

LE JOURNAL

DE L'ÉOLIEN

ONSHORE & OFFSHORE

ÉDITION SPÉCIALE – OCTOBRE 2020

Spécial
colloque
national
éolien

Enquête

**L'ÉOLIEN
PREND LA MER**

Économie

**L'INNOVATION
DANS LA
MAINTENANCE**

**BAROMÈTRE
ÉOLIEN**

12,2 GW DANS L'UE EN 2019

PLANIFIEZ DÈS À PRÉSENT VOS CAMPAGNES D'INSPECTION DE PALES

Retrouvez
nous
au stand
104 !

11^e COLLOQUE
NATIONAL ÉOLIEN

14 ET 15 OCTOBRE 2020
PARC FLORAL DE PARIS

l'énergie du changement

France
Énergie
Éolienne

PALMARÈS

Vincent Jacques le Seigneur
Directeur de la publication



Illustration de couverture :
Parc éolien offshore de Thanet
(Royaume-Uni).

Crédit :
Mark Leybourne

journal-eolien.org

**Abonnement de 1 an (5 n° dont un hors-série),
au Journal de l'Éolien (en € TTC) :**
France 89 €, Europe 99 €, Monde 109 €

Administration : Nathalie Bouhours
(tél. : 01 44 18 00 80)

Publicité : Diewo Kane (tél. : 01 44 18 73 49)

Directeur de la publication :
Vincent Jacques le Seigneur

Rédacteur en chef : Vincent Boulanger

Responsable des produits éditoriaux :
Romain David (tél. : 01 44 18 73 42)

Rédacteurs : Anne-Claire Poirier, Franck Turlan

Secrétaire de rédaction : Rachel Laskar

Maquette – réalisation : Alice Sawicki

Dépôt légal : 4^e trimestre 2020
ISSN : 2115-8207
Commission paritaire : 0423 G 93032

Éditeur : 
Observatoire des énergies renouvelables
(Association régie par la loi de 1901)
Président : Vincent Jacques le Seigneur
146 rue de l'Université – 75007 Paris
Tél. : + 33 (0)1 44 18 00 80
www.energies-renouvelables.org



IMPRIM'Vert*
Imprimerie de Champagne
ZI Les Franchises – 52200 Langres
Certifiée Iso 14001

Ce numéro est imprimé sur du papier
100 % PEFC (issu de forêts gérées
durablement et de sources contrôlées).



L'horizon se dégage enfin pour l'éolien qui affiche des résultats probants : l'énergie produite par la rotation des pales a permis de couvrir 7,5 % de la consommation nationale d'électricité sur le deuxième trimestre 2020 comme le montre la dernière livraison du *Panorama de l'électricité renouvelable*¹.

Ce rapport est publié chaque année par un consortium mené par RTE et Enedis, les gestionnaires du réseau public de transport et de distribution d'électricité et le Syndicat des énergies renouvelables (SER). Des signatures de référence pour un rapport qui est pourtant sujet à caution. En cause, sa volonté d'établir un "palmarès" des régions administratives françaises en fonction de la puissance installée, de la production et de la couverture de la consommation locale par la production éolienne.

Est-ce que cela fait sens ? C'est bien toute la question.

Car on est en droit de s'interroger sur la pertinence d'un tel podium alors même qu'à la tête de la collectivité championne toutes catégories – les Hauts-de-France qui représentent plus du quart de la puissance installée du pays – il y a des édiles qui sont vent debout contre ce déploiement. Ce n'est donc a priori pas la politique régionale qui a favorisé un tel essor. Tant s'en faut. C'est tout simplement le fait que le plat pays est balayé par des vents puissants et constants, tout comme le Grand-Est, le littoral océanique ou la côte méditerranéenne. Dès lors, pourquoi ne pas prendre comme référence la carte des quatre grands régimes de vent du pays plutôt que celle des treize régions métropolitaines ?

Un tel rapprochement permettrait de mettre en avant le rapport entre la ressource et la production, le potentiel de foisonnement, ou encore les opportunités de développement tout en échappant aux surenchères électoralistes. Il y aurait des "bassins de vent" comme il y a, dans le domaine de l'eau, les bassins versants qui ont justifié, dès 1964, la création des six agences de l'eau – des établissements publics à caractère administratif qui participent à la gestion de l'eau sur un des six grands bassins hydrographiques. Cerise sur le gâteau, les agences sont dotées de comités de bassin, véritable "parlement local de l'eau", où siègent les élus comme les associations.

Autre exemple, plus récent cette fois, dans le domaine de la biodiversité, avec la directive européenne dite "Habitats" adoptée en 1992. Sa mise en œuvre repose sur le réseau Natura 2000 qui comprend les espèces et les espaces protégés. Pour ce faire, quatre zones biogéographiques ont été identifiées dans notre pays en raison de leur cohérence du point de vue des formations végétales et des températures. Une telle approche permet de sélectionner sur des bases scientifiques un site afin qu'il fasse partie intégrante du réseau et soit géré de façon à garantir sa préservation à long terme.

Renoncer à la grille administrative peut donc faire sens parce que cela permet d'asseoir une politique sur une réalité physique incontestable pour un sujet donné. Ce n'est pas le choix très jacobin qui a été fait avec la création des schémas régionaux d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires (Sraddet) qui, certes, redonnent tout son lustre à la planification territoriale et associent les élus de la collectivité (pour la conception) et les représentants de l'État (pour l'approbation), mais qui entendent tout traiter (transport, air, déchet, énergie, climat, biodiversité...) et cela sans assise claire sur le territoire.

Cette réflexion n'enlève rien à la qualité du *Panorama* qui vient d'être publié (du grec *pan*, "tout", et *horama*, "spectacle"), mais il faudrait songer à débattre, sinon à renoncer, au "Palmarès des régions" (du latin "qui mérite des palmes") qu'il entend ainsi établir.

1) <https://bit.ly/33by0Bv>

9-10
DÉCEMBRE
2020

enerGaia

Forum Européen des énergies renouvelables

Participez au salon de référence sur le marché des EnR
qui propose des solutions environnementales
pour les territoires, les villes et l'industrie

 **250** exposants

 **8 500** visiteurs professionnels
et porteurs de projets

 **+ de 50** conférences, tables rondes,
ateliers et pitches

Rassemblons
nos énergies !

Parc des
Expositions
Montpellier

*étincelle



www.energaia.fr

Suivez-nous
Follow us



Sous le haut patronage de



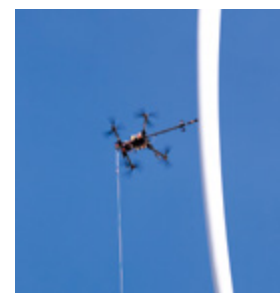
Partenaires officiels



ENQUÊTE L'ÉOLIEN PREND LA MER

p. 4

Huit ans après l'attribution des premiers projets, l'éolien en mer entre enfin dans sa phase industrielle. Parallèlement, la publication de la programmation pluriannuelle de l'énergie et l'organisation de débats publics tracent la voie pour de nouveaux projets.



ÉCONOMIE L'INNOVATION : BOÎTE À OUTILS DE LA MAINTENANCE

p. 8

Les "gestionnaires d'actifs" sont à l'affût des nouveautés permettant aux exploitants de parcs éoliens d'aller au-delà des données fournies par les fabricants. La quête d'optimisation de la production ouvre le champ à quantité de start-up, françaises notamment, qui offrent leurs services pour gagner de précieux points de rentabilité.



DOSSIER BAROMÈTRE ÉOLIEN

p. 12

2019 a été une bonne année pour le marché mondial de l'éolien, en croissance sur ses trois principales zones que sont la Chine, les États-Unis et l'Europe. Avec le Royaume-Uni, encore État membre en 2019, la puissance supplémentaire de l'Union européenne a été de plus de 12 GW contre un peu moins de 11 GW en 2018. Sans le Royaume-Uni, l'Union européenne à 27 a en 2019 ajouté une puissance de près de 10 GW contre un peu plus de 8,7 GW en 2018, portant le parc de l'UE à 27 à 167,6 GW.

ENQUÊTE

L'éolien prend la mer.....4

ÉCONOMIE

L'innovation : boîte à outils
de la maintenance8

BAROMÈTRE ÉOLIEN 12

Actualité des
principaux marchés 14

L'industrie éolienne
repousse les limites 24

300 GW en 2030,
ou bien plus 28

AGENDA 32

L'ÉOLIEN PREND LA MER

Huit ans après l'attribution des premiers projets, l'éolien en mer entre enfin dans sa phase industrielle. Parallèlement, la publication de la programmation pluriannuelle de l'énergie et l'organisation de débats publics tracent la voie pour de nouveaux projets. PAR ANNE-CLAIRE POIRIER

O n entre dans une nouvelle ère», se réjouit Matthieu Monnier, en charge des dossiers éolien en mer à France Énergie Éolienne (FEE). Lui qui a chroniqué les années de marasme administratif peut désormais commenter l'avancée des projets. L'heure est aux pelleuses, aux premières pierres et aux créations d'emplois. «Les quatre projets alloués en 2012 sont, logiquement, les plus avancés. Mais en tout, ce sont onze parcs éoliens en mer qui sont programmés pour entrer en service entre 2022 et 2027», rappelle-t-il. «Ils représentent une puissance cumulée de plus de 3,6 GW».

RACCORDEMENTS EN COURS

Les premiers travaux sur site ont commencé il y a onze mois, à Saint-Nazaire, en Loire-Atlantique, pour le raccordement du projet d'EDF Renouvelables. La création de la première liaison de 225 000 volts s'est d'abord déroulée à terre avec la création du poste électrique de Prinquiau, avant de se poursuivre au mois de septembre par le déroulage de deux câbles sous-marins sur 33 kilomètres. Le raccordement complet devrait s'achever au cours de l'été 2022, annonce le gestionnaire de réseau RTE, qui a entamé en parallèle des travaux similaires à Fécamp (Seine-Maritime), et bientôt à Saint-Brieuc (Côtes-d'Armor). En tout, il devra mobiliser près de 975 millions d'euros pour le raccordement des quatre premiers projets, et encore 350 millions pour les parcs d'Yeu-Noirmoutier (Vendée) et du Tréport (Seine-Maritime), soit environ 15 % de leur coût total.

PREMIÈRES SORTIES D'USINE

Parallèlement, les porteurs de projets ont pu mener à bien la sélection de leurs partenaires. EDF Renouvelables a lancé officiellement la construction de ses projets de Saint-Nazaire et de Fécamp tandis qu'Ailes Marines a pris sa décision finale d'investissement en mars dernier pour le projet de Saint-Brieuc. Un symbole fort du démarrage des projets a été la sortie d'usine de la première des 80 nacelles GE de 6 MW destinées au parc de Saint-Nazaire. L'occasion pour Jérôme Péresse, le président de GE Renewable Energy, de confirmer la création de 1 400 emplois dans l'éolien en mer d'ici fin 2021.

Installation des câbles électriques sous-marins sur une distance de 33 km. Ils permettront de relier le parc éolien en mer de Saint-Nazaire au réseau électrique terrestre.



Première nacelle (contenant la génératrice) de la série d'éoliennes Haliade 150-6 MW de GE Renewable Energy. Elle est destinée au parc éolien en mer de Saint-Nazaire.

Onze parcs éoliens en mer sont programmés pour entrer en service entre 2022 et 2027.

Mais cette nacelle symbolise également le retard des projets français puisque, devenue obsolète, elle n'équipera finalement pas les parcs de Fécamp et Courseulles-sur-Mer (Calvados). GE a décidé de cesser sa commercialisation pour se consacrer à des modèles plus puissants, dont l'Haliade X de 12 MW. C'est donc Siemens Gamesa qui fournira ses turbines de 7 et 8 MW pour les parcs de Fécamp, Courseulles, mais

aussi Saint-Brieuc ainsi que pour les deux projets remportés en 2014 par Engie à Yeu-Noirmoutier et au Tréport. Le turbiniériste a débuté en juin les travaux de construction de son usine havraise, qui fournira pales et nacelles. Le chantier durera entre 16 et 18 mois. À terme, Siemens Gamesa promet la création de 750 emplois.

PROCHAINS PROJETS EN LIGNE DE MIRE

En capitalisant sur la filière industrielle ainsi créée, le gouvernement a publié en avril la programmation pluriannuelle de l'énergie pour 2019-2028. Elle prévoit le lancement de trois appels d'offres posés (2,5 à 3 GW au total) et trois appels d'offres flottants (3 x 250 MW) d'ici 2023 puis l'attribution d'1 GW par an après 2024. Le débat public en cours en Bretagne permettra de lancer le premier appel d'offres commercial pour l'éolien flottant en 2021. Mais pour Matthieu Monnier, il faut rester vigilant pour tenir la cadence, d'autant que les procédures ont déjà pris du retard dans la Manche et au large d'Oléron. Alors que le débat public en Normandie a permis l'identification de deux zones de 300 km² au large de Barfleur et de Fécamp, FEE préconise le lancement d'un double appel d'offres sur cette façade pour maintenir le rythme d'attribution des projets éoliens posés. L'association recommande en outre d'organiser simultanément la procédure de dialogue concurrentiel et de participation du public sur les prochains appels d'offres afin de raccourcir les délais. Enfin, «il est important de continuer les mesures de simplification engagées pour réduire les temps de développement», rappelle Matthieu Monnier. De ce point de vue, le projet de loi d'accélération et de simplification de l'action publique, baptisé Asap, est salué par la filière, notamment la proposition de confier au Conseil d'État la compétence en premier et dernier ressort pour juger les litiges relatifs aux projets. Une avancée qui pourrait réduire de deux ans le temps de développement des futurs projets, déjà sensiblement raccourcis par l'instauration du permis enveloppe. ■

PARCS OFFSHORE POSÉS

PARC DU BANC DE GUÉRANDE – SAINT-NAZAIRE (AO 2012)

EDF Renouvelables/Enbridge (maîtrise d'ouvrage), Jan de Nul (installation turbines), Eiffage/Deme (monopieux), Chantiers de l'Atlantique/GE Grid Solutions/SDI (sous-station électrique en mer) Prysmian (câbles inter-éoliennes), Louis Dreyfus Travocean (installation des câbles inter-éoliennes)

Statut: construction en cours

480 MW: 80 éoliennes Haliade 150 de 6 MW (GE Renewable Energy)

Tarif d'achat (20 ans): 143,6 €/MWh

Investissement: 2 milliards d'euros

Mise en service: fin 2022

Base de maintenance: La Turballe (Loire-Atlantique)

Raccordement:

Maîtrise d'ouvrage: RTE/ Prysmian

33 km sous-marin, 27 km souterrain

Investissement: 285 millions d'euros

ÉOLIENNES OFFSHORE DES HAUTES-FALAISES – FÉCAMP (AO 2012)

Partenaires: EDF Énergies Nouvelles/ WPD Offshore/Enbridge (maîtrise d'ouvrage), Bouygues Construction/Saipem/ Boskalis (fondations gravitaires), Chantiers de l'Atlantique/GE Grid Solutions/ SDI (sous-station électrique en mer)

Statut: construction en cours

497 MW: 71 éoliennes SWT-7.0-154 (Siemens Gamesa)

Tarif d'achat (20 ans): 135,2 €/MWh

Investissement: 2 milliards d'euros

Mise en service: 2023

Base de maintenance: Fécamp (Seine-Maritime)

Raccordement:

Maîtrise d'ouvrage: RTE/Prysmian

18 km sous-marin, 32 km souterrain

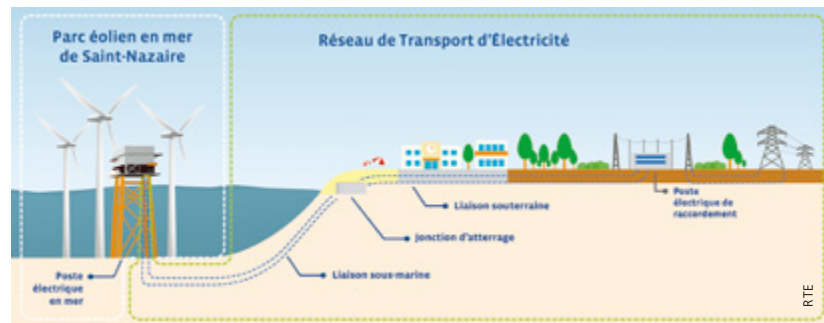
Investissement: 270 millions d'euros

ÉOLIENNES OFFSHORE DU CALVADOS – COURSEULLES-SUR-MER (AO 2012)

Partenaires: EDF Renouvelables/WPD Offshore/Enbridge (maîtrise d'ouvrage),

Statut: recours purgés

448 MW: 64 éoliennes de 7 MW SWT-7.0-154 (Siemens Gamesa)



Tarif d'achat (20 ans): 138,7 €/MWh

Investissement: 1,8 milliard d'euros

Mise en service: 2024

Base de maintenance: Fécamp (Seine-Maritime)

Raccordement:

Maîtrise d'ouvrage: RTE/Prysmian

16 km sous-marin, 23 km souterrain

Investissement: 175 millions d'euros

AILES MARINES – SAINT-BRIEUC (AO 2012)

Iberdrola Marine (maîtrise d'ouvrage), Navantia (fondations), Van Oord (installation fondations), Prysmian (câbles inter-éoliennes), Eiffage Métal/Engie Solutions (sous-station électrique en mer), RTE/ Nexans (raccordement)

Statut: recours en cours de traitement, FID mars 2020

496 MW: 62 éoliennes de 8 MW modèle SG 8.0-167 DD (Siemens Gamesa)

Tarif d'achat (20 ans): 155 €/MWh

Investissement: 2,4 milliards d'euros

Mise en service: 2023

Base de maintenance: Lézardrieux (Côtes-d'Armor)

Raccordement:

Maîtrise d'ouvrage: RTE/Nexans

67 km sous-marin, 93 km souterrain

Investissement: 245 millions d'euros

ÉOLIENNES EN MER ÎLES D'YEU NOIRMOUTIER – YEU - NOIRMOUTIER (AO 2014)

Partenaires: Engie/EDP Renewables/ Caisse des dépôts/Sumitomo (maîtrise d'ouvrage)

Statut: recours en cours de traitement

496 MW: 62 éoliennes de 8 MW SG 8.0-167 DD (Siemens Gamesa)

Tarif d'achat (20 ans): 137 €/MWh

Investissement: 2 milliards d'euros

Mise en service: 2024

Bases de maintenance: L'Herbaudière et Port-Joinville (Vendée)

Raccordement:

Maîtrise d'ouvrage: RTE/Prysmian

27 km sous-marin, 30 km souterrain

Investissement: 150 millions d'euros

ÉOLIENNES EN MER DIEPPE LE TRÉPORT – TRÉPORT (AO 2014)

Partenaires: Engie/EDP Renewables/ Caisse des dépôts/Sumitomo (maîtrise d'ouvrage), Siemens Gamesa (turbines)

Statut: recours en cours de traitement

496 MW: 62 éoliennes de 8 MW SG 8.0-167 DD (Siemens Gamesa)

Tarif d'achat (20 ans): 131 €/MWh

Investissement: 2 milliards d'euros

Mise en service: 2023

Base de maintenance: Dieppe (Seine-Maritime)

Raccordement:

Maîtrise d'ouvrage: RTE

23 km sous-marin, 3,5 km souterrain

Investissement: 200 millions d'euros

ÉOLIENNES EN MER DE DUNKERQUE – DUNKERQUE (AO 2019)

Partenaires: EDF Renouvelables/Innogy SE/Enbridge (maîtrise d'ouvrage), RTE (raccordement et sous-stations)

Statut: débat public en cours

600 MW: 46 éoliennes maximum

Complément de rémunération

(20 ans): 44€/MWh

Mise en service: 2027

Investissement: 1,4 milliard d'euros

Base de maintenance: Dunkerque (Nord)

FERMES PILOTES ÉOLIEN OFFSHORE FLOTTANT

EOLMED, ZONE DE GRIISSAN (ATTRIBUTION 2016)

Partenaires: Quadran Énergies marines (maîtrise d'ouvrage), Idéol/ Bouygues Travaux publics (flotteurs free floating)

Statut: libre de recours

30 MW: 3 éoliennes de 10 MW V164-10 (Vestas)

Investissement: 212 millions d'euros

Tarif d'achat (20 ans): 240 €/MWh (+ aide à l'investissement de 78 millions d'euros)

Entrée en service: 2022/2023

Base de maintenance: Port-la-Nouvelle (Aude)

Raccordement: 24 km sous-marin, 3 km souterrain (32 millions d'euros)

PROVENCE GRAND LARGE, ZONE DE FARAMAN (ATTRIBUTION 2016)

Partenaires: EDF (maîtrise d'ouvrage), SBM Offshore/IPPEN (flotteurs TLP)

Statut: recours en cours de traitement

24 MW: 3 éoliennes de 8 MW SG 8.0-167 DD (Siemens Gamesa)

Tarif d'achat (20 ans): 240 €/MWh (+ aide à l'investissement de 78,3 millions d'euros)

Investissement: 210-240 millions d'euros

Entrée en service: 2022

Base de maintenance: centrale EDF de Martigues (Bouches-du-Rhône)

Raccordement: 19 km sous-marin, 9 km souterrain (30 millions d'euros)

ÉOLIENNES FLOTTANTES DU GOLFE DU LION, ZONE DE LEUCATE (ATTRIBUTION 2016)

Partenaires: Engie/EDP Renewables/ Caisse des dépôts (maîtrise d'ouvrage), Principle Power/Eiffage (flotteur semi-submersible)

Statut: libre de recours

30 MW: 3 éoliennes de 10 MW V164-10 (Vestas)

Tarif d'achat (20 ans): 240 €/MWh (+ aide à l'investissement de 60,5 millions d'euros)

Investissement: 175-205 millions d'euros

Entrée en service: 2022/2023

Bases de maintenance: Leucate et Le Barcarès (Pyrénées-Orientales)

Raccordement: 18 km sous-marin, 3,5 km souterrain (30 millions d'euros)

ÉOLIENNES FLOTTANTES DE GROIX ET BELLE-ÎLE (ATTRIBUTION 2016)

Partenaires: Eolfi/CGN Europe Energy/Banque des territoires (maîtrise d'ouvrage), Naval Énergies/ Vinci (flotteur semi-submersible)

Statut: libre de recours

28,5 MW: 3 éoliennes de 9,5 MW V164-9,5 (Vestas)

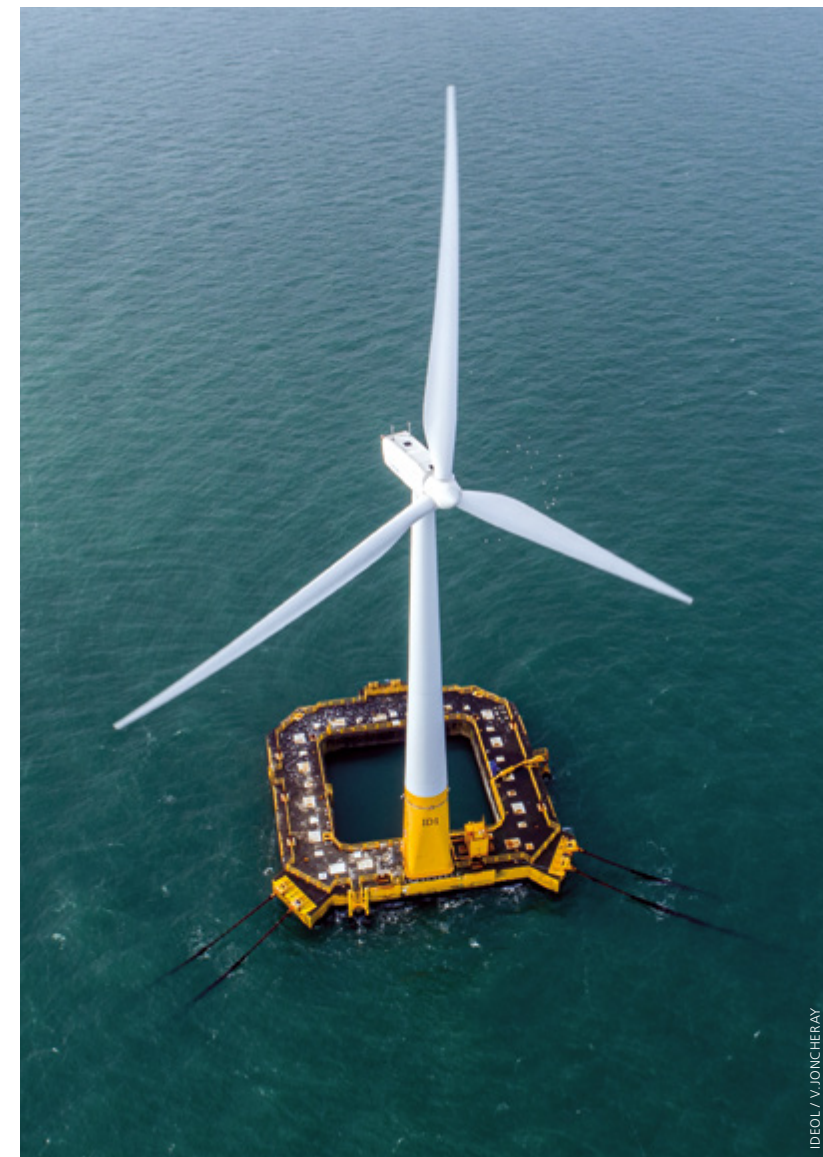
Tarif d'achat (20 ans): 240 €/MWh (+ aide à l'investissement de 83 millions d'euros)

Investissement: 190-220 millions d'euros

Entrée en service: 2022

Base de maintenance: Lorient (Morbihan)

Raccordement: 26 km sous-marin, 4 km souterrain (35 millions d'euros)



Éolienne flottante Floatgen d'Idéol.

L'INNOVATION : BOÎTE À OUTILS DE LA MAINTENANCE

Les "gestionnaires d'actifs" sont à l'affût des nouveautés permettant aux exploitants de parcs éoliens d'aller au-delà des données fournies par les fabricants. La quête d'optimisation de la production ouvre le champ à quantité de start-up, françaises notamment, qui offrent leurs services pour gagner de précieux points de rentabilité.

PAR FRANCK TURLAN

Dans le ciel de Champagne, tel un insecte perdu dans l'immensité, un drone vibronne autour d'une pale d'éolienne pour une séance photo d'inspection. L'image, encore insolite aux yeux du grand public, ferait peut-être bâiller d'ennui un professionnel de l'éolien : le drone est inscrit depuis plusieurs années dans le paysage de la maintenance préventive. Sauf qu'ici, c'est un test grandeur nature pour l'entreprise SupAirVision, basée à Troyes, dans l'Aube, qui a déposé récemment deux brevets : un pour la vérification du système antifoudre des pales *via* un drone, l'autre pour la thermographie dite "active" des pales ; elles sont chauffées au laser pour que la caméra thermique puisse détecter les éventuelles fissures en sous-face, signe annonciateur de dégradations externes qu'il est encore temps d'empêcher.

« On fait notre campagne de lancement pour la foudre à l'automne », indique Sébastien Arnould, fondateur de SupAirVision. Ce photographe passionné de drone a été l'un des premiers en France à se spécialiser dans l'éolien ; il est désormais à la tête d'une entreprise de plus de dix salariés. « La situation a considérablement évolué depuis les débuts il y a cinq, six ans. On faisait les premiers vols à 10, 15 mètres de la pale et on fournissait 600 photos sur clé USB à un technicien, sans autre explication... Aujourd'hui, on vole à 3 mètres de distance et on peut détecter un défaut d'1 mm. Et surtout, on fait une reconstruction numérique de la pale, en hiérarchisant les défauts, avec des commentaires de notre expert. » L'activité de SupAirVision devrait se renforcer avec le durcissement des règles ICPE⁽¹⁾ sur les pales, qui implique désormais une inspection tous les six mois. « Le drone permet d'aller plus vite, avec de la précision. Ça libère du temps aux cordistes pour des opérations de réparation, qui ont une plus grande valeur ajoutée », estime-t-il.

**La filière
cherche des
solutions
techniques
pour ne plus
forcément faire
intervenir
des "super-
spécialistes".**

COÛTS DE PERSONNEL EN BAISSÉ

Toujours sur cette partie ultrasensible que constituent les pales, une autre option est en train d'émerger : le robot. Après deux ans de travail partenarial avec l'entreprise lettone Aeronos, l'exploitant WPD a ainsi expérimenté cet été l'usage d'un automate sur l'un de ses parcs éoliens allemands. Pendant une phase de test de deux jours, des mesures de protection contre la foudre en circuit complet ont été effectuées sur six éoliennes de type GE 2.5-120. Mais Jonathan Badajos, responsable pour la France de la filiale WPD Windmanager précise : « Plus de 5 000 récepteurs de foudre ont été ainsi vérifiés par Aeronos au cours de cette saison sur différents types d'éoliennes et de pales, dans différents pays, dont la France. » Aeronos souligne que son robot fait plus qu'inspecter la pale ; il permet de la nettoyer et de préparer les bords d'attaque avant réparation. Bientôt, l'entreprise lettone proposera des applications de revêtement.

Objectif affiché pour WPD : « éviter des pertes de rendement inutiles pour nos clients et garantir le plus haut niveau de sécurité possible du personnel. Le système d'entretien robotisé évite aux techniciens de devoir grimper sur les pales : ils font le même travail depuis le sol en actionnant l'unité robotique sur la pale. » L'expérience ne démontre pas encore un gain de temps par rapport à l'intervention humaine... mais les économies sont déjà là « sur les coûts du personnel utilisé, car il n'y a pas besoin de faire appel à des techniciens très expérimentés ».

L'entreprise française SupAirVision a déposé récemment un brevet pour un usage du drone vérifiant le chemin de foudre sur les pales.



DEUTSCHE WINDTECHNIK

HIGH TECH ET LOW TECH

« Une éolienne, c'est comme un bateau à voile. Elle doit capter le vent au maximum, avec des pales bien inclinées, et garder le cap, avec une nacelle bien alignée. » Derrière cette image, simple et belle, Bruno Allain de la société d'expertise 8.2. décrit la myriade d'innovations techniques déployées ces dernières années pour traquer ce qu'il appelle la "sous-performance" d'une éolienne. Une nacelle désalignée peut faire perdre jusqu'à 6 % de production. Un déséquilibre du rotor, lui, peut laisser 2 % dans le vent. Des sociétés proposent des lidars (télédétection par laser) pour détecter et corriger le défaut, comme l'entreprise toulousaine Epsilone, qui se distingue par une technologie compacte. La société Alpha Wind, proche de Toulouse également, offre un service similaire avec une technologie de visée laser, Romeg, qui a pour intérêt majeur de permettre les mesures sur une éolienne en fonctionnement. L'innovation dans la maintenance peut aussi venir du "low tech". Citons ainsi l'entreprise Mywindparts, près de Montpellier. Elle s'est spécialisée dans les pièces détachées et la réparation, et vient par exemple de créer la "première poche à graisse 100 % française", placée au niveau du roulement des pales, pour les machines Servion.

Exercice au centre "d'apprentissage" de Deutsche Windtechnik, un des principaux acteurs indépendants, arrivé en France il y a quatre ans : « Il y a la digitalisation avec le suivi à distance. Mais nous mettons l'accent sur le côté humain de notre travail ; les personnes sur site sont nos yeux et oreilles », souligne son directeur commercial.

VRAIE RÉVOLUTION : L'OUTIL DIGITAL

C'est une tendance de la filière : afin de limiter les coûts d'exploitation, elle cherche des solutions techniques pour ne plus forcément faire intervenir des "super-spécialistes". Renaud Chevallaz-Perrier, directeur de la branche services chez BayWa r.e, partage un avis général : « La vraie révolution, c'est l'outil digital, le recours à la tablette et au smartphone plutôt qu'au cahier. Un turbinier vient par exemple de proposer en test des lunettes virtuelles, pour une vision en réalité augmentée : l'opérateur sur site a accès à toutes les informations et dispose d'une culture bien plus étendue. » Certes, il y a les lidars ou les photoscopes, ces appareils numériques au format XXL, pour guider le rééquilibrage des machines, des

nouvelles grues comme celles du Danois Liftra, qui se greffent aux éoliennes... Mais l'essentiel du changement serait donc invisible, immatériel. « L'essentiel de nos efforts en R&D porte sur l'accès et l'analyse des données de tous les types de machines que nos clients exploitants nous confient », explique ainsi Sofiane Lesbet, directeur commercial pour la France de Deutsche Windtechnik, un des principaux acteurs indépendants avec Connected Wind Services. « Quand nous récupérons la maintenance d'un parc, nous devons être indépendants du fabricant. »

« L'innovation dans la maintenance, tout le monde en fait : les turbiniers, les exploitants, et les entreprises de services comme nous », souligne de son côté Bruno Allain, qui préside la société d'expertise 8.2. « Depuis 2010, certains fabricants d'éoliennes font plus de bénéfices sur les contrats de maintenance que sur la vente de machines. »

INTELLIGENCE COLLABORATIVE

L'enjeu financier est donc crucial, la rétention d'informations monnaie courante... « Au mieux, un fabricant donne accès à 60 % des données Scada, avec des impasses non négligeables comme les inclinaisons de pale ou alors des données peu précises, moyennées toutes les 10 minutes alors qu'il faudrait un échantillonnage à la seconde. » « On a tous intérêt à optimiser la production », insiste Guillaume Steinmetz, de Romo Wind. Il pilote le groupe de travail "gestion d'actifs" de France Énergie

LA "BOÎTE BLANCHE" DE SEREEMA

Comme le dit son initiateur Jérôme Imbert, la petite boîte Windfit accrochée sur une éolienne « matérialise le service digital et automatisé » de la jeune entreprise montpelliéraine Sereema. Le fonctionnement de la machine est analysé en continu, en toute transparence ; la quantité astronomique d'informations est moulinée par des algorithmes qui font le tri et permettent à l'exploitant ou à son maintenancier d'y voir clair et de corriger rapidement le tir. Aujourd'hui, 1,4 GW est équipé de par le monde, dont la moitié en France. La boîte matérialise aussi l'irruption d'un tiers dans la gestion des parcs éoliens français, « où le courant profond, c'est le besoin des exploitants de prendre la main sur leurs installations et d'aller plus loin que la garantie constructeur ». Jérôme Imbert note par ailleurs « un changement » dans l'attitude de certains fabricants : « Il arrive désormais que ce soit les équipes techniques des turbiniers qui fassent l'installation de notre équipement. [...] L'enjeu est d'avoir une plateforme de diagnostic et un partage d'informations qui permette d'optimiser la production. Ce qui est bon pour tous les acteurs de la filière éolienne. »

Éolienne. « Pour le moment, les turbiniers sont réticents à la mise en place d'outils qui rendent plus visibles les performances réelles d'une machine. Mais on va y arriver ! D'autant plus qu'un jour, il n'y aura plus de complément de rémunération et que les exploitants devront tirer le meilleur parti de leur parc sur un marché de l'électricité libre. »

Renaud Chevallaz-Perrier le dit clairement : « La compétition s'accroît avec l'arrivée de nouveaux acteurs venus d'Allemagne et d'Italie depuis trois ans [...] L'innovation par l'internet – la digitalisation – est un outil pour faire accéder la maintenance dans l'éolien au même niveau que les industries anciennes : gérer finement ses équipes, ses stocks... » Un sentiment partagé par Jérôme Imbert, qui était directeur de la maintenance à EDF EN avant de s'engager dans l'aventure de Sereema (lire encadré ci-dessus). Pour lui, le vrai "challenge" est là pour la filière éolienne à court terme : devenir aussi performante que les énergies fossiles dans la gestion de ses installations. Ce qui suppose d'aller plus loin que les seules innovations technologiques ; ne pas se contenter des avancées de l'intelligence artificielle, mais y associer l'intelligence collaborative, humaine. ■



AERONES

L'entreprise lettone Aeronex multiplie les expériences avec les robots, en lien notamment avec l'exploitant WPD : après les inspections ou nettoyages de pale, elle développe les applications de revêtement.

1) Installation classée pour la protection de l'environnement.

Installation d'un ascenseur sur une éolienne sur le site de développement économique de Harfleur (Seine-Maritime).



426 TWh

La production d'électricité éolienne
estimée dans l'Union européenne à 28 en 2019

BAROMÈTRE ÉOLIEN

Une étude réalisée par EurObserv'ER 

2019 a été une bonne année pour le marché mondial de l'éolien, en croissance sur ses trois principales zones que sont la Chine, les États-Unis et l'Europe. Avec le Royaume-Uni, encore État membre en 2019, la puissance supplémentaire de l'Union européenne a été de plus de 12 GW contre un peu moins de 11 GW en 2018. Sans le Royaume-Uni, l'Union européenne à 27 a en 2019 ajouté une puissance de près de 10 GW contre un peu plus de 8,7 GW en 2018, portant le parc de l'UE à 27 à 167,6 GW.

191,5 GW

La puissance cumulée
dans l'Union européenne à 28 fin 2019

12,2 GW

La puissance éolienne installée
dans l'Union européenne à 28 en 2019



ACTUALITÉ DES PRINCIPAUX MARCHÉS

La puissance éolienne installée dans le monde a connu une croissance significative en 2019 puisque les analystes prévoient entre 58 à 71 GW de nouvelles capacités, contre 51,3 GW en 2018 (selon le Global Wind Energy Council [GWEC]). Ces chiffres, s'ils sont confirmés, pourraient représenter le plus haut total d'énergie éolienne jamais mis en service en une seule année. Cette forte augmentation s'explique principalement par une année positive en Chine, en Amérique du Nord et en Europe ainsi que par une croissance remarquable dans le domaine de l'éolien offshore à l'échelle mondiale.

L'ÉOLIEN PREND SON ENVOL EN CHINE

En Chine, selon le China Electricity Council, le pays a installé 25 740 MW de puissance éolienne en 2019 contre 21 270 MW en 2018, soit une croissance de 21%. Cela porte la puissance installée du pays à 210 050 MW fin 2019 (184 270 MW fin 2018). Selon cette source, la production éolienne aurait dépassé les 400 TWh en 2019, soit exactement 405,7 TWh (365,8 TWh en 2018). L'événement marquant pour la filière éolienne chinoise a été l'annonce faite en mai 2019 par le gouvernement que les tarifs d'achat de l'électricité éolienne terrestre ne pourront plus, et ce à partir du début de l'année 2021, dépasser ceux de l'électricité produite à partir de charbon. Le gouvernement estime que la filière éolienne chinoise est désormais suffisamment mature pour se passer d'incitations. La Commission nationale du développement et de la réforme (NDRC) a précisé que les tarifs payés aux projets éoliens terrestres seront réduits à 0,29 yuan (0,038 euros) par kWh en 2020, tandis que la parité des prix du réseau avec l'électricité produite à partir de charbon s'appliquera à tous les nouveaux projets à partir du 1^{er} janvier 2021. Pékin confirme ainsi le virage pris l'année dernière dans sa politique de soutien aux énergies renouvelables, consistant à éliminer progressivement les subventions au secteur. La NDRC avait également annoncé en mai 2019 une première liste de projets approuvés

sans subventions pour une puissance de 20,8 GW, dont 168 sites solaires pour une puissance de 14,78 GW et 56 projets éolien terrestre pour une puissance de 5,71 GW. Cette volonté politique d'accélération vers la parité réseau s'explique également par un arriéré important de paiement de subvention pour les projets existants. Selon les analystes de Wood Mackenzie Power and Renewables, cette décision devrait inciter les développeurs à installer le maximum de sites éoliens durant l'année 2020, avec une puissance additionnelle attendue de l'ordre de 28 GW. Les analystes s'attendent ensuite à une diminution du marché en 2021 de l'ordre de 23 % quand la nouvelle politique "sans subventions" sera effective. Il existe, selon eux, des incertitudes sur la capacité des développeurs à atteindre la parité avec le charbon à cette échéance, les analystes de Wood Mackenzie estimant qu'elle ne devrait être effective que d'ici 2023, avec des conséquences financières importantes pour les développeurs de projets en Chine. De plus, si l'éolien terrestre est déjà sur orbite, le pays est de plus en plus actif sur le segment de l'éolien offshore. China Three Gorges (CTG) a débuté la construction de deux "super projets" qui seront pleinement opérationnels en 2021. Le parc de Yangjiang Shapa (1 300 MW), au large de la ville de Yangjiang dans la province du Guangdong et le projet de Jiangsu Rudong (800 MW), au large de la ville de Rudong, dans la province du Jiangsu. CTG précise que la phase 1 du projet Yangjiang Shapa (300 MW) est déjà opérationnelle et a délivré ses premiers kWh en novembre 2019. Selon le Global Offshore Wind Report 2019 du World Forum Offshore Wind (WFO), la Chine est en passe de devenir le leader mondial du marché de l'offshore avec, début 2020, 3,7 GW en construction.

LE SEUIL DES 100 GW FRANCHI AUX ÉTATS-UNIS

Aux États-Unis, l'éolien est en phase de conquête. Selon les données de l'AWEA (American Wind Energy Association), le pays a installé une puissance éolienne de 9 143 MW en 2019 (7 588 MW en 2018). Elle porte la puissance cumulée du pays à 105 583 MW. 2019 a été la troisième

meilleure année sur le plan des installations annuelles (le record date de 2012 avec 13 341 MW installés). Les perspectives de croissance restent positives à la fois sur le court et le moyen termes. En effet, fin 2019, 22 115 MW de projets étaient en construction et 22 038 MW de projets en phase de développement avancé (incluant 7 483 MW de projets éoliens offshore). La puissance des projets en chantier est en augmentation de 26% par rapport à l'an dernier. Une autre tendance qui se confirme est la montée en puissance des contrats d'achats d'électricité de gré à gré (PPA – Power Purchase Agreement). Ce type de contrat est passé entre un producteur et un gros consommateur d'électricité, permettant au premier de garantir la rentabilité de sa centrale en assurant l'écoulement de sa production à un prix fixé à l'avance. Selon l'AWEA, les développeurs de projets ont annoncé avoir finalisé en 2019 pour près de 8 726 MW de contrat d'achat d'électricité, dont 2 077 MW annoncés durant le quatrième trimestre de l'année. Il convient de préciser que le crédit d'impôt pour la production éolienne (PTC), qui devait être complètement supprimé fin 2019, a été prolongé jusqu'à la fin de 2020 grâce à une modification tardive de la loi fiscale. Dans le cadre de l'extension, les projets éoliens qui ont commencé leur construction en 2019 sont éligibles à un crédit d'impôt de 40% et ceux dont la construction commence en 2020 seront éligibles à un crédit d'impôt de 60%. Concrètement, le PTC octroie un crédit d'impôt de 2,5 cents (0,25 dollar) (projets 2019) pour chaque kWh d'électricité vendu, et ce pendant une période de 10 ans après la date de mise en service du projet éolien.

AU MOINS 12 GW SUPPLÉMENTAIRES DANS L'UE À 28

Les indicateurs publiés par EurObserv'ER sont basés sur des données obtenues auprès de ministères, d'offices statistiques, d'agences nationales de l'énergie ou de gestionnaires de réseau. Elles sont complétées en l'absence d'autres canaux d'information à partir de données produites par les associations ou syndicats nationaux de l'éolien (voir liste des sources à la fin de ce baromètre).

Tabl. n° 1

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

	Puissance cumulée installée à fin 2018	Dont éolien offshore	Puissance cumulée installée à fin 2019	Dont éolien offshore	Puissance installée en 2019	Dont éolien offshore
Allemagne	58 843,0	6 396,0	60 840,0	7 507,0	2 074,0	1 111,0
Espagne	23 594,0	5,0	25 742,0	5,0	2 148,0	0,0
Royaume-Uni	21 770,4	8 216,5	23 931,0	9 785,0	2 177,6	1 568,5
France	15 133,0	2,0	16 494,0	2,0	1 361,0	
Italie	10 230,2		10 512,0		281,8	
Suède	7 300,0	203,0	8 984,0	192,5	1 684,0	
Danemark	6 116,1	1 700,8	6 112,1	1 700,8	28,0	
Pologne	5 766,1		5 917,0		150,9	
Portugal	5 172,4	0,0	5 242,1	8,4	69,7	8,4
Pays-Bas	4 393,0	957,0	4 463,0	957,0	120,0	
Irlande	3 676,1	25,2	4 127,1	25,2	451,0	
Belgique	3 260,7	1 185,9	3 826,0	1 548,0	565,3	362,1
Grèce	2 877,5		3 607,4		729,9	
Autriche	3 132,7		3 159,0		58,3	
Roumanie	3 032,3		3 032,3		0,0	
Finlande	2 041,0	72,7	2 284,0	72,7	243,0	
Bulgarie	698,9		698,9		0,0	
Croatie	586,3		646,2		59,9	
Lituanie	533,0		534,0		1,0	
Rép. tchèque	316,2		337,0		20,8	
Hongrie	329,0		329,0		0,0	
Estonie	310,0		320,0		10,0	
Chypre	157,7		157,7		0,0	
Luxembourg	122,9		127,0		4,1	
Lettonie	78,2		78,2		0,0	
Slovénie	5,2		5,2		0,0	
Slovaquie	3,0		3,0		0,0	
Malte	0,1		0,1		0,0	
Total EU 28	179 479,0	18 764,1	191 509,3	21 803,6	12 238,3	3 050,0
Total EU 27	157 708,6	10 547,6	167 578,3	12 018,6	10 060,6	1 481,5

* La puissance cumulée de chaque pays tient compte des mises hors service opérées durant l'année 2019 : Allemagne (77 MW), Pays-Bas (50 MW), Danemark (32 MW), Autriche (32 MW) et Royaume-Uni (17 MW). Source : EurObserv'ER 2020

Cette méthodologie est différente de celle de l'association européenne de la filière, WindEurope. Aussi les indicateurs d'EurObserv'ER et de WindEurope peuvent-ils être en léger décalage. Selon notre baromètre, le décompte de la puissance nouvellement installée de l'UE (qui comptait encore 28 États membres en 2019) était de l'ordre de 12 238,3 MW en 2019. Compte tenu des éoliennes mise hors service (208 MW selon EurObserv'ER), la puissance supplémentaire a été de 12 030,3 MW en 2019 (10 906,5 MW en 2018), portant le parc de l'Union euro-

péenne à 191 509,3 MW. Le décompte pour l'année 2019 n'est pas encore totalement définitif, et devrait s'améliorer avec la publication des données d'installation du 4^e trimestre du Royaume-Uni. Cette orientation à la hausse s'explique en premier lieu par la renaissance du marché espagnol qui a progressé de 2 148 MW en 2019 selon RED Eléctrica (contre 463 MW en 2018). La dynamique est également très positive en Suède (1 684 MW de puissance supplémentaire, contre 689 MW en 2018), ainsi qu'en Grèce (+ 729,9 MW contre 253,5 MW) et en Fin-

lande (+ 243 MW contre 0 MW en 2018). Le principal bémol concerne l'éolien terrestre en Allemagne qui est tombé en 2019 sous le seuil du GW (963 MW), ce qui n'était plus arrivé depuis 2008. Soit un niveau d'installation éolien terrestre inférieur au segment de l'offshore (1 111 MW) et donc une puissance installée de 2 074 MW. En France, la puissance raccordée par an s'est érodée pour la deuxième année consécutive pour s'établir à 1 361 MW en 2019 (1 788 MW en 2017 et 1 583 MW en 2018). Les puissances supplémentaires en Italie et aux Pays-Bas sont quant à elles en net retrait. Elle est même négative au Danemark du fait d'une puissance terrestre nouvellement installée (28 MW) inférieure à la puissance mise hors service (32 MW). Les statistiques officielles du Danemark ne sont toutefois pas représentatives de l'activité réelle de la filière éolienne. En effet, le parc offshore Horns Rev 3 (406,7 MW), bien qu'inauguré en 2019, ne sera officiellement comptabilisé qu'en 2020. Toujours d'un point de vue statistique, avec la sortie du Royaume-Uni, l'Union européenne perd un acteur important de l'éolien, en particulier sur le segment de l'éolien offshore. À titre indicatif, le **tableau 1** présente la situation de la nouvelle Union européenne à 27. Elle affiche une puissance installée de l'ordre de 10 GW (10 060,6 MW) en 2019 avec un parc cumulé de 167 578,3 MW.

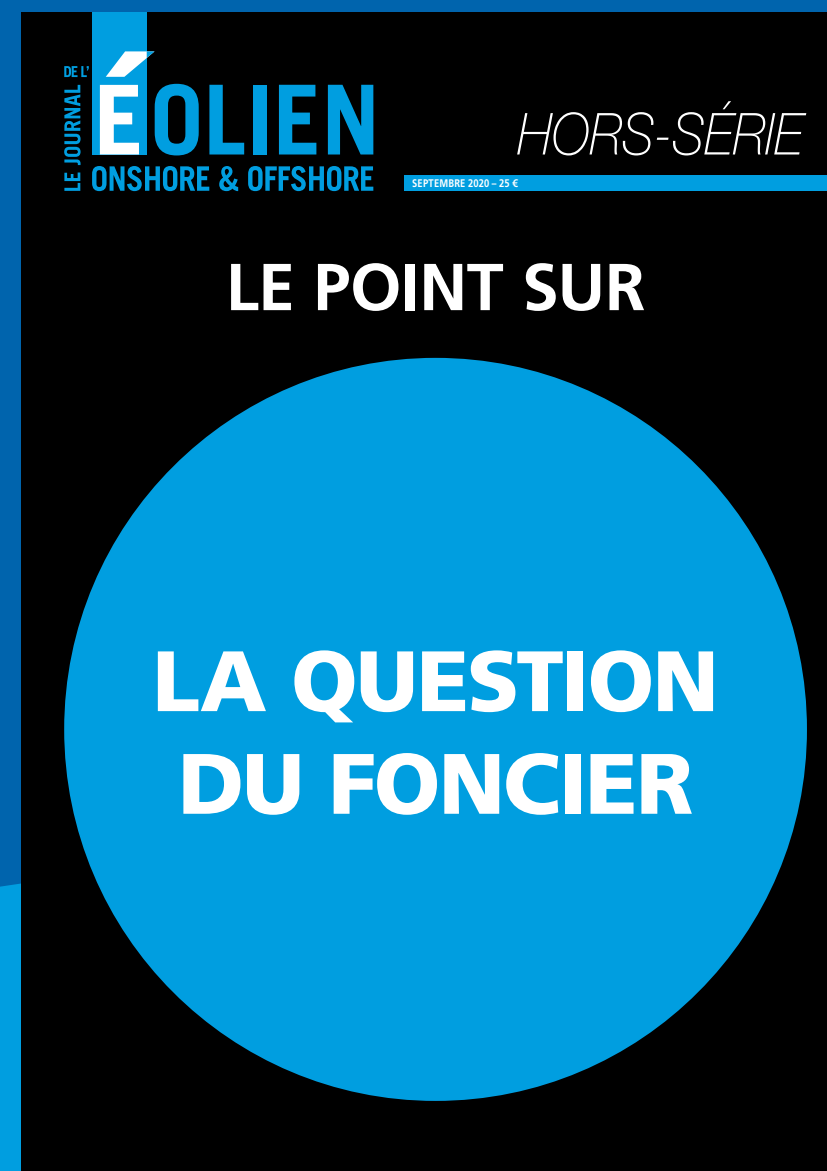
PLUS DE 3 GW OFFSHORE RACCORDÉS EN 2019 DANS L'UE À 28

Selon un décompte provisoire, la puissance éolienne offshore nouvellement raccordée dans l'UE à 28 est en augmentation, avec une puissance supplémentaire d'au moins 3 050 MW (+ 2 971,4 MW en 2018). Ce chiffre sera revu à la hausse lorsque les données officielles du DBEIS (Department for Business, Energy & Industrial Strategy) du 4^e trimestre au Royaume-Uni seront disponibles. En attendant, la publication *Offshore Wind in Europe, Key trends and statistics 2019* de Wind Europe fait état d'une nouvelle puissance raccordée de 1 764 MW en 2019, qui est une estimation cohérente avec les 1 565,8 MW recensés par le DBEIS sur les trois premiers trimestres de l'an-

L'éolienne en mer Haliade-X (12 MW) de GE Renewable Energy en phase de test sur le port de Rotterdam (Pays-Bas).



RETROUVEZ DANS LE DERNIER HORS-SÉRIE DU JOURNAL DE L'ÉOLIEN



- Libérer du foncier pour l'éolien terrestre,
- Le gisement éolien en France,
- Un parcours d'obstacles réglementaires,
- L'impact sur l'immobilier...

HORS-SÉRIE
48 PAGES - 25 €

À COMMANDER SUR

LIBRAIRIE-ENERGIES-RENOUVELABLES.ORG

Tabl. n° 2

Production d’électricité d’origine éolienne dans les pays de l’Union européenne en 2018 et 2019 (en TWh)

	2018	Dont éolien offshore	2019	Dont éolien offshore
Allemagne	109,951	19,467	126,000	24,700
Royaume-Uni	56,904	26,687	63,468	30,646
Espagne	50,896		54,212	
France	28,599		34,100	
Italie	17,716		20,200	
Suède	16,623	0,550	19,902	0,600
Danemark	13,902	4,630	16,149	6,198
Pologne	12,799		15,000	
Portugal	12,617		13,732	
Pays-Bas	10,564	3,630	11,458	3,573
Irlande	8,684	n.a.	9,354	n.a.
Belgique	7,465	3,411	8,119	4,645
Grèce	6,300		7,279	
Autriche	6,030		7,269	
Roumanie	6,322		6,745	
Finlande	5,839	0,238	5,987	0,240
Croatie	1,335		1,460	
Lituanie	1,144		1,453	
Bulgarie	1,318		1,400	
Estonie	0,636		0,730	
Hongrie	0,607		0,700	
République tchèque	0,609		0,609	
Luxembourg	0,255		0,257	
Chypre	0,221		0,238	
Lettonie	0,122		0,150	
Slovénie	0,006		0,006	
Slovaquie	0,006		0,006	
Malte	0,000		0,000	
Total UE 28	377,470	58,613	425,984	70,602
Total UE 27	320,566	31,926	362,516	39,956

Source : EurObserv’ER 2020.

née. L’estimation de WindEurope prend en compte la connexion complète du parc Beatrice 2, la connexion complète du parc Hornsea One, qui a demandé trois années de construction, et qui est la ferme éolienne offshore la plus puissance au niveau mondial (1 218 MW) et la mise en service partielle du parc East Anglia offshore Wind 1. Par ailleurs, le démonstrateur Blyth Phase 1 a été la première ferme éolienne à être démontée – soit deux turbines de 2 MW – après 19 ans d’exploitation. L’Allemagne a quant à elle officiellement mis en service 1 111 MW grâce à trois nouveaux parcs: Merkur Offshore (252 MW), Deutsche Bucht (260,4 MW) et EnBW Hohe See (497 MW), ce dernier devenant la plus grande ferme offshore du pays. La Belgique a entièrement connecté le parc de Norther (369,6 MW), comprenant 44 turbines de 8,4 MW (turbine Vestas V164-8.4 MW). La production attendue de ce parc est de 1,4 TWh (correspondant à un facteur de charge annuel de 43,1 %) équivalant à la consommation moyenne de 400 000 ménages. Le Portugal a officiellement comptabilisé (via le Directorate General for Energy and Geology [DGEG]) la première turbine flottante sur les trois (toutes de type V164-8.4 MW) qui constitueront le parc Windfloat Atlantic Phase 1. Comme précisé un peu plus haut, le Danemark a inauguré le parc de Horns Rev 3 qui représente une puissance totale de 407 MW. Les Pays-Bas n’ont officiellement pas ajouté de puissance supplémentaire, mais œuvrent actuellement à la construction du parc de Borssele dont les tranches 3 et 4 sont attendues pour 2021 (soit 77 turbines V164,5-9.5 MW). Par ailleurs, le pays teste sur terre, dans le port de Rotterdam, le premier prototype de la GE Haliade-X 12 MW depuis novembre 2019. En 2019, quatre autres parcs étaient en cours de construction. Le parc allemand de EnBW Albatros (16 turbines Siemens Gamesa SWT-7.0-154) et les trois parcs belges de Nortwaster 2 (23 turbines Vestas V164-9.5 MW), Mermaid (28 turbines Siemens Gamesa SG 8.4 MW -167 DD) et Seastar (30 turbines Siemens Gamesa 8.4 MW-176 DD). Une autre tendance importante relevée par WindEurope, dans son dernier rapport, est une

augmentation significative de la taille moyenne des éoliennes offshore, en augmentation de 16 % par an depuis 2014. En 2019, la taille moyenne des turbines installées était de 7,8 MW, soit 1 MW de plus qu’en 2018, l’éolienne la plus puissante connectée en 2019 étant la V164-8.4 MW.

UNE PRODUCTION ÉOLIENNE DE 426 TWH DANS L’UE 28

En 2019, la production d’électricité d’origine éolienne a bénéficié globalement de conditions de vent plus favorables qu’en 2018, en particulier en mer du Nord, en Allemagne et en France. Le Royaume-Uni a en revanche bénéficié de conditions moins avantageuses, en particulier

durant le 4^e trimestre. Cela a cependant été contrebalancé par le dynamisme de la filière éolienne offshore du pays et de nouvelles générations d’éoliennes présentant des facteurs de charge plus élevés. Selon EurObserv’ER, le productible éolien devrait s’établir à 426 TWh, soit un taux de croissance à deux chiffres par rapport à 2018 (+ 12,9 %) équivalant à une augmentation 48,5 TWh. La croissance de l’électricité éolienne offshore a été encore plus soutenue (+ 20,5 % par rapport à 2018), passant de 58,6 TWh en 2018 à 70,6 TWh en 2019 (+ 12 TWh). L’éolien offshore a ainsi représenté 16,6 % de la production d’électricité éolienne en 2019 contre 15,5 % en 2018.



À la conquête des hauts fonds

L'Europe a toujours eu dans l'éolien offshore une longueur d'avance, ce qui se confirme une nouvelle fois sur le segment de l'éolien flottant. Selon le dernier pointage de WindEurope, l'Europe disposait déjà d'un parc de près de 45 MW, incluant le parc écossais de Hywind Scotland (30 MW), la première éolienne (de 8,4 MW) sur les trois que comportera le parc portugais de Windfloat Atlantic Phase 1, le prototype norvégien Hywind Demo (2,3 MW), le projet Floatgen en France au large du Croisic (2 MW) et le pilote du projet Kincardine en Écosse (2 MW). Cette capacité devrait significativement augmenter dans les trois prochaines années avec l'installation de premiers projets "précommerciaux" de puissance comprise entre 24 et 88 MW. Quatre sont attendus en France, Eolmed (24 MW) en 2021/2022, Provence Grand Large (28,5 MW) en 2021, EFGL (30 MW) en 2022, Éoliennes flottantes de Groix (28,5 MW) en 2020. Un autre est prévu en Écosse, Kincardine (50 MW) en 2021, un autre aussi en Norvège, Hywind Tampen (88 MW) en 2022 et les deux éoliennes restantes du projet portugais Windfloat Atlantic Phase 1 en 2020 (soit 25 MW au total). Ces projets flottants seront équipés de turbines de dernière génération identiques à celle de l'éolien offshore posé, soit des puissances unitaires de 6,2 MW (6.2 M152 de Senvion), 8 MW (SG 8.0 -167 DD, de Siemens Gamesa), 8,4 MW (V164 -8.4 MW de MHI Vestas), 9,5 MW (V164-9.5 MW de MHI Vestas) et 10 MW (V164-10 MW de MHI Vestas). La France, qui dispose d'une large façade atlantique et méditerranéenne, est actuellement le pays le plus entreprenant. Dans le cadre de son Plan national énergie et climat qu'elle a mis en consultation, elle prévoit de lancer un premier appel d'offre de 250 MW en 2021 et un double appel d'offre de 250 MW chacun en 2022. Les appels à projets ont défini un prix cible de 120 €/ MWh et de 110 €/MWh respectivement. Les résultats de ces appels d'offres détermineront les conditions des prochains appels qui auront lieu en 2024.

Les trois pays à avoir le plus contribué à l'augmentation de la production sont l'Allemagne avec 16 TWh supplémentaires (soit un total de 126 TWh en 2019, + 14,6% de croissance), le Royaume-Uni (+ 6,6 TWh, soit un total de 63,5 TWh, + 11,5%) et la France (+ 5,5 TWh, soit un total de 27,8 TWh, + 19,2%). La croissance de la production a également été significative en Suède (+ 3,3 TWh, + 19,7% de croissance) et au Danemark (+ 2,2 TWh, + 17,2%). La production d'électricité éolienne de la Belgique est particulière, car elle est majoritairement issue de ses installations maritimes (57,2% en 2019). Au Royaume-Uni, l'éolien maritime représente près de la moitié de la production d'électricité éolienne du pays (48,3% en 2019).

Selon EurObserv'ER, le facteur de charge moyen du parc européen était en 2019 de l'ordre de 24,6% pour l'éolien terrestre et de 39,7% pour l'éolien offshore (en prenant comme référence la puissance du parc cumulée fin 2018 à laquelle on ajoute la moitié de la puissance supplémentaire installée durant l'année 2019). Cette performance est représentative du parc entier de l'Union européenne, incluant les plus vieux parcs. Selon WindEurope, les facteurs de charge des nouvelles turbines, équipées de pales beaucoup plus longues et capables de

produire à des vitesses de vent plus faibles, sont nettement plus élevés. Ils sont compris pour l'éolien terrestre entre 30 et 35%. Concernant les nouveaux projets offshore, ils peuvent aller jusqu'à 55%, selon les relevés de production réalisés par le site energynumbers¹.

ACTUALITÉS DES PRINCIPAUX MARCHÉS EUROPÉENS

Renaissance du marché espagnol

L'Espagne a fini l'année 2019 avec d'excellents chiffres en matière de nouvelles capacités éoliennes et de production d'électricité. Selon les données de Red Eléctrica de España (REE), la puissance éolienne est passée de 23 594 MW en 2018 à 25 742 MW en 2019, soit une puissance supplémentaire de 2 148 MW. Ce niveau de puissance amène l'Espagne au rang de second pays de l'Union européenne en matière de puissance éolienne installée, devancé par le Royaume-Uni mais devant l'Allemagne. Ce résultat s'explique par la nouvelle politique d'appel d'offres lancée par le gouvernement, qui a organisé deux appels d'offres énergies renouvelables (éolien et solaire) consécutifs en 2017 (en mai et juin) de 3 000 MW chacun. La filière éolienne espagnole attend avec

impatience la version finale du plan national énergie et climat qui sera très prochainement approuvé par la Commission européenne, avec des nouveaux objectifs pour l'éolien d'ici 2030, ainsi que la prochaine loi sur le changement climatique et la transition énergétique qui mettra en place le cadre légal pour atteindre les objectifs du plan durant la prochaine décennie. Dans le projet de plan énergie climat, le nouvel objectif validé par le gouvernement espagnol est une part de 42% d'énergie renouvelable dans la consommation d'énergie finale d'ici 2030. Le nouvel objectif proposé pour l'éolien a été porté à 50 258 MW.

Le marché éolien terrestre allemand en difficulté

Avec une production de 126 TWh en 2019 (110 TWh en 2018), l'énergie éolienne est devenue en 2019 la source d'énergie la plus importante dans le système électrique allemand, reléguant le lignite à la 2^e place (114 TWh en 2019, 145,6 TWh en 2018). Le contexte de développement actuel de la filière éolienne est cependant devenu préoccupant pour ses acteurs avec une baisse significative de la puissance éolienne terrestre

1. energynumbers.info/category/offshore-wind

MARDI 2 > JEUDI 4 MARS 2021

BePOSITIVE

Le salon de la transition énergétique
) EUREXPO) LYON) FRANCE

INSCRIVEZ-VOUS DANS LE MONDE DÉCARBONÉ DE DEMAIN



Nouveaux systèmes
énergétiques



Bâtiment
durable



Énergie
dans le bâtiment



Bois énergie
Flam'expo

CHIFFRES CLÉS 2019 **651** EXPOSANTS ET MARQUES **30 000** PROFESSIONNELS



Pour exposer, contactez-nous

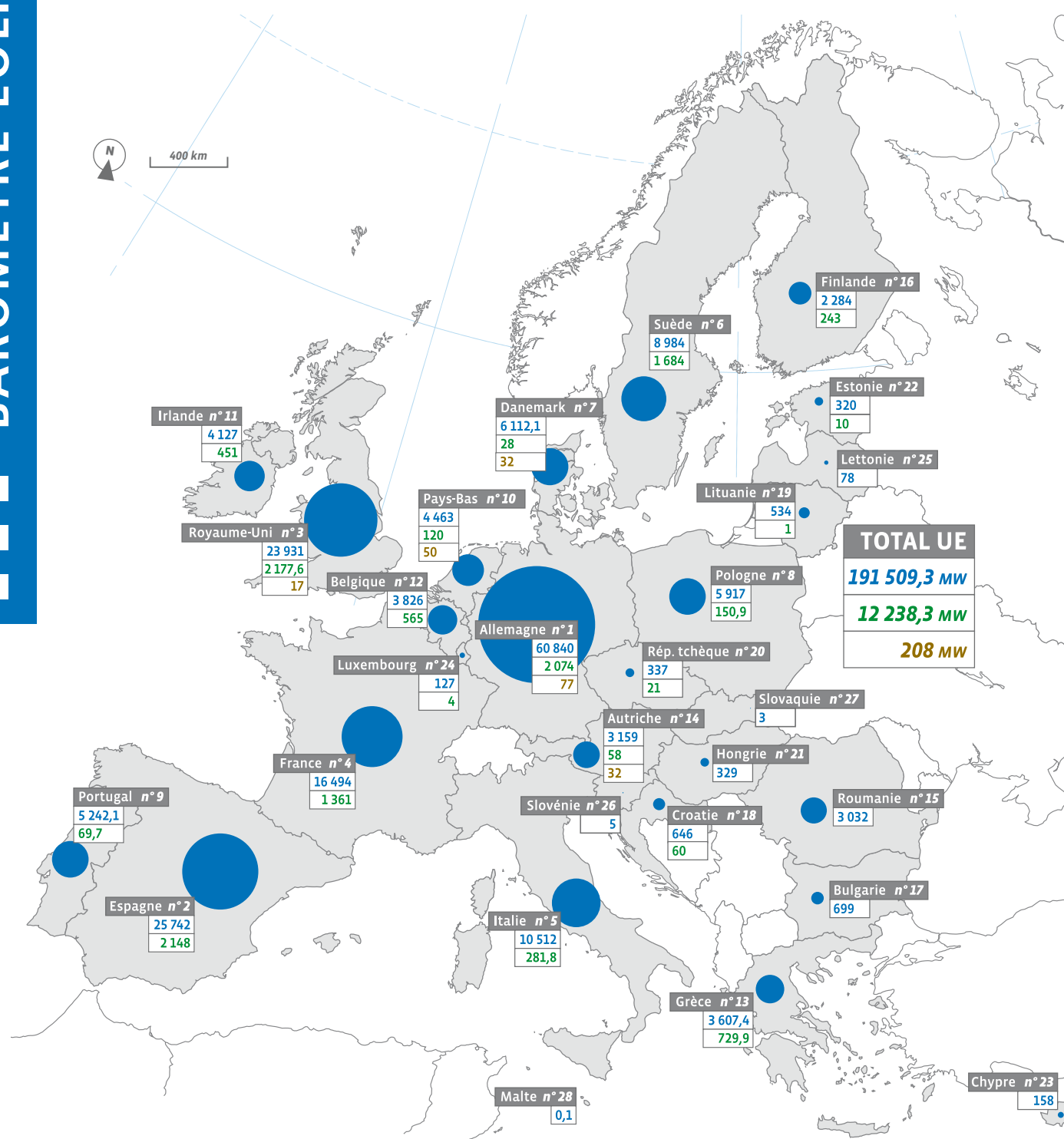
Raphaël GOERENS • raphael.goerens@gl-events.com • +33 (0)4 78 176 331



www.bepositive-events.com



Puissance éolienne installée dans l'Union européenne à 28 fin 2019* (MW)



Légende

191 509 Puissance cumulée installée à ce jour dans les pays de l'Union européenne fin 2019 (MW)
12 238 Puissance installée durant l'année 2019 (MW)
208 Puissance mise hors service durant l'année 2019 (MW)

*Estimation. Source: EurObserv'ER 2020.



Le logiciel de référence pour l'étude des projets éoliens

Modulaire et doté d'un système de licences très flexible, windPRO est le logiciel de référence pour les acteurs du développement de projets éoliens, porteurs de projets ou experts. Continuellement amélioré par la société danoise EMD depuis 1986, windPRO est utilisé par 2000+ organismes et sociétés dans le monde.

PRODUCTIBLE

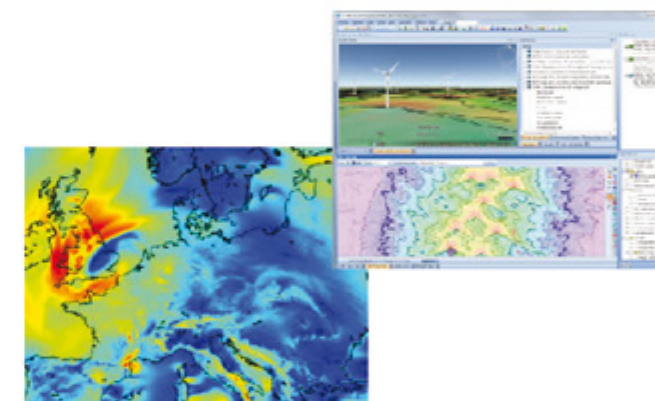
Données de mesure, corrélation à long terme, calculs de P50, P90 et pertes d'exploitation, optimisation des implantations, ...

ENVIRONNEMENT

Calculs d'impact acoustique à partir des mesures sur site, simulation des effets stroboscopiques...

INTEGRATION PAYSAGERE

Photomontages, détermination des zones d'influence visuelles, animations ...



Egalement dans windPRO 3.4

PERFORMANCES EN EXPLOITATION

Evaluation détaillée des pertes d'exploitation, réévaluation du productible long-terme, ...

ADEQUATION SITE-MACHINE

Evaluation des conditions du site (61400-1 ed.4), estimation durée de vie des composants.

PHOTOVOLTAIQUE

Aide à l'implantation des centrales, création de photomontages et calculs de productible.

Formations 2020

Les prochaines formations « **Initiale Vent** » et « **Initiale Enviro** » auront lieu à distance en décembre

Retrouvez le programme de nos formations inter-entreprises sur www.emd.dk/windpro/courses

EMD France propose également des formations sur-mesure en entreprise ou à distance

Contactez votre agence EMD France à france@emd.dk pour obtenir les programmes et modalités d'inscription à nos formations ou une licence d'essai de windPRO 3.4 !



EMD France | Crealead | 55, rue Sant-Cléophas | 34070 Montpellier | France
tél: +33 (0) 1 44 64 13 81 | email: france@emd.dk

nouvellement installée. La filière allemande traverse de fait sa pire phase de croissance en deux décennies.

Selon les données communiquées en février par l'Agence allemande de l'énergie (qui coordonne le groupe de travail sur les statistiques énergies renouvelables AGEEstat), la puissance éolienne terrestre nouvellement installée est descendue en 2019 sous le seuil du GW, soit 963 MW. En déduisant la puissance mise hors service (77 MW), la puissance terrestre supplémentaire n'a augmenté que de 886 MW (contre 2 273 MW en 2018), portant la puissance totale de l'éolien terrestre à 53 333 MW. La mise en service des trois parcs éoliens offshore cités un peu plus haut permet néanmoins à la puissance supplémentaire de s'approcher des 2 GW (1 997 MW), portant la puissance cumulée du pays à 60 840 MW (dont 7 507 MW offshore). Selon l'association allemande de l'énergie éolienne (BWE), la baisse sensible du nombre de raccordements terrestres s'explique en partie par les nouvelles contraintes réglementaires des appels d'offres, notamment l'instauration d'une distance minimale de 1 000 mètres à partir d'une zone résidentielle. Ces nouvelles contraintes ont d'autant plus d'impact que de nombreux projets éoliens sont portés par des développeurs de taille modeste via des "projets citoyens". L'augmentation des contraintes réglementaires a eu pour conséquence directe d'augmenter la durée des procédures. Alors qu'il y a quelques années, les licences d'exploitation pouvaient être obtenues au bout de dix mois, le processus nécessite désormais plus de deux ans. Selon le BWE, il y aurait plus de 11 GW de projets en attente d'autorisation. Autre frein important, les recours juridiques de plus en plus fréquents de riverains ou d'associations environnementales opposés à l'implantation d'éoliennes. Des amendements à la loi énergies renouvelables étaient attendus en 2019 pour trouver des solutions à la baisse du marché, mais les décisions ne devraient finalement pas intervenir avant le mois de mars 2020. La situation est cependant critique, car le gouvernement prévoit de porter à 65 % la part d'électricité

renouvelable dans le pays d'ici 2030. Le dernier appel d'offres de l'année 2019 sur l'éolien terrestre (pour un volume de 500 MW) a été sursouscrit (509 MW retenus sur 685 MW déposés), une première depuis août 2018, mettant fin à une série de six appels d'offres consécutifs n'ayant pas atteint les volumes alloués. La rémunération moyenne des 56 projets retenus a été 6,11 c€/kWh. Les résultats du dernier appel d'offres de février 2020 ont été moins convaincants avec 523 MW retenus sur un volume alloué de 900 MW (prix moyen de 6,18 c€/kWh).

Le marché français perd en intensité

Selon les données du *Panorama de l'électricité renouvelable*, publication réalisée entre autres par des acteurs comme RTE, Enedis et le Syndicat des énergies renouvelables, la puissance nouvellement raccordée, après avoir connu un sommet à 1 788 MW en 2017, est en baisse pour la deuxième année consécutive (+ 1 584 MW en 2018 et + 1 361 MW en 2019). La croissance du parc a ainsi été limitée à 9 % entre 2018 et 2019 pour atteindre 16 494 MW. Sur le plan de la production, la filière éolienne a établi une production record en 2019 estimée à 34,1 TWh (comparée à une production de 28,6 TWh en 2018, selon Eurostat). Cette croissance s'explique par un facteur de charge en hausse (estimé à 24,7 % en 2019) et par l'augmentation de la puissance installée. Trois périodes de candidature pour les appels d'offres de l'éolien terrestre ont eu lieu en 2019 (représentant les 3^e, 4^e et 5^e périodes depuis la mise en place des appels d'offres), avec comme résultats 21 projets pour 516 MW pour le 3^e appel d'offres (prix moyen pondéré de 63 €/MWh), 20 projets pour 576 MW pour le 4^e (prix moyen pondéré de 66,5 €/MWh). La 5^e période s'est close le 3 janvier 2020 avec 630 MW de puissance appelée et une 6^e période (du 1^{er} juin au 1^{er} juillet 2020) portera sur une puissance de 752 MW. Concernant les ambitions françaises en matière d'éolien offshore, elles se sont précisées. Le 3^e appel d'offres éolien offshore, engagé en décembre 2016, a été clôturé le 14 juin 2019. Il concerne

un parc au large de Dunkerque d'une puissance de 600 MW, qui devrait produire 2,3 TWh d'électricité par an à partir de 2026. Le projet retenu a été celui du groupement Éoliennes en mer de Dunkerque (EMD) composé d'EDF Renouvelables France SAS, Innogy SE et Blauracke GmbH, à un tarif non communiqué mais annoncé à moins de 50 €/MWh. Le parc éolien de Saint-Nazaire, d'une capacité de 500 MW, a quant à lui bouclé son financement en août 2019 et a entamé sa construction. Il s'agit du premier chantier éolien en mer à se concrétiser en France. La mise en service du parc devrait intervenir, en tranches successives, d'ici 2022. Une mise en consultation a également été ouverte pour la mise en œuvre de futurs appels d'offres au large de la Normandie. La consultation porte sur un appel d'offres de 1 000 MW à lancer dans les prochains mois et d'éventuels autres projets qui seraient attribués à partir de 2023. Débuté le 15 novembre 2019, le débat se poursuivra jusqu'en mai 2020.

L'INDUSTRIE ÉOLIENNE REPOUSSE LES LIMITES

L'ÈRE DES MACHINES DE PUISSANCE À DEUX CHIFFRES

Si l'éolien terrestre continuera à jouer un rôle, en particulier pour les pays ne disposant pas de façade maritime, il est de plus en plus clair que l'éolien en mer va devenir le marché phare. Cette technologie est celle qui ouvre le plus large horizon à la filière, non bridé par la taille et la puissance des machines, avec des marges de progression importantes en matière de facteur de charge et de régularité de la production. En 2019, l'éolien la plus puissante installée sur un site offshore a été la MHI Vestas V164-8,4 MW, placée sur le site belge de North et sur le site allemand de Deutsche Bucht. Elle est également depuis 2019 la plus puissante éolienne flottante installée sur le site portugais Windfloat Atlantic Phase 1. En 2020, ce record sera battu avec l'installation des éoliennes MHI Vestas 164-9.5 MW sur les sites belges de Northwester 2 (219 MW) et néerlandais de Borssele 3&4 (731,5 MW). La filière

L'expérience montre que c'est possible.

Nous avons des solutions pour tout type d'exploitation.

Totalement indépendant sur l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement, nous disposons d'une expérience de plus de 15 ans sur les éoliennes de type Vestas, Siemens, Nordex, Servion, Fuhrlander, Gamesa et Enercon et avons ainsi acquis notre propre savoir-faire. Notre technologie, notre flexibilité et notre transparence font la différence.

deutsche-windtechnik.com/france



offshore est également entrée dans l'ère des machines de puissance à deux chiffres, repoussant encore les limites en matière de facteur de charge. L'éolienne la plus puissante est aujourd'hui en phase de test dans le port de Rotterdam. Il s'agit de l'Haliade-X d'une puissance de 12 MW de General Electric. Elle mesurera 260 mètres de haut (la tour Eiffel culmine à 324 mètres) et sera équipée d'un rotor de 220 mètres. Selon General Electric, elle disposera d'un facteur de charge de 63 %. Chaque turbine, sera ainsi capable de générer de l'électricité pour 16 000 foyers, soit une production brute annuelle de 67 GWh dans les conditions typiques d'un site allemand en mer du Nord. Cette turbine a déjà été sélectionnée par le développeur éolien offshore Orsted sur le site américain de Skipjack (Maryland – 120 MW), dont la mise en service est prévue pour 2022 et sur le projet Ocean Wind (1 100 MW) au large des côtes du New Jersey avec une mise en service prévue en 2024.

Sur le segment des machines de 10 MW et plus, la réponse des concurrents de GE a été très rapide. En novembre 2019, Siemens Gamesa Renewable Energy (SGRE) a dévoilé son premier prototype de nacelle pour son dernier modèle, la SG 193-10 MW. Le déploiement commercial est prévu pour 2022/2023, date à laquelle elles seront installées sur les projets néerlandais de Hollandse Kust Zuid. Début mars 2020, le développeur Orsted a également opté pour la nouvelle turbine de Siemens Gamesa SG 11.0-200 DD (11 MW pour un rotor de 200 mètres) pour ses parcs allemands de Borkum Riffgrund 3 (900 MW), dont la mise en service est prévue en 2024 et de Gode Wind 3 (242 MW) dont la mise en service est prévue en 2025. En novembre 2019, MHI Vestas a annoncé avoir remporté le contrat du parc éolien flottant de Golfe du Lion (EFGL) mené, en mer Méditerranée, par le consortium Engie, EDPR, CDC, Eiffage, Principle Power. Ce projet pilote de 30 MW pourrait ainsi devenir, lors de son installation prévue en 2022, le premier parc éolien flottant du monde à être équipé d'éoliennes de 10 MW, puisqu'il s'agit du modèle V164-10 MW. Et les concepteurs de turbines

et de générateurs travaillent déjà sur la prochaine génération d'éoliennes avec une puissance unitaire qui pourrait encore doubler. L'entreprise GreenS-pur par exemple met actuellement au point dans le centre de test britannique ORE Catapult une nouvelle génération de générateurs à aimants permanents sans terres rares pour des éoliennes de puissance unitaire de 20 MW. Ces turbines pourraient selon l'entreprise, devenir une réalité « dans les trois ans ».

L'ÈRE DES "SUPER PROJETS"

Chaque mois, des nouvelles annonces industrielles et gouvernementales concernant les mises en œuvre de super-projets éoliens offshore (à l'échelle du gigawatt) se font jour. De même, les principaux pays impliqués dans l'éolien offshore travaillent déjà à l'identification de sites pour la décennie 2030. Ces nouveaux objectifs s'expliquent par les baisses très importantes des prix des dernières enchères et des appels d'offres. Les résultats des enchères annoncés en 2019, concernant des parcs qui seront mis en service entre 2023 et 2026, confirment cette tendance. Au Royaume-Uni, les projets éoliens offshore sélectionnés dans le 3^e cycle d'allocation des contrats de différence (CfD) du Round 3 ont affiché des prix d'exercice en baisse de 30 % comparés à la 2^e enchère qui s'est tenue en 2017. Au total, six projets ont été sélectionnés pour une puissance cumulée de 5 466 MW avec des prix d'exercice compris entre 39,65 €/MWh et 41,61 €/MWh (de l'ordre de 48 €/MWh), exprimés en prix 2012. Toujours selon le BEIS, pour la première fois, les prix de l'électricité renouvelable se situeront en dessous des prix du marché, ce qui signifie des économies sur la facture d'électricité des consommateurs. Selon le BEIS, les six projets sélectionnés sont le Doggerbank Creyke Beck A P1 de 1 200 MW, le Doggerbank Creyke Beck B P1 de 1 200 MW, le Doggerbank Teeside A P1 de 1 200 MW, le Forthwind de 12 MW, le Seagreen Phase 1 de 454 MW et le Phase 1 de Sophia de 1 400 MW. Ces projets seront mis en service entre 2023 et 2025 et alimenteront 6,8 millions de foyers britanniques. Pour rappel, le gouverne-

ment a lancé en mars 2019, via un accord avec l'industrie éolienne, un plan industriel ayant comme objectif soit un tiers de l'électricité britannique soit produit par l'éolien offshore à cet horizon, soit une puissance de 30 GW. Aux Pays-Bas, le projet Hollande Kust Zuid 3 et 4 (760 MW), remporté par Vattenfall en juillet 2019 et dont la mise en service est prévue pour 2023 ne bénéficiera, lui, d'aucun prix garanti, de tarif d'achat ou de subvention et se rémunérera directement au prix du marché. Déjà en 2018, lors de précédents appels d'offres allemand et néerlandais, plusieurs parcs avaient déjà remporté des enchères à un prix nul (0 €/MWh). C'est par exemple le cas aux Pays-Bas du projet Hollandse Kust Zuid (700 MW) dont la mise en service est prévue en 2022. En Allemagne, on peut citer OWP West (240 MW), Borkum Riffgrund West 1 (420 MW), Borkum Riffgrund West

2 (240 MW), EnBW He Dreiht (900 MW) prévu en 2024 et 2025, qui ont également remporté des enchères à 0 €/MWh. Il convient de préciser que certains sites, plus difficiles d'accès (eaux plus profondes) et dans des zones encore peu exploitées, nécessitent encore des prix minimums garantis plus élevés, de même pour les projets d'éolien flottant (voir encadré p. 8). Ces baisses de prix conduisent également certains gouvernements à relever leurs ambitions. L'Allemagne par exemple qui a un objectif cible d'éolien offshore de 15 GW en 2030, prévoit déjà, dans le cadre d'un programme de protection du climat adopté en octobre 2019, de relever cet objectif à 20 GW à cette échéance. Le BSH (Bundesamt für Seeschifffahrt), l'autorité de planification de l'éolien offshore en Allemagne, commence déjà un travail d'identifica-

tion des sites pour l'après-2030, avec des plans (actuellement en consultation) de développement de l'éolien offshore en mer du Nord et mer Baltique à 35 GW d'ici 2035 et 40 GW d'ici 2040. Encore plus ambitieux, mais à l'horizon encore plus lointain de 2050, le projet North Sea Wind Power Hub vise la création d'îles artificielles en plein milieu de la mer du Nord, au nord-est du Dogger Bank, un grand banc de sable situé entre le Royaume-Uni et le Danemark. Un consortium pour étudier la faisabilité de cet ambitieux projet a été composé en mars 2017 par les gestionnaires réseau TenneT Netherlands, TenneT Germany, le Danois Energinet, rejoint par Gasunie en septembre 2017 et le Port de Rotterdam en novembre 2017. Selon TenneT, le potentiel éolien en mer du Nord est estimé entre 70 et 150 GW en 2040 et à plus de 180 GW en 2045.

LES AUTRES USAGES ET LE STOCKAGE EN LIGNE DE MIRE

Au Danemark, le gouvernement prévoit d'étendre le potentiel de l'éolien offshore via la création d'îles artificielles avec l'objectif d'augmenter la puissance de son éolien offshore à 10 GW d'ici 2030. L'objectif n'est pas seulement de viser les 100 % d'électricité renouvelable, mais également de développer des technologies permettant de convertir de l'électricité verte en carburant hydrogène, ou des formes dérivées de l'hydrogène pour l'aéronautique, les flottes navales ou l'industrie. Le plan danois, annoncé en décembre 2019, prévoit des investissements de l'ordre de 200 à 300 milliards de couronnes danoises (27-40 milliards d'euros), qui selon le ministère de l'Énergie et du Climat. Il serait principalement financé par des investisseurs privés. Preuve de l'intérêt pour les usages non



Projet d'île artificielle en pleine mer du Nord, dévoilé par deux sociétés européennes, TenneT, groupe germano-hollandais et le Danois Energinet. Équipée de panneaux solaires et entourée de 7 000 éoliennes, l'île devrait accueillir un port et une piste d'atterrissage.

Tabl. n° 4

Principaux développeurs impliqués dans le secteur éolien en 2019

	Pays	Puissance éolienne mise en service (offshore inclus) fin 2019 (en MW) ⁽¹⁾	Chiffre d'affaires annuel 2019 (en m€)	Employés 2019
Iberdrola	Espagne	1 785,4	3 834,3	n.a.
EDP Renewables	Portugal	11 362 ⁽⁵⁾	1 823,7	1 553
EDF Énergies Nouvelles	France	9 772	1 981	3 685
Enel Green Power	Italie	8 915 ⁽²⁾	n.a.	4 309
Acciona Energy	Espagne	7 929 ⁽²⁾	1 997	n.a.
Vattenfall	Suède	3 281	1 271	1 000
Orsted	Danemark	7 800	9 083 ⁽³⁾	6 526
RWE Renewables	Allemagne	8 645 ⁽⁴⁾	n.a.	n.a.
WPD AG	Allemagne	4 417	n.a.	2 200
WPD AG	Allemagne	3 588	n. a.	n. a.

Les grandes compagnies énergétiques, du fait de leur taille et de leur capacité de financement, sont bien représentées dans ce classement mais, en dehors de ce type d'acteur, il existe un grand nombre de développeurs privés spécialisés dans les énergies renouvelables avec des portefeuilles conséquents proches ou dépassant le gigawatt. Certains fabricants d'éoliennes ont également fait le choix de développer des projets avec leurs propres machines.

1) Activités mondiales. 2) Au 3^e trimestre 2019. 3) Chiffre d'affaires du groupe. 4) Portefeuille d'EON et Innogy au 31 août 2019.

5) Portefeuille renouvelables, incluant le solaire Source : EurObserv'ER 2020.

électriques, le groupe pétrolier Shell, l'opérateur de gaz néerlandais Gasunie et le Port de Groningen ont dévoilé en février 2020 les plans de ce qui pourrait être le plus grand projet d'hydrogène vert au monde : "European Hydrogen Valley", également baptisé "NorthH2". Une étude de faisabilité sur le projet prévoit la construction d'un parc offshore en mer du Nord de 3 à 4 GW uniquement dédié à la production d'hydrogène. Les électrolyseurs seraient situés à Eemshaven, le long des côtes au nord des Pays-Bas, et potentiellement installés au large. Le projet prévoit également la possibilité d'une extension à 10 GW d'ici 2040. Ces ambitions sont portées par la volonté du gouvernement néerlandais d'instaurer une taxe carbone, couvrant la production d'hydrogène non renouvelable qui pourrait atteindre 125 euros/MWh par tonne de CO₂ à partir de 2030. Le projet NorthH2, en produisant 800 000 tonnes d'hydrogène, serait susceptible d'économiser 1 milliard d'euros d'ici 2040.

Une autre tendance intéressante de la filière industrielle éolienne est son ambition de plus en plus marquée pour

les solutions de stockage de l'électricité à grande échelle et de longue durée. Siemens Gamesa travaille sur différents procédés, notamment sur la technique dénommée ETES (Electric Thermal Energy Storage). L'industriel germano-espagnol a inauguré en juin 2019 un premier projet de démonstration à Hambourg-Altenwerder d'une capacité de stockage de 130 MWh. Cette technique consiste à les surplus de l'électricité en les transformant en chaleur (en produisant de l'air chaud, dans une sorte de sèche-cheveux géant) et en stockant celle-ci dans des roches volcaniques. L'air chaud est soufflé dans une enceinte isolée thermiquement (avec un isolant de 1 mètre d'épaisseur), contenant dans ce démonstrateur 1 000 tonnes de roches volcaniques concassées, lesquelles sont portées à une température de 600 °C. Cette énergie peut ensuite être restituée sous forme d'électricité via une turbine à vapeur. L'industriel prévoit la construction à partir de 2022 (mise en service 2025), d'une première installation pré-commerciale d'une capacité de stockage de 1 GWh (nécessitant cette fois 10 000 tonnes de roches volcaniques),

avec une puissance de charge de 85 MW et de décharge de 30 MW. L'objectif de l'entreprise est de pouvoir proposer très rapidement des projets commerciaux avec une puissance de charge et de décharge de 100 MW. L'ambition est de porter le coût du système de stockage à 100 euros le kWh. L'industriel voit dans son système d'autres avantages, comme la possibilité de convertir les centrales thermiques classiques gaz et charbon en unités de stockage en réutilisant sans modification les turbines et les générateurs de vapeur, et en remplissant leurs immenses chaudières de roches volcaniques concassées. Ou encore la possibilité de récupérer la chaleur fatale des industries à forte intensité énergétique qui fonctionnent 7 jours sur 7 et 24h sur 24, comme la sidérurgie.

300 GW EN 2030, OU BIEN PLUS

Après la fin de cette année viendra le temps de faire le compte des pays qui auront mis les moyens suffisants pour atteindre leurs objectifs énergie renou-

velable 2020 et la part finale qui aura été dévolue à l'éolien. Ce n'est pas divulguer que d'affirmer que l'éolien est la technologie qui aura le plus contribué, et de loin, à la progression de la production d'énergie d'origine renouvelable au cours de la dernière décennie. Entre 2010 et 2019 pour l'UE à 28, cela a représenté près de 23,7 millions de tonnes équivalent pétrole (Mtep) supplémentaires (275,8 TWh supplémentaires, production non normalisée). À l'échelle de l'Union à 27 membres, ce chiffre est de plus de 19,1 Mtep (222,7 TWh supplémentaires, production non normalisée).

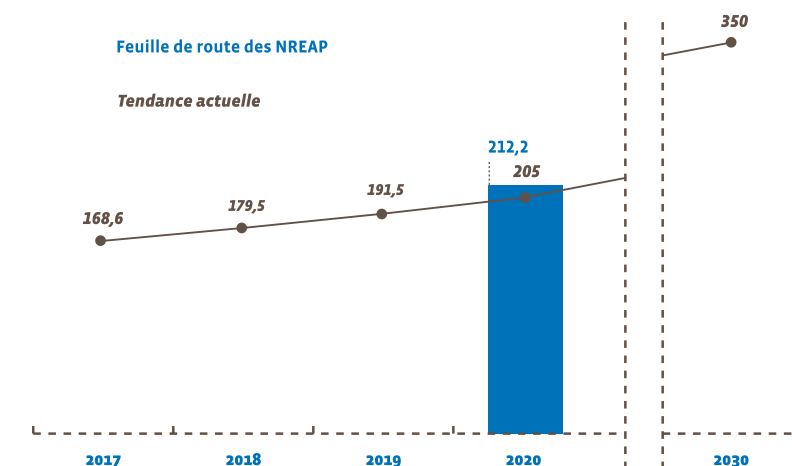
Selon EurObserv'ER, sur le plan de la puissance éolienne installée, à l'échelle de l'Union européenne des 28 (Royaume-Uni inclus), le résultat devrait être au final légèrement en deçà de l'objectif commun des plans d'action nationaux énergie renouvelable (NREAP). Le nouvel horizon défini pour la prochaine décennie (2021-2030) est celui des plans nationaux pour l'énergie et le climat (NECP) qui visent collectivement à atteindre l'objectif de 32 % de la consommation brute d'énergie finale. L'objectif de ces plans est plus large que celui des NREAP. Leur finalité est de décrire comment les États membres de l'UE ont l'intention de remplir leurs obligations en matière d'énergies renouvelables, mais aussi en matière d'efficacité énergétique, de

réductions des gaz à effet de serre, des moyens mis en œuvre en matière d'interconnexion ou sur le plan de la recherche et de l'innovation. Avec un peu de retard pour certains, chaque État membre a soumis durant l'année 2019 son projet de plan à la Commission européenne qui a émis ses recommandations. Pour une poignée de pays, la publication de la version finale des NECP se fait un peu attendre, en raison vraisemblablement des derniers arbitrages politiques suite aux recommandations effectuées par la Commission européenne.

Au 2 mars 2020, la Commission européenne avait publié sur son site les plans nationaux énergie et climat finaux de 21 pays membres, en mettant de côté le Royaume-Uni. Six plans étaient encore en attente : ceux de l'Allemagne, de la France, de l'Espagne, de la Roumanie, de l'Irlande et du Luxembourg. Si tous les plans ne sont pas définitifs, en compilant l'ensemble des documents (projets et versions finales), les plans donnent un premier aperçu de ce que pourrait être l'évolution de la filière éolienne durant la prochaine décennie. Selon EurObserv'ER, en prenant les hypothèses les plus favorables quand différents scénarios énergétiques sont proposés (politiques EnR renforcées), l'éolien (terrestre et maritime) pourrait atteindre une puissance de l'ordre de 300 GW en

Graph. n° 1

Tendance actuelle par rapport à la feuille de route des plans d'action nationaux énergie renouvelable (en GW)



Source : EurObserv'ER 2020.

Pièces de rechange et matériaux de réparation pour éoliennes

Contactez-nous :
info@windsourcing.com
+49 (0)40 98 76 88 00

WIND SOURCING.COM

WINDSOURCING.COM GmbH
Lippeltstrasse 1
D-20097 Hamburg, Allemagne

Visitez notre shop en ligne :
www.windsourcing.com

2030 dans l'UE des 27 (hors Royaume-Uni). Concernant le Royaume-Uni, les objectifs éoliens pour 2030 ne sont pas encore clairement définis mais, selon EurObserv'ER, dans le cadre du maintien d'une politique favorable à l'éolien, ils pourraient être de l'ordre de 50 GW (dont 30 GW offshore).

Compte tenu des temps de développement nécessaires pour la mise en œuvre des projets éoliens, le développement des NECP est déjà bien engagé. Ceci est particulièrement vrai pour la filière éolienne offshore pour laquelle des appels d'offres et des mises en service sont déjà programmés sur une grande partie de la décennie à venir. Les Pays-Bas ont par exemple programmé, dans le cadre de leur NECP, le rythme d'installation (lancement des appels d'offres et mise en service) de leur filière offshore jusqu'en 2030 (ex: appels d'offres programmés en 2025 des projets Ijmuiden Ver, Kavel 3 et 4 de 1 GW chacun pour une mise en service prévue en 2029-2030). Cette anticipation sur le long terme est permise par la baisse significative des coûts de production attendue (en dessous des prix actuels du marché) pour les filières éoliennes terrestre et maritime. Elle permet aux pays de poursuivre

sereinement la décarbonation de leur mix électrique, d'envisager une contribution plus importante de l'électricité renouvelable à la production de chaleur et de froid et d'engager déjà la substitution d'autres usages énergétiques, comme des carburants "verts" pour les transports aériens et maritimes et la production d'hydrogène à usage industriel. Il est cependant encore un peu tôt pour se représenter combien pèsera réellement la filière européenne d'ici 2030. Une réévaluation des objectifs en matière de réduction des gaz à effet de serre pourrait conduire à la mise en œuvre d'une politique énergétique européenne encore plus incisive en matière de climat. Dans ce sens, la Commission européenne a présenté le 4 mars 2020 son projet de "Loi climat" qui propose l'objectif juridiquement contraignant de ramener les émissions nettes de gaz à effet de serre à zéro d'ici à 2050. Il est ainsi prévu que les institutions de l'Union et les États membres soient collectivement tenus de prendre, à leurs niveaux respectifs, les mesures nécessaires pour atteindre cet objectif. Le projet de loi prévoit que la Commission européenne puisse durcir l'objectif prévu de baisse des émissions de gaz

à effet de serre en 2030 (qui est actuellement de -40 % par rapport à 1990). Cependant, au grand dam de certaines ONG environnementales, le texte ne propose pas encore de nouvel objectif. Il est prévu que le projet de loi sur le climat soit modifié une fois que l'analyse des impacts du relèvement des objectifs sera achevée (résultat attendu d'ici septembre 2020). □

Sources T1 et T2: UBA (Allemagne), AGEE-Stat (Allemagne), RED Electrica de Espana (Espagne), BEIS (Royaume-Uni), RTE (France), SER (France), Svensk Vindenergi (Suède), SCB (Suède), ENS (Danemark), DGEG (Portugal), CBS (Pays-Bas), EirGrid (Irlande), APERE (Belgique), CRES (Grèce), HOPS (Croatie), Litgrid (Lituanie), STATEC (Luxembourg), NSO (Malte), Cyprus Energy Regulatory Authority (Chypre), Terna (Italie), Statistics Austria (Autriche), INSSE (Roumanie), Finnish Energy (Finlande), EurObserv'ER, WindEurope.

Le prochain baromètre traitera du photovoltaïque



RELEVER VOS DÉFIS DE RECRUTEMENT

énergies renouvelables - environnement

ELATOS, spécialiste depuis plus de 15 ans du recrutement de dirigeants et de cadres

ELATOS - Lyon & Paris - 04 81 91 53 90 - contact@elatos.fr

www.elatos.fr



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), TNO Energy Transition (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.

DU 1^{ER} AU
4 DÉCEMBRE
2020
à Hambourg
(Allemagne)



WINDENERGY HAMBURG 2020

Organisé par la Hamburg Messe, WindEnergy est le salon professionnel mondial de l'industrie éolienne onshore et offshore, qui a lieu tous les deux ans à Hambourg. Ce salon est un des lieux de rencontre les plus importants pour tous les acteurs et les décideurs de la branche. Il cible les priorités de l'économie internationale de l'énergie éolienne. Ici, on met l'accent sur les entreprises leaders du monde dans cette branche, sur leurs derniers produits et sur leurs solutions innovantes. Elles rencontrent un public professionnel très qualifié, qui comprend développeurs, fabricants, sous-traitants, financiers, gérants et prestataires de services des secteurs onshore et offshore.

Renseignements :

www.windenergyhamburg.com

9 ET 10
DÉCEMBRE
2020
à Montpellier



ENERGAÏA

Le Forum EnerGaïa 2020 se tiendra au Parc des expositions de Montpellier et prévoit, pour cette nouvelle édition, de recevoir plus de 8 500 professionnels et 250 exposants. Comme chaque année, EnerGaïa consacre une matinée entière à l'éolien offshore flottant, le jeudi 10 décembre. Cette filière est encore jeune, mais connaît des développements industriels rapides à l'échelle mondiale. Les premiers parcs commerciaux commencent à voir le jour en Europe et la France délimite déjà les zones d'accueil des futurs parcs de grande taille. Des représentants d'institutions et d'organisations européennes interviendront afin de mieux cerner la dynamique en cours. La matinée sera également l'occasion de dresser l'état des lieux des projets en France, en Occitanie en particulier, et la structuration des bassins d'emplois autour de cette nouvelle industrie. Les principaux sujets abordés seront : l'actualité des projets EOF en Occitanie, l'éolien offshore flottant dans le Green Deal européen et l'éolien offshore flottant en phase opérationnelle.

Renseignements :

www.energaia.fr



8 DÉCEMBRE
2020
à Montpellier



ATELIER ÉOLE INDUSTRIE 2020

En partenariat avec la Région Occitanie, l'agence de développement Ad'Occ et l'Ademe, France énergie éolienne présente son édition 2020 d'Éole Industrie, qui se déroulera à la Cité de l'économie et des métiers de demain à Montpellier. Cette journée aura pour thématique : "Économie circulaire de l'éolien terrestre : extension de la durée de vie, démontage, recyclage, repowering des parcs éoliens". Un espace B2B dédié sera gratuitement mis à la disposition des entreprises souhaitant mobiliser des acheteurs pour rencontrer des acteurs régionaux et nationaux.

Renseignements :

fee.asso.fr

17 ET 18
NOVEMBRE
2020
en ligne



CONFÉRENCE ÉOLIEN ET AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE EN FRANCE ET EN ALLEMAGNE

La France et l'Allemagne ont défini des objectifs ambitieux pour le développement éolien terrestre. Pour les atteindre, les surfaces disponibles doivent être utilisées le plus efficacement possible. Divers instruments adaptés à une utilisation optimale des surfaces seront évoqués lors de cette conférence en ligne (en français et en allemand avec traduction simultanée) organisée par l'Office franco-allemand pour la transition énergétique (Ofate). Les thèmes suivants seront au cœur de l'échange franco-allemand : éolien et aménagement du territoire ; cadres réglementaires et défis du niveau local au niveau européen ; exemples de projets et de retours d'expérience sur l'éolien en forêt, les éoliennes de grande puissance et le repowering ; les instruments les plus efficaces pour concilier disponibilité des surfaces, objectifs de développement et acceptabilité des projets. La manifestation s'adresse à l'ensemble des acteurs de la transition énergétique en France et en Allemagne.

Renseignements :

www.ofate.eu

WPO lance le Projet GreenToken et met la Blockchain au cœur de l'énergie



Rejoignez-nous
sur l'Offre au Public
de Jetons GreenTokens
Visa AMF ICO.20-189

du 8 septembre au 12 novembre



11 Millions

Nombre de GreenTokens
offerts au public



0,95 €

Prix de Souscription
du jeton GreenToken



ico.wpo.eu

Depuis 2008, WPO optimise la production d'énergies renouvelables à travers une gamme complète d'expertises techniques, commerciales et financières sur plus de 2000 éoliennes et 12 millions de panneaux photovoltaïques.



L'investissement dans une offre au public de jetons telle que définie à l'article L. 552-3 du code monétaire et financier comporte des risques de perte partielle ou totale de l'investissement. Aucune garantie n'est donnée quant à la liquidité des jetons acquis au cours de l'offre, l'existence d'un marché secondaire de ces jetons, la valeur des jetons acquis au cours de l'offre et la contre-valeur de ces jetons en devise. Les jetons ne constituent pas des instruments financiers au sens de l'article L. 211-1 du code monétaire et financier et ne confèrent aucun autre droit que ceux décrits dans le Document d'Information. En outre, le cadre réglementaire applicable à l'offre et aux jetons ainsi que le régime fiscal applicable à la détention des jetons ne sont pas définis à ce jour dans certaines juridictions.

Le visa délivré par l'AMF ne porte que sur l'offre objet du présent Document d'Information. À l'issue de la clôture de l'offre, l'AMF n'effectuera aucun suivi de l'émetteur et de son Projet. Toute communication postérieure à l'offre et relative à celle-ci ne fera l'objet d'aucune revue par l'AMF. Le souscripteur est invité à consulter la Partie 4 « Facteurs de risques » de ce Document d'Information sur le site ico.wpo.eu



Trois bonnes raisons de choisir EEF

➤ La Pérennité

Depuis 2001, **Energie Eolienne France** développe, construit et exploite des parcs éoliens terrestres. Filiale, depuis 2008, du groupe **eno energy**, constructeur allemand d'éoliennes de forte puissance, notre équipe dispose de l'ensemble des savoir-faire indispensables à la réalisation et au bon fonctionnement d'un parc éolien.

➤ Le Développement

Energie Eolienne France maîtrise toutes les phases de développement d'un projet nécessaires à la livraison d'un parc clés en main. Soucieux de participer au mieux à la Transition Energétique, la concertation avec les acteurs locaux est une de nos priorités. L'acceptabilité sociale et l'accompagnement de politiques locales innovantes animent notre approche des territoires qui accueillent nos projets.

➤ Du clés en main véritable

Energie Eolienne France assure la construction, l'assistance à la maîtrise d'ouvrage, participe aux financements sur-mesure et gère l'exploitation de votre parc terrestre. En outre, Energie Eolienne France, avec le soutien d'**eno energy**, collabore au fonctionnement et à la maintenance des éoliennes tout au long de la durée de l'exploitation du parc.

EEF SAS

Capturons l'énergie du vent

EEF SAS est une entreprise du Groupe eno energy GmbH