b>10 993,7</b>	<b>12 406,0</b>

\* Pour le Royaume-Uni, données provisoires au troisième trimestre 2016. Source : EurObserv'ER 2017.

ces deux parcs permettront d'alimenter l'équivalent de 600 000 foyers allemands. Une bonne partie des éoliennes du parc allemand de Sandbank (288 MW) était également connectée à la fin de l'année 2016, mais il ne sera entièrement connecté qu'en début d'année 2017.

Compte tenu des projets en cours, on peut clairement annoncer une nette reprise du rythme des installations en 2017 et 2018. Le Royaume-Uni, après une pause en 2016 qui s'explique par le retard pris par certains projets du troisième appel d'offres du Crown Estate, va retrouver le devant de la scène avec la construction en cours des parcs de Dudgeon East, Galloper, Race Bank et Rampion. La croissance du marché

allemand va perdurer, avec la construction en cours des parcs de Nordergründe, Nordee One, Veja Mate, Wikinger, et avec le projet NobelWind (en Belgique). Selon l'Association WindEurope, en début d'année 2017, pas moins de 4,8 GW de projets étaient en cours de construction, 24,2 GW ont obtenu un permis de construire et 7 GW sont en attente de l'obtenir. Enfin, un total de 65,6 GW de projets était en phase d'étude. Toujours selon WindEurope, les investissements dans l'offshore ont continué d'augmenter fortement durant l'année 2016. Onze nouveaux projets ont été obtenus, grâce à une décision finale

### Tabl. n° 3 bis

Liste des parcs offshore entièrement connectés au réseau durant l'année 2016 dans l'UE.

Nom	Pays	Puissance (MW)	Nombre de turbines	Type de machines	Développeur
Gemini	Pays-Bas (mer du Nord)	600	150	Siemens SWT 4.0-130	Northland Power
Gode Wind 1	Allemagne (mer du Nord)	330	55	Siemens SWT 6.0-154	DONG Energy
Gode Wind 2	Allemagne (mer du Nord)	252	42	Siemens SWT 6.0-154	DONG Energy

Source : EurObserv'ER 2017.



Navire de service offshore de Siemens pour le parc éolien de Gemini.

d'investissements d'un montant cumulé de 18,2 milliards d'euros, soit 39 % de plus qu'en 2015.

#### UNE MÉTÉO MOINS FAVORABLE À LA PRODUCTION

L'année 2016 ne restera pas dans les annales de la production d'électricité de l'Union européenne. Selon les premières estimations recueillies par EurObserv'ER, elle ne devrait être qu'en légère augmentation (+ 0,3 %), soit une production totale de 302,7 TWh, ce qui est peu, compte tenu de l'augmentation des capacités de production (**tableau 4**). Contrairement à l'an dernier, les conditions météorologiques ont été très défavorables à l'éolien dans les pays d'Europe du Nord et au Royaume-Uni, moins bonnes également en Allemagne et en France. Les pays d'Europe du Sud ont quant à eux bénéficié de conditions climatiques un peu plus favorables, comparé à 2015.

Selon l'Agence de l'énergie danoise, la production serait en recul de près de 10 % au Danemark (12,8 TWh), et la baisse atteindrait même 12,7 % en Suède si l'on se réfère aux estimations de Svens Vindenergi (14,2 TWh). En Allemagne, malgré un marché dynamique, la production devrait à peine dépasser les 80 TWh, soit à peine

plus qu'en 2015. Au 16 décembre 2016, l'AGEB (AG Energiebilanzen) estimait la production de l'année 2016 à 79,8 TWh avec une production de 66,8 TWh pour l'éolien terrestre (70,9 TWh en 2015) et de 13 TWh pour l'éolien offshore (8,3 TWh en 2015). Au Royaume-Uni, les données du BEIS étaient encore partielles mi-février et indiquaient une baisse de la production de 486 GWh sur les trois premiers trimestres. Les données disponibles au quatrième trimestre ne concernaient que les Producteurs d'électricité majeurs (Major Power Producers) et indiquait une baisse de la production beaucoup plus forte, soit 20 % de moins, comparé au quatrième 2015. Selon nos calculs, cela amènerait la production du Royaume-Uni à 37,3 TWh, soit 3 TWh de moins qu'en 2015. En France, les données provisoires publiées dans le Panorama de l'électricité renouvelable, dans lequel participent le gestionnaire de réseau (RTE) et le Syndicat des énergies renouvelables (SER), indiquent une production de 20,7 TWh, en recul en raison de moins bonnes conditions météorologiques. À l'inverse, les croissances ont globalement été positives dans les pays d'Europe du Sud, malgré des dynamiques de marché moins favorables. Si l'on se réfère au rapport mensuel de l'électricité de décembre publié par

Terna, le gestionnaire de réseau italien, la production aurait augmenté de 18,7 % entre 2015 et 2016 pour atteindre 17,5 TWh (14,7 TWh en 2015).

#### ACTUALITÉ DES DEUX PRINCIPAUX MARCHÉS EUROPÉENS

##### L'Allemagne prévoit de contenir son marché

Le marché allemand a affiché de très belles performances en 2016. Selon les données publiées par le Deutsche Windguard, le pays a installé pas moins de 4 625 MW de puissance éolienne terrestre, ajoutant une puissance nette de 4 259 MW, en tenant compte de la puissance mise hors-service (366 MW) et du "repowering" (679 MW) correspondant à l'augmentation de la puissance d'éoliennes déjà installées. En plus des installations terrestres, la connexion au réseau de 156 turbines offshore pour une puissance supplémentaire de 818 MW permet au parc allemand de franchir fin 2016 le seuil des 50 GW (50 019 MW).

Conformément à la dernière révision de la loi énergies renouvelables (Loi EEG 2017 du 8 juillet 2016) et aux nouvelles lignes directrices de la Commission européenne, le cadre juridique déterminant le niveau

de rémunération des projets éoliens a été complètement bouleversé avec, depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2017, la généralisation du système d'appel d'offres (AO) pour tout nouveau projet éolien de plus de 750 kW. Le critère de sélection se fera dorénavant uniquement sur le prix proposé par le candidat dans le cadre de l'appel d'offres. Les volumes des AO ont été fixés à 2 800 MW pour les années 2017 à 2019 (avec une première tranche de 800 MW lancée le 1<sup>er</sup> mai 2017) puis à 2 900 MW à partir de 2020.

Compte tenu des projets préalablement approuvés par l'Agence fédérale du réseau (soit 6 128 MW) pouvant encore bénéficier de la précédente législation (système de vente directe obligatoire avec prime de marché), les volumes installés pour les deux prochaines années resteront conséquents, car ils se cumuleront avec ceux des appels d'offres. Le BWE, l'Association allemande de l'énergie éolienne, s'attend donc pour l'éolien terrestre à un niveau d'installation en 2017 compris entre 4 500 et 5 000 MW et entre 3 000 et 3 500 MW en 2018. Mais à partir de 2019, lorsque tous les projets bénéficiant de la précédente législation auront été installés, la taille du marché restera limitée par le seul système d'appel d'offres. La loi EEG 2017 reprend également l'engagement pris dans la précédente loi, qui permet l'ouverture des appels d'offres à hauteur de 5 % des capacités annuelles à des installations situées dans d'autres pays de l'Union européenne. Face au retard dans le développement du réseau électrique, la loi prévoit également de mettre en place un instrument qui permettra de valoriser l'électricité excédentaire issue des énergies renouvelables sous forme de chaleur. Le développement de l'éolien sera également limité dans les régions où le réseau électrique est déjà fortement contraint. Dans les régions concernées, principalement situées au nord du pays, la puissance nouvellement installée ne pourra pas dépasser 58 % du volume annuel installé en moyenne durant la période 2013-2015.

L'Allemagne souhaite également favoriser les "projets éoliens citoyens" en mettant en place pour ces derniers une procédure d'appels d'offres simplifiés. Un projet citoyen (Bürgerenergiegesellschaft) doit obligatoirement être porté par au moins 10 personnes avec une majorité des voix présentes localement. Aucun sociétaire ne peut disposer de plus de 10 % des voix

et une possibilité est prévue pour les communes de participer à hauteur de 10 %. La taille de ces projets est limitée à six machines pour une puissance totale maximum de 18 MW. Parmi les mesures de simplification, les projets citoyens ne nécessiteront pas d'obtenir l'autorisation du BImSchG (Bundes-Immissionsschutzgesetz) sur la protection contre les nuisances environnementales, la preuve de la réservation du terrain et l'analyse de vent certifiée suffiront. La demande de garantie

financière sera également limitée à 50 %. Ces projets pourront de plus bénéficier d'une prolongation du délai de réalisation pouvant aller jusqu'à deux ans.

En ce qui concerne l'éolien offshore, le gouvernement a prévu de contenir ses appels d'offres offshore à 1,7 GW en 2017 et à 1,4 GW en 2018 (contre initialement deux appels d'offres prévus en 2017 d'une capacité totale de 2,92 GW). À plus

#### Tabl. n° 4

Production d'électricité d'origine éolienne dans les pays de l'Union européenne en 2015 et 2016\* (en TWh)

	2015	2016
Allemagne	79,206	79,800
Espagne	49,325	50,157
Royaume-Uni	40,310	37,251
France**	21,249	20,700
Italie	14,844	17,455
Suède	16,268	14,200
Danemark	14,133	12,782
Portugal	11,608	12,560
Pologne	10,858	11,623
Pays-Bas	7,591	8,343
Roumanie	7,045	6,725
Irlande	6,573	6,115
Autriche	4,840	5,700
Belgique	5,574	5,200
Grèce	4,621	5,096
Finlande	2,327	3,068
Bulgarie	1,454	1,460
Lituanie	0,807	1,131
Croatie	0,796	1,013
Hongrie	0,693	0,700
Estonie	0,715	0,589
Rép. Tchèque	0,573	0,497
Chypre	0,221	0,226
Lettonie	0,147	0,150
Luxembourg	0,102	0,108
Slovaquie	0,006	0,006
Slovénie	0,006	0,006
Malte	0,000	0,000
<b>UE 28</b>	<b>301,893</b>	<b>302,661</b>

\*Estimation. \*\*Départements d'outre-mer non inclus pour la France. Source : EurObserv'ER 2017.



plément de rémunération en conservant le niveau actuel du tarif de l'obligation d'achat, soit 82 €/MWh. Le 12 décembre dernier a également été lancée la première phase de dialogue pour le 3<sup>e</sup> appel d'offres éolien en mer au large de Dunkerque. Cette phase de présélection des candidats, ouverte jusqu'au 28 février 2017, portera sur un volume compris entre 250 et 750 MW. La ministre a également annoncé le 3 novembre dernier que des appels d'offres commerciaux pour l'éolien flottant et l'hydrolien étaient également en préparation.

### L'ÉOLIEN OFFSHORE FAIT BOUGER LES LIGNES DE L'INDUSTRIE

#### DES GÉANTS DE L'ÉOLIEN FABRICANT DES ÉOLIENNES GÉANTES

Le marché de l'éolien, qu'il soit offshore ou onshore, progresse rapidement. Ceci induit une évolution constante de l'environnement concurrentiel du secteur. L'offshore, sous-segment le plus récent, a un impact important sur la structuration du marché.

Depuis quelques années, le marché se consolide et des groupes de plus en plus grands émergent pour se placer sur l'offshore. Ce mouvement a commencé en 2013 et s'est d'abord caractérisé par la création de filiales communes entre groupes, puis par des fusions-absorptions en 2015-2016. Les grands groupes ont commencé par créer des alliances et des filiales communes, afin d'entrer sur le marché à petits pas et d'en tester les potentialités. L'absorption venant ensuite montre que les groupes estiment le marché de l'offshore suffisamment prometteur pour pouvoir posséder une filiale à 100%. Ainsi, Vestas et Mitsubishi ont formé une filiale commune en 2013, MHI Vestas Offshore Wind Energy. En 2014, Gamesa et Areva ont créé la filiale Adwen. La vague des fusions-absorptions a commencé en 2015 avec General Electric rachetant Alstom qui développait des éoliennes. Enfin, en 2016, le plus grand mouvement du monde éolien a eu lieu avec l'acquisition de Gamesa par Siemens. En termes de capacités installées, cette fusion a permis de créer le plus grand groupe éolien du monde. Le rap-

prochement a été annoncé en juin 2016 et a laissé pendant quelques mois le futur d'Adwen, filiale d'Areva et Gamesa, en suspens. Après une première proposition de la part de General Electric qui a été refusée, c'est finalement Gamesa qui a racheté les 50% d'Adwen qui lui manquaient.

Ce mouvement général de concentration s'observe également sur le marché onshore. Pour rappel, en 2015, les entreprises Nordex (allemande) et Acciona (espagnole) ont fusionné. En début d'année 2016, Vestas a annoncé l'acquisition d'Availon, un fournisseur allemand de services éoliens. En octobre, General Electric acquiert le fabricant de pales LM Wind Power et en novembre, c'est Senvion qui prend le contrôle du fabricant de pales Euros Group.

À l'image des groupes du secteur, les éoliennes grandissent. Toujours plus puissantes et plus efficaces, les éoliennes offshore atteignent les 7 ou 8 mégawatts. Ainsi Vestas développe son modèle V164 de 8 MW, représentant un diamètre de 164 m. Siemens commercialise une SWT 7.0 de 7 MW et 154 m de diamètre et annonce un modèle de 8 MW à venir. Cette course au gigantisme touche aussi l'éolien terrestre. Ainsi Enercon commercialise un modèle Enercon E 141 de 4,2 MW avec un diamètre de 141 m.

#### 2016 : TROIS RECORDS ÉCONOMIQUES CONSÉCUTIFS DANS L'OFFSHORE

Le deuxième fil rouge de l'industrie éolienne est la baisse constante des prix de vente de l'électricité produite. Encore une fois, l'offshore montre un dynamisme hors du commun. En effet, trois records de prix ont marqué 2016.

En juillet, Dong remporte l'appel d'offres pour le projet hollandais Borssele 2 avec une vente à 72,70 €/MWh pendant 15 ans, puis au prix du marché. En septembre, Vattenfall remporte l'appel d'offres du projet danois Vesterhav avec une vente à 63,80 €/MWh. Et en novembre, Vattenfall encore remporte l'appel d'offres du projet danois Kriegers Flak avec un prix de 49,90 €/MWh. Il s'agit d'une division par deux du prix en moins de deux ans, car en février 2015, un record avait été atteint avec un prix de 103,10 €/MWh. À noter cependant que pour Kriegers Flak, le gouvernement danois apportera un support de 470 millions d'euros.

Ceci n'a été possible que grâce à la baisse du LCOE éolien. Le coût global est déterminé par six facteurs : la production totale d'électricité, la durée de vie du projet, les coûts opérationnels, le coût du capital, le coût de la dette et, enfin, le calendrier des investissements. Comme vu précédemment, les éoliennes sont de plus en plus puissantes, ce qui augmente la production totale d'électricité. Le phénomène est amplifié par l'amélioration du facteur de charge des éoliennes, qui est le ratio entre l'énergie produite et l'énergie qui aurait pu être produite à son maximum. Par ailleurs, la grande taille des projets permet de faire d'importantes économies d'échelle. En effet, Borssele (1 et 2, remportés par Dong), Vesterhav et Kriegers Flak font respectivement 720, 350 et 600 MW. À noter que ceci offre un pouvoir de négociation plus important vis-à-vis des fournisseurs et donc la possibilité de réduire les coûts d'achat. De plus, les entreprises acquièrent une expérience d'autant plus grande sur les possibilités de réduction des coûts et la courbe d'apprentissage s'améliore. Ceci diminue encore les coûts opérationnels. Enfin, la création de grands groupes aux marchés diversifiés et aux bilans solides est rassurante pour les marchés financiers. Ainsi, les apporteurs de capitaux et les prêteurs se sentent confiants et peuvent baisser leurs taux d'intérêt, améliorant ainsi le coût du capital et celui de la dette.

Parmi toutes ces améliorations du marché, la croissance du facteur de charge est la plus importante, car elle modifie le paradigme du marché éolien. Selon le rapport "Annual Offshore statistics" de WindEurope, en 2016, le facteur annuel national moyen des cinq principaux marchés offshore européens va de 33,1% à 42,9%. Surtout, dans les mois d'hiver (novembre-février) ces facteurs de charge sont supérieurs à 50%, avec une pointe de 68,2% au Royaume-Uni.

#### L'ENVIRONNEMENT CONCURRENTIEL DE L'ÉOLIEN

De 2015 à 2016, l'équilibre du marché éolien sur l'onshore a peu bougé. Cependant, quelques grandes tendances doivent être gardées en tête. La Chine est le premier marché mondial pour la filière. Or il



FRANK BOUTRUP SCHMIDT/VESTAS

est l'apanage des entreprises nationales. Ainsi, en termes de capacité installée, l'entreprise la plus importante au niveau mondial est Goldwind. D'autres entreprises chinoises, telles que Ming Yang, Envision ou Dongfang, ont aussi une taille importante grâce à la demande domestique. Cependant ces entreprises exportent très peu et n'influent pas sur les équilibres concurrentiels dans le reste du monde. Dans le reste du monde, les géants de l'éo-

lien sont déjà bien implantés sur l'onshore et le niveau de concurrence laisse peu de possibilités à l'arrivée de nouveaux acteurs. Si Vestas occupe traditionnellement la première place en termes de capacités installées (hors Chine), cet équilibre pourra être remis en cause par le rapprochement entre Siemens et Gamesa. Dans ce contexte, l'innovation technologique reste un facteur clé de succès, notamment au niveau de la puissance unitaire

des machines, qui atteint fréquemment les 4 MW aujourd'hui. Autre exemple de prouesse technologique, le modèle d'éolienne multirotor développé par Vestas, composé d'un mât et de quatre rotors répartis de part et d'autre de celui-ci. Ce modèle de 900 kW, qui permet de limiter la taille de l'éolienne pour la puissance développée, est actuellement en phase de test. De telles avancées technologiques auront leur rôle à jouer, notamment lorsque com-

### Tabl. n° 5

Principaux développeurs impliqués dans le secteur éolien en 2016

Entreprises	Pays	Puissance éolienne mise en service (offshore inclus) fin 201 (en MW)	Chiffre d'affaires annuel 2016 (en M€)	Employés en 2016
Iberdrola Renovables	Espagne	14 336	2 400 <sup>(2)</sup>	n.a.
EDP Renováveis	Portugal	10 408	1 651	1 083
EDF Énergies Nouvelles	France	8 499	1 358	3 108
E.ON Climate Renewables	Allemagne	8 174	n.a.	1 660 <sup>(3)</sup>
Gamesa	Espagne	7 450	4 612	7 271 <sup>(3)</sup>
Enel Green Power	Italie	7 264	3 011 <sup>(3)</sup>	4 309 <sup>(3)</sup>
Acciona Energy	Espagne	7 257	1360 <sup>(4)</sup>	n.a.
RWE Innogy	Allemagne	4 106	813	890 <sup>(3)</sup>
WPD AG	Allemagne	3 308	n.a.	860
Dong Energy	Danemark	3 000	2 219	2 351
Vattenfall	Suède	3 000	458	706
Juwi AG	Allemagne	2 000	575 <sup>(3)</sup>	1 000

Les grandes compagnies énergétiques, du fait de leur taille et de leur capacité de financement, sont bien représentées dans ce classement, toutefois, en dehors de ce type d'acteur, il existe un grand nombre de développeurs privés spécialisés dans les énergies renouvelables avec des portefeuilles conséquents. Certains fabricants d'éoliennes comme Gamesa, Nordex ou Enercon ont également fait le choix de développer des projets avec leurs propres machines.  
1) Worldwide figure. 2) Turnover for all renewables technologies. 3) 2015 figure. 4) Jan. to Sept. 2016 figure. Source: Eurobserv'ER 2017.

menceront les stratégies nationales de repowering.

Enfin, les récents développements du marché offshore permettent de dessiner la structuration concurrentielle de ce nouveau marché. Les acteurs en présence sont de grands groupes dotés d'une expertise importante qui leur permet d'offrir des prix de l'électricité éolienne bas et contribue à fermer le marché aux nouveaux venus. Par ailleurs, du fait du jeu des consolidations, le nombre des entreprises en présence est relativement bas. Il est ainsi difficile de savoir si l'équilibre concurrentiel sera suffisamment fort pour continuer de faire baisser les prix. Mais grâce aux succès des projets menés en Europe du Nord, d'autres pays pourraient être incités à miser sur l'offshore, ce qui constituera autant de nouveaux débouchés pour les industriels en présence. Un marché mondial semble se dessiner pour les quelques acteurs qui ont eu l'audace d'être pionniers sur l'éolien offshore.

### 2030 : L'ÉLECTRIFICATION DES SECTEURS CHALEUR ET TRANSPORT EN LIGNE DE MIRE

À moins de quatre ans de l'échéance des objectifs de la directive énergie renouvelable de 2009, la trajectoire de la filière



FRANK BOUTRUP SCHMIDT/VESTAS

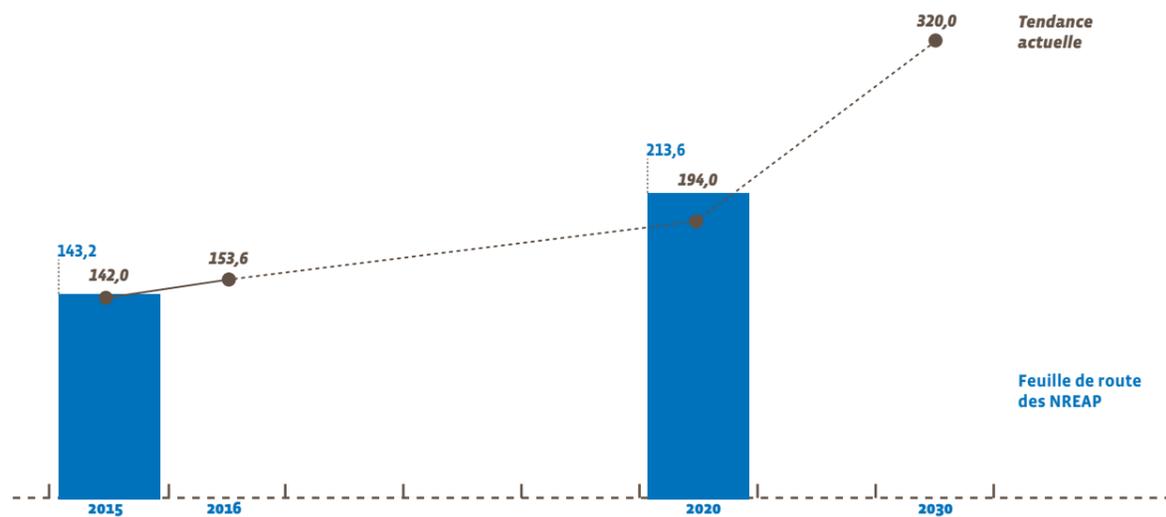
Éolienne multirotor de Vestas

éolienne se précise. En 2017, le marché de l'Union européenne devrait une nouvelle fois se maintenir au-delà du seuil des 12 GW, avec la possibilité d'un nouveau record d'installation. En effet, le marché allemand et ceux des pays nordiques devraient une nouvelle fois apporter une base solide au marché de l'Union. Il sera renforcé par le marché britannique qui devrait regagner en intensité avec la construction fin 2016 de près de 2 GW d'installations offshore et consolidé également par le nouvel élan du marché français, désormais libéré d'une grande partie

de ses contraintes administratives. Pour les trois années suivantes, les contours du marché de l'Union européenne sont plus flous, avec une sortie probable du Royaume-Uni avant l'échéance de 2020. En tenant compte du même ensemble (Union européenne et Royaume-Uni), le marché devrait être affecté par la diminution progressive du marché allemand qui ne devrait être que partiellement compensé par le renforcement ou le retour aux affaires de certains marchés clés (Espagne). Un peu moins de 30 GW supplémentaires pourraient ainsi

### Graph. n° 4

Tendance actuelle par rapport à la feuille de route des Plans d'action nationaux énergies renouvelables (en GW)



Source : EurObserv'ER 2016.

être installés entre 2018 et 2020, permettant aux parcs de l'Union européenne et du Royaume-Uni de se rapprocher du seuil des 194 GW fin 2020. Cette projection est légèrement supérieure au scénario "central" établi en 2015 par l'EWEA (aujourd'hui WindEurope) qui prévoyait 192,5 GW à cette échéance.

À plus long terme (horizon 2030), la Commission européenne estime que la part des énergies renouvelables pourrait atteindre 50 % de la production d'électricité et l'éolien pourrait bien s'arroger la part du lion. WindEurope prévoit en effet que l'éolien pourrait représenter à lui seul entre 24 et 28 % de la demande d'électricité (soit environ 778 TWh), dans le cadre d'un scénario "central" à 320 GW.

Des incertitudes demeurent, car les capacités de déploiement de l'éolien dépendront pour une large part de la solidité de la politique énergétique européenne et de la mise en place de nouvelles règles de fonctionnement du marché de l'électricité.

Selon les acteurs de la filière, plusieurs points clés faciliteraient le déploiement de l'énergie éolienne. Parmi eux, la relève des objectifs de l'énergie renouvelable dans la consommation brute d'énergie finale à 30 % en 2030 contre 27 % envisagés actuellement. Ils estiment indispensable que la nouvelle directive européenne sur les énergies renouvelables, qui demeurera le principal instrument politique de déploiement des énergies renouvelables en Europe, mette en place les mécanismes de contrôle permettant une contribution

équitable des pays membres à l'objectif commun et définisse clairement les mesures à prendre en cas de non-respect des engagements. Les acteurs de l'éolien considèrent également que compte tenu de l'importance que prennent les filières de production d'électricité renouvelable dans le système électrique, les instruments qui encouragent leur intégration ont besoin d'être davantage orientés vers des mécanismes de marché, mieux à même de refléter les besoins de court terme du marché et de favoriser la compétition entre filières. Toutefois, compte tenu des spécificités des investissements en énergies renouvelables, hautement capitalistiques (coûts fixes élevés et coûts variables plus faibles), ce système nécessite la mise en place de mécanismes de stabilisation de recettes pour rassurer les investisseurs et réduire les coûts de financement des projets. Un des moyens pour pallier ces risques financiers de long terme déjà très utilisés aux États-Unis est le développement de financements de projets à travers la conclusion de contrats d'achat d'électricité (PPA) entre producteurs et fournisseurs. Un autre point clé facilitant le déploiement de l'éolien est la réalisation des investissements nécessaires dans les infrastructures réseau et les systèmes de gestion de fourniture d'électricité, qui dans certains pays ou certaines régions constituent déjà un frein au développement. Ils estiment également nécessaire de briser le carcan de la faible croissance européenne d'électricité en mettant en œuvre de nouvelles politiques

favorisant l'électrification des autres secteurs énergétiques que sont la chaleur, le froid et les transports, ce dans l'optique de décarboniser le marché de l'énergie. La conversion progressive de ces secteurs à la production d'électricité renouvelable ouvrirait de nouveaux horizons à la filière, sans limites de développement sur le long terme. □

Sources T2 and T4 : Deutsche Windguard (Germany), AGEB (Germany), AEE (Spain), Red Electrica (Spain), BEIS (United Kingdom), RTE (France), SER (France), Svensk Vindenergi (Sweden), DGEG (Portugal), HOPS (Croatia), ANEV (Italy), Terna (Italy), ENS (Denmark), Ministry of Industry and Trade (Czech Republic), windstats.nl (Netherlands), IWEA (Ireland Republic), Eirgrid (Ireland Republic), IG Windkraft (Austria), Tuuleenergia (Estonia), Litgrid (Lithuania), VTT (Finland), CERA (Cyprus), HWEA (Greece), Apere (Belgium), STATEC (Luxembourg), PESE (Poland), AEE (Spain), Svensk Vindenergi (Sweden), INSEE (Romania), Tuuleenergia (Estonia), WindEurope

Le prochain baromètre traitera du photovoltaïque



This project is funded by the European Union under contract n° ENER/C2/2016-487/SI2.742173



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

Ce baromètre a été réalisé par Observ'ER dans le cadre du projet "EurObserv'ER" regroupant Observ'ER (FR), ECN (NL), Renac (DE), Frankfurt School of Finance & Management (DE), Fraunhofer ISI (DE) et Statistics Netherlands (NL). Le contenu de cette publication n'engage que la responsabilité de son auteur et ne représente ni l'opinion de la Commission européenne, ni celle de l'Ademe. Ni la Commission européenne ni l'Ademe ne sont responsables de l'usage qui pourrait être fait des informations qui y figurent.