



# ÉNERGIE ÉOLIENNE

Accélérer le développement de la filière grâce  
à l'innovation et aux nouveaux lieux d'implantation

## ÉNERGIE ÉOLIENNE

### **Accélérer le développement de la filière grâce à l'innovation et aux nouveaux lieux d'implantation**

L'éolien s'affirme comme l'une des énergies renouvelables majeures dans le cadre de la transition énergétique. La France affiche des objectifs ambitieux le concernant, en souhaitant doubler sa part au sein de la production nationale d'électricité dès 2030. Il représenterait alors 15 % du mix énergétique. Pour que cette ambition soit respectée, la filière nationale doit accélérer afin de décupler les efforts déjà réalisés lors de la décennie précédente.

Si les pouvoirs publics détiennent une partie des clés de cette progression via la suppression de blocages administratifs et juridiques, les acteurs du marché occupent également une place majeure dans la réussite de ce défi. Exploitants, constructeurs, fabricants et start-up doivent se mobiliser sur les territoires pour acquérir définitivement la confiance des collectivités et des citoyens, et multiplier leurs projets.

L'éolien pourra ainsi s'étendre à de nouveaux lieux d'implantation. Sur terre, certaines régions restent encore peu exploitées. En mer, le segment offshore va voir le jour au cours des années à venir sur les côtes françaises. Il laisse entrevoir un potentiel de croissance majeur, susceptible de dynamiser l'ensemble de la filière. En ville, les éoliennes cherchent aussi à se faire une place, dans le sillage de start-up mettant au point des modèles adaptés à l'espace urbain.

Ce dynamisme est soutenu par une politique d'innovation que le marché doit encourager et perpétuer. Il s'agit notamment d'optimiser le rendement des installations, d'accroître leur production et ainsi de perpétuer l'évolution technologique, qui tend à déployer des éoliennes toujours plus puissantes. L'écoconception et le recyclage deviennent également des problématiques essentielles que la filière doit s'approprier au plus tôt, en prévision de ses besoins futurs.



# DANS CE DOSSIER

<b>POINTS-CLÉS ET ENJEUX</b> .....	<b>4</b>
<b>L'ÉOLIEN, UN MARCHÉ ET UNE FILIÈRE D'AVENIR EN FRANCE</b> .....	<b>8</b>
Une filière ambitieuse et compétitive dans le cadre de la transition énergétique .....	8
S'inscrire dans un élan mondial .....	10
Initier des dynamiques territoriales grâce aux externalités positives .....	12
Une filière aux activités multiples, concernant une multitude d'acteurs .....	13
<b>DE NOMBREUX FREINS À LEVER POUR L'ÉOLIEN TERRESTRE</b> .....	<b>18</b>
Un développement entravé .....	18
Les pouvoirs publics légifèrent pour lever les freins .....	20
De nouvelles initiatives dans le domaine de la communication .....	22
Le <i>repowering</i> , une opportunité à saisir .....	24
Vers de nouveaux modes de financement .....	27
Le recyclage, un enjeu devenu prioritaire .....	29
<b>L'ÉOLIEN OFFSHORE, UN SECTEUR CLÉ POUR L'AVENIR</b> .....	<b>32</b>
Un nouveau marché à exploiter pour l'éolien tricolore .....	32
Soutenir la filière dans les territoires français et à l'international .....	36
<b>L'INNOVATION, VECTEUR DE PROGRÈS</b> .....	<b>43</b>
Des éoliennes toujours plus puissantes .....	43
De nouveaux composants pour optimiser la production et la maintenance .....	44
Des avancées pour réduire les nuisances .....	45
Miser sur l'écoconception des éoliennes .....	46
Un nouveau modèle économique à explorer : les CPPA .....	48
<b>LES FORCES EN PRÉSENCE</b> .....	<b>49</b>
Liste des entreprises citées dans l'étude .....	49
Typologie des acteurs de la filière française .....	51
Principaux employeurs de la filière française .....	52
Principaux constructeurs d'éoliennes en France .....	53
Principaux exploitants de parcs éoliens terrestres en France .....	54
Start-up françaises actives dans l'éolien .....	55
<b>SOURCES UTILISÉES</b> .....	<b>56</b>
<b>LEXIQUE</b> .....	<b>59</b>

## Une filière portée par les impératifs de la transition énergétique

La filière éolienne se place au cœur de la transition énergétique française visant à décarboner la production d'électricité sur le long terme. D'ici 2030, l'État souhaite que **l'éolien représente 15 % de l'électricité produite sur le territoire, soit plus du double qu'en 2020**. Il s'agit d'accélérer les efforts déjà réalisés tout au long de la décennie 2010, qui ont permis d'amorcer l'agrandissement du parc et la montée en puissance des installations.

La crise de Covid-19 a temporairement ralenti la croissance du marché, mais elle devrait agir en sa faveur à l'avenir. Le défi écologique a pris une ampleur supplémentaire qui bénéficie aux énergies renouvelables. Les pouvoirs publics s'emploient à **débloquer des verrous juridiques et administratifs qui entravaient le développement de la filière**. L'éolien profite de surcroît d'une dynamique internationale dans laquelle la France veut s'inscrire. Ce marché s'affirme comme **un secteur écologique et technologique majeur**, à la concurrence mondialisée. Contrairement au photovoltaïque dont la production d'infrastructures dépend majoritairement de l'Asie, l'Europe et la France veulent garder la main sur l'éolien et **construire une filière experte de ce côté du globe**.

Ce contexte favorable s'avère porteur pour les acteurs de la filière éolienne française. Ces

derniers doivent en profiter pour **s'implanter davantage au sein des territoires, en valorisant les externalités positives qu'ils génèrent** : création d'emplois, retombées fiscales pour les collectivités, avancée écologique au sein des économies régionales, etc. En démontrant ces multiples avantages, la filière pourra multiplier les nouveaux projets et exploiter pleinement les atouts de chaque territoire. **La création d'un écosystème global**, bâti autour de pôles de compétitivité et de clusters, apparaît également comme nécessaire pour coordonner les avancées, encourager la recherche et développement, et faciliter la mise en service d'éoliennes innovantes et plus puissantes.

Afin de poursuivre son essor, la filière hexagonale devra également **rester ouverte sur l'extérieur**. D'un côté, certains segments comme la fabrication de turbines s'avèrent déjà trustés par des groupes étrangers, qu'il faut être prêt à accueillir dans l'Hexagone. De l'autre, la mise en fonction d'éoliennes nécessite l'intervention d'acteurs variés avec lesquels il est nécessaire de collaborer : constructeurs, logisticiens, transporteurs, spécialistes du génie civil et électrique, etc. Il s'avère judicieux de ne pas bâtir un marché national centré uniquement sur lui-même, mais **capable de travailler avec divers partenaires**.

## Lever les freins et accélérer sur l'existant

Le développement de l'éolien appelle ses acteurs à lever certains freins qui ralentissent encore la croissance du marché. Si plusieurs d'entre eux dépendent de décisions politiques, les entreprises et organismes actifs sur le secteur doivent aussi agir à leur échelle afin de rester des moteurs de la filière. **Mieux communiquer sur l'énergie éolienne pour gagner l'adhésion citoyenne et territoriale** semble ainsi crucial. Conscientes des bénéfices des énergies renouvelables, les populations et collectivités peuvent encore contester l'installation d'éoliennes au nom de la protection de la faune locale ou des paysages. Pour les constructeurs et les exploitants de parcs terrestres, ces doutes peuvent rapidement mettre à mal un projet et entraver sa progression. La nécessité d'expliquer et de rassurer doit passer par **des approches pédagogiques, fondées sur des guides et d'outils d'évaluation et de dialogue**. Les recherches des établissements scientifiques s'avèrent également précieuses à valoriser pour mesurer concrètement l'impact des éoliennes sur leur environnement.

En étant soutenue par les citoyens, la filière pourra accélérer sur la voie du crowdfunding, un mode de financement susceptible de supporter les projets de nouvelles installations terrestres, aux coûts initiaux élevés. Des plateformes de levées de fonds dédiées aux énergies renouvelables apparaissent et participent à **faire du crowdfunding un levier de financement pertinent pour le marché éolien**. En parallèle, les fonds d'investis-

sement traditionnels se révèlent de plus en plus intéressés par les secteurs d'activité "verts" afin de diversifier leur portefeuille et de répondre aux nouvelles exigences de leurs clients. Les acteurs de l'éolien ont intérêt à **s'appuyer sur ces nouveaux soutiens financiers pour poursuivre leur déploiement**.

Le futur de la filière passe également par une mise à niveau de l'existant. Les premières éoliennes terrestres françaises, apparues au début des années 2000, arrivent en fin de vie. Pour ne pas perdre ces infrastructures et risquer de réduire les capacités de production, le secteur doit **s'activer sur le repowering**, c'est-à-dire le remplacement des anciennes éoliennes par des modèles plus récents et plus puissants. Ils permettront de **produire davantage sur le même espace foncier**. Les constructeurs et les exploitants ont pour mission la prise en charge de cette opération, tant d'un point de vue logistique que technologique. Ce type de manœuvre deviendra courant à l'avenir. Il s'avère donc crucial d'anticiper le **repowering** au plus tôt. Il en va de même sur **la problématique du recyclage, promise à un rôle central au sein du secteur**. Entre 2020 et 2030, le démantèlement d'anciens parcs générera une multiplication par 49 du flux de matières provenant des éoliennes et de leurs fondations. Le marché doit **bâtir une filière de recyclage spécifique**. Il s'agit également de réfléchir en amont à l'écoconception des pales et des mâts, pour qu'ils soient ensuite plus faciles à démanteler et à recycler.

## Miser sur l'innovation et développer de nouveaux segments

Portées par des start-up, des innovations proposent de maximiser la production éolienne. Il s'agit par exemple de récolter les données des éoliennes en temps réel pour améliorer leur rendement. **L'intelligence artificielle s'immisce sur le marché afin d'améliorer la maintenance.** Les innovations visent aussi à réduire les nuisances sonores et visuelles, en atténuant l'acoustique des pales ou en testant de nouveaux signaux d'avertissement lumineux. La filière compte également de jeunes fabricants qui cherchent à **réinventer l'éolienne pour l'implanter dans l'espace urbain.** Plus petites et/ou de formes différentes, les éoliennes en ville ouvrent de nouvelles voies en matière de production d'énergie locale. Pour les start-up de ce nouveau segment, **collaborer avec les métropoles ou les acteurs immobiliers** représente une forte opportunité de développement. Il s'agit d'un premier pas pour tendre vers une fabrication industrielle de ces modèles, afin de réduire leurs coûts et de les déployer davantage en milieu urbain.

Cette nécessité d'innover et de multiplier les terrains d'implantation trouve un écho particulier à travers **l'essor de l'éolien en mer.** Ce segment

n'est pas soumis aux mêmes freins que l'éolien terrestre et permet d'accroître la production grâce à un vent plus intense et régulier le long des côtes. **L'offshore s'impose comme un relais de croissance phare** pour le marché éolien mondial. La course entre l'Europe et l'Asie est lancée afin de s'emparer du leadership international. La France prévoit d'accélérer fortement sur ce segment au cours de la décennie à venir, passant de zéro à une dizaine de parcs dédiés. La filière doit tirer parti de cette volonté publique pour rattraper son retard par rapport à ses voisins européens. Elle peut **s'appuyer sur l'expertise nationale qui s'est développée sur ce segment** malgré l'absence d'installations en fonction sur les littoraux hexagonaux. L'ensemble de l'écosystème tricolore est appelé à se mobiliser afin de tirer profit des opportunités de l'offshore : les fabricants et sous-traitants pour participer à l'édification des futurs parcs, les acteurs de l'énergie afin de porter les projets naissants, les territoires pour attirer les constructeurs étrangers d'éoliennes. **Le potentiel de l'offshore renforce l'élan du marché éolien** et compense les barrières que peut rencontrer l'éolien terrestre.

# POINTS-CLÉS ET ENJEUX

Ce qu'il faut retenir

## LES MOTEURS

- La politique énergétique française
- Les externalités positives générées par l'éolien sur les territoires
- L'expertise française sur certains segments d'avenir comme l'éolien offshore
- La concurrence internationale qui incite chaque pays à s'activer sur ce marché d'avenir
- La crise de Covid-19, accélératrice de simplification administrative pour les futurs projets
  - Le dynamisme des pouvoirs publics en matière de législation avantageuse pour le secteur

## LE MARCHÉ DE L'ÉOLIEN

## LES FREINS

- L'opposition citoyenne et territoriale envers certains projets
- Le monopole exercé par les acteurs étrangers dans certains domaines clés du marché, comme la construction de turbines
- Les limites techniques liées à la nature de l'éolien (intermittence du vent, régions peu venteuses où l'implantation est impossible, etc.)
  - L'impact encore mal identifié de l'éolien sur les milieux naturels

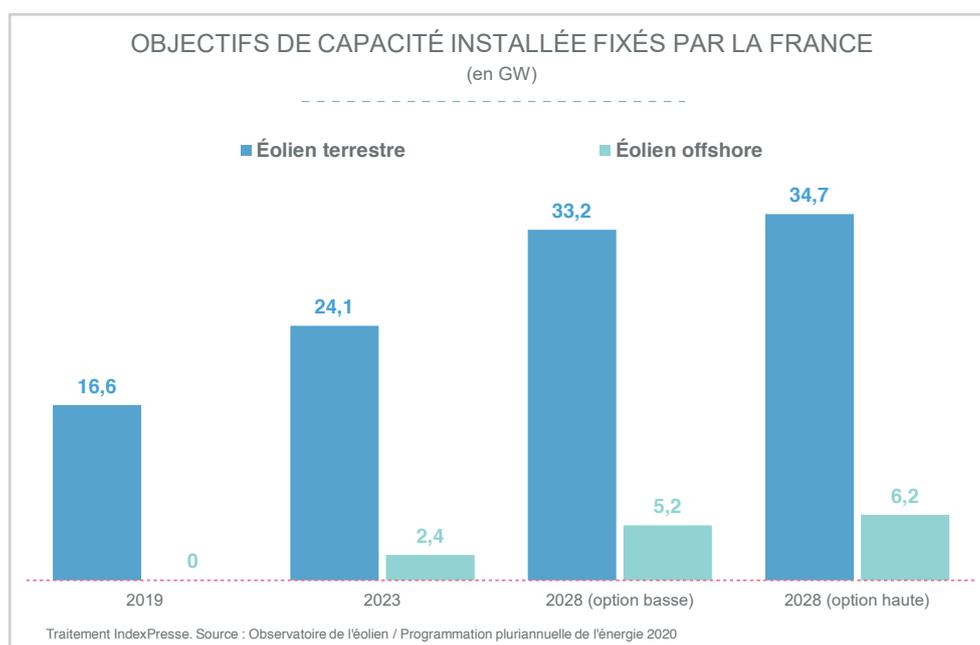
# L'ÉOLIEN, UN MARCHÉ ET UNE FILIÈRE D'AVENIR EN FRANCE

## Une filière ambitieuse et compétitive dans le cadre de la transition énergétique

Parue fin avril 2020, la dernière programmation pluriannuelle de l'énergie française définit les priorités nationales de la politique énergétique pour les années à venir. Le déploiement des énergies renouvelables pourrait générer 200 milliards d'euros de valeur ajoutée et la création de 100 000 emplois durant la prochaine décennie, rapporte le Syndicat des énergies renouvelables. Dans ce contexte, **l'énergie éolienne est amenée à monter en puissance au sein du mix énergétique français**. L'État souhaite que le secteur produise 15 % de l'électricité du territoire aux alentours de 2030, soit plus du double qu'actuellement, où il oscille entre 6 et 7 %. L'Agence de l'environnement et de la

maîtrise de l'énergie (ADEME) estime même qu'il serait possible d'atteindre les 22 % à cette date. "La capacité éolienne installée doit s'accroître. [...] Le respect de ce calendrier est impératif pour soutenir la politique de la transition énergétique du pays", souligne l'Observatoire de l'éolien 2020.

Ces ambitions découlent de **la progression de la filière éolienne dans l'Hexagone depuis le début des années 2000**. Le parc s'est densifié, avec une augmentation de 40,5 % du nombre d'infrastructures raccordées entre 2015 et 2019. Sur la même période, la puissance installée a progressé de 61 % grâce à l'élargissement du parc et à l'optimisation de la puissance des turbines. D'après les données du gestionnaire de réseau



électrique RTE, la part de l'éolien dans le mix énergétique français a déjà atteint 6,3 % en 2019, contre 3,9 % quatre ans plus tôt. Cette énergie s'impose ainsi comme **la deuxième source renouvelable en France**, derrière l'hydraulique. Le parc terrestre tricolore est devenu le quatrième plus dense d'Europe, derrière l'Allemagne, l'Espagne et le Royaume-Uni.

De telles avancées ont façonné la compétitivité de la filière. Soutenu par les pouvoirs publics depuis le début des années 2000 via différents dispositifs financiers, l'éolien s'avère être **l'une des énergies renouvelables les plus matures économiquement**. En 2019, 61 % de l'électricité verte produite en France (hors hydroélectricité) provenait de ce secteur, alors qu'il ne recevait plus qu'un tiers des subventions allouées à ce milieu (éolien, solaire, bioénergies). Selon une étude de l'Agence internationale pour les énergies renouvelables, **les coûts de l'éolien terrestre dans l'Hexagone ont diminué de 62 % depuis 1991**.

L'amélioration des performances des éoliennes, le soutien public ainsi que la hausse des prix du marché de l'électricité ont participé à créer cette dynamique. "L'éolien terrestre est aujourd'hui **une technologie décarbonée très compétitive et peu gourmande en espace**", rapporte *Alternatives Économiques* à l'automne 2020. Avec un coût moyen évalué à 65 euros par MWh produit, l'éolien affiche désormais un coût presque deux fois inférieur à celui du nucléaire. D'après la Cour des comptes, le réacteur de Flamanville, prévu pour entrer en activité en 2023, devrait en effet atteindre 120 euros par MWh. Cette performance s'observe aussi dans l'efficacité des infrastructures. L'énergie nécessaire à la construction, à l'installation et au démantèlement futur d'une éolienne est compensée dès un an d'activité, sur une durée de vie estimée à une vingtaine d'années. À moyen terme, la croissance de la filière doit permettre à l'éolien terrestre de **tendre vers une autonomie économique**

### La crise de Covid-19 freine la filière à court terme

La production d'électricité éolienne a démontré sa résilience en 2020 malgré la crise de Covid-19. Entre mars et mai, lors du premier confinement, la production moyenne a même augmenté de 3,5 % par rapport à l'année précédente. Sur l'ensemble du premier semestre, l'éolien a représenté 9,5 % de la consommation électrique française, une valeur supérieure aux résultats annuels habituellement observés. "Les entreprises de la filière ont assuré la continuité de la production d'énergie éolienne, notamment en adaptant leurs procédures d'exploitation et de maintenance afin d'assurer les conditions sanitaires requises pour les salariés", se félicite France Énergie Éolienne.

Le développement de la filière s'est tout de même vu ralenti par la crise sanitaire. "Les installations éoliennes pour 2020 seront en baisse par rapport aux prévisions

de l'industrie", analyse Business France. Les chantiers ont été momentanément gelés, les enquêtes publiques et procédures administratives en cours ont été suspendues ou reportées. Malgré les mesures adoptées par le gouvernement, destinées à prolonger les délais arrivés à échéance durant la crise, le secteur redoute que le retard se répercute sur les exercices suivants et enraye son déploiement. "Ce que nous craignons, c'est d'avoir dans quatre ans une sorte de trou d'air", indique Nicolas Wolff, président de France Énergie Éolienne.

Pour limiter ce risque et respecter les objectifs énergétiques programmés, plusieurs acteurs de la filière demandent à l'État d'accélérer sur le volet administratif et juridique. "Il s'agit de lever certaines contraintes freinant encore le développement des projets", note *Actu Environnement*. Sont notamment visés l'assouplissement des règles concernant l'implantation d'éoliennes dans les territoires, l'augmentation et l'optimisation de la capacité des parcs existants, ou encore la réduction des délais de recours concernant les projets d'éolien offshore. France Énergie Éolienne a même proposé la création d'un Wind Deal visant à relancer la filière après la crise.

**totale.** S'il devrait encore bénéficier d'une aide publique de 1,7 milliard d'euros en 2021 selon la Commission de régulation de l'énergie, ce montant va ensuite décliner à partir de 2023 puis disparaître à l'horizon 2035.

L'éolien offshore constitue également un gisement énergétique et économique d'avenir, encore inexploité jusqu'ici. "Avec plusieurs milliers de kilomètres de côte, **la France bénéficie d'un très fort potentiel de développement des énergies marines renouvelables.** [...] Dynamisé par une simplification et une clarification du cadre réglementaire, le secteur est en plein essor",

assure le magazine *L'ADEME et vous*. L'offshore accentue le développement de l'ensemble de la filière éolienne, renforçant l'émulation technologique et territoriale qui entoure cette énergie renouvelable. Le segment est d'autant plus stratégique que de nombreux pays européens s'avèrent déjà bien plus avancés que la France sur l'éolien en mer. Le pays doit **rattraper son retard et possède une forte marge de progression.** D'ici 2028, le gouvernement vise la mise en service de sept parcs offshore et l'installation de 6 500 nouvelles éoliennes terrestres, afin d'atteindre un total de 14 500.

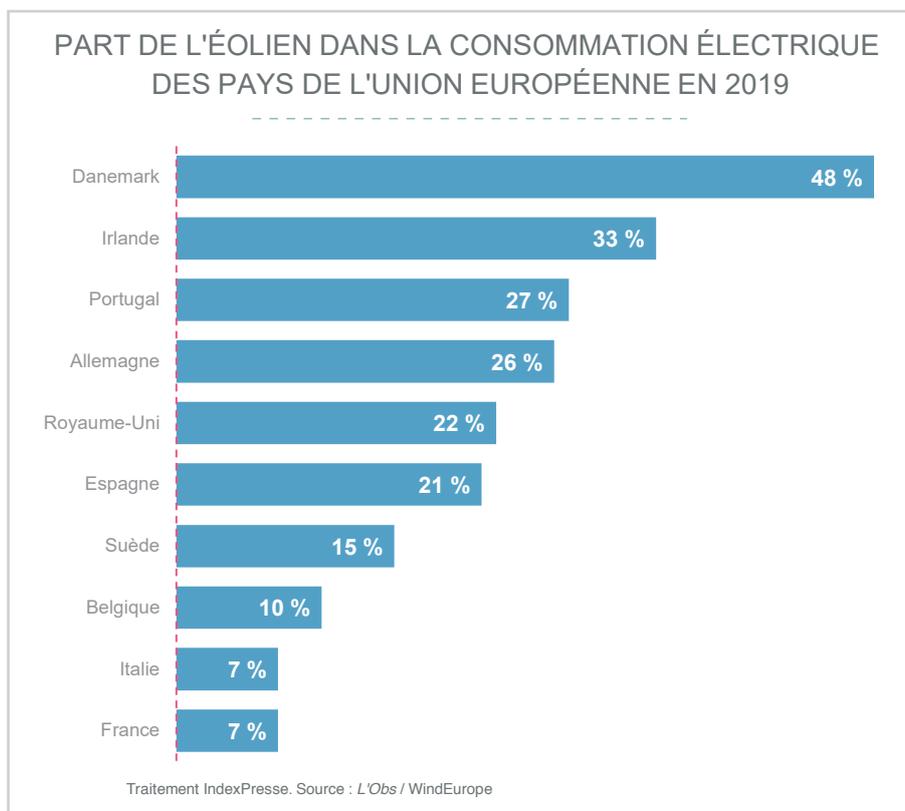
## S'inscrire dans un élan mondial

L'éolien bénéficie d'un engouement global, avec **des capacités de production en hausse dans l'ensemble des régions du monde.** En 2019, elles ont augmenté de 19 %, portant la capacité mondiale cumulée à 651 GW d'après le rapport annuel du *Global Wind Energy Council* (GWEC). "Le secteur de l'énergie éolienne continue de connaître une croissance constante, après s'être imposé sans équivoque comme une source d'énergie compétitive à l'échelle mondiale", constate Ben Backwell, dirigeant de l'organisme. 652 milliards de dollars ont été investis dans le secteur entre 2015 et 2019. En regroupant plus de 60 % des nouvelles installations, la Chine et les États-Unis s'imposent comme les moteurs du marché.

L'Europe se distingue également grâce à une hausse de ses capacités de 30 % en 2019. Plus de la moitié des nouvelles installations concernent quatre pays : le Royaume-Uni, l'Espagne, l'Allemagne et la Suède. L'éolien constitue désormais la source de 15 % de l'électricité consommée par les 27 membres de l'Union européenne et le Royaume-Uni. Combinées au solaire, ces deux énergies renouvelables ont dépassé le charbon en 2019. "Cette tendance positive que connaît l'éolien en Europe permet **une vraie montée en puissance de cette énergie renouvelable, qui s'inscrit pleinement dans les objectifs fixés par le Green Deal européen**",

souligne Business France. "Faire de l'Europe le premier continent pour l'énergie renouvelable, avec un niveau d'émissions nettes de gaz à effet de serre à 0 en 2050, est un défi que l'éolien s'avère à la hauteur de relever, avec une supply chain présente sur tout le continent permettant une maîtrise des technologies et une plus grande indépendance énergétique." En 2019, l'industrie éolienne européenne représentait 36 milliards d'euros de valeur pour le PIB et 8 milliards d'euros d'exportations, et concernait 300 000 travailleurs. Les innovations technologiques et les économies d'échelle ont réduit les coûts de 50 % depuis 2014. Business France considère que **l'éolien possède les moyens de devenir la première énergie du continent dès 2027**, afin de "prendre la tête de la transition énergétique européenne".

À travers le monde, de nombreux autres territoires présentant un potentiel attractif développent peu à peu leur filière : Afrique du Sud, Chili, Arabie Saoudite, Inde, etc. "En 2019, nous avons continué d'observer de plus en plus de pays passer de tarifs de rachats à des mécanismes basés sur le marché, de même qu'une croissance continue des pratiques de vente directe d'électricité entre entreprises", souligne Feng Zhao, directeur de la stratégie du GWEC. Les aides publiques se réduisent car la filière gagne en autonomie financière et devient



compétitive. Ces mutations économiques visent à **développer le secteur éolien sur le long terme** et ne plus simplement soutenir des initiatives isolées. D'après GlobalData, le marché mondial de l'énergie éolienne a déjà progressé de 34 % entre 2010 et 2018, pour atteindre 96,4 milliards de dollars. La société d'analyses prévoit qu'il poursuivra sur cette lancée pour **dépasser 124 milliards de dollars en 2030**, une croissance majoritairement due à la région Asie-Pacifique.

Ces prévisions risquent d'être impactées par la crise de Covid-19 de 2020. Le GWEC concède que la pandémie a freiné les performances du secteur. Dans le même temps, elle a toutefois accéléré la prise de conscience générale de la nécessité d'une transition énergétique rapide et structurée. L'éolien pourrait en tirer profit, de même qu'il se révèle en mesure de **bénéficier de l'essor de nouvelles technologies liées à l'énergie**, comme l'hydrogène vert ou la mise en place de réseaux électriques intelligents (*smart*

*grids*). Ces solutions permettraient d'avancer sur les problématiques du stockage de l'énergie éolienne. Celle-ci reste en effet intermittente et nécessite des infrastructures de stockage connexes pour ne pas être gaspillée en cas de baisse ou d'absence de demande.

Pour la France, accélérer dans l'éolien revient à **s'inscrire dans cette dynamique internationale, tant européenne que mondiale**. Il s'agit de ne pas accumuler davantage de retard sur ce marché et de s'y positionner plus fortement afin de profiter de ses multiples retombées. Cette stratégie permettra également **d'initier des collaborations industrielles et énergétiques avec d'autres pays d'Europe**, se révélant pertinentes d'un point de vue économique et technique. Dans le cadre spécifique de la montée en puissance de l'éolien en mer, la Commission européenne préconisait fin 2020 une approche dépassant les frontières nationales, en privilégiant des infrastructures et réseaux communs à plusieurs États membres.

## Initier des dynamiques territoriales grâce aux externalités positives

La filière éolienne est porteuse d'externalités positives pour les territoires capables d'accueillir les infrastructures adéquates. Tous les ans, **la filière crée entre 1 500 et 2 000 emplois**, "l'équivalent d'un Fessenheim chaque année", précise Frédéric Lanoë, directeur général de l'exploitant de parcs Valorem, en référence à l'ancienne centrale nucléaire alsacienne. Le secteur avoisine désormais les 20 000 postes en France, répartis

entre la fabrication des composants, l'installation des machines, la gestion, l'exploitation et la maintenance des parcs ou les bureaux d'études. Ces créations d'emplois, qui font de l'éolien **le premier employeur dans le secteur des énergies renouvelables**, se révèlent opportunes pour des territoires souhaitant attirer les actifs et dynamiser l'économie locale. "Au-delà des emplois créés par la filière, ce sont **d'importantes retombées**

CAPACITÉ DU PARC ÉOLIEN PAR RÉGIONS FRANÇAISES  
AU 1<sup>ER</sup> SEPTEMBRE 2020

	GW produits	Évolution en 2020	Nombre d'installations
Hauts-de-France	4,77	+ 5 %	482
Grand Est	3,77	+ 4 %	390
Occitanie	1,65	+ 1 %	193
Centre-Val de Loire	1,29	+ 3 %	127
Nouvelle-Aquitaine	1,15	+ 9 %	135
Pays de la Loire	1,05	+ 5 %	139
Bretagne	1,05	+ 1 %	171
Bourgogne-Franche-Comté	0,85	+ 3 %	88
Normandie	0,84	+ 1 %	118
Auvergne-Rhône-Alpes	0,60	+ 9 %	104
Île-de-France	0,10	+ 19 %	12
Départements et régions d'outre-mer	0,08	0 %	15
Provence-Alpes-Côte d'Azur	0,05	0 %	16
Corse	0,02	0 %	3
<b>Total France</b>	<b>17,27</b>	<b>+ 4 %</b>	<b>1 993</b>

Traitement IndexPressé. Source : Service de la donnée et des études statistiques

fiscales pour les collectivités en milieu rural", observe *Alternatives Économiques*. Un parc de dix éoliennes de 2 MW offre 200 000 euros de recettes annuelles, "des sommes considérables qui peuvent contribuer à **développer l'activité dans des zones souvent délaissées**", poursuit la revue économique. Divers revenus fiscaux sont générés par les installations : taxes foncières, cotisation foncière des entreprises, cotisation sur la valeur ajoutée des entreprises, imposition forfaitaire sur les entreprises de réseaux, etc. "Un parc éolien français récemment mis en service dégage environ 50 millions d'euros de chiffre d'affaires pendant sa durée de vie, mais contribue également à 7 millions d'euros de contributions locales et nationales", détaille l'Observatoire de l'éolien 2020. Celui-ci souligne également le rôle de catalyseur de l'éolien pour la transition énergétique des régions. Cette énergie permet **d'accélérer vers la décarbonation de l'économie régionale et de lancer de nouveaux projets locaux orientés vers l'écologie**.

Ces retombées positives constituent de forts leviers d'incitation à l'investissement pour les territoires. Si tous ne sont pas égaux en matière d'attractivité éolienne (quantité de vent, présence

de zones d'entraînement de l'armée ou de couloirs aériens, etc.), **la filière s'implante malgré tout de manière croissante dans la quasi-totalité de l'Hexagone**, selon le Service de la donnée et des études statistiques. Entre le troisième trimestre 2017 et le troisième trimestre 2020, toutes les régions enregistrent une hausse du nombre de leurs installations éoliennes, à l'exception de la Corse, qui reste stable, et de Provence-Alpes-Côte d'Azur, qui en perd deux. La majorité des territoires possède même encore une large marge de progression, tandis que quelques autres ont déjà atteint un niveau élevé proche de la saturation, notamment les Hauts-de-France et le Grand Est. La France doit parvenir à établir un équilibre afin de profiter au maximum des atouts de chaque région, sans en délaissier ni en surexploiter. "Il faut **faire converger les outils et leviers d'action au niveau local, pour pleinement valoriser les ressources de chaque territoire**", insistent Marjolaine Meynier-Millefert, députée de l'Isère et rapporteur de la Commission d'enquête sur les énergies renouvelables à l'Assemblée nationale, et Nicolas Wolff, vice-président de Boralex, premier producteur français éolien indépendant.

## Une filière aux activités multiples, concernant une multitude d'acteurs

### Trouver sa place sur un marché déjà fortement internationalisé

L'Observatoire de l'éolien 2020 recense **entre 900 et 1 000 entreprises françaises actives sur ce marché**, "depuis des structures spécialisées, positionnées sur un des différents maillons de la chaîne de valeur, jusqu'aux acteurs intégrés couvrant plusieurs types d'activités." Cette chaîne de valeur se compose de cinq segments principaux : développement (bureaux d'études, développeurs de projets, etc.), fabrication

de composants et assemblage (fabricants et constructeurs industriels), installation et mise en service (exploitants de parcs, spécialistes du génie civil et électrique, logisticiens, etc.), exploitation (exploitants, logisticiens, spécialistes de la maintenance) et fin de vie (constructeurs industriels, spécialistes des déchets, etc.). Les quatre premiers enregistrent des hausses d'emploi oscillant de 14 à 20 %

## L'ÉOLIEN, UN MARCHÉ ET UNE FILIÈRE D'AVENIR EN FRANCE

sur la période 2017-2019, alors que le dernier commence son développement sous l'impulsion du renouvellement des parcs (*repowering*) et de l'arrivée en fin de vie des premiers modèles d'éoliennes. **La montée en puissance annoncée de l'éolien offshore participe également à créer un nouvel élan pour les acteurs du marché**, particulièrement pour ceux centrés sur le développement et la fabrication de composants. Dans le même temps, "de nombreux services se sont développés avec les nouvelles possibilités offertes par la technologie et la réglementation. Du scaphandrier au développeur informatique en passant par le manager de plateforme participative, ils se sont répartis sur l'ensemble de cette chaîne de valeur", détaille l'Observatoire de l'éolien. Cependant, ce climat favorable n'est pas propre à la France. **Les sociétés hexagonales se retrouvent en concurrence avec des acteurs étrangers**, provenant de pays où l'éolien s'avère plus avancé : Danemark, Allemagne, Chine, etc. "Les segments de la fabrication des principaux

composants de la turbine et de leur assemblage sont particulièrement touchés par ces contraintes de marchés, et les acteurs français y ont une part de marché aujourd'hui plus limitée", constate l'ADEME.

Aucun fabricant national ne joue un rôle majeur sur le marché des turbines supérieures à 1 MW. Alstom Wind a rejoint le giron de l'américain GE Wind lors du rachat de la branche énergie d'Alstom par General Electric en 2015. Areva Wind a suivi le même chemin en étant rachetée en 2016 par le géant espagnol Siemens Gamesa. La France compte encore quelques fabricants positionnés sur d'autres types de machines, comme le groupe Vergnet, qui se concentre sur les turbines de moyenne puissance (200 à 275 kW) à installer en zone cyclonique, Poma Leitwind ou DDIS, spécialistes des turbines se limitant à 800 kW. Le tissu industriel hexagonal comporte aussi **des fabricants d'autres composants réputés à l'international**, tels que Defontaine et ses couronnes d'orientation commercialisées

### Chaîne de valeur de la filière éolienne

#### Développement

- Portage
- Ingénierie pré-projet

#### Fabrication de composants et assemblage

- Composants de structures
- Gros composants électriques
- Systèmes électriques et électroniques
- Systèmes mécaniques
- Assemblage

#### Installation et mise en service

- Ingénierie et conception
- Préparation du site (fondations, terrassement)
- Logistique (transport, levage, montage)
- Raccordement réseau

#### Exploitation

- Ingénierie et expertise technique
- Exploitation
- Maintenance
- Autres services (assurance, juridique)

#### Fin de vie

- Renouvellement des parcs
- Démontage
- Recyclage

Traitement IndexPresse. Source : Observatoire de l'éolien 2020



sous la marque Rollix, ou Plastinov et ses pièces moulées utilisées en composants de structure. Le marché regroupe également **un nombre croissant de start-up, qui cherchent notamment à investir des niches avec leurs innovations** pour ne pas se retrouver en compétition frontale avec les grands industriels.

Si la fabrication fait l'objet d'une forte concurrence à l'échelle mondiale, l'ADEME identifie des pistes plus prometteuses pour la filière hexagonale : "d'autres secteurs comme **le développement de projets, l'ingénierie et la logistique sont fortement porteurs d'emplois locaux, source de croissance et potentiellement d'export pour l'industrie française.**" Le développement de projets attire notamment l'attention de grands groupes, généralement déjà actifs dans le secteur de l'énergie, comme Engie, EDF Renouvelables ou Total, qui voient en l'éolien **un relais de croissance et l'occasion d'entériner un virage écologique dans leur stratégie.** Les opérations d'ingénierie et de logistique demeurent de leur côté davantage liées aux territoires d'implantation des éoliennes et aux acteurs qui y sont présents, ce qui favorise l'essor des entreprises locales françaises.

### DES OPPORTUNITÉS POUR DE NOMBREUSES ACTIVITÉS CONNEXES

La mise en place d'installations éoliennes demande des compétences variées. Pour de nombreuses entreprises, l'éolien représente donc un nouveau secteur client à exploiter. L'ADEME cite plusieurs exemples de sociétés annexes déjà impliquées dans des projets : Schneider Electric et Spie interviennent sur le raccordement et le génie électrique ; Eiffage Métal et Naval Group travaillent sur la construction de fondations et flotteurs pour les éoliennes offshore, etc. L'organisme en appelle ainsi aux spécialistes des travaux en hauteur, aux fournisseurs d'acier et de fibre de verre, aux fonderies, aux élaborateurs de systèmes de mesure et même aux transporteurs de convois exceptionnels, qui constituent autant d'acteurs susceptibles "d'élargir leur savoir-faire et de trouver des relais de croissance en se diversifiant, voire de sauvegarder des emplois dans des secteurs en crise ou ayant une croissance faible ou nulle" grâce à l'éolien.

## MARCHÉ

### LES TURBINES, UN MARCHÉ MONDIAL TRÈS DISPUTÉ EN COURS DE STRUCTURATION

Au cœur de l'industrie éolienne, la fabrication de turbines fait l'objet d'une concurrence féroce entre plusieurs grands fabricants. La croissance externe constitue une stratégie prisée pour gagner des parts de marché et prendre l'ascendant sur ses rivaux. "Nous continuons d'observer une consolidation du marché des turbines, le nombre de fournisseurs ayant décliné de 37 en 2018 à 33 en 2019", analyse Ben Backwell, dirigeant du Global Wind Energy Council.

Quatre fabricants dépassaient la barre des 10 % des parts de marché en 2019 :

- Vestas (Danemark) à 18 % ;
- Siemens Gamesa (Espagne) à 15,7 % ;
- Goldwind (Chine) à 13,2 % ;
- GE Renewable Energy (États-Unis) à 11,6 %.

Derrière, se trouvaient Envision (Chine) à 8,6 %, Mingyang (Chine) à 5,7 % et Nordex Acciona (Allemagne) à 4,9 %.

### Faire émerger un écosystème global

La filière éolienne française cherche à **bâtir un écosystème global, comprenant l'ensemble des acteurs utiles à la progression du marché**. En plus des industriels, constructeurs ou start-up innovantes, cet ensemble inclut les partenaires économiques. **“Les investisseurs purement financiers prennent aujourd'hui de plus en plus d'importance** : ils sont attirés par des actifs peu risqués et subventionnés, dans un contexte où les dettes souveraines sont moins attractives, peu rémunératrices, et où les marchés financiers deviennent plus volatiles”, constatait l'ADEME dès 2017. Ces fonds d'investissement, de capital privé, de pension voire même institutionnels, apportent **des ressources financières supplémentaires qui soutiennent les entreprises privées dans l'élaboration de projets éoliens**. À l'été 2020, le groupe Total a ainsi annoncé sa collaboration avec Green Investment Group, une filiale du fonds australien Macquarie, pour mettre en place cinq projets éoliens offshore en Corée du Sud à partir de 2023. Quelques semaines plus tôt, la Banque européenne d'investissement confirmait son soutien de 450 millions d'euros pour la construction d'un des parcs marins français, opérée par EDF Renouvelables et ses deux partenaires, l'énergéticien allemand wpd et le spécialiste canadien du transport pétrolier Enbridge. Certains acteurs financiers lancent même des portefeuilles dédiés à l'éolien et aux énergies renouvelables. En France, Omnes Capital a fait office de pionnier grâce à son fonds Capenergie, créé en 2006. Il lui a par exemple permis de prendre part au projet Piiparinmäki, débuté en 2019, qui vise à ériger le plus grand parc éolien terrestre finlandais. Ce dernier a ensuite été vendu à Glennmont Partners, l'une des principales sociétés de gestion européennes dédiée à l'investissement dans les infrastructures d'énergie verte. Début 2021, celle-ci était à son tour rachetée par le gestionnaire d'actifs américain Nuveen, preuve de **l'engouement qui entoure ces investissements verts**.

Pour engendrer puis maintenir la dynamique de son écosystème, la filière se repose aussi sur des organismes régionaux chargés d'animer

et de fédérer les territoires et les entreprises. L'Observatoire de l'éolien 2020 recense **sept pôles de compétitivité actifs en France ainsi que huit clusters**, dont plusieurs rayonnant à l'échelle nationale, qui intègrent l'éolien dans leurs thématiques. Des organisations spécialisées dans l'accompagnement des entreprises et start-up tendent aussi à **encourager l'apparition de nouveaux acteurs dans le secteur**, à l'image de Pépinière Entreprises Énergies Renouvelables, présente dans les Hauts-de-France et en Normandie. Spécialisée dans les énergies marines renouvelables, dont l'éolien offshore, elle mène des actions personnalisées auprès des sociétés et organise des événements professionnels. Au niveau national, l'association France Énergie Éolienne regroupe plus de 300 membres et “représente, promeut et défend l'énergie éolienne en France”. Elle est aussi co-organisatrice de la conférence FOWT (*Floating Offshore Wind Turbines*), aux côtés du Pôle Mer Méditerranée et de la Chambre de commerce et d'industrie Marseille-Provence, le plus gros événement international dédié à l'éolien en mer flottant. Le Syndicat des énergies renouvelables mène également des actions consacrées à l'éolien. Il a notamment initié le programme Windustry France, en 2009, qui vise à développer l'industrie éolienne dans l'Hexagone et à renforcer la fabrication made in France.

L'écosystème comprend aussi **des acteurs universitaires ou académiques** dont les recherches portent sur les énergies marines renouvelables, l'efficacité énergétique, l'ingénierie, etc. FLOATGEN, le premier projet français d'éolienne offshore, implique ainsi l'Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer, l'École Centrale de Nantes ou l'université parisienne Gustave Eiffel.

L'implication de tous ces intervenants consolide la légitimité du marché éolien et **multiplie les pistes d'innovation et de financement pour l'avenir**. Bâtir un tel écosystème s'avère crucial pour la filière si elle veut continuer sur sa lancée et atteindre les objectifs de la Programmation pluriannuelle de l'énergie.

## PÔLES DE COMPÉTITIVITÉ ET CLUSTERS FRANÇAIS ACTIFS DANS L'ÉOLIEN

Nom	Région d'action	Activité et objectifs	Site web
<b>Pôles de compétitivité</b>			
PÔLE MER Bretagne Atlantique	Bretagne	Créer des projets collaboratifs innovants autour de l'économie maritime.	<a href="http://pole-mer-bretagne-atlantique.com/fr">pole-mer-bretagne-atlantique.com/fr</a>
Technopole Brest-Iroise	Finistère	Accompagner l'innovation, les actions collectives et le développement territorial.	<a href="http://tech-brest-iroise.fr">tech-brest-iroise.fr</a>
EMC2	Bretagne et Pays de la Loire	Accompagner les entreprises dans une démarche "produire mieux, propre, demain et ensemble".	<a href="http://pole-emc2.fr">pole-emc2.fr</a>
DERBI	Occitanie et Pyrénées-Méditerranée	Développer l'innovation et la création d'entreprises dans les énergies renouvelables appliquées au bâtiment et à l'industrie.	<a href="http://pole-derbi.com">pole-derbi.com</a>
PÔLE MER Méditerranée	Bassin méditerranéen	Créer des projets collaboratifs innovants autour de l'économie maritime.	<a href="http://polemermediterranee.com">polemermediterranee.com</a>
Capenergies	Provence-Alpes-Côte d'Azur et Corse	Développer la compétitivité des filières énergétiques territoriales.	<a href="http://capenergies.fr">capenergies.fr</a>
Tenerdis	Auvergne-Rhône-Alpes	Favoriser la croissance des activités durables et des nouvelles technologies de l'énergie.	<a href="http://tenerdis.fr/fr">tenerdis.fr/fr</a>
<b>Clusters</b>			
Cluster Maritime Français	France	Rassembler et accompagner les acteurs de l'écosystème maritime.	<a href="http://cluster-maritime.fr">cluster-maritime.fr</a>
MEDEE (Maîtrise énergétique des entraînements électriques)	France	Faire émerger des projets collaboratifs de recherche ou d'innovation dans le génie électrique.	<a href="http://pole-medee.com">pole-medee.com</a>
Ouest Normandie Énergies Marines	Normandie	Développer une filière territoriale d'énergies marines renouvelables.	-
France Énergies Marines	France	Soutenir la recherche et l'innovation dans les énergies marines renouvelables.	<a href="http://france-energies-marines.org">france-energies-marines.org</a>
Neopolia	Pays de la Loire	Fédérer et renforcer la compétitivité des entreprises régionales actives dans la marine, l'aérospatiale, la mobilité terrestre et l'énergie.	<a href="http://neopolia.fr">neopolia.fr</a>
WEAMEC ( <i>West Atlantic Marine Energy Center</i> )	Pays de la Loire	Fédérer l'écosystème régional des énergies marines renouvelables.	<a href="http://weamec.fr">weamec.fr</a>
CEMATER	Occitanie	Structurer et consolider la filière régionale des énergies renouvelables et de la construction durable.	<a href="http://cemater.com">cemater.com</a>
Cluster Éolien Aquitain	Aquitaine	Renforcer l'émergence de la filière industrielle éolienne régionale et en faire un leader au niveau national et continental.	-

Traitement IndexPresse.

# DE NOMBREUX FREINS À LEVER POUR L'ÉOLIEN TERRESTRE

## Un développement entravé

Si l'éolien terrestre a connu au cours des cinq dernières années un déploiement plus soutenu, la France accuse toutefois un décalage entre les objectifs assignés par la loi de transition énergétique pour la croissance verte et la place des énergies renouvelables dans le mix énergétique. L'essor de l'éolien sur le territoire français est en effet entravé par plusieurs freins de nature structurelle.

### Un manque d'acceptabilité des installations par le grand public

Le développement du parc éolien terrestre se heurte principalement à **un déficit d'acceptation de la part du grand public**. Les Français ont pourtant dans l'ensemble une bonne image de l'énergie éolienne et souhaitent encourager sa montée en puissance. Selon le baromètre "Les Français et les énergies renouvelables", réalisé par OpinionWay pour Qualit'EnR et publié en janvier 2019, 77 % d'entre eux étaient favorables au soutien de l'éolien pour la production d'électricité. Paradoxalement, **une partie croissante de la population française fait preuve de réticences quant à son déploiement**. La proportion de Français qui accepteraient qu'un parc de cinq à dix éoliennes soit installé à moins de 1 km de chez eux s'est réduite de 2 points depuis 2014, à 45 % en 2019 selon le dernier baromètre annuel de l'ADEME sur les Français et l'environnement. "Le consensus sur l'éolien est en train de nettement s'affaiblir dans notre pays", soulignait début 2020 le président de la République, Emmanuel Macron, lors d'une rencontre sur l'écologie dans les territoires. Le recul et la faiblesse de ce taux d'adhésion s'expliquent de différentes manières. Les détracteurs de cette énergie renouvelable invoquent **de multiples nuisances environnementales**, en particulier sur la faune et sur la flore.

Les éoliennes sont aussi incriminées pour leur impact sonore provoqué par la circulation du vent entre les pales et par le souffle qu'elles provoquent en passant devant le mât. Elles occasionnent également une gêne visuelle, créée par leur stature et les lumières qu'elles produisent la nuit. Les éoliennes sont par ailleurs présentées comme ayant **des répercussions négatives sur la biodiversité**, en perturbant l'avifaune et les chiroptères qui entrent en collision avec elles. Enfin, elles sont susceptibles d'entraver la propagation des ondes radio et hertziennes, troublant ainsi les radars de l'aviation civile, de la défense nationale, de Météo-France et de la navigation.

### Un déficit de disponibilité du foncier sur le territoire

Selon Pauline Le Bertre, déléguée générale de France Énergie Éolienne, "47 % du territoire national est grevé de contraintes", telles que la présence de terrains militaires, de zones couvertes par des radars ou de couloirs de migration des oiseaux, la proximité avec des bâtiments classés, ou encore les exigences de respect des sites naturels classés. Ces obstacles occasionnent **un manque d'espaces pour l'implantation de nouvelles installations**, qui s'avère d'autant plus problématique que **le développement de l'éolien terrestre se double de contraintes techniques**. Pour que l'implantation d'un parc éolien soit envisageable, il est essentiel que le raccordement au réseau électrique soit possible. Le vent doit également être suffisant et posséder certaines caractéristiques : sa vitesse ne doit être ni trop faible pour que l'éolienne puisse tourner, ni trop élevée au risque d'un arrêt de sécurité ; elle doit également rester relativement constante.



### De longs délais administratifs

Le déploiement de l'éolien sur le territoire national **pâtit de l'allongement de la durée de mise en œuvre des projets**, en raison des voies de recours en contentieux possibles. Si les experts avancent que la très grande majorité de ces contentieux n'aboutissent pas, ces derniers augmentent néanmoins les délais de concrétisation des projets. Une procédure de recours, selon le nombre d'instructions et de rappels auprès des tribunaux administratifs, des cours d'appel et du conseil d'État, peut durer plus de trois ans.

Ces délais de recours s'ajoutent à ceux des démarches administratives générales, déjà importants en comparaison de ceux d'autres pays européens. Ainsi, à titre d'exemple, le *Journal de l'Éolien* indique que l'étude de faisabilité (accords fonciers avec les propriétaires, études d'impact, réunions publiques d'information) présente une durée variant entre six et douze mois. L'élaboration du projet (dépôt des demandes d'autorisation, consultation du public et des commissions, finalisation du plan de financement) dure de 20 à 36 mois. Enfin, les opérations de construction du parc (terrassement et préparation du site, montage des éoliennes, raccordement au réseau) s'échelonnent sur six à neuf mois.

Compte tenu de ces multiples délais, certains analystes estiment qu'en moyenne, **un projet met entre 7 et 9 ans pour se concrétiser, une durée supérieure à celle observée dans la plupart des autres pays européens**. Par ailleurs, les recours "peuvent limiter l'accès au financement des développeurs, dans la mesure où les établissements financiers prêteurs souhaitent s'assurer que l'ensemble des recours relatifs à un projet sont purgés avant d'engager des financements", souligne l'étude de l'ADEME sur la filière éolienne parue en septembre 2017.

### Une énergie présentée comme intermittente

La production d'énergie éolienne est par nature variable, discontinue et non programmable, car elle est dépendante des conditions météorologiques (présence de vent ou non) et du cycle jour/nuit. Les éoliennes fonctionnent à forte puissance lorsque le vent souffle, mais beaucoup moins intensément lorsqu'il faiblit.

De fait, **les installations sont souvent présentées comme peu productives**. Les données des bilans électriques annuels nationaux publiées par RTE indiquent que le facteur de charge moyen mensuel de l'éolien, mesuré par le rapport entre l'énergie électrique produite réelle et potentielle, s'est élevé en moyenne à 22,8 % au cours de la période 2015-2019, avec toutefois un accroissement continu depuis 2017 (+ 2,2 points par an en moyenne).

Cette imprévisibilité de la production rend difficiles l'équilibre de la distribution et la gestion des pics de consommation du réseau électrique pour les gestionnaires de réseaux et les producteurs d'électricité.

**22,8 %**

Le facteur de charge mensuel moyen de l'énergie éolienne pendant la période 2015-2019.

Source : RTE  
(bilans électriques)

## DÉFINITION

### LE FACTEUR DE CHARGE

Le facteur de charge d'une centrale électrique ou d'une éolienne correspond au rapport entre l'énergie effectivement produite durant un laps de temps donné et l'énergie qu'elle aurait pu générer à sa puissance nominale pendant la même période. Ce paramètre, exprimé en pourcentage, ne peut pas dépasser 100 %.

# Les pouvoirs publics légifèrent pour lever les freins

## Réduire les délais des procédures

Face au constat d'un retard français en matière de développement de la filière éolienne, les pouvoirs publics ont intensifié depuis 2017 leurs actions pour faire évoluer la réglementation susceptible d'entraver le déploiement d'infrastructures. Ainsi que le résumait en décembre 2019 Élisabeth Borne, ministre de la Transition Écologique et Solidaire, lors d'une réunion de travail sur le développement harmonieux de l'éolien, "les mesures [...] ont un double objectif : lever les verrous tout en préservant l'acceptabilité par les territoires".

En novembre 2018, le délai de recours en contentieux relatif aux autorisations des parcs éoliens terrestres, à l'origine d'un allongement de la durée de concrétisation des projets, a été accéléré avec la publication au Journal officiel du décret n° 2018-1054, qui simplifie certaines procédures administratives.

La principale disposition de ce décret vise en particulier à **réduire significativement les délais contentieux** en supprimant l'étape du tribunal administratif. Selon l'article 23, le contentieux des éoliennes pour les projets autorisés à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2019 relève désormais en premier et dernier ressort des cours administratives d'appel en application de l'article R. 311-5 du code de justice administrative.

Parallèlement, le décret prévoit, à travers l'article 24, des mesures visant à **accélérer la phase de délivrance de l'autorisation environnementale** en modifiant la date à compter de laquelle le préfet dispose (sauf exceptions) d'un délai de deux mois pour rendre sa décision ("Les parties ne peuvent plus invoquer de moyens nouveaux passé un délai de deux mois à compter de la communication aux parties du premier mémoire de défense.")

### LÉGISLATION

#### DÉCRET N°2018-1054 : PRINCIPALES DISPOSITIONS

– Article 23 : est inséré un article R. 311-5 ainsi rédigé :

"Les cours administratives d'appel sont compétentes pour connaître, en premier et dernier ressort, des litiges portant sur les décisions suivantes, y compris leur refus, relatives aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent classées au titre de l'article L. 511-2 du code de l'environnement, à leurs ouvrages connexes, ainsi qu'aux ouvrages de raccordement propres au producteur et aux premiers postes du réseau public auxquels ils sont directement raccordés. [...]"

– Article 24 : est inséré un article R. 611-7-2 ainsi rédigé :

"Par dérogation à l'article R. 611-7-1, et sans préjudice de l'application de l'article R. 613-1, lorsque la juridiction est saisie d'une décision mentionnée à l'article R. 311-5, les parties ne peuvent plus invoquer de moyens nouveaux passé un délai de deux mois à compter de la communication aux parties du premier mémoire en défense. Cette communication s'effectue dans les conditions prévues au deuxième alinéa de l'article R. 611-3 du code de justice administrative."

### Libérer des espaces pour de nouvelles implantations

#### La libération d'espaces fonciers

Le gouvernement français a annoncé en décembre 2020 des mesures visant à **libérer des espaces jusque-là exclus du développement éolien**, afin notamment d'éviter un phénomène de saturation pour les implantations. Face au constat que seulement 20 % du territoire serait aujourd'hui accessible à l'éolien compte tenu de la sécurité aérienne et de la présence de radars militaires, des travaux doivent être menés par les ministères de la Transition Écologique et de la Défense afin d'identifier des solutions permettant de libérer des espaces dans les zones d'exclusion radar les plus favorables à l'implantation éolienne. Un déclassement de balises de radionavigation est aussi envisagé avec pour objectif final la **libération, au cours de la période 2021-2025, d'une surface comprise entre 14 000 et 18 000 km<sup>2</sup>, aujourd'hui interdits à l'éolien**. Ces derniers s'ajouteraient aux 9 000 km<sup>2</sup> de zones à enjeu militaire déjà autorisés.

#### Des expérimentations pour réduire les nuisances sonores et lumineuses des éoliennes

La stratégie du gouvernement pour faciliter le déploiement des éoliennes passe également par des actions visant à réduire leurs nuisances en vue

d'une meilleure acceptabilité auprès du grand public. Des mesures ont été annoncées en décembre 2020 par le ministère de la Transition Écologique dans le cadre d'un groupe de travail sur le développement harmonieux de l'éolien.

Concernant les nuisances lumineuses des mâts des éoliennes émises durant leur fonctionnement la nuit, **des solutions innovantes de balisage nocturne sur des parcs en exploitation sont expérimentées depuis 2020**. "Nous aimerions revenir aux nuits noires dans les campagnes et donc expérimenter un balisage éteint qui ne se met à clignoter qu'à l'approche d'un aéronef", souligne Pauline Le Bertre, déléguée générale de France Énergie Éolienne. Les résultats des tests sont attendus pour l'été 2021. Un calendrier de déploiement à l'ensemble du parc en service devrait être annoncé ensuite "en visant autant que possible une extinction complète de l'éclairage", indique un communiqué du ministère de la Transition Écologique paru début décembre 2020 à l'issue d'un conseil de défense écologique.

Dans le domaine de la lutte contre les nuisances sonores, un protocole sera également élaboré pour **mesurer avec exactitude et de manière non discutable les niveaux de bruits générés par les éoliennes**, indiquait en décembre 2019 un autre communiqué du ministère de la Transition Écologique.

**14 000  
à 18 000 km<sup>2</sup>**

La surface d'espaces interdits à l'éolien qui pourrait être libérée en déclassant des balises de radionavigation entre 2021 et 2025.

# De nouvelles initiatives dans le domaine de la communication

## Les publications de guides se multiplient

Au cours des cinq dernières années, les initiatives visant à favoriser le développement de l'énergie éolienne se sont multipliées en France. Quelle que soit leur nature, elles ont pour but de participer à un déploiement plus harmonieux et optimisé des éoliennes sur l'ensemble du territoire national, et de permettre une meilleure appropriation citoyenne des projets. Afin d'aider les porteurs de projets dans les étapes de leur future implantation et de mieux faire connaître l'éolien au grand public, **plusieurs guides et supports pédagogiques ont donc été publiés par différents organismes depuis 2016.**

En mai 2017, Énergie partagée, un mouvement fondé en 2010 qui fédère, accompagne et finance les projets citoyens de production d'énergie renouvelable, a édité un guide intitulé "Les collectivités territoriales, parties prenantes des projets participatifs et citoyens d'énergie renouvelable – du soutien à la maîtrise, comment faire?". Publié en partenariat avec le ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer, l'ADEME et la fondation Heinrich Böll, ce guide présente les moyens à disposition des collectivités territoriales pour **parvenir à la maîtrise des énergies renouvelables sur leur territoire grâce à leurs habitants.** En s'appuyant sur les témoignages de porteurs de projets et des parties prenantes qui travaillent à leurs côtés pour faire converger des dynamiques écologiques, économiques et sociales au niveau local, le guide présente des leviers d'action à destination des collectivités, ainsi que des conseils aux porteurs de projets et des outils.

Début 2018, l'association Amorce avait de son côté publié **un guide intitulé "L'élu et l'éolien"**. Réalisée en partenariat avec l'ADEME, cette publication se décrit comme un "ouvrage de référence pour les collectivités qui abordent le développement de

parcs éoliens sur leur territoire en leur donnant les clés pour réussir chacune des grandes étapes du projet: genèse, développement, construction et exploitation". Elle a vocation à éclairer les élus en apportant les éléments indispensables pour entamer une réflexion sur l'implantation de l'éolien sur un territoire. "Nous les invitons, pour aller plus loin, à partager leurs expériences au sein du club des collectivités locales de l'éolien (Cléo)" précise l'avant-propos du guide.

En février 2018, France Énergie Éolienne avait de son côté publié un document intitulé "Un vent de transition", destiné au grand public. Cette brochure, qui se présente sous la forme de 11 infographies, vise à apporter **des éléments de compréhension et d'information sur l'énergie éolienne** tels que son intérêt dans la lutte contre le réchauffement climatique, le potentiel éolien en France ou encore le fonctionnement de l'énergie éolienne et le cycle de vie des parcs. Elle entend également apporter des réponses aux idées reçues et à certains enjeux clés tels que le paysage, la biodiversité, etc.

En octobre 2020, le ministère de la Transition Écologique a pour sa part révisé, pour la première fois depuis 2010, **son guide relatif à l'élaboration des études d'impact des projets de parcs éoliens terrestres** afin de prendre en compte les évolutions réglementaires, d'intégrer le retour d'expérience issu de l'instruction des dossiers déposés et de bénéficier de la jurisprudence disponible. Cette actualisation a particulièrement porté sur le volet "paysage". En novembre 2019, le ministère avait déjà publié un guide à destination des élus, intitulé "Éolien et urbanisme", qui avait pour vocation de présenter les outils du code de l'urbanisme aux acteurs du territoire afin de faciliter l'accueil des projets éoliens.

### De nouveaux outils d'aide à la décision voient le jour

Début décembre 2020, suite aux conseils de défense écologique qui s'étaient tenus durant les mois de novembre et décembre, le gouvernement français a fait part de son intention d'accorder prochainement un nouveau soutien financier aux collectivités locales. **L'État français s'est ainsi engagé à cofinancer, pendant une durée minimum de trois ans, un réseau de conseillers techniques** dans le but d'"aider les collectivités locales à développer ou à s'impliquer dans un projet éolien ou photovoltaïque". Parmi les modalités pratiques annoncées, l'ADEME devait notamment lancer un appel à manifestation d'intérêt courant 2021 afin de mettre sur pied ce réseau à compter du mois de septembre 2021.

Au début de l'année 2020, France Nature Environnement, fédération française des associations de protection de la nature et de l'environnement, a édité son éoloscope terrestre. Cet outil ressort comme une déclinaison de son Méthascope, paru en 2017 et consacré au secteur de la méthanisation. L'éoloscope terrestre a été développé en partenariat avec l'ADEME et le producteur d'énergies renouvelables Boralex. Il se présente avant tout comme un outil d'aide au positionnement sur les projets de parcs éoliens terrestres. Sa philosophie est de favoriser "l'implication de tous les acteurs autour du développement responsable et exemplaire de la filière, en favorisant le dialogue, les relations de confiance, un processus d'amélioration continue des pratiques et des connaissances", selon les termes de France Nature Environnement. Il permet en outre aux citoyens, aux collectivités ainsi qu'à tout autre acteur de **comprendre les enjeux environnementaux de l'énergie éolienne, d'évaluer la performance environnementale d'un projet de parc éolien et de participer à sa gouvernance** ou à la concertation autour de celui-ci.

Dans la continuité, France Nature Environnement

a également publié en septembre 2020 une version d'évaluation de son éoloscope offshore, dédié à l'éolien. Ayant vocation à être utilisé le plus en amont possible des projets, ce guide est composé d'un livret et d'une grille d'analyse multicritères. Le livret se décompose lui-même en trois parties. Deux d'entre elles abordent les démarches à effectuer pour construire un positionnement solide et informent sur les différents aspects réglementaires et techniques des projets de parc éolien terrestre.

En France, l'intérêt porté par les acteurs publics au développement de l'éolien est tel que **des communes se sont engagées à travers la création d'une structure spécifique**: le Club Cléo (Club des Collectivités locales éoliennes). Créé en 2013, il est animé par l'association Amorce en partenariat avec l'ADEME. Il a pour objectifs de faire entendre au niveau national la voix des élus locaux favorables au développement de projets éoliens pertinents et de partager les expériences pour faciliter l'accompagnement voire le montage des projets par les collectivités. Le club compte une centaine de membres parmi lesquels des collectivités, des communautés de communes et des exploitants de parcs.

En octobre 2015, les organismes Réseaux de Chaleur et Énergie Renouvelable, Amorce et France Énergie Éolienne avaient signé la "Charte nationale des collectivités et de leurs partenaires en faveur d'un développement de projets éoliens territoriaux et concertés". Ce document "permet de prendre en compte les contraintes et les souhaits de la collectivité et de la population, et d'autre part de garantir que les informations et les outils ont été donnés aux élus afin qu'ils puissent accompagner le projet éolien jusqu'à sa mise en œuvre et pendant son exploitation", indique France Énergie Éolienne.

# Le repowering, une opportunité à saisir

## Une alternative au déploiement de nouvelles éoliennes

En France, les premiers parcs éoliens ont été construits au début des années 2000 avec des éoliennes de petite dimension, moins productives que les équipements actuels. Compte tenu de la durée de vie des éoliennes (20 à 25 ans) et de l'arrivée à échéance d'une partie des contrats d'obligation d'achat d'électricité, la question de la fin d'exploitation de certains parcs éoliens français se pose. À l'issue de ces contrats, d'une durée initialement garantie de 15 ans, **les exploitants ont le choix entre le démantèlement ou le renouvellement de tout ou partie des infrastructures**. Or, ainsi que le résume un rapport de l'ADEME, le renouvellement "préfigure le maintien, voire l'augmentation, des capacités déjà raccordées dans la perspective d'atteinte des objectifs ambitieux fixés pour la France en matière de développement d'électricité d'origine renouvelable".

La fin d'exploitation d'un parc représente une réelle opportunité pour les exploitants **d'accroître la production des installations à rénover en procédant à des opérations dites de repowering**. L'enjeu est de taille. Le potentiel de développement de ces opérations de re-motorisation s'annonce conséquent au regard de l'accroissement important du nombre de contrats d'obligation d'achat qui arriveront à terme au cours de la décennie prochaine en France (près de 1 000 pour la décennie 2020-2030 indique SIAPartners).

Dans son baromètre 2020 des énergies renouvelables électriques en France, l'observatoire des énergies renouvelables Observ'ER estimait que **près de 500 MW de puissance étaient d'ores et déjà arrivés à la fin de leur contrat d'obligation d'achat en 2020**. De 2020 à 2032, entre 600 à 1 500 MW par an seront concernés.

En attendant, **le repowering est naissant en France, où les premiers renouvellements ne remontent qu'à 2018**. Cette année-là, des opérations avaient été menées dans le parc guadeloupéen de Petit Canal par EDF Renouvelables. Les 33 éoliennes du site ont été remplacées par dix nouvelles pour une puissance désormais installée de 9 MW, contre 7 MW auparavant. Dans le Finistère, l'entreprise Quadran, filiale de l'énergéticien Total Direct Énergie, a remplacé la même année huit mâts de 750 kW par de plus récents de 800 kW, sur le parc du Goulien créé en 2000. Kallista Energy a elle triplé la puissance de son parc breton de Plouyé mis en service en 2002, à 9,2 MW. En 2020, des opérations de renouvellement ont été conduites par l'entreprise de production d'électricité Boralex dans le parc éolien ardéchois de Cham Long, composé de 14 éoliennes. La totalité des éoliennes a été remplacée, avec à la clé une augmentation de la puissance totale installée de plus de 75 %, à 40 MW après *repowering*.

### DÉFINITION

#### LE REPOWERING

Le *repowering* ("renouvellement" en français) est un terme anglais qui désigne une remise à niveau technologique des éoliennes. Il consiste à remplacer les éoliennes anciennes, plus petites, par des éoliennes plus récentes, plus grandes et offrant un meilleur rendement. Techniquement, plusieurs configurations de renouvellement sont possibles : remplacement des éoliennes par un autre modèle de dimension identique, au même emplacement ; remplacement au même emplacement par des éoliennes de même hauteur mais avec des pales plus longues ; remplacement au même emplacement par des éoliennes plus hautes ; remplacement et déplacement des éoliennes ; ajouts de mâts.

### Un développement compromis ?

#### Une solution offrant de nombreux avantages pour l'exploitant...

Le *repowering* présente de nombreux avantages dans la perspective d'un déploiement accéléré de l'éolien, en regard des multiples enjeux réglementaires, techniques et sociétaux qu'il entraîne. Jean-François Petit, directeur général France du groupe énergétique RES, en dressait un panorama lors d'une interview parue en novembre 2020 dans la revue *Actu Environnement*.

Dans le domaine administratif, **les projets de renouvellement intégrant des opérations de *repowering* sont plus rapides à mettre en place** que celles de constructions neuves. Les exploitants détiennent en effet une bonne connaissance de la topographie, de la faune et de la flore des lieux où sont implantées leurs éoliennes. Cette expérience leur permet de monter des dossiers solides en amont des opérations de remplacement.

Sur le plan économique, le *repowering* présente deux atouts majeurs. D'une part, **il permet d'abaisser le coût de production de l'électricité**. Les éoliennes de nouvelle génération susceptibles d'être installées sont plus fiables et nécessitent à ce titre moins d'opérations d'entretien, ce qui contribue à diminuer le prix de revente de l'électricité. Par ailleurs, **le *repowering* offre la possibilité d'accroître sensiblement la production électrique par éolienne et d'améliorer le facteur de charge**. La mise en place de mâts de plus grande hauteur permet de profiter davantage des vents forts car "plus on est haut, plus les vents sont forts, laminaires et constants". Pionnier de l'éolien qui revendique la place de troisième plus grand exploitant indépendant de parcs terrestres de l'Hexagone, le groupe RES estime qu'en moyenne, "le *repowering* conduira à doubler la production des parcs concernés" à l'échelle de la France.

Sur le volet sociétal enfin, **le *repowering* contribue à faciliter l'acceptabilité des projets**. Il offre la possibilité de réduire le nombre de nouveaux sites éoliens à construire en capitalisant sur les infrastructures de production déjà existantes. Qui plus est, l'impact visuel des installations rénovées est jugé

quasi nul étant donné que le parc éolien au niveau local comporte un nombre de mâts identique, voire potentiellement inférieur comme l'illustrent certaines opérations déjà réalisées. Lorsque les exploitants agissent sur des infrastructures existantes, la présence des éoliennes fait déjà partie de l'environnement des citoyens, qui se trouvent dès lors plus enclins à accepter leur maintien.

#### ...mais dont le développement pourrait être freiné

Si le *repowering* est appelé à se développer au cours des prochaines années en raison de ses nombreux atouts, **son potentiel pourrait être en partie impacté par l'évolution récente de la législation**. En effet, une instruction ministérielle parue en juillet 2018 est venue encadrer le renouvellement des parcs éoliens en fixant les règles d'évaluation des projets de modification des parcs, cette évaluation incombant aux préfets.

En cas de modification notable mais non substantielle du parc éolien (comme un renouvellement à l'identique), le porteur de projet doit seulement réaliser un porter-à-connaissance auprès des autorités. Toutefois, lorsque la modification n'est pas jugée substantielle mais simplement notable, un arrêté complémentaire préalable doit être pris si la modification touche aux intérêts protégés par les autorisations visées par l'article L. 181-2 du Code de l'environnement dont tient lieu l'autorisation environnementale (défrichage, dérogation espèces protégées, etc.).

En cas de modification substantielle du parc éolien, telle qu'une augmentation du nombre d'éoliennes de hauteur de mât supérieure ou égale à 50 m ou encore une augmentation de capacité de plus de 20 MW dans un parc ne comportant par exemple que des éoliennes dont la hauteur de mât est comprise entre 12 à 50 m, **une nouvelle procédure d'autorisation environnementale doit être engagée**. Comme le précise l'avocate Hélène Gelas dans une interview accordée à *Actu Environnement* en novembre 2020, "si le

## DE NOMBREUX FREINS À LEVER POUR L'ÉOLIEN TERRESTRE

nouveau parc projeté est qualifié de substantiellement différent du parc existant par le préfet, il s'agit d'une nouvelle autorisation complète, soit 4 à 6 ans de procédures à assumer – études, instruction, contentieux, etc.” Cette obligation, le cas échéant, d'obtenir une nouvelle autorisation environnementale et les délais longs qui risquent d'en découler peuvent être de nature à **freiner les ambitions des exploitants dans leurs projets de renouvellement et de modernisation de leurs parcs.**

Parallèlement, les parcs éoliens pouvant potentiellement faire l'objet d'une rénovation qui s'accompagnerait d'un accroissement des capacités sont soumis à de fortes contraintes. Dans son étude technico-économique de juillet 2020 sur la gestion de la sortie de contrat des parcs éoliens, l'ADEME estime, sur la base de l'observation de 742 parcs éoliens, que 65 % des parcs éoliens installés en France avant 2015 sont soumis à de fortes contraintes dans au moins une des familles répertoriées (présence de radars, de milieux naturels d'intérêt, de monuments historiques, de servitudes aéronautiques, etc.) et 30 % dans au moins deux familles. Les parcs mis en service avant 2009 sont particulièrement exposés à ces contraintes.

De fait, **une partie des parcs pourraient être finalement définitivement démantelée et échapper à de potentielles opérations de repowering.** Selon l'ADEME, cela concernerait 8 % à 11 % des 742 parcs analysés (soit entre 0,7 et 1 GW), indépendamment des effets potentiels de l'instruction du 11 juillet 2018.

Dans le même temps, avec l'apparition de nouvelles contraintes dites opposables pouvant intervenir pendant la durée d'exploitation, le renouvellement des parcs éoliens se révèle fortement tributaire de la traduction opérationnelle de l'instruction du 11 juillet 2018. L'agence de l'énergie estime qu'entre “25 et 40 % des capacités étudiées soit 2 à 4 GW pourraient, à l'occasion de leur renouvellement, ne pas ou peu bénéficier des gains technologiques réalisés par le secteur car opérés sous une forme quasi identique”.

D'autre part, des pertes de capacités potentielles pourraient se produire en raison d'**un coût de renouvellement jugé trop élevé pour les exploitants** (supérieur à 70 euros/MWh). Ces pertes pourraient concerner 15 % des projets. En outre, le renouvellement de 300 à 600 MW pourrait être bloqué pour des raisons tarifaires inhérentes aux mécanismes de soutien actuel, estime l'ADEME.

Si de multiples limites techniques et économiques sont susceptibles de restreindre le nombre d'opérations de *repowering* dans les parcs éoliens français au cours de la décennie à venir, celles-ci devraient en contrepartie avoir des conséquences plutôt positives d'un point de vue environnemental, souligne l'ADEME. En effet, en mobilisant des technologies de dernière génération, les travaux de *repowering* sont susceptibles de contribuer à une réduction des nuisances sonores et à une meilleure intégration des parcs éoliens dans le paysage. “Cela est principalement lié à la réduction attendue du nombre de mâts pour les parcs renouvelés”, note l'ADEME.

**65 %**

La proportion de parcs éoliens installés avant 2015 soumis à des contraintes.

Source: ADEME



# Vers de nouveaux modes de financement

## Les citoyens, nouveaux acteurs du déploiement de l'éolien

Pour les porteurs de projets d'éoliennes terrestres, l'installation de nouvelles infrastructures représente un coût élevé. Dans une interview publiée en décembre 2020 dans la revue *Techniques de l'Ingénieur*, Sean Vavasseur, responsable système électrique au Syndicat des énergies renouvelables, estimait entre **1 et 1,7 million d'euros par mégawatt la dépense d'investissement initiale à consentir pour une éolienne terrestre**.

Le financement des infrastructures est une problématique majeure pour le développement actuel et futur des projets éoliens, de plus en plus onéreux. Dans ce domaine, **les porteurs de projets disposent d'une nouvelle source de financement : le crowdfunding**. Si son apparition remonte aux années 2000, il s'est depuis élargi au secteur de l'énergie. Ce mode de financement peut revêtir plusieurs formes : don avec ou sans contrepartie, prêt ou investissement en capital. Concernant l'énergie éolienne, le prêt (avec un remboursement du capital en fin de période et, dans le cas où des intérêts sont prévus, leur étalement sur la durée) et l'investissement en capital seraient les plus fréquents selon le *Journal de l'éolien*. Dans le second cas, le particulier prend une participation en actions dans la société qui va porter le développement du site et reçoit en contrepartie une rétribution financière à travers des dividendes et la plus-value potentiellement réalisée.

### DÉFINITION

#### LE CROWDFUNDING

D'après le ministère de l'Économie, des Finances et de la Relance, "le financement participatif, ou *crowdfunding*, désigne un échange de fonds entre individus en dehors des circuits financiers institutionnels, afin de financer un projet via une plateforme en ligne."

## Un mode de financement favorisé par l'évolution de la législation et des initiatives

En France, le développement actuel du *crowdfunding* de projets d'éoliennes terrestres résulte de multiples initiatives et mesures mises en place depuis 2013 en vue d'inciter davantage de Français à participer au financement du déploiement d'infrastructures de production d'énergies renouvelables. En mai 2014, l'ordonnance n° 2014-559 avait permis de réformer la réglementation du financement participatif en vue de "créer un cadre juridique adapté à ce nouveau mode de financement pour en assurer le développement dans des conditions juridiques sécurisées et offrir une protection des investisseurs ou des prêteurs". Outre la création de deux statuts, cette ordonnance a institué une dérogation au monopole bancaire, autorisant les prêts rémunérés consentis par des particuliers à des personnes physiques ou morales. Parallèlement, elle a mis en place une procédure de déclaration simplifiée et la possibilité d'investir dans des sociétés par actions simplifiées. Cette ordonnance a par conséquent contribué à **favoriser la création de plateformes de financement participatif dans le domaine de l'énergie**.

De son côté, la Commission de régulation de l'énergie (CRE), autorité administrative rattachée au ministère de la Transition Écologique, avait intégré en 2016 dans ses appels à projet un système de bonification tarifaire. Si le porteur du projet (citoyens, collectivités territoriales, groupements de collectivités) choisit de proposer de l'investissement participatif ou du financement participatif, il peut prétendre à un bonus tarifaire sur le prix d'achat de l'électricité produite par le projet, à hauteur de trois euros par MWh dans le premier cas et d'un euro par MWh dans le second.

En 2017, le ministère de la Transition Écologique, en partenariat avec l'association Financement Participatif France, a créé **un label public de "financement participatif de la croissance verte"**. Octroyé aux projets par les plateformes

## PRINCIPALES PLATEFORMES FRANÇAISES DE FINANCEMENT PARTICIPATIF AXÉES SUR LES ÉNERGIES RENOUVELABLES

(début février 2020)

Plateforme	Date de création	Type de plateforme	Filières financées	Montants financés/collectés depuis la création (en kEUR)	Nombre de projets soutenus depuis la création
WISEED	2008	Diversifiée	Environnement, santé, numérique, alimentation, énergies renouvelables	254 000	604
LENDOSPHERE	2014	Spécialisée dans les énergies renouvelables	Photovoltaïque, éolien, biogaz	88 100	247
LENDOPOLIS	2014	Spécialisée dans les énergies renouvelables	Photovoltaïque, éolien	80 100	413
ENERFIP	2014	Spécialisée dans les énergies renouvelables	Photovoltaïque, hydroélectricité, éolien, biomasse	77 000	n.c.
LITA.CO	2014	Diversifiée	Immobilier, alimentaire, énergies renouvelables	44 400	n.c.
LUMO	2012	Spécialisée dans les énergies renouvelables	Photovoltaïque, éolien, hydroélectricité, géothermie	10 000	165
AKUOCOOP	2007	Spécialisée dans les énergies renouvelables	Photovoltaïque, éolien, hydroélectricité, biomasse	7 800	14

Traitement IndexPresse. Sources : opérateurs, Financement Participatif France (FPF)

signataires d'une convention avec l'État et FPF, ce label vise de multiples objectifs : valoriser le financement participatif pour les projets œuvrant en faveur de la transition énergétique et écologique, garantir la transparence du projet et apporter des informations sur la qualité environnementale de ce dernier.

### Des montants levés encore faibles

En conséquence de ces mesures à la fois réglementaires et incitatives, **le nombre de plateformes de financement participatif de projets éoliens s'est accru au cours des cinq dernières années.** Les plateformes historiques de *crowdfunding* spécialisées dans la transition énergétique telles que Lendosphere, Enerfip ou encore Lumo, ont ainsi été rejointes en 2016 par des opérateurs généralistes comme Wiseed, Lita.co et GreenChannel, une plateforme lancée début 2016 par Engie.

Grâce à cette augmentation du nombre d'acteurs, le financement participatif des énergies renouvelables s'accélère depuis 2016. Selon le dernier baromètre du *crowdfunding* des énergies renouvelables réalisé par GreenUnivers en collaboration

et avec le soutien de Financement Participatif France (FPF), publié en mai 2020, les montants levés par les plateformes ont presque été multipliés par six entre 2016 et 2019 pour atteindre 67 millions d'euros. Toutefois, il convient de noter que les montants se concentrent plus particulièrement sur les projets d'énergie photovoltaïque. Les projets éoliens n'ont ainsi représenté que 15 % de ce total (80 % pour l'éolien onshore et 20 % l'éolien offshore).

À titre d'exemple, Enerfip, la première plateforme française de crowdfunding d'énergies renouvelables, a d'ores et déjà financé à elle seule depuis sa création une trentaine de projets éoliens pour Langa, la CNR (Compagnie nationale du Rhône), EnergieTEAM, RES, Ostwind, Boralex ou encore VSB, avec un total de plus de 10 millions d'euros collectés à début 2021. À cette même période, Enerfip avait deux projets d'éolien terrestre en cours de collecte (un dans l'Aude pour RES et un pour l'allemand RWE) et deux projets à soutenir (un dans le Rhône pour la CNR et un dans les Pyrénées-Orientales pour la société montpelliéraine Éléments).

# 15 %

La part de l'éolien dans le montant des fonds levés en *crowdfunding* pour des projets d'énergie renouvelable en 2019.

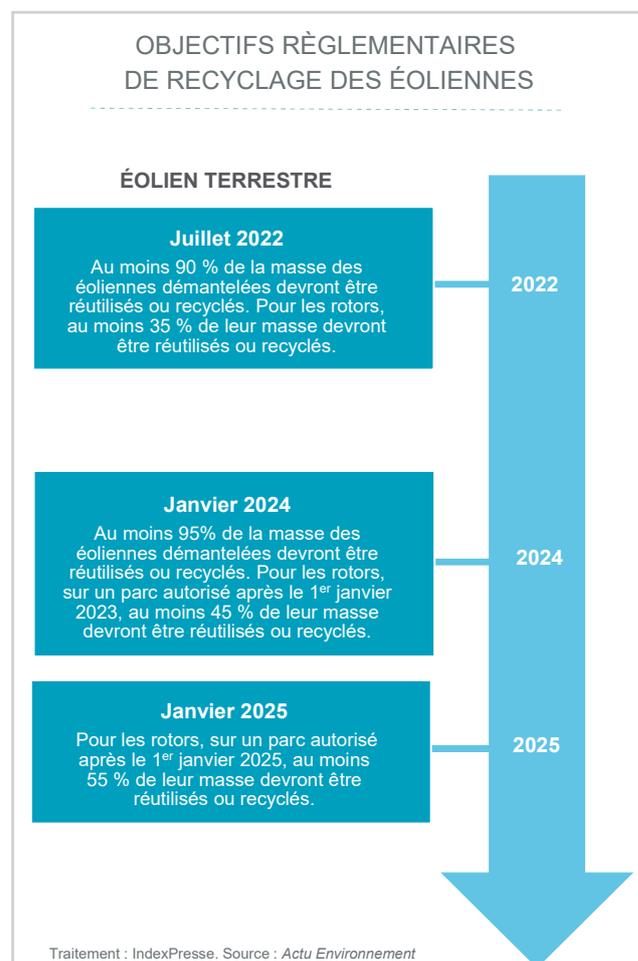
Source : France Énergie Éolienne

De son côté, Lendosphère recense environ 90 opérations de financement dans le secteur de l'éolien en France pour un montant total de près de 20 millions d'euros. La plateforme a collecté des fonds pour des projets et des opérations lancés par les développeurs Valorem, WEB, ERG, Élico, Vélocita Énergies, EDF Renouvelables, Volkswind, Quadra ou encore BayWa R.E. et Eurocape. Elle portait, au début du mois de février 2021, trois projets d'éolien terrestre pour les développeurs EDF Renouvelables, Enertrag France (filiale française du groupe allemand Enertrag) et l'opérateur français Valorem.

## Le recyclage, un enjeu devenu prioritaire

### De nouveaux objectifs de recyclage

En France, la législation concernant la gestion des déchets issus du démantèlement des éoliennes a été renforcée en 2020. La deuxième programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) portant sur la période 2019-2028, définitivement adoptée par la publication du décret n° 2020-456 du 21 avril 2020, possède une clause spécifiant que le recyclage des principaux composants des éoliennes sera rendu obligatoire d'ici 2023 lors des opérations de démantèlement des éoliennes. Dans cet objectif, l'article 24 de l'arrêté du 22 juin 2020, qui a pour objet une modification des obligations des exploitants de parcs en matière de démantèlement des aérogénérateurs, est venu modifier l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent. Cette nouvelle législation a plus spécifiquement fixé **de nouveaux objectifs ambitieux à atteindre en matière de recyclage des éoliennes terrestres pour la période 2020-2025.**



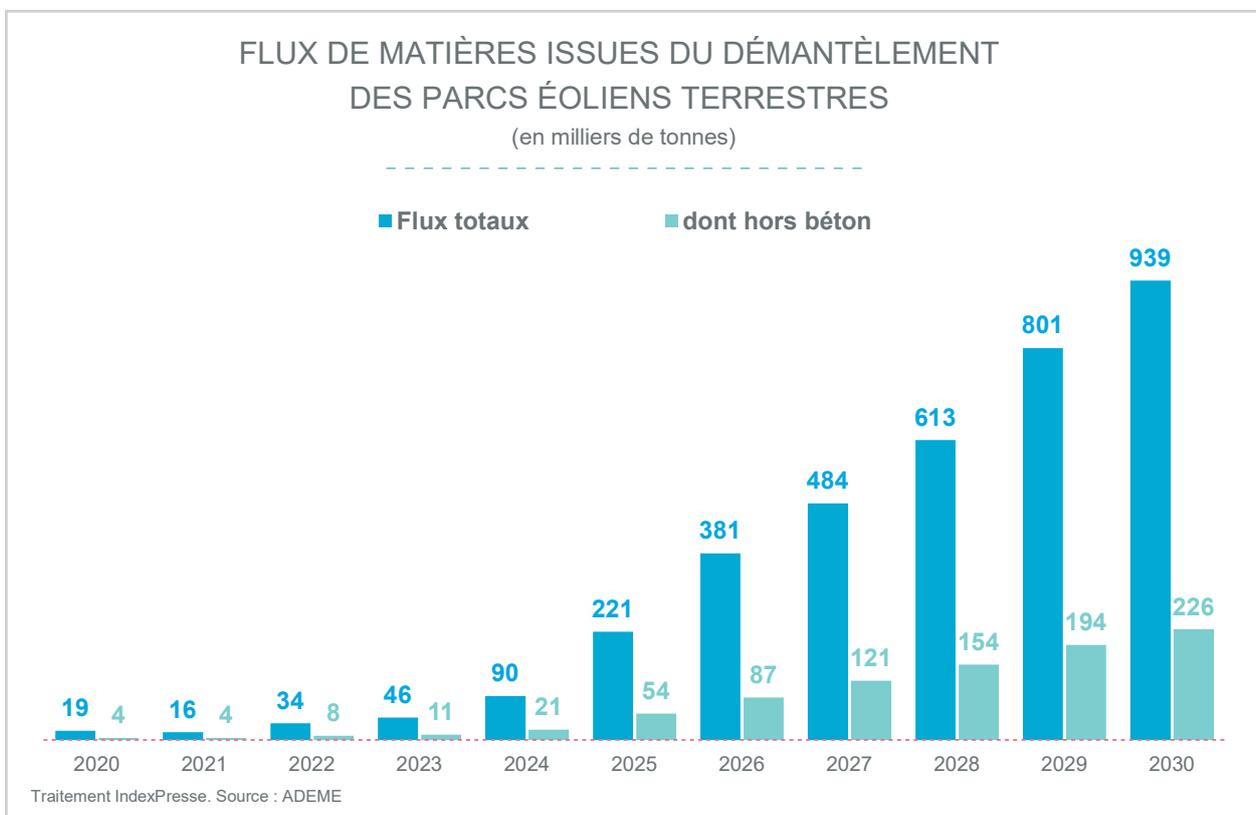
## Une forte hausse des déchets en perspective pour la décennie 2020-2030

Avec cette nouvelle réglementation plus contraignante, le recyclage des déchets provenant du démantèlement des parcs devient une préoccupation majeure pour la filière éolienne terrestre française. En l'absence d'une stratégie généralisée d'allongement de la durée de vie des parcs par les exploitants pour les années à venir, **le gisement de déchets issus du démantèlement des éoliennes est appelé à croître de manière exponentielle au cours de la prochaine décennie.** Cette hausse s'explique par l'augmentation importante du nombre de parcs éoliens terrestres qui arriveront en fin d'exploitation.

Dans un rapport publié en mai 2019, le ministère de la Transition Écologique et Solidaire indiquait, sur la base de plusieurs études et données

communiquées par l'ADEME et Observ'ER, que les flux de matière générés par le démantèlement des éoliennes terrestres, incluant les aérogénérateurs et les fondations, passeraient ainsi de 19 kT en 2020 à un pic de 939 kT en 2030. Pendant cette période, les volumes à traiter augmenteraient d'environ 48 % par an en volume.

Si l'on excepte les fondations en béton, qui absorberont à elles seules environ les trois quarts des tonnages totaux au cours de cette période, les flux progresseraient de 50 % par an durant la décennie 2020-2030. Quant aux matériaux sensibles à recycler (composites et terres rares), ils augmenteraient de 5 à 7 % par an, soit un peu plus de 17 kT à l'horizon 2030, selon un rapport de l'ADEME.



### Une filière spécifique de recyclage à construire

Entre 92 % et 98 % d'une éolienne sont recyclables ou valorisables, estime l'ADEME. Hors fondations en béton, la majeure partie des composants métalliques tels que les mâts, les arbres de transmission, les roulements, les systèmes d'orientation ou encore les transformateurs sont aisément recyclés dans les aciéries électriques et les fonderies.

En revanche, **certains composants se recyclent difficilement, ou alors à un coût très élevé, à l'instar notamment des pales.** Ces dernières sont des structures sandwich qui contiennent un matériau composite (pour environ 2 % de la masse totale d'une éolienne, fondations comprises). Pour ces matériaux composites, mélanges de résines thermodurcissables et de fibres de verre ou de carbone, "il est difficile de séparer la résine de la fibre de verre" et "les matériaux obtenus ne permettent pas de couvrir le coût du recyclage", souligne le Syndicat des énergies renouvelables (SER) dans un article publié à la mi-décembre 2020 par *La Nouvelle République*.

Cette difficulté à recycler les pales constitue un véritable enjeu pour la filière, d'autant plus important que les flux à venir dans le cadre du démantèlement s'annoncent considérables. L'ADEME évalue en effet le flux annuel de déchets de matériaux composites constitutifs des pales à un maximum de 17 milliers de tonnes en 2030, sur la base d'un taux de croissance de 5 à 7 % par an durant la décennie. Les travaux de recherche et développement de la filière ont donc pour objectif, entre autres, de **diminuer voire supprimer totalement les terres rares** dans l'éolien grâce à des composants alternatifs aux propriétés similaires, comme les aimants à ferrite.

Sur le territoire français, des filières de traitement et de recyclage sont opérationnelles et en capacité d'absorber l'accroissement des flux de déchets à venir pour la plupart des matériaux utilisés pour de nombreux composants des éoliennes. **Il n'existe en revanche pas encore à ce jour de filière industrielle spécifique structurée de démantèlement et de recyclage des éoliennes,** et

notamment de leurs pales en matériaux composites. Jusqu'à présent, les pales d'éoliennes étaient majoritairement acheminées vers les décharges, valorisées énergétiquement ou encore réutilisées en mobilier urbain, en parcs d'enfants, en murs antibruit, etc. Pour les matériaux composites, la fibre de carbone est par exemple valorisée par des procédés chimiques pour être réutilisée dans l'industrie. Mais ces valorisations et réemplois ne résolvent le problème qu'à court terme.

Face à cette problématique, un projet pilote intitulé AD3R (Déconstruction des parcs, Reconditionnement des composants, Recyclage des pâles, Revente des métaux) a été lancé en 2018. Implantée dans le Grand Est, AD3R est une plateforme expérimentale dédiée aux éoliennes terrestres. Elle regroupe sept sociétés, parmi lesquelles Net-Wind s'impose comme le chef de file. Cette entreprise française, spécialisée dans l'ingénierie et la maintenance d'éoliennes, compte une cinquantaine de salariés répartis sur cinq centres de services en France et une agence d'ingénierie à Maubeuge (Nord). Le projet AD3R a pour but de **créer une plateforme pilote de démantèlement d'un parc éolien**, incluant le traitement aval des matériaux et composants afin de valider la faisabilité du process.

Parallèlement, Suez Environnement, l'un des majors français du recyclage, a également mené une expérimentation. En avril 2016, il s'était rapproché de la start-up Xcrusher dans le cadre du projet RCC, accompagné par l'ADEME. Ce programme, d'une durée de quatre ans et initialement axé sur les déchets aéronautiques, avait pour objectif de développer une méthode de recyclage des fibres de carbone basée sur l'utilisation de courant électrique en pulsion pour séparer résine et fibre de carbone. L'objectif étant de récupérer une fibre de carbone aux propriétés inchangées, sous ses formes les plus valorisables. Ce projet s'est concrétisé par la mise en place, à la fin de l'année 2019, d'une unité opérationnelle pilote en Île-de-France, capable de traiter 300 tonnes de déchets par an.

# L'ÉOLIEN OFFSHORE, UN SECTEUR CLÉ POUR L'AVENIR

## Un nouveau marché à exploiter pour l'éolien tricolore

### L'offshore, futur segment majeur de l'éolien

Le marché de l'éolien offshore est amené à exploser dans les années à venir. Selon l'Agence internationale de l'énergie, **il pourrait dépasser les 1 000 milliards de dollars à l'horizon 2040**. "Deux secteurs ont changé la donne ces dix dernières années dans le monde de l'énergie : les forages de schiste et la croissance du solaire photovoltaïque. L'éolien en mer a le potentiel d'être le troisième", résume Fatih Birol, directeur de l'Agence. Pour GlobalData, la puissance mondiale de cette technologie devrait croître de 16,2 % par an d'ici 2030, faisant d'elle l'un des poids lourds des énergies renouvelables. **"Cette technologie est arrivée à maturité** grâce à de nombreux projets de R&D, et suite au constat mondial impliquant une réduction des émissions de carbone", explique *Actu Environnement*. Il devient possible d'exploiter des zones maritimes où l'éolien terrestre ne peut pas être installé. Sur les côtes ou en pleine mer, le vent souffle de manière plus intense et régulière, ce qui optimise la production d'énergie et réduit l'intermittence qui impacte les éoliennes sur terre. Les parcs offshore, qui regroupent des dizaines de machines, peuvent dépasser les 1 000 MW de capacité installée, soit l'équivalent d'un réacteur nucléaire. "Des projets de grande taille, à une échelle industrielle comparable à celle de grands projets pétroliers ou gaziers", note *Le Monde*. Le quotidien souligne l'opposition de ce modèle par rapport aux autres énergies renouvelables, éolien terrestre compris, qui s'appuient généralement sur une forte décentralisation et la multiplication de petites installations. L'offshore mise au contraire sur **de vastes parcs générant des**

**volumes considérables, ce qui occasionne une réduction des coûts de l'électricité produite.** "L'éolien offshore, avec de grands espaces en mer, permet ce type de mégaprojets. Et la compétition grandissante reflète l'état du marché qui ne fait que grossir", précise Yara Chakhtoura, vice-présidente de la commission offshore de France Énergie Éolienne. Les progrès réalisés et la multiplication des initiatives ont déjà réduit les coûts de cette énergie. Le prix d'un MWh a baissé de 44 % depuis 2010 selon la Commission européenne. "L'éolien en mer promet la perspective de **changer d'échelle, dans la production électrique renouvelable, à un coût modéré**", analyse le journal *Les Échos*.

#### DÉFINITION

##### ÉOLIEN POSÉ ET ÉOLIEN FLOTTANT

L'éolien offshore se décline en deux types d'installations différentes :

- l'éolien posé, qui repose sur des fondations fixées sur les fonds marins, à une profondeur maximale de 50 mètres.
- l'éolien flottant, qui s'appuie sur une plateforme flottante arrimée au sous-sol marin par des câbles. Cette installation permet d'implanter des éoliennes offshore plus loin des côtes, où le vent souffle plus fort. Elle ouvre la voie à l'éolien *farshore*, basé à plus de 30 kilomètres des terres et qui bénéficie d'une exposition au vent encore plus soutenue.



Sur ce secteur prometteur, la France a longtemps peiné à se démarquer. "En 2010, alors qu'il lançait ses premiers programmes, l'État français avait déjà du retard sur ses voisins, le millefeuille réglementaire et la multiplication des recours plaçant le pays parmi les derniers", relate *L'Express*. Dix ans plus tard, aucune éolienne offshore commerciale n'est présente le long des côtes hexagonales, alors que le pays

possède pourtant la première façade maritime d'Europe continentale. Les recours juridiques et la longueur des procédures ont ralenti le déploiement des installations. Pour **rattraper ce retard et respecter les objectifs de la transition énergétique**, les pouvoirs publics comptent sur la décennie à venir pour amorcer l'élan de l'offshore au sein des territoires.

### Les projets nationaux sortent de mer

Publiée en avril 2020, la feuille de route énergétique de la France prévoit d'atteindre 5 200 à 6 200 MW d'éolien en mer en activité en 2028, contre seulement 2 MW fin 2019. Cette progression, à hauteur de 1 000 MW supplémentaires par an, est portée par **la mise en service de sept parcs d'éolien posé et l'expérimentation de quatre plateformes d'éolien flottant**. Les chantiers ont démarré courant 2020 et les premières mises en service sont programmées pour 2022, "un rythme nécessaire pour soutenir et pérenniser la filière industrielle française qui se construit", assure *Actu Environnement*. **L'investissement total dépasse les 11,5 milliards d'euros**, alors que 500 millions d'euros avaient déjà été consacrés au secteur en 2019, une hausse de 70 % par rapport à l'année précédente selon l'Observatoire des énergies de la mer.

Pour les spécialistes de la filière, cette planification ne permettra cependant pas de revenir à hauteur des pays les plus avancés dans l'offshore, comme le Royaume-Uni ou l'Allemagne. Décidé début 2012, le gabarit des éoliennes qui entreront en service ne sera pas modifié, alors que la technologie a progressé depuis. D'après *Actu Environnement*, les futures machines françaises posséderont une puissance unitaire de 6 à 7 MW, contre 8 MW en moyenne en Europe. "Pour la suite, il va falloir changer d'échelle, en lançant plus de projets ou de plus grande taille", confirme Yara Chakhtoura, vice-présidente de la commission offshore de France Énergie Éolienne. Pour le gouvernement, il s'agit toutefois d'**un signal suffisant pour développer la filière et se projeter dans l'avenir**.

De plus, les procédures ont été modifiées pour **donner davantage de flexibilité technologique et profiter des dernières avancées lors des futurs appels d'offres**. La filière encourage ces mesures de simplification et demande également une vision

#### DES RECHERCHES SUR L'IMPACT DES ÉNERGIES MARINES SUR LES MILIEUX NATURELS

L'accélération de la France dans l'éolien offshore a incité la filière à se pencher davantage sur son influence sur les milieux naturels. Créé en mai 2018, le Come3t, Comité d'expertise pour les enjeux environnementaux des énergies marines renouvelables, est chargé de centraliser l'expertise scientifique et technique du secteur, d'épauler les industriels dans leurs opérations et de communiquer les résultats des recherches auprès du grand public. "Cette idée est née d'une demande des acteurs de la filière qui ont constaté qu'il y avait un besoin d'améliorer leurs connaissances sur les impacts environnementaux potentiels des installations", explique Maëlle Nexer, coordinatrice du projet Come3t chez France Énergies Marines. Les questions étudiées concernent aussi bien l'impact des câbles sous-marins sur la faune, celui des éoliennes sur les oiseaux marins, ou encore la pollution générée par les structures métalliques immergées.

## L'offshore, un nouvel enjeu mondial

D'ici 2050, la production d'électricité par éolien en mer pourrait être multipliée par plus de 25 à travers le monde. Deux régions mènent cette politique d'expansion, l'Europe et la Chine

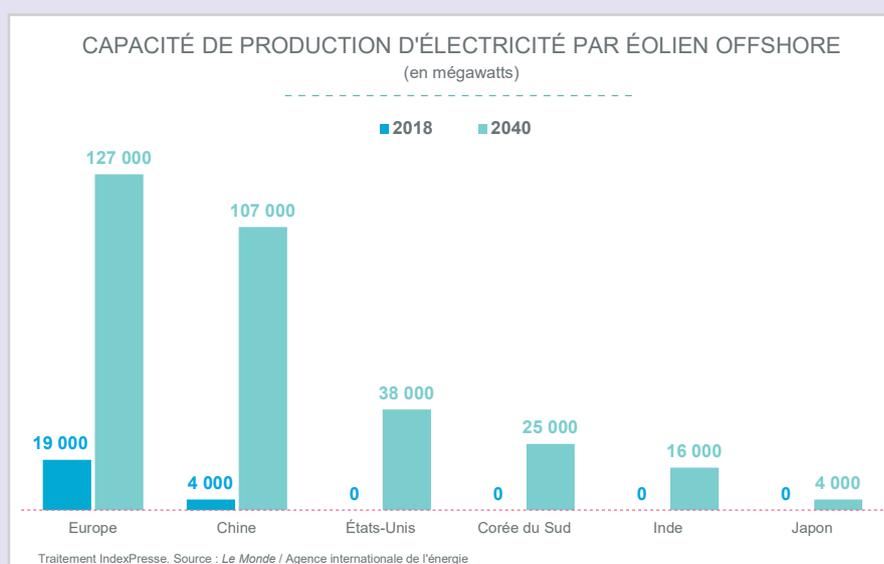
D'un côté, le Vieux continent peut compter sur les actuels leaders mondiaux du secteur avec le Royaume-Uni, l'Allemagne et le Danemark. Fin 2020, la feuille de route énergétique de la Commission européenne prévoyait d'atteindre 60 GW produits en 2030, puis 300 en 2050, contre 12 actuellement. "Avec ses vastes mers et son leadership industriel dans le secteur, l'Union européenne a tout pour relever ce défi", affirme Frans Timmermans, vice-président de la Commission en charge du *Green Deal*. Pour respecter cet engagement, de nouvelles infrastructures devront être élaborées afin de centraliser la production des différentes installations ou d'établir des réseaux de transport d'énergie. "Des systèmes de hubs pour l'éolien ou de parcs hybrides sont à imaginer", estime Pierre Tardieu, *chief policy officer* chez WindEurope. Le déploiement de turbines plus puissantes et de parcs plus grands s'avérera également indispensable. Des projets colossaux prennent forme, comme celui prévu par l'énergéticien britannique SSE et la compagnie pétrolière norvégienne Equinor en mer du Nord. Les deux partenaires veulent construire le plus grand champ d'éoliennes offshore du monde d'ici 2026, pour un budget de six milliards de livres. Les trois sites prévus fourniront chacun l'électricité équivalente à la production d'une centrale nucléaire, ce qui équivaudra à la consommation annuelle de six millions de foyers. Boris Johnson, le Premier ministre du Royaume-Uni, souhaite voir son pays devenir "l'Arabie Saoudite de l'offshore".

La Commission européenne estime que 800 milliards d'euros d'investissement seront nécessaires d'ici 2050 pour respecter sa feuille de route. Si les capitaux privés constitueront les principales ressources pour y parvenir, des fonds et programmes publics devraient également être créés ou renforcés pour soutenir la filière.

L'enjeu n'est pas uniquement écologique ou énergétique, mais aussi industriel : l'Europe s'affirme comme le leader en matière d'industrie et d'innovation dans le secteur éolien. Deux brevets sur trois dans le domaine de l'énergie marémotrice sont détenus par des groupes européens. En accélérant encore davantage, le continent veut renforcer ce statut sur le marché mondial et entériner sa place de numéro un. Selon l'association WindEurope, 200 000 travailleurs européens pourraient exercer dans l'éolien en 2030, contre 77 000 en 2020.

De l'autre côté, la Chine fait office de concurrente sérieuse à la domination européenne actuelle. "La Chine rattrape son retard", confirme *Les Échos*. En 2020, plus de la moitié des nouvelles capacités mondiales de production offshore ont été mises en service par le pays asiatique. Selon l'Agence internationale de l'Énergie, il devrait dépasser le Royaume-Uni en 2025 en tant que leader mondial en capacité installée. "Pékin est d'autant plus intéressé par cette technologie qu'elle permettrait de construire des parcs éoliens près des zones côtières les plus peuplées du pays", rapporte *Le Monde*. La Chine s'appuie sur le dynamisme de ses fabricants comme Goldwin, Shanghai Electric ou Dongfang Electric Corp, qui construisent des éoliennes plus hautes et plus puissantes.

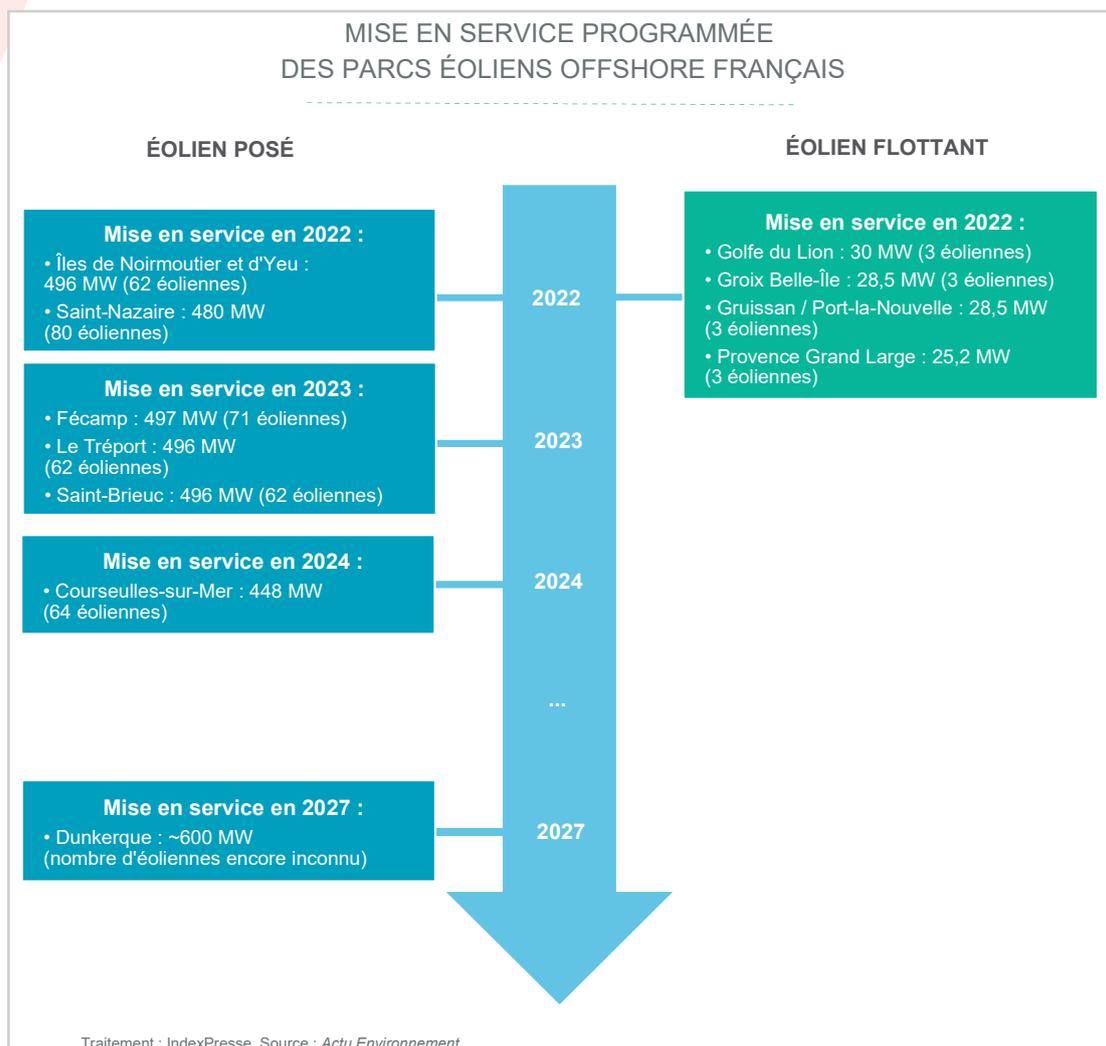
Derrière l'Europe et la Chine, "de nouveaux pays se positionnent, comme Taiwan, la Corée du Sud, les États-Unis", liste Sophie Meritet, maîtresse de conférences à l'Université Paris-Dauphine-PSL. Chacun veut s'insérer dans cet élan international et exploiter les ressources maritimes à proximité de son territoire.



sur le long terme pour chaque façade maritime. "Nous avons besoin d'un cap à l'horizon 2050 et de savoir où seront implantés les prochains projets. Nos voisins ont fait leur planification, pas nous : c'est ce qui manque à la France pour améliorer la coexistence avec les usagers et pour donner de la visibilité à tous les acteurs", assure Yara Chakhtoura. Malgré le lobbying des acteurs impliqués, l'État reste confiant sur sa planification et la capacité de l'éolien offshore à soutenir la croissance de l'ensemble des énergies renouvelables au cours des prochaines décennies. En 2050, **25 % de l'électricité consommée en France pourrait venir de la mer** selon Annick Girardin, ministre de la Mer.

L'objectif consiste désormais à ancrer le secteur dans les territoires français, ce qui a déjà été amorcé précédemment. "Notre pays a été

capable de construire une filière industrielle nouvelle sur tout un segment de la chaîne de valeur de l'éolien, alors même que nous ne sortions aucun parc", constatait à l'automne 2020 Annick Girardin. Il s'agit de poursuivre ce développement en y intégrant les projets nationaux, tout en soutenant les spécialistes hexagonaux dans leur progression sur le marché. "Le manque d'ambition côté français n'a pas empêché l'essor de la filière qui s'est développé à l'export. Aujourd'hui, **les acteurs français sont pleinement dans la course : la compétition est forte, mais le marché est tellement porteur qu'ils vont en bénéficier**", analyse Carole Mathieu, responsable des politiques européennes au Centre Énergie & Climat de l'Institut français des relations internationales.



# Soutenir la filière dans les territoires français et à l'international

## L'offshore s'établit au sein des territoires

Avec trois usines en service et une quatrième dont l'activité doit démarrer en 2022, **la France représente l'un des territoires industriels les plus favorables à la conception d'éoliennes.** Ces quatre sites, regroupés autour de la façade Atlantique, représentent près d'un tiers de la production européenne de pales, de nacelles et de sous-stations électriques. Dernière arrivée, l'usine du groupe espagnol Siemens Gamesa, opérationnelle au premier trimestre 2022 au Havre (Seine-Maritime), constitue une première mondiale, **en fabriquant à la fois des nacelles et des pales**, deux équipements qui étaient jusque-là élaborés sur des sites distincts. Initialement prévu pour respecter la promesse d'Areva Wind, racheté en 2016 par Siemens Gamesa et qui s'était engagé à construire ses composants clés au Havre, ce projet a pris une nouvelle dimension depuis l'accélération de l'éolien offshore français. L'usine servira en priorité à fabriquer les éoliennes des installations françaises, notamment pour les parcs de Fécamp et Saint-Brieuc, qui doivent entrer en service dès 2023. Elle se tournera ensuite vers l'international si les conditions économiques s'avèrent favorables. "L'export sera possible mais dépendra de la compétitivité de l'usine", explique Frédéric Petit, directeur business développement chez Siemens Gamesa France. Dans cette optique, le site adoptera **une approche flexible lui permettant de s'adapter rapidement aux évolutions technologiques** et aux futures demandes de machines plus puissantes ou d'un nouveau genre. Selon *Actu Environnement*, 750 emplois seront créés lorsque la production aura atteint son rythme de croisière. "L'usine sera un nouveau poumon économique de la Normandie",

souligne *Le Moniteur du bâtiment*. Fin 2019, la région avait déjà été privilégiée par General Electric, qui y avait ouvert son usine de construction de pales. Les collectivités normandes avaient apporté 50 millions d'euros d'aides, tandis que l'industriel avait investi la même somme. **"L'État et les collectivités locales ont su mettre en place les infrastructures pour accueillir nos usines dans les zones portuaires"**, reconnaît Steven Curet, président de GE Offshore Wind France. Basé à Cherbourg (Manche), ce site fabrique des pales pour éoliennes géantes, dépassant les 12 MW de puissance. À plein régime, l'usine est capable de produire jusqu'à quatre pales par semaine grâce à ses 550 employés. Un centre de formation présent sur place permet d'initier rapidement les nouveaux arrivants aux manœuvres. Selon *L'Usine Nouvelle*, le carnet de commandes du site est plein jusqu'en 2026, les demandes émanant principalement d'Europe du Nord et des États-Unis.

Cinq ans plus tôt, General Electric avait déjà ouvert une première usine à Montoir-en-Bretagne (Loire-Atlantique), spécialisée dans les nacelles. Le groupe américain respectait ainsi son engagement auprès de la branche énergie du français Alstom, acquise en 2014. "GE a mis à profit les compétences héritées d'Alstom en les renforçant", constate *L'Usine Nouvelle*.

L'usine produit des nacelles pour certains futurs parcs français, américains et nordiques. En 2018, son propriétaire a investi 400 millions d'euros en France pour développer une éolienne plus puissante, dont les prototypes de nacelles ont été élaborés à Montoir-en-Bretagne. Employant 350 personnes, le site compte aussi

**434 millions d'euros**

Le chiffre d'affaires des énergies marines dû à l'éolien en France en 2019, selon l'Observatoire des énergies de la mer.

un bureau d'ingénierie dédié à Nantes, considéré comme **le siège mondial de l'activité offshore de la société**, qui regroupe 200 salariés. GE a annoncé fin 2020 vouloir en recruter 50 de plus afin d'accélérer sur la conception des éoliennes géantes.

La dernière usine du territoire français est située à Saint-Nazaire (Loire-Atlantique). Elle appartient aux Chantiers de l'Atlantique et fabrique des sous-stations électriques, une pièce stratégique au sein des parcs éoliens. Inauguré en 2014 suite à un investissement initial de 20 millions d'euros, le site recense 200 salariés. Il s'est d'abord tourné vers les chantiers étrangers, mais se positionne aussi sur les projets français depuis que ces derniers ont été officialisés. La

concurrence étrangère s'avère

toutefois rude et pousse à réduire les prix, ce qui freine les marges et la rentabilité. **"Cette**

**activité a un potentiel de croissance important.**

Demain, on gagnera de l'argent", affirme pourtant Laurent

Castaing, directeur général des Chantiers

de l'Atlantique. Le groupe

mise sur son savoir-faire

pour se démarquer. En 2019, il a par exemple commercialisé la première sous-station électrique offshore flottante du monde. Il profite également du soutien des collectivités locales, notamment au niveau régional. "Pour la région des Pays de la Loire, il est impensable de ne pas aider cette entreprise, 'fierté nationale'", relaie *Les Échos*. Le territoire veut **conserver sa position avant-gardiste dans les énergies marines renouvelables, un secteur générateur de retombées économiques et de création d'emplois.** Dans cet objectif, "les Chantiers de l'Atlantique sont une pièce maîtresse", assure Christelle Morançais, présidente de la région.

Internationalement reconnues et **bénéficiant d'un important appui de la part de l'État et des collectivités**, ces quatre sites français s'imposent

comme les moteurs de la filière éolienne offshore nationale. "Fort de cette situation, **notre pays devient un marché très attractif.** D'autant que la filière mobilisera une myriade de sous-traitants locaux autour des grands donneurs d'ordres français et européens", se réjouit Anne Georgelin, responsable éolien en mer du Syndicat des énergies renouvelables. La croissance est en effet entretenue par **les multiples initiatives que prennent les autres entreprises et sous-traitants impliqués sur le marché. Il leur faut innover ou mettre leurs équipements à niveau** afin de se positionner sur cette filière et de profiter de son dynamisme.

Ces actions sont visibles dans de multiples secteurs. Dans la construction, Bouygues Travaux Publics se charge d'établir les fondations gravitaires pour les futurs parcs offshore français. Le groupe a déjà recruté 350 personnes sur son site du Havre pour honorer les commandes reçues. Eiffage, via ses divisions Métal et Génie Civil, a annoncé son intention d'investir la technologie des flotteurs en métal, destinée aux fermes pilotes d'éolien flottant qui doivent être déployées sur les côtes françaises en 2022. Naval Énergies, filiale de l'industriel français Naval Group, fait état d'ambitions similaires. À Brest (Finistère), le groupe espagnol Navantia, spécialisé dans les constructions navales, a lancé en 2020 l'édification d'un site de réalisation de fondations "jacket" (treillis métallique) pour les éoliennes offshore, qui doit entrer en production en 2023. Le chantier mobilise 250 personnes.

Dans les câbles, le leader mondial, l'italien Prysmian, se repose sur deux usines françaises (dans l'Yonne et la Seine-et-Marne) pour la fabrication des câbles dédiés à l'éolien en mer. Le secteur représente 15 % de ses activités dans l'Hexagone. Prysmian a été retenu pour fournir les équipements nécessaires à plusieurs projets français, notamment les parcs de Fécamp, Noirmoutier et Courseulles-sur-Mer. Ce segment représente un chiffre d'affaires annuel de 150 à 200 millions d'euros pour lui. "Nous sommes fiers de **contribuer au développement d'infrastructures ayant une telle importance stratégique**", assure Hakan Ozmen, vice-président projets et business du groupe. Le français Nexans,

**100 millions d'euros**

Le chiffre d'affaires généré par l'éolien offshore pour les Chantiers de l'Atlantique, soit 5,5 % de son chiffre d'affaires total.

également actif dans cette industrie, garde aussi un pied-à-terre en France pour son activité liée à l'éolien offshore. Dans le Pas-de-Calais, il effectue des tests de qualification et produit une partie des fils de cuivre ensuite utilisés dans la conception des câbles sous-marins. De son côté, Orange Marine, filiale d'Orange spécialisée dans la pose de câbles optiques sous-marins, se penche sur les opportunités offertes par l'éolien offshore. "Nous sommes actuellement positionnés sur les appels d'offres pour les futurs parcs français d'éoliennes flottantes. Nous avons une carte à jouer. [...] À l'avenir, je pense d'ailleurs qu'il sera envisageable de mutualiser les missions, par exemple de maintenance, entre les câbles de communication et ceux transportant de l'électricité. **On peut imaginer des synergies très intéressantes**", détaille Didier Millard, directeur général d'Orange Marine.

En parallèle, de nombreuses autres activités profitent de l'essor de l'éolien offshore. "À chaque contrat gagné, **les chantiers font appel à une kyrielle de sous-traitants** dans le montage électrique, la chaudronnerie, la serrurerie...", liste Matthieu Blandin, vice-président énergies marines

renouvelables au sein du cluster Neopolia. La filière se repose majoritairement sur des fournisseurs déjà implantés au sein des territoires. "Il manque forcément quelques briques. La France n'est pas un pays de l'offshore", tempère cependant Frédéric Grizaud, directeur énergies marines des Chantiers de l'Atlantique. Certaines pièces, comme les mâts ou plusieurs composants électriques, ne proviennent pas de France. Mais **les ambitions du secteur, son caractère durable et le soutien des territoires confortent la structuration croissante de la filière française**. D'après *Le Moniteur du bâtiment*, les futurs projets français, qui incluent notamment deux nouveaux parcs en Méditerranée à l'horizon 2028-2029, devraient entretenir cet élan et continuer de séduire les industriels. Fin janvier 2021, le Premier ministre Jean Castex a également confirmé le lancement de l'appel d'offres pour le premier parc éolien sur la façade Atlantique Sud, à proximité de l'île d'Oléron, d'ici 2022 ou 2023. "C'est un projet d'une ampleur considérable et la Commission nationale du débat public en sera saisie sans délai", indique Jean Castex.

### EMPLOI

#### L'ÉOLIEN OFFSHORE PARTICIPE À LA MONTÉE EN COMPÉTENCE DES SOUS-TRAITANTS ET À LA CRÉATION D'EMPLOIS AU SEIN DES TERRITOIRES

Voulant exploiter les opportunités offertes par l'offshore, les sous-traitants français recrutent afin de renforcer leurs effectifs et diversifier leur savoir-faire, pour répondre aux demandes inédites des clients. Axée sur les prestations de contrôles non-destructifs, l'entreprise Otecmi souhaite par exemple recruter pour que 30 % de ses effectifs soient dédiés aux énergies marines renouvelables à l'avenir, contre 6 % en 2020. "C'est un métier nouveau qui demande des compétences nouvelles, mais aussi des certifications", explique Anas Harrari, responsable régional Bretagne - Pays de la Loire. Pour les sociétés, il s'agit de se positionner dès maintenant dans le secteur pour être prêtes à anticiper la croissance à venir. "Tout le savoir-faire développé par les TPE-PME bretonnes dans le projet d'éolien posé de la Baie de Saint-Brieuc sera transférable et valorisable dans les futurs appels d'offres nationaux, voire internationaux", affirme *Actu Environnement*. Selon le Syndicat des énergies renouvelables, les sept parcs offshore français ont déjà débouché sur la création de 3 000 emplois. La filière en vise 12 000 de plus d'ici 2030.

### Les acteurs français se mobilisent autour de l'offshore, dans l'Hexagone et à l'étranger

#### Les spécialistes de l'énergie se déploient dans l'éolien

L'éolien offshore devient **un nouveau relais de croissance pour les énergéticiens nationaux**, qui se positionnent sur le marché depuis plusieurs années. "EDF et Engie n'ont pas attendu l'arrivée des parcs français pour faire leurs gammes", remarque *L'Express*. Les deux groupes ont développé **plusieurs projets à l'international, s'appuyant notamment sur des partenariats avec des acteurs étrangers pour s'approprier le rôle d'opérateur de parcs existants ou à venir**. La création de consortiums réduit le risque financier tout en multipliant la force de frappe des acteurs impliqués.

Courant 2019, Engie a ainsi annoncé la création d'une coentreprise avec le géant portugais des énergies renouvelables EDP Renewables, filiale de l'énergéticien EDP. "Les deux entreprises sont convaincues que l'éolien en mer constitue un axe de développement clé de la transition énergétique mondiale et qu'il est voué à une croissance rapide et une compétitivité accrue", analyse la société de courtage Bourse Direct. Nommée Ocean Winds, la société commune vise à **établir des synergies en matière de compétences et d'innovation, ainsi que sur le plan géographique**. Engie dénombre en effet plusieurs partenaires en Asie et se positionne pour de futurs projets en Corée du Sud et au Japon, tandis qu'EDP se montre plus présente en Amérique et au Royaume-Uni. "La création d'une entreprise qui combine l'expérience et les ressources de deux acteurs nous permettra de renforcer notre position de leader sur le marché, à un moment où la transition devient de plus en plus nécessaire", estime Spyros Martinis, directeur général d'Ocean Winds.

EDF Renewables adopte une stratégie similaire, axée autour de projets internationaux menés en collaboration avec de grands groupes. En Chine, il s'est associé avec China Shenhua Energy pour la construction du parc de Dongtai, et à China

Energy Investment Corporation dans le cadre d'une ferme offshore située au nord de Shanghai. Aux États-Unis, il est devenu partenaire de Shell New Energies afin de bâtir un parc au large d'Atlantic City. Pour *Challenges*, "ces deals témoignent de **l'importance de l'éolien en mer pour EDF, une tendance inédite pour le groupe** qui avait longtemps privilégié l'éolien terrestre et le solaire. "Les coûts ont fortement baissé ces dernières années. Parallèlement, l'éolien maritime prend une part croissante dans les mix énergétiques et dans le renouvelable", justifiait au printemps 2020 Bruno Bensasson, dirigeant d'EDF Renewables.

L'expérience acquise par Engie et EDF à l'international leur a ultérieurement permis de **se positionner de manière légitime sur les projets français** lorsque les appels d'offres ont été lancés. Sur les sept parcs nationaux d'éolien posé validés, six ont été remportés par un de ces deux groupes, alliés à leurs partenaires étrangers. Seul le parc de Saint-Brieuc a été attribué à un autre acteur, Ailes marines, filiale française de l'énergéticien espagnol Iberdrola. "À travers ses projets, EDF cherche à donner de la visibilité à la filière française pour lui permettre de se développer", argue Cédric Le Bousse, directeur des énergies marines renouvelables. Les deux groupes cherchent aussi à **dominer une concurrence qui s'affirme sur leur marché domestique**, au sein d'un secteur porteur d'opportunités. **Les énergéticiens axés spécifiquement sur les énergies renouvelables apparaissent comme des rivaux directs**. Le français Qair, via sa filiale Qair Marine, gère par exemple Eolmed, l'une des quatre initiatives d'éolien flottant testés par la France, après avoir remporté l'appel d'offres de l'ADEME. "Le projet s'inscrit au cœur de la stratégie de la Région Occitanie de développement des énergies renouvelables, activement soutenue par les partenaires locaux. Il témoigne également de l'ambition de Qair de **devenir un acteur majeur dans l'éolien marin flottant en Europe**", explique Louis Blanchard, directeur général de Qair. Depuis octobre 2020,

### OPÉRATEURS DES FUTURS PARCS ÉOLIENS OFFSHORE FRANÇAIS

Parc	Opérateur(s) du projet
Courseulles-sur-Mer	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Engie (France)</li> <li>• Enbridge (Canada)</li> <li>• wpd (Allemagne)</li> </ul>
Dunkerque	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EDF Renewables (France)</li> <li>• Enbridge (Canada)</li> <li>• Innogy (Allemagne)</li> </ul>
Fécamp	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EDF (France)</li> <li>• Enbridge (Canada)</li> <li>• wpd (Allemagne)</li> </ul>
Îles de Noirmoutier et d'Yeu	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Engie (France)</li> <li>• Banque des Territoires (France)</li> <li>• EDP Renewables (Portugal)</li> <li>• Sumitomo Corporation (Japon)</li> </ul>
Le Tréport	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Engie (France)</li> <li>• Banque des Territoires (France)</li> <li>• EDP Renewables (Portugal)</li> <li>• Sumitomo Corporation (Japon)</li> </ul>
Saint-Brieuc	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ailes marines (France)</li> </ul>
Saint-Nazaire	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EDF (France)</li> <li>• Enbridge (Canada)</li> </ul>

Traitement IndexPresse. Source : Actu Environnement

il peut compter sur un allié de poids : Total. Le groupe pétrolier français est devenu actionnaire du projet Eolmed à hauteur de 20 % afin d'épauler Qair dans l'exploitation des installations. Un an plus tôt, son homologue anglo-néerlandais Shell rachetait Eolfi, l'un des pionniers français de l'éolien flottant, gestionnaire de la ferme pilote de Groix Belle Île. Pour Eolfi, ce soutien conséquent est synonyme de renforcement financier, humain et technique, afin d'occuper une place de choix à l'avenir sur ce marché. En octobre 2020, l'entreprise annonçait l'ouverture d'un nouveau bureau d'études sur l'île de Nantes (Loire-Atlantique) afin de **s'implanter sur un territoire moteur sur l'offshore, qui héberge d'autres grands noms du secteur**. Une dizaine d'ingénieurs ont été recrutés à cette occasion.

L'arrivée de groupes pétroliers sur le marché de l'éolien offshore, notamment à travers ces stratégies de croissance externe, témoigne de leur intérêt grandissant pour cette nouvelle activité. "Ces majors des hydrocarbures veulent prendre le train de la transition énergétique pour réduire leur impact carbone et améliorer leur image", analyse *Le Monde*. "Surtout, **elles sont habituées à financer des projets colossaux**", poursuit le journal, un atout essentiel lorsqu'il s'agit de se positionner sur des parcs éoliens à la taille croissante. Les compétences développées sur l'édification de plateformes pétrolières s'avèrent également proches de celles qu'il faut déployer pour l'éolien en mer. "De par nos activités historiques dans les projets offshore pétroliers et gaziers, nous disposons d'un vrai savoir-faire. [...] On trouve facilement des salariés prêts à travailler sur l'offshore dans notre branche exploration-production", confirme Patrick Pouyanné, PDG de Total. La société française a commencé à investir concrètement en 2020. En plus de sa participation au projet français Eolmed, elle est notamment devenue propriétaire à 51 % du futur plus grand parc éolien offshore d'Écosse, suite à un accord passé avec le distributeur britannique SSE Renewables. Achevé fin 2022, le parc pourra assurer les besoins en électricité d'un million de foyers, pour un investissement total de 3,7 milliards de dollars. "Cette opération représente **un changement d'échelle majeur pour l'activité du groupe dans cette filière** et s'inscrit pleinement dans notre stratégie de croissance rentable dans les énergies renouvelables et l'activité bas carbone", indique Patrick Pouyanné. Le groupe français investit aussi en Asie, via un partenariat avec Green Investment Group, filiale de l'institution financière australienne Macquarie, pour développer un portefeuille de projets éoliens flottants en Corée du Sud. Les chantiers devraient débuter en 2023. Selon *La Tribune*, **Total souhaiterait devenir l'un des cinq premiers producteurs mondiaux d'énergies renouvelables**. "On est là à un tournant du marché", prévient Romane Guitard, membre du cabinet Augusta, spécialisé dans le financement de projets liés aux énergies renouvelables. **La concurrence entre pétroliers et énergéticiens pourrait dynamiser un peu plus le secteur** et multiplier le nombre d'initiatives à travers le globe.

### ORSTED, L'EXEMPLE À SUIVRE POUR LES ÉNERGÉTICIENS FOSSILES

Gestionnaire historique de pétrole et de gaz, le groupe danois Orsted est devenu le premier exploitant mondial d'éolien offshore. Présent dans le monde entier, impliqué dans plusieurs projets d'envergure, il a entamé un virage stratégique et écologique à la fin des années 2000. Orsted abandonne ses projets liés au charbon et mise sur des parcs éoliens très performants, en incitant les fabricants à construire des installations plus puissantes. Les années de décroissance dues à la chute de ses revenus gaziers sont compensées par l'arrivée au capital de nouveaux fonds privés, puis par une introduction en Bourse en 2016. Depuis, le cours de l'action d'Orsted a triplé et sa valorisation dépasse les 40 milliards d'euros. L'entreprise continue de s'étendre dans un nombre grandissant de pays et commence à explorer d'autres segments renouvelables, en s'intéressant notamment au photovoltaïque et à l'hydrogène vert. "Si vous voulez une exposition au secteur, c'est l'entreprise qui a le plus d'expérience, de savoir-faire, de diversification géographique", résume Jakob Magnussen, analyste chez Danske Bank.

### Dynamiques à l'international, les acteurs nationaux de l'offshore reviennent peu à peu en France

De nombreuses entreprises nationales impliquées dans la filière offshore rayonnent en dehors des territoires français, que ce soit à l'export ou via leurs sites à l'étranger. Le spécialiste des câbles Nexans a ouvert début 2020 une nouvelle usine aux États-Unis, en Caroline du Sud, "la seule unité de production de câbles sous-marins dans le pays", précise Vincent Desalle, directeur des opérations de l'entreprise. Elle servira notamment à fabriquer les câbles destinés aux projets d'Orsted, le groupe danois leader mondial de l'éolien offshore. Nexans a souscrit avec lui un contrat de sept ans pour ses futurs parcs américains. En parallèle, la société tricolore fait fonctionner son site norvégien d'Halden à plein régime pour **répondre à la demande en hausse en Europe**. Elle a par exemple fourni 700 kilomètres d'interconnexion électrique à la Norvège et à l'Allemagne afin que les deux pays puissent s'échanger et stocker leur énergie d'origine éolienne et hydraulique.

La montée en puissance de la filière nationale incite désormais certains fabricants à **s'intéresser aux projets menés sur le territoire français**. À Dunkerque (Nord), 20 % des plaques d'acier

et de tôle fabriquées par Dillinger France, filiale du groupe allemand du même nom, servent à la conception d'éoliennes offshore et de sous-stations électriques à l'étranger. Depuis 2005, le groupe a investi 250 millions d'euros dans son usine pour booster cette production. Il estime avoir ainsi participé à la construction de plus de 50 parcs éoliens offshore en Europe. Celui de Saint-Nazaire, qui doit entrer en fonction en 2022, lui a procuré l'occasion de **se positionner sur un projet français pour la première fois**.

Dans la même ville, la filiale hexagonale de DEME, spécialiste belge des travaux hydrauliques, bâtit en partie des navires et des infrastructures dédiées à l'installation et à la maintenance d'éoliennes offshore. Les équipements sont ensuite utilisés dans les parcs britanniques ou du nord de l'Europe. Depuis 2019, la filiale tente toutefois d'accélérer sur le marché français. En compagnie de Shell et de Qair Marine, elle a tenté de remporter l'appel d'offres pour le futur parc éolien dunkerquois, finalement attribué à EDF Renouvelables, Innogy et Enbridge. Elle s'est rattrapée quelques mois plus tard en s'imposant, en association avec Eiffage Métal, sur un autre appel d'offres, celui pour les fondations des éoliennes du parc de Saint-Nazaire. "Notre stratégie est de **développer l'ancrage local**", affirme Jan

Vandenbroeck, directeur de la filiale française de DEME. Pour le français Eiffage Métal, cette diversification dans l'éolien offshore passe en grande partie par sa filiale belge, Smulders, et par un positionnement sur des projets étrangers. Il privilégie surtout les parcs européens, notamment britanniques, plus matures en termes de taille. "En mai 2019, nous avons gagné notre premier contrat hors d'Europe : Taïwan nous a préférés à un constructeur asiatique pour son premier parc offshore", se félicite également Antoine Brésolin, directeur général d'Eiffage Métal. Le parc de Saint-Nazaire constitue donc l'une de ses premières incursions réussies sur son territoire d'origine.

**500 millions  
d'euros**

Le montant du contrat remporté par Eiffage Métal et DEME pour réaliser les fondations du parc éolien offshore de Saint-Nazaire.

"Nous avons des contrats dans l'éolien partout en Europe, mais c'est le premier en France, et aussi le premier où nous sommes mandataires du groupement. C'est **la reconnaissance des références et du savoir-faire que nous avons acquis**", souligne Antoine Brésolin. Les expérimentations nationales sur l'éolien flottant, surtout centrées sur la Méditerranée, s'avèrent aussi susceptibles de concerner le groupe, qui pourrait en profiter pour susciter un nouvel élan au sein de son site de Fos-sur-Mer (Bouches-du-Rhône).

Basé à Concarneau (Finistère) mais se reposant principalement sur son chantier vietnamien pour livrer des clients internationaux, Piriou s'est également relancé sur le territoire français en 2020. Le spécialiste de la construction et de la réparation navale, qui fabrique des navires de soutien pour l'industrie éolienne offshore, a postulé à un appel à manifestations émis par le Pôle Mer Bretagne Atlantique, en partenariat avec l'énergéticien allemand wpd. L'objectif était de développer l'innovation au sein des parcs éoliens en mer, à travers la mise au point d'un bateau à faible émission de gaz à effet de serre. Piriou a proposé d'utiliser une propulsion hybride hydrogène, une solution qui a séduit les organisateurs de l'appel à manifestations. Le groupe bénéficiera ainsi d'**un soutien technique de la part de plusieurs acteurs territoriaux et nationaux** afin de commercialiser son nouveau navire.

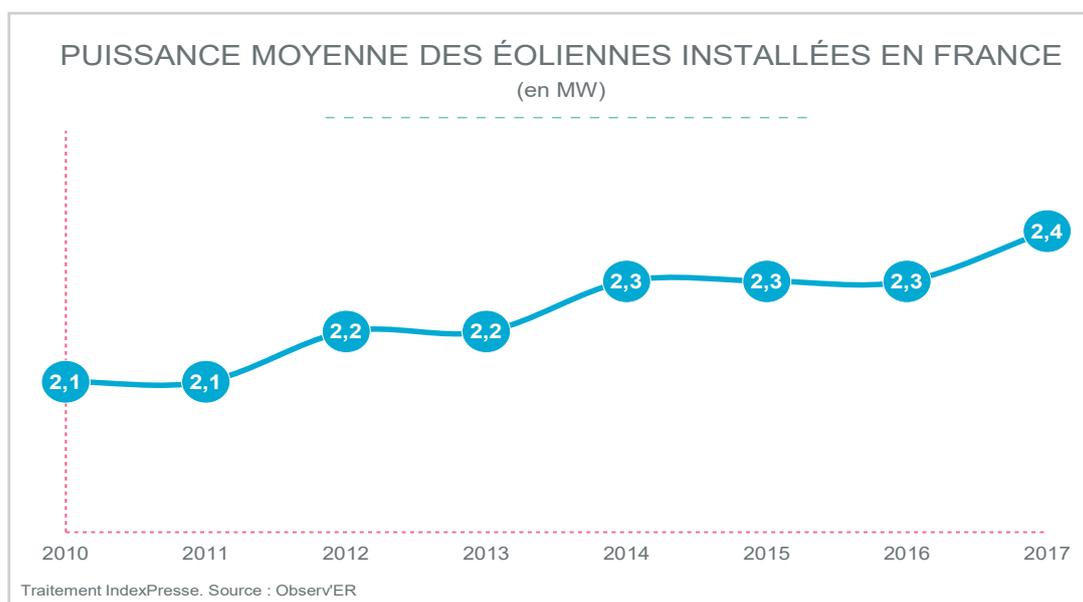
# L'INNOVATION, VECTEUR DE PROGRÈS

## Des éoliennes toujours plus puissantes

Pris en tenaille entre les objectifs ambitieux de la programmation pluriannuelle de l'énergie et les contraintes fortes en matière de déploiement des parcs, les exploitants ont cherché durant la décennie 2010 à **accroître les capacités de leurs projets éoliens en installant des aérogénérateurs de plus grande puissance**. La proportion d'installations raccordées d'une puissance supérieure ou égale à 8 MW dans l'ensemble du parc terrestre en service a ainsi augmenté de dix points entre début 2016 et fin septembre 2020. Une hausse significative a été plus particulièrement enregistrée pour les infrastructures de 12 MW (+7 points à 12 %).

La puissance moyenne des éoliennes raccordées dans l'Hexagone s'accroît grâce à la course à la taille que se livrent en amont les constructeurs depuis dix ans. Le géant américain GE Renewable Energy a par exemple présenté en novembre 2020 sa nouvelle plate-forme d'éoliennes terrestres Cypress (version 6.0-164), la plus puissante éolienne terrestre disponible de la société. Selon des

données publiées par Observ'ER dans le *Journal de l'Éolien*, ces progrès ont permis à **la puissance moyenne des éoliennes installées en France de croître de 13 % (l'équivalent de 0,3 MW) entre 2016 et 2020**. Cette hausse doit toutefois être relativisée. En effet, "la puissance unitaire des éoliennes installées en France en 2019 est parmi les plus faibles du continent européen alors que c'est la France qui a installé le plus grand nombre d'éoliennes en 2019" écrit l'association FEE dans son Observatoire 2020. **Cette augmentation a été rendue possible par l'évolution des caractéristiques de certains composants**. La hauteur moyenne des mâts a par exemple augmenté de 40 mètres depuis le début des années 2000 pour atteindre 90 mètres en 2019-2020, afin de pouvoir capter des vents plus forts et plus réguliers. Le diamètre des rotors a également été revu à la hausse par les constructeurs, passant d'environ 80 à 110 m, grâce notamment à une meilleure maîtrise et exploitation du potentiel de certains matériaux.



## Des nouveaux composants pour optimiser la production et la maintenance

### Des innovations pour optimiser le fonctionnement des éoliennes...

Afin de tirer le meilleur parti des éoliennes en termes de production, **des composants d'optimisation des installations ont été développés ces cinq dernières années.**

À titre d'exemple, la start-up montpelliéraine Sereema, fondée en 2015 et spécialisée dans l'expertise digitale pour les installations éoliennes, a développé en 2016 un boîtier connecté baptisé Windfit. Équipé de plusieurs capteurs embarqués et mesurant une trentaine de centimètres de long, celui-ci se pose sur le mât de l'éolienne pour détecter les vibrations et les mouvements de la machine. Les données collectées par les capteurs sont traitées sur place, puis décortiquées automatiquement par des algorithmes sur le cloud. Elles sont par la suite présentées sous forme de tableaux de bord que l'exploitant peut consulter en temps réel sur un site internet. Le boîtier développé par Sereema permet à la fois d'**optimiser le fonctionnement d'une éolienne et de détecter d'éventuelles anomalies** en identifiant la cause des pertes de production électrique, susceptibles de provenir d'une imprécision des dérives de l'éolienne ou de ses réglages (équilibrage, orientation des pales, etc.). Jérôme Imbert, PDG de l'entreprise Sereema, évalue à 5 % "le gain potentiel de production en affinant le réglage des éoliennes".

### ...et leur maintenance

Ces dernières années, les éoliennes terrestres deviennent de plus en plus connectées. De nouveaux composants numériques ont ainsi été conçus dans le but **d'améliorer la maintenance des installations.**

L'entreprise finistérienne Mer agitée, dirigée par le skipper Michel Desjoyeaux, a développé en 2016

un capteur aérodynamique appelé ePenon. Ce dernier a pour fonction de **décrypter en temps réel l'état de l'écoulement du vent** sur le profil aérodynamique des pales et d'optimiser ainsi leur rendement en intervenant sur l'angle d'attaque. Le ePenon, jusque-là utilisé sur les bateaux à voiles, a été redéployé dans le secteur éolien dans une stratégie de diversification des débouchés de l'offre de l'entreprise. Selon le concepteur, cet équipement engendre à la fois une économie sur le coût de maintenance et un gain de production électrique pouvant aller jusqu'à 2 %.

L'optimisation de la maintenance des éoliennes est parallèlement **de plus en plus assurée par des technologies et méthodes d'intelligence artificielle**, ou *machine learning*. "À partir d'une base de données hétéroclite, l'ordinateur est capable d'apprendre et d'adopter le comportement pour lequel il est amené à être utilisé sans avoir été programmé explicitement à cet effet". Le *machine learning* est notamment utilisé dans l'Hexagone par l'entreprise Nordex dans le but de réaliser un audit de l'état des composants de l'éolienne en service. Des signaux en provenance de l'éolienne sont envoyés sur une base contrôlée par des ingénieurs, des techniciens et des data-scientists afin de donner l'alerte en cas de problème sur une pièce défectueuse. L'objectif final est ainsi d'éviter des opérations de maintenance trop lourdes, potentiellement coûteuses et susceptibles de conduire à un arrêt d'exploitation de l'éolienne.

Pour les exploitants, le *machine learning* constitue aussi un **outil pour améliorer la capacité de prédiction de production de leurs installations, et ainsi mieux valoriser leurs futures ventes de l'énergie produite.** Cette technologie facilite également, à très court terme, la gestion de l'équilibre de la distribution, rendue difficile par l'intermittence de la production électrique issue de l'énergie éolienne.

## Des avancées pour réduire les nuisances

### Réduire les nuisances sonores et visuelles

Dans le but de limiter les nuisances lumineuses nocturnes des éoliennes pour les riverains à proximité immédiate des parcs, **des fabricants ont développé de nouvelles solutions d'avertissement lumineux**. Le système Vestas IntelliLight a été mis au point par le constructeur danois Vestas Wind Systems puis lancé sur le marché américain à la mi-2017. En France, il a fait l'objet d'expérimentations sur certains parcs en exploitation en 2020 afin d'estimer son potentiel. La solution consiste en un balisage dit "raisonné" (ou circonstancié) des éoliennes terrestres. Grâce à ce système innovant, les lumières rouges clignotant jusque-là de manière permanente la nuit ne s'enclenchent qu'après avoir détecté la présence d'un aéronef. Lorsqu'un avion est identifié, le radar active automatiquement le balisage des parcs éoliens qui se trouvent à proximité, puis l'éteint lorsque le passage est terminé.

Les efforts des constructeurs portent également sur **l'amélioration de l'acoustique des éoliennes**. Dans ce domaine, l'ajout de serrations a constitué une innovation majeure. La plupart des éoliennes nouvellement installées en sont dotées. Nées de l'apprentissage de l'observation des rapaces, ces serrations, historiquement mises au point par le turbiniériste allemand Enercon, se présentent sous la forme de pièces allongées en forme de "dents de scie" qui se fixent sur le bord de fuite des pales (dix derniers mètres de chaque pale). Elles permettent d'abaisser le bruit aéro-dynamique émis par le mouvement des pales de deux à trois décibels en moyenne, en réduisant les turbulences créées par le frottement de l'air en bout de pale. L'évolution du profil des rotors participe également à cette quête de réduction de l'impact sonore des éoliennes. Ces dernières années, le design des rotors a évolué afin d'assurer un écoulement plus fluide de l'air le long des pales. **Ces dernières engendrent moins de turbulences, ce qui réduit le bruit émis par leur mouvement**. Du côté des na-

celles, les composants les plus bruyants ont été progressivement remplacés par des équivalents fabriqués à partir de matériaux absorbant davantage le bruit, et leurs parois se sont vues équipées d'un isolant acoustique renforcé.

### De nouveaux équipements pour de nouveaux lieux d'implantation

Face à l'enjeu de la disponibilité du foncier pour le déploiement de futures éoliennes, **des aérogénératrices de taille et de puissance réduite ont émergé ces dernières années en vue d'être déployées en milieu urbain**. La plupart de ces équipements ont vocation à être installés sur le bâti existant.

La start-up lilloise Unéole, fondée en 2011 et spécialisée dans la fabrication et l'installation de mini-éoliennes, a par exemple développé puis lancé en fabrication en mars 2015 une éolienne low-tech à axe vertical, pour mieux capter les vents tourbillonnants. Jugée unique sur le marché au vu du rotor utilisé (de type Savonius), elle se destine à équiper les toits de bâtiments urbains d'une clientèle de PME, de promoteurs ou de particuliers. D'une hauteur de 3,85 m et d'une largeur de 1,96 m, elle est fabriquée à partir de matériaux recyclés et recyclables (aluminium, inox). Après une première version lancée en 2015, Unéole a élaboré en 2020 un deuxième modèle, capable de produire entre 600 et 2 100 kWh d'électricité par an selon son exposition. Cette nouvelle version apporte des évolutions importantes, telles qu'une amélioration de la productivité théorique (de 11 % à 20 %), une solidité renforcée, une capacité d'industrialisation accrue ou encore un coût carbone abaissé grâce à un changement de matériau pour les pales.

En février 2020, la start-up bordelaise ADV-Tech, lancée en 2012, a elle signé **un partenariat avec Bordeaux Métropole Énergies pour tester sa nouvelle éolienne urbaine City Wind**. À voilure tournante, elle s'inspire du principe du rotor épicycloïdal et revendique un haut rendement grâce

à un procédé bio-mimétique révolutionnaire. Les pales effectuent un mouvement ondulatoire qui imite la nage des poissons. Selon son concepteur, ce mouvement permet "un niveau de performance inégalable en termes de rendement". Pour ces mini-éoliennes urbaines innovantes récemment développées, le défi majeur réside dans leur industrialisation pour en abaisser le coût unitaire, très élevé actuellement.

Plus récemment, la start-up francilienne Wind My Roof, fondée en 2018, a commencé à dé-

ployer en 2020 son éolienne innovante compact, WindBox, destinée à équiper les toitures de bâtiments. L'originalité de cette dernière réside dans son absence de mât et de pales. L'éolienne prend la forme d'une box rectangulaire de 4 m<sup>2</sup> et intégrant une petite turbine. En se plaçant sur l'acrotère de bâtiments, elle capture le vent ascendant et le transforme en électricité. L'entreprise a procédé à une levée de fonds de 0,7 million d'euros en février 2020 pour financer sa croissance.

## Miser sur l'écoconception des éoliennes

Face au durcissement de la réglementation en matière de recyclage, des recherches sont menées en France pour accroître la recyclabilité des équipements. Les pales d'éoliennes, confrontées à cette problématique majeure, cristallisent les efforts. La recherche s'oriente avant tout en France sur **l'usage de composites thermoplastiques**.

Le projet Effwind, subventionné en partie par l'ADEME et d'un budget initial global de près de 11 millions d'euros, avait été lancé en mars 2014. Ce dernier avait pour objectif de mettre en œuvre des composites à base de polymères thermoplastiques acryliques pour la fabrication des pièces de grandes dimensions, notamment les pales et capots de nacelle pour l'éolien en mer. Les étapes du projet portaient sur le développement de nouvelles solutions de matériaux, la mise au point de procédés de fabrication des pales à partir de ces matériaux et la démonstration de la validité technique de cette solution sur une éolienne en exploitation. L'enjeu de ce projet est de permettre une augmentation de 15 % des rendements en production d'énergie pour l'exploitant. Fin 2016, Effwind avait franchi un palier décisif avec la production d'une première pale de 25 mètres. L'installation de trois pales de ce type au sein du parc éolien de Plougras, dans les Côtes-d'Armor (22), constitue la prochaine étape du programme.

L'année 2020 a elle été celle du lancement du projet ZEBRA (*Zero waste blade research*) dans le domaine des pales d'éoliennes terrestres. Piloté par l'IRT Jules Verne, celui-ci rassemble un consortium d'acteurs industriels et de centres de recherche (Arkema, Canoe, Engie, LM Wind Power, Owens Corning, Suez). Il a pour objectif de **fabriquer des pales éoliennes en matériaux composites 100 % recyclables**. Il vise en particulier à démontrer la faisabilité technico-économique et environnementale de la fabrication de pales d'éoliennes en thermoplastique, dans le cadre d'une approche d'écoconception. Lancé en septembre 2020 pour une période de 42 mois et doté d'un budget de 18,5 millions d'euros, ZEBRA prévoit que LM Wind Power conçoive l'équipement et fabrique deux prototypes de pales utilisant la résine Elium d'Arkema, afin de tester et de valider le comportement des composites et la faisabilité industrielle de la production. De leur côté, les autres partenaires du projet auront notamment en charge le développement et l'optimisation de chacune des étapes du processus de fabrication des pales, ainsi que leur recyclabilité. Enfin, une étude technico-économique doublée d'une analyse du cycle de vie sera réalisée afin de démontrer la viabilité et la durabilité des pales thermoplastiques utilisées.

### L'éolien flottant, terreau d'innovation

Bien que naissante dans l'Hexagone, la filière éolienne offshore est également très innovante et ses acteurs s'impliquent dans la recherche. La start-up bretonne Eolink, spécialisée dans la conception d'éoliennes marines, a par exemple développé un concept innovant d'éoliennes flottantes. La principale avancée réside dans son design. L'éolienne présente une structure pyramidale. Le mât conventionnel unique de l'éolienne flottante traditionnelle est remplacé par quatre bras qui prennent appui sur chaque angle du flotteur. Selon ses concepteurs, ce système permet de réduire la masse et donc d'améliorer la résistance de l'éolienne. Un rotor plus puissant peut également être implanté. Le prototype, qui correspond à une éolienne d'une puissance de 12 MW, devrait être mis en test à partir de 2021 sur un site en mer déjà raccordé au réseau pour être par la suite fabriqué en série en 2025. Début décembre 2020, la société brestoise a aussi signé avec l'École Centrale de Nantes la contractualisation des essais d'un démonstrateur de 5 MW au SEM-REV, le site d'essais en mer de l'établissement.

Quelques années auparavant, l'entreprise française d'ingénierie Ideol, basée dans les Bouches-du-Rhône, avait développé sa technologie brevetée de fondation flottante en béton, à l'occasion du projet FLOATGEN. Elle est dotée d'un immense bloc de béton évidé de forme carrée dont les propriétés hydrodynamiques lui assurent une très forte stabilité. Depuis, l'entreprise a multiplié les partenariats stratégiques. Pour optimiser la production en série de flotteurs en béton, elle s'est associée depuis octobre 2020 au constructeur suédois Bygging Uddemann. Afin de développer de nouvelles solutions d'ancrage, elle collabore également, depuis septembre de la même année, avec le britannique Bridon-Bekaert, spécialiste des câbles et des cordes.

À l'horizon 2022, devrait aussi se concrétiser le projet des éoliennes flottantes du Golfe du Lion. Porté par Ocean Winds (co-entreprise d'Engie et d'EDP Renewables), la Caisse des Dépôts ainsi qu'Eiffage, Principle Power et General Electric, ce projet prévoit installation d'un parc pilote de trois éoliennes flottantes d'une puissance unitaire de 10 MW. Il met en avant la structure innovante des flotteurs développée par Principle Power, société implantée à Aix-en-Provence et filiale de la PME californienne du même nom créée en 2007 aux États-Unis par deux ingénieurs français. Le flotteur de Principle Power est constitué de trois colonnes cylindriques reliées par des tubes. La plus large colonne reçoit l'éolienne tandis que les deux autres colonnes ont pour fonction d'assurer la stabilité de l'installation par ballastage. Cette conception de l'éolienne flottante permet de supporter des éoliennes de grande puissance, et donc très productives.

L'essor de l'éolien offshore étant mondial, des entreprises étrangères se montrent également dynamiques sur les innovations flottantes. En Allemagne, l'énergéticien EnBW et la société d'ingénierie Aerodyn ont imaginé une machine dotée de deux turbines, mais reposant toujours sur une seule plateforme. "Les deux turbines doublent le rendement par fondation flottante. En raison des deux turbines adjacentes, le point d'attaque du vent est bien plus bas qu'avec une seule grande turbine. Cela donne au modèle une plus grande stabilité dans l'eau", précise EnBW. Les premiers tests en condition réelle, dans la mer Baltique, ont eu lieu en 2020 grâce à des prototypes. Le déploiement de la première éolienne à échelle finale est prévu pour 2021 au large de la mer de Chine. Cette innovation n'est qu'une piste parmi d'autres pour EnBW, qui souhaite posséder une capacité de 3 500 MW dans l'éolien terrestre et en mer d'ici 2025.

## Un nouveau modèle économique à explorer : les CPPA

Dans le secteur de la production et de la vente d'électricité d'origine éolienne, la fin des tarifs fixes de rachat d'électricité, en 2016, a constitué une étape charnière en mettant en concurrence les énergies entre elles. Les producteurs se sont vus exposés aux risques inhérents au secteur de l'énergie, tels que la variabilité des prix du marché, l'intégration au mécanisme de capacité ou encore la valorisation des garanties d'origine.

Afin de se couvrir de la forte volatilité potentielle des tarifs et d'anticiper dans le même temps la fin progressive des soutiens publics, les producteurs d'énergie éolienne ont **diversifié leurs modes de commercialisation**. Ils ont notamment mis en place de contrat de vente directe, nommés CPPA (*Corporate Power Purchase Agreement*).

Les CPPA sont des contrats de vente directe conclus entre des producteurs d'électricité et des entreprises qui fixent à l'avance les prix de vente pour une durée déterminée. Dans cette configuration, les deux parties ressortent gagnantes. Le producteur bénéficie de l'assurance que sa vente

est sécurisée tandis que le consommateur se couvre de son côté des éventuelles réévaluations à la hausse des prix sur la période fixée.

**Les premières signatures de ces contrats ont été initiées en 2019 en France**, pour des parcs en sortie d'obligation à très court terme (moins de trois ans), et pour des durées allant de trois à cinq ans. L'agrégateur français Agregio, fondé en 2017 et appartenant au groupe EDF, et l'énergéticien canadien Boralex figurent parmi les fers de lance du déploiement de cette nouvelle forme de contrats commerciaux.

Avec la création de ces CPPA, **le secteur de la production d'énergie éolienne a mis sur pied un modèle économique inédit**. Ce dernier est à l'origine de l'émergence de **nouveaux métiers et de nouvelles compétences relevant du domaine du négoce**, à l'image des agrégateurs, qui ont pour vocation de vendre l'électricité sur les marchés et de gérer les risques inhérents aux écarts de production.

### CPPA SIGNÉS EN FRANCE

Fournisseur	Client	Détails du contrat
Agregio	METRO France	<ul style="list-style-type: none"> <li>• parc éolien en Eure-et-Loir</li> <li>• 25 GWh/an concernés</li> <li>• contrat de trois ans</li> </ul>
Agregio	Maïsadour	<ul style="list-style-type: none"> <li>• parc éolien dans l'Aude</li> <li>• contrat de trois ans</li> </ul>
Agregio	Société Générale	<ul style="list-style-type: none"> <li>• parc éolien en Eure-et-Loir</li> <li>• 27 GWh/an concernés</li> <li>• contrat de trois ans</li> </ul>
Boralex	Orange	<ul style="list-style-type: none"> <li>• parc éolien en Haute-Loire</li> <li>• 67 GWh/an concernés</li> <li>• contrat de cinq ans</li> </ul>
Boralex	Auchan Retail	<ul style="list-style-type: none"> <li>• parc éolien dans les Hauts-de-France</li> <li>• contrat de trois ans</li> </ul>

Traitement IndexPresse. Source : Actu Environnement

# LES FORCES EN PRÉSENCE

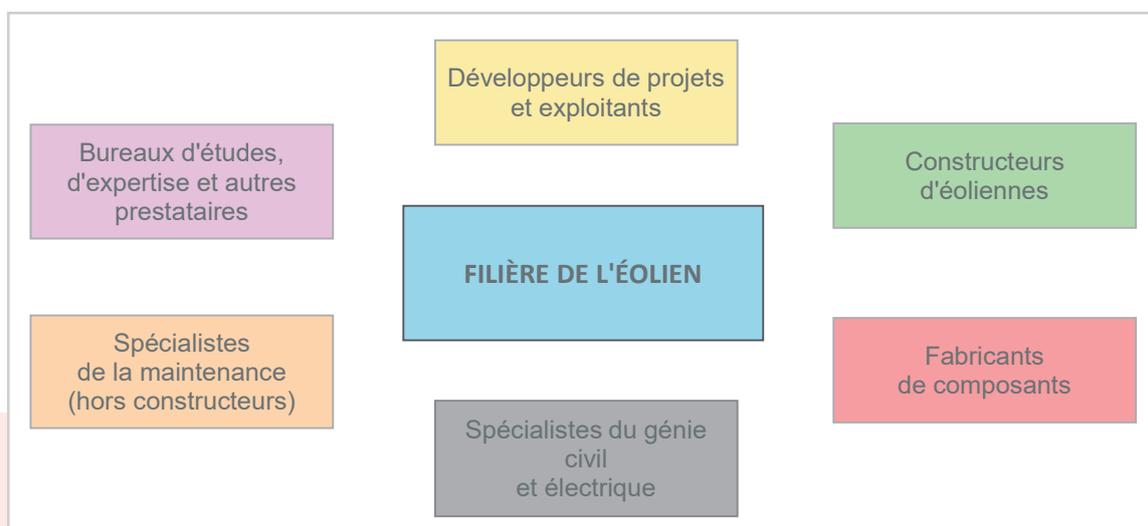
## Liste des entreprises citées dans l'étude

Société	Nature de l'entreprise	Pays d'origine
ADV Tech	Développeur de technologies de rotor	France
Aerodyn	Société d'ingénierie	Allemagne
Ailes marines	Opérateur de parcs éoliens offshore	France
AkuoCoop	Plateforme de financement participatif dédiée aux énergies renouvelables	France
Auchan Retail	Groupe de grande distribution	France
Boralex	Producteur d'électricité	Canada
Bouygues Travaux Publics	Constructeur axé sur les travaux publics	France
Bridon-Bekaert	Spécialiste des câbles et des cordes	Royaume-Uni
Bygging Uddemann	Constructeur	Suède
Chantiers de l'Atlantique	Constructeur naval	France
China Energy Investement Corporation	Énergéticien	Chine
China Shenhua Energy	Compagnie charbonnière	Chine
DDIS	Fabricant d'éoliennes	France
Defontaine	Fabricant d'anneaux roulés soudés	France
DEME France	Spécialiste des travaux hydrauliques	France
Dillinger France	Fabricant de plaques d'acier et de tôle	France
Dongfang Electric Group	Fabricant d'équipements électriques et d'éoliennes	Chine
EDF	Énergéticien	France
EDF Renouvelables	Énergéticien axé sur les énergies renouvelables	France
EDP	Énergéticien	Portugal
EDP Renewables	Énergéticien axé sur les énergies renouvelables	Portugal
Eiffage Génie civil	Concepteur et constructeur d'ouvrages	France
Eiffage Métal	Constructeur métallique	France
Enbridge	Transporteur pétrolier	Canada
EnBW	Énergéticien	Allemagne
Enerfip	Plateforme de financement participatif dédiée aux énergies renouvelables	France
Engie	Énergéticien	France
ENVISION	Fabricant d'éoliennes	Allemagne
Eolfi	Opérateur de parcs éoliens flottants	France
Eolink	Concepteur d'éoliennes flottantes	France
Equinor	Compagnie pétrolière et éolienne	Norvège
GE Wind	Fabricant d'éoliennes	États-Unis
General Electric	Conglomérat actif dans l'énergie, le transport et la fourniture d'équipements	États-Unis
Glennmont Partners	Fonds d'investissement spécialisé dans les énergies renouvelables	Royaume-Uni
Goldwind	Fabricant d'éoliennes	Chine
Green Investment Group	Fonds d'investissement spécialisé dans les infrastructures vertes	Australie
Iberdrola	Énergéticien	Espagne
Innogy	Énergéticien	Allemagne
Lendopolis	Plateforme de financement participatif dédiée aux énergies renouvelables	France
Lendosphere	Plateforme de financement participatif dédiée aux énergies renouvelables	France
Lita.co	Plateforme de financement participatif	France
LM Wind Power	Concepteur et fabricant de pales d'éoliennes	France
Lumo	Plateforme de financement participatif dédiée aux énergies renouvelables	France
Macquarie Group	Institution financière	Australie
Maisadour	Coopérative agricole	France
METRO France	Grossiste alimentaire	France
Mer Agitée	Concepteur et fabricant de pièces et composants pour voiliers	France
Mingyang	Fabricant d'éoliennes	Chine

Société	Nature de l'entreprise	Pays d'origine
Naval Énergies	Fournisseur de solutions industrielles pour les énergies marines renouvelables	France
Naval Group	Constructeur naval	France
Navantia	Constructeur naval	Espagne
Netwind	Prestataire de services de maintenance, de projets et d'ingénierie	France
Nexans	Fabricant de câbles	États-Unis
Nordex Acciona	Fabricant d'éoliennes	Allemagne
Nuveen	Gestionnaire d'actifs	États-Unis
Ocean Winds	Opérateur de parcs éoliens offshore	France / Portugal
Omnes Capital	Gestionnaire de patrimoine et fonds de capital-investissement	France
Orange	Opérateur de télécommunications	France
Orange Marine	Entreprise de pose de câbles sous-marins et de liaisons sous-marines	France
Orsted	Énergéticien	Danemark
Otecmi	Société spécialisée dans les prestations de contrôle non-destructif	France
Piriou	Constructeur et réparateur naval	France
Plastinov	Fabricant de pièces moulées en composite	France
Poma Leitwind	Fabricant d'éoliennes	France
Principle Power	Concepteur de plateformes flottantes pour l'éolien en mer	États-Unis
Prysmian	Fabricant de câbles	Italie
Qair	Énergéticien	France
Quadran	Intégrateur d'infrastructures de production d'énergie renouvelable	France
Schneider Electric	Concepteur et distributeur de produits de gestion d'électricité	France
Sereema	Expert digital pour les éoliennes	France
Shanghai Electric	Fabricant d'équipements électriques et d'éoliennes	Chine
Shell	Compagnie pétrolière	Royaume-Uni / Pays-Bas
Shell New Energies	Énergéticien axé sur les énergies renouvelables	Royaume-Uni / Pays-Bas
Siemens Gamesa	Fabricant d'éoliennes	Espagne
Smulders	Constructeur spécialisé dans l'acier	Belgique
Société Générale	Banque	France
Spie	Réalisateur et chargé de maintenance d'équipements industriels	France
SSE	Énergéticien	Royaume-Uni
SSE Renewables	Énergéticien axé sur les énergies renouvelables	Royaume-Uni
Sumitomo Corporation	Entreprise d'échanges commerciaux	Japon
Suez	Groupe de gestion de l'eau et des déchets	France
Total	Compagnie pétrolière et gazière	France
Unéole	Intégrateur de solutions de production d'énergie renouvelable	France
Vergnet	Fabricant d'éoliennes	France
Vestas	Fabricant d'éoliennes	Danemark
Wind My Roof	Développeur de solutions innovantes dans le domaine de l'éolien	France
Wiseed	Plateforme de financement participatif	France
wpd	Énergéticien	Allemagne
Xcrusher	Start-up spécialisée dans le tri et le recyclage des déchets	France

Traitement IndexPresse.

## Typologie des acteurs de la filière française



	Nombre d'entreprises recensées	Type d'entreprise majoritaire	Date de création moyenne	Nombre d'emplois concernés
Développeurs de projets et exploitants	133	TPE	2004	4 197
Constructeurs d'éoliennes	21	PME	2007	2 530
Fabricants de composants	209	PME	1985	4 351
Spécialistes du génie civil et électrique et de la logistique	202	PME	1999	4 402
Spécialistes de la maintenance (hors constructeurs)	69	PME	1992	1 321
Bureaux d'études, d'expertise et autres prestataires	309	PME	1995	3 407

Traitement IndexPresse. Source : Observatoire de l'éolien 2020

L'Observatoire de l'éolien 2020 divise les acteurs de la filière présents sur le territoire français en six catégories, selon leur activité et leur niveau d'intervention dans les projets. Le nombre total

d'entreprises recensées s'élève à 943, dont près d'un tiers concerne les bureaux d'études, d'expertise et autres partenaires. Les constructeurs d'éoliennes sont les moins nombreux, avec seulement

21 sociétés. À l'exception des développeurs de projets et exploitants, qui regroupent une majorité de TPE porteuses d'initiatives locales, la catégorie des PME est le type d'entreprise le plus représenté sur le marché français de l'éolien. Les ETI de plus de 250 salariés concernent toutefois un fabricant de composants et un spécialiste du génie civil et électrique sur quatre, ainsi qu'un spécialiste de la maintenance sur cinq.

Certains grands groupes sont présents dans plusieurs catégories : EDF Renouvelables est à la fois un développeur de projet et un spécialiste de la maintenance ; Engie agit à la fois dans le génie électrique, la logistique et l'exploitation de projets ; GE Renewable Energy se présente comme un constructeur d'éoliennes et un fabricant de composants.

## Principaux employeurs de la filière française

Les entreprises françaises sont les principaux employeurs de la filière dans l'ensemble des catégories d'acteurs, à l'exception de celle des constructeurs. Les groupes étrangers, qui dominent ce

dernier segment sur le marché mondial, sont en effet fortement présents sur le territoire français et participent ainsi à la progression de l'emploi dans le secteur.

Catégorie d'acteurs	Top 10 des employeurs en France	Catégorie d'acteurs	Top 10 des employeurs en France
Développeurs de projets et exploitants	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) EDF Renouvelables (France)</li> <li>2) Engie Green (France)</li> <li>3) Valorem (France)</li> <li>4) RES Group (France)</li> <li>5) Boralex (Canada)</li> <li>6) wpd (Allemagne)</li> <li>7) Valeco (France)</li> <li>8) Total Quadran (France)</li> <li>9) VSB énergies nouvelles (France)</li> <li>10) EnergieTEAM (France)</li> </ol>	Spécialistes du génie civil et électrique et de la logistique	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Enedis (France)</li> <li>2) Engie Ineo (France)</li> <li>3) RTE (France)</li> <li>4) Omexom (France)</li> <li>5) Spie (France)</li> <li>6) Colas (France)</li> <li>7) Eurovia (France)</li> <li>8) Holcim (Suisse)</li> <li>9) EDF Electrotechnics (France)</li> <li>10) AltéAd (France)</li> </ol>
Constructeurs d'éoliennes	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Enercon (Allemagne)</li> <li>2) Vestas (Danemark)</li> <li>3) Nordex Acciona (Allemagne)</li> <li>4) GE Renewable Energy (États-Unis)</li> <li>5) Senvion (Allemagne)</li> <li>6) Siemens Gamesa (Espagne)</li> <li>7) Vergnet (France)</li> <li>8) Envision (Chine)</li> <li>9) Vensys (Allemagne)</li> <li>10) Poma Leitwind (France)</li> </ol>	Spécialistes de la maintenance (hors constructeurs)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) EDF Renouvelables (France)</li> <li>2) VALEMO (France)</li> <li>3) Groupe Qualiconsult (France)</li> <li>4) Veolia (France)</li> <li>5) Atlantique Marine Services (France)</li> <li>6) Eneria (France)</li> <li>7) Baurès Prolians (France)</li> <li>8) Net-Wind (France)</li> <li>9) Manutan (France)</li> <li>10) Coved Environnement (France)</li> </ol>
Fabricants de composants	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) GE Renewable Energy (États-Unis)</li> <li>2) Schneider Electric (France)</li> <li>3) Chantiers de l'Atlantique (France)</li> <li>4) Rollix (France)</li> <li>5) Hutchinson (France)</li> <li>6) Dillinger (Allemagne)</li> <li>7) SDMO (France)</li> <li>8) Nexans (France)</li> <li>9) Mersen (France)</li> <li>10) Prysmian Group (Italie)</li> </ol>	Bureaux d'études, d'expertise et autres partenaires	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Matis Technologies (France)</li> <li>2) Biotope (France)</li> <li>3) Dekra (France)</li> <li>4) EHTP (France)</li> <li>5) Marc SA (France)</li> <li>6) Akka Technologies (France)</li> <li>7) Wind Prospect (Royaume-Uni)</li> <li>8) Alhyange (France)</li> <li>9) Encis Énergies vertes (France)</li> <li>10) Sofresid (France)</li> </ol>

Traitement IndexPresse. Source : Observatoire de l'éolien 2020

## Principaux constructeurs d'éoliennes en France

Groupe	Pays d'origine	Filiale française	Équipements fabriqués en France	CA France 2019 (kEUR)	Nombre d'usines en France	Effectif français en 2019
NIDEC	Japon	Leroy Somer	Génératrices et systèmes d'orientation pour éoliennes.	538 500	1 (45800 Saint-Jean-de-Braye)	2 320
JEUMONT INDUSTRIE	France	Jeumont Electric	Génératrices pour turbines d'éoliennes terrestres.	93 700	1 (59460 Jeumont)	513
SIEMENS GAMESA	Espagne	Siemens Gamesa Renewable Energy France	Pales, nacelles et turbines pour éoliennes offshore.	55 800	1 (76600 Le Havre)	49
GE RENEWABLE ENERGY	États-Unis	LM Wind Power	Pales géantes pour éoliennes offshore.	33 400	1 (50100 Cherbourg)	195
GE RENEWABLE ENERGY	États-Unis	GE Éoliennes SN	Assemblage d'aérogénérateurs et de nacelles d'éoliennes offshore.	32 200	1 (44600 Saint-Nazaire)	117
GROUPE VERGNET	France	Vergnet	Aérogénérateurs et pales.	8 900	2 (34290 Servian 45770 Saran)	89
ERNEO	France	Erneo	Génératrices électriques de petite puissance pour diverses applications, dont l'éolien.	0,8	1 (34000 Montpellier)	n.c.
POMA LEITWIND	France	Poma	Éoliennes terrestres à attaque directe et à aimants permanents (génératrices, moyeux, nacelles et convertisseurs de puissance).	n.c.	1 (73200 Gilly-sur-Isère)	n.c.

Traitement IndexPresse. Sources : opérateurs, Observatoire de l'éolien 2020, presse spécialisée, greffes des tribunaux de commerce

En France, le nombre de constructeurs de grands composants d'éoliennes (aérogénérateurs, pales, nacelles, etc.) et/ou d'assemblage d'éoliennes est très réduit. Sur la dizaine de constructeurs recensés par France Énergie Éolienne dans son Observatoire 2020, la moitié dispose d'usines implantées en France. Si, en 2017, le spécialiste du transport par câble Poma a rejoint ce cercle fermé en inaugurant une usine d'assemblage d'éoliennes (génératrices, nacelles et convertisseurs) à Gilly-sur-Isère en Savoie, le groupe allemand Enercon est lui sorti du secteur en 2020 en fermant sa

filiale Wec Mâts Béton (10,5 millions d'euros de chiffre d'affaires en 2019, 75 personnes) spécialisée dans la fabrication de mâts d'éoliennes en béton. Le fabricant de mâts en acier Francéole a subi le même sort, cessant définitivement son activité industrielle dans l'Hexagone. La tête du secteur est occupée en France par deux mastodontes des éoliennes : l'américain General Electric (via GE Renewable Energy) et l'allemand Siemens (via sa filiale espagnole Siemens Gamesa). Ces deux acteurs, positionnés sur les éoliennes offshore de très grande dimension, ont

d'ailleurs récemment consolidé leur outil industriel en France. GE a inauguré en novembre 2019 sa nouvelle usine française de pâles à Cherbourg (filiale LM Wind Power). Début 2021, il a lancé les travaux d'agrandissement de son site de fabrication de nacelles d'éoliennes située à Montoir-de-Bretagne (filiale GE Éoliennes SN). De son côté, Siemens Gamesa a démarré en juin 2020

la construction d'une usine d'éoliennes en mer au Havre (société Siemens Gamesa Renewable Energy). Cette dernière, qui sera mise en service fin 2021 et emploiera environ 750 salariés, produira à la fois des pâles et des nacelles. Dans ce cadre, deux catégories de turbines éoliennes seront assemblées sur le site.

## Principaux exploitants de parcs éoliens terrestres en France

Groupe	Pays d'origine	Nom de la filiale exploitante	Localisation de la filiale	Puissance exploitée* (MW)	Nombre de parcs exploités (2019)	CA 2019 de la filiale (kEUR)	Effectif français en 2019
ENGIE	France	Engie Green	34000 Montpellier	2 584	117	41,9	781
EDF	France	EDF Renouvelables Services	92400 Courbevoie	1 675	85	46,6	279
ENERGIETEAM	France	EnergieTEAM Exploitation	80460 Oust-Marest	1 087	100	6,4	75
BORALEX	Canada	Boralex	62575 Blendecques	951	38	11,6	175
RES	France	RES	84000 Avignon	707	33	74,6	225
VALOREM	France	Valemo	33323 Bègles	618	38	6,1	58
VSB	France	VSB Energies Nouvelles	30900 Nîmes	568	44	n.c.	61
WPO	France	WPO SAS	75002 Paris	532	10	3,8	37
TOTAL	France	Total Quadran	34500 Béziers	515	62	37,9	219
EDP RENEWABLES (EDPR)	Portugal	EDPR France Holding	75013 Paris	453	n.c.	9,1	n.c.
VOLKSWIND	Allemagne	Volkswind France	75005 Paris	451	43	7,4	40
ENBW	Allemagne	Valeco	34000 Montpellier	431	28	5,5	36
ERG	Italie	ERG Développement France	75009 Paris	430	37	1,2	14
WPD	Allemagne	WPD Onshore France	92100 Boulogne-Billancourt	390	29	12,3	79
ENERTRAG	Allemagne	Enertrag Energie	95000 Cergy-Pontoise	376	29	n.c.	70
INNERGEX	Canada	Innergex France	69003 Lyon	317	15	n.c.	n.c.
BAYWA R.E.	Allemagne	BayWa R.E. France	75011 Paris	312	14	40,4	69
EUROWATT	France	Eurowatt Développement	75009 Paris	307	19	3,0	9
GREENSOLVER	France	Greensolver	75009 Paris	274	n.c.	1,7	n.c.
H2AIR	France	H2AIR	80000 Amiens	259	5	6,7	24

\*Puissance exploitée pour compte propre et pour compte de tiers  
 20 premiers exploitants - 77% des capacités en service au 30 juin 2020  
 Traitement IndexPresse. Sources : opérateurs, Observatoire de l'éolien 2020, presse spécialisée, greffes des Tribunaux de Commerce

Le secteur de l'exploitation de parcs éoliens compte un nombre assez élevé d'opérateurs en France. La fédération France Énergie Éolienne recense 76 développeurs exploitants dans son annuaire 2020. L'analyse du panel des 20 principaux en ce qui concerne la puissance exploitée, qui concentrent 77 % des capacités éoliennes terrestres en service en juin 2020, montre que ces exploitants sont majoritairement des sociétés de taille moyenne (50 % des entreprises emploient entre 50 et 249 salariés). Ils ont généré ensemble plus de 355 millions d'euros de chiffre d'affaires en 2019. Ils disposent en général de plusieurs bureaux et agences de services et/ou de travaux en France. Plusieurs exploitent aussi des infrastructures de production d'énergies renouvelables autre qu'éoliennes.

L'Île-de-France s'impose comme le principal bassin d'implantation de ces entreprises, concentrant près de la moitié du panel. L'Occitanie représente

la deuxième région de localisation des exploitants leaders, regroupant 20 % d'entre eux. Parmi les 20 premiers intervenants identifiés, 90 % sont à capitaux européens. Les opérateurs à capitaux français sont les plus nombreux (35 % du total et 41 % des capacités en service). Ils devancent les exploitants à capitaux allemands (30 %).

Les acteurs français se partagent le podium du secteur. L'énergéticien Engie se hisse en première position grâce à sa filiale Engie Green et à sa participation dans la Compagnie Nationale du Rhône (52 parcs exploités pour une puissance totale de 660 MW en 2019). Engie Green exploitait à elle seule 117 parcs et 839 éoliennes en 2019. Elle captait par ailleurs environ 12 % des capacités éoliennes terrestres en service dans l'Hexagone au 30 juin 2020. Suit sa compatriote EDF via sa filiale EDF Renouvelables Services (près de 10 % des capacités totales). EnergieTEAM complète le podium avec EnergieTEAM Exploitation (6 %).

## Start-up françaises actives dans l'éolien

Start-up	Localisation	Année de création	Positionnement	Produit éolien développé	CA 2019 (KEUR)
ALIZEO	31120 Goyrans	2009	Éolien	Éolienne synchrone rabattable anticyclonique.	1 400
IDÉOL	13600 La Ciotat	2010	Éolien offshore	Flotteur en béton pour éoliennes flottantes.	1 300
NEWWIND	95740 Frépilon	2011	Petit éolien	Micro-turbine éolienne de type arbre à vent (Aerolef).	200
EOLIE	92500 Rueil-Malmaison	2011	Petit éolien urbain	Éolienne de toiture à axe vertical (ÉOLIE2m²).	100
ADV TECH	33700 Mérignac	2012	Petit éolien urbain	Éolienne de toiture cycloïdale à axe vertical (CityWind).	n.c.
KITIEWINDER	33650 Martillac	2016	Petit éolien nomade	Micro-éolienne aéroportée nomade.	n.c.
SEREEMA	34960 Montpellier	2015	Éolien	Boîtier connecté pour éoliennes (WindFit).	n.c.
UNÉOLE	59000 Lille	2011	Petit éolien urbain	Éolienne de toiture lowtech à axe vertical.	n.c.
WIND MY ROOF	94300 Vincennes	2018	Petit éolien urbain	Éolienne de toiture compacte en forme de box (WindBox).	n.c.

Traitement IndexPresse. Sources : sites web des entreprises concernées, Observatoire de l'éolien 2020, presse spécialisée, greffes des tribunaux de commerce

# SOURCES UTILISÉES

- Amalvy Rémi, "À travers le monde, EDF Renouvelables maintient ses projets dans l'éolien offshore", *usinenouvelle.com*, 4 juin 2020
- André Henri-Pierre, Chendjou Claude, "À Grussian, Total fait son premier investissement dans l'éolien flottant français", *latribune.fr*, 7 octobre 2020
- Barbaux Aurélie, "Dans l'ancre des éoliennes géantes", *L'Usine Nouvelle*, 19 décembre 2019, p.60-61
- Barbaux Aurélie, "Éolien en mer, des usines mais pas encore de filière française", *usinenouvelle.com*, 7 janvier 2021
- Barbaux Aurélie, "Éolien en mer. Au Havre, Siemens Gamesa tient une promesse d'Areva", *usinenouvelle.com*, 23 décembre 2020
- Barbaux Aurélie, "Éolien en mer. GE Renewable Energy dimensionne Montoir-de-Bretagne et Cherbourg pour l'export", *usinenouvelle.com*, 22 décembre 2020
- Barbaux Aurélie, "Éolien en mer. Les Chantiers de l'Atlantique ont parié très tôt sur les sous-stations", *usinenouvelle.com*, 28 décembre 2020
- Barbaux Aurélie, "Éolien en mer. Prysmian déroule ses câbles depuis deux sites français", *usinenouvelle.com*, 24 décembre 2020
- Barbaux Aurélie, "Éolien en mer. Une infime partie des câbles offshore de Nexans made in France", *usinenouvelle.com*, 29 décembre 2020
- Bertrand Morgane, "Vents contraires sur l'éolien", *L'Obs*, 10 septembre 2020, p.54-57
- Boyer-Nardon Lucile, Malric Alexandre, "L'éolien offshore : la solution pour une transition énergétique décarbonée ?", *Actu Environnement*, juillet-août 2020
- Britz Caroline, "Didier Dillard, directeur général d'Orange Marine : 'Orange Marine a une carte à jouer sur le marché de l'éolien'", *meretmarine.com*, 20 novembre 2020
- César Nicolas, "Des Bordelais créent une éolienne révolutionnaire pour la ville", *sudouest.fr*, 28 octobre 2015
- Chauvot Myriam, "Eiffage réussit son pari dans l'éolien", *lesechos.fr*, 28 août 2019
- Chodorge Simon, "En Allemagne, une éolienne à deux têtes pour repousser les limites de l'éolien offshore", *usinenouvelle.com*, 11 juin 2020
- Claessens Bruno, "La spectaculaire évolution technologique des éoliennes", *revolution-energetique.com*, 9 mai 2018
- Claessens Bruno, "Unéole lance une éolienne innovante conçue pour l'environnement urbain", *revolution-energetique.com*, 5 juin 2020
- Comte Kévin, "Total se lance dans des projets éoliens flottants géants en Corée du Sud", *capital.fr*, 1<sup>er</sup> septembre 2020
- Cossardeaux Joël, "Comment l'éolien sème la zizanie dans les territoires", *lesechos.fr*, 23 octobre 2020
- Counis Alexandre, "Les chiffres de la plus grande ferme d'éoliennes en mer du monde", *lesechos.fr*, 27 novembre 2020
- De Meyer Karl, "Orsted, le vent en poupe", *Les Échos week-end*, 28 février 2020, p.15-22
- De Ravignan Antoine, "Vous voudrez bien d'une éolienne près de chez vous ?", *Alternatives Économiques*, septembre 2020, p.54-57
- Deboyser Bernard, "Le repowering éolien", *revolution-energetique.com*, 20 juin 2020
- Duvergé Bruno, "Freins à la transition énergétique", Rapport d'information, 25 juin 2019

# SOURCES UTILISÉES

- Fabréгат Sophie, "Éolien en mer : les constructions du parc de Fécamp et d'une usine au Havre sont officiellement lancées", *Actu Environnement*, juillet-août 2020, p.6
- Fabréгат Sophie, "Éolien terrestre : des mesures pour libérer du foncier et mieux impliquer les acteurs locaux", *actu-environnement.com*, 9 décembre 2020
- Fabréгат Sophie, "Les pistes pour faire émerger une filière du recyclage des éoliennes", *actu-environnement.com*, 14 octobre 2019
- Fabréгат Sophie, "Quel devenir pour les éoliennes en fin de vie", *actu-environnement.com*, 14 octobre 2019
- Fabrégues Loïc, "Éolien flottant : Shell va racheter le français Eolfr", *lemarin.ouest-france.fr*, 5 novembre 2019
- Gelas Hélène, "Éolien terrestre : vers la réduction significative des délais contentieux", *lemondedelenergie.com*, 7 décembre 2018
- Hebert Mathieu, "À bord de l'Apollo, plateforme d'installation d'éoliennes en mer, en cours de transformation à Dunkerque", *usinouvelle.com*, 22 mars 2019
- Le Jannic Nolwenn, "L'éolien terrestre en quête d'un second souffle", *Environnement Magazine*, juillet 2020, p.18-25
- Lesestre Yann, "Le repowering des parcs éoliens : quelle suite donner aux 1 000 contrats d'obligation d'achats qui expireront avant 2030 ?", *sia-partners.com*, 16 mars 2020
- Mediavilla Lucas, "Éolien en mer : la France accélère enfin", *L'Express*, 17 décembre 2020, p.50-51
- Meynier-Millefert Marjolaine, Wolff Nicolas, "Territoires et éolien : vers une trajectoire commune désirable", *latribune.fr*, 27 janvier 2020
- Mouly Bruno, "L'éolien en mer s'ancre dans les territoires", *Le Moniteur du bâtiment*, 20 novembre 2020, p.10-12
- Mouterde Perrine, Wakim Nabil, "La vague de l'éolien en mer renverse la transition énergétique", *lemonde.fr*, 23 novembre 2020
- Perrotte Derek, Wajsbrot Sharon, "L'Europe veut changer d'échelle dans l'éolien en mer", *lesechos.fr*, 19 novembre 2020
- Pialot Dominique, "Éolien offshore : avec EDG, Engie veut devenir numéro 2 mondial", *latribune.fr*, 21 mai 2019
- Pirot Olivier, "Éoliennes : quel cycle de vie, des pales au béton ?", *lanouvellerepublique.fr*, 16 décembre 2020
- Rosendorn Carolina, "Ces éoliennes low-tech lilloises ont le vent en poupe", *lesechos.fr*, 20 août 2020
- Roussel Florence, "Éolien terrestre : c'est parti pour le repowering", *Environnement et technique*, septembre 2018, p.38-39
- Roussel Florence, "Les énergies marines anticipent leurs potentiels impacts sur les milieux", *Actu Environnement*, juin 2020, p.32-41
- Roussel Florence, "Les énergies marines recrutent en Bretagne", *Actu Environnement*, décembre 2020, p.56-57
- Silbert Nathalie, "L'éolien en mer : la face cachée de Chantiers de l'Atlantique", *lesechos.fr*, 26 février 2020
- Smadja Nicolas, "Le 'repowering' : une opportunité à saisir pour le développement de l'éolien", *actu-environnement.com*, 20 janvier 2020
- Soulier Christophe, "Éolien : 'Le repowering, un levier important pour atteindre les objectifs de la PPE'", *lemondedelenergie.com*, 12 octobre 2020
- Spaes Joël, "Éolien : 124,6 milliards de dollars d'ici 2030, avec pour l'offshore une forte concentration de constructeurs", *energiesdelamer.eu*, 13 novembre 2019
- Stiel Nicolas, "Pourquoi EDF met le cap sur l'éolien offshore", *challenges.fr*, 2 juin 2020

# SOURCES UTILISÉES

- Wajsbrot Sharon, "Top départ pour le projet éolien en mer au large de l'île d'Oléron", *lesechos.fr*, 23 janvier 2021
- "Bientôt des pales éoliennes 100 % recyclables ?", *cahiers-techniques-batiment.fr*, 23 septembre 2020
- "Caractérisation des innovations technologiques du secteur de l'éolien et maturité des filières", ADEME, mai 2017
- "Développement harmonieux de l'éolien terrestre", ministère de la Transition Écologique, 8 décembre 2020
- "Dillinger France : rencontre des acteurs de l'industrie du 30 septembre 2020", Dillinger France, septembre 2020
- "Économie circulaire dans la filière éolienne terrestre en France", Conseil général de l'environnement et du développement durable, mai 2019
- "Engie et EDP Renovaveis baptisent leur joint-venture Ocean Winds", *boursedirect.fr*, 21 juillet 2020
- "Eolfi : le pionnier français de l'éolien flottant met le cap vers Nantes", *actus.nantes-saintnazaire.fr*, 2 octobre 2020
- "Éolien offshore : Total s'associe à un fonds d'investissement australien pour un projet en Corée du Sud", *connaissancedesenergies.org*, 1<sup>er</sup> septembre 2020
- "Éolien terrestre", *ecologie.gouv.fr*, 26 janvier 2021
- "Éolien. L'heure de la maturité", *Actu Environnement - Hors-série*, novembre 2020, p.1-60
- "Étude sur la filière éolienne française : bilan, prospective, stratégie", ADEME, septembre 2017
- "Guide des innovations. Éolien 2019", *Environnement et technique*, octobre 2019, p.1-8
- "La BEI cofinance la constructeur du parc éolien en mer de Fécamp à hauteur de 450 millions d'euros", *eib.org*, 5 juin 2020
- "Le baromètre 2020 des énergies renouvelables électriques en France", *energies-renouvelables.org*, 11 janvier 2021
- "Le développement de l'éolien en France face au défi de l'acceptabilité", *atlante.fr*, 9 septembre 2020
- "L'éolien : une solution durable", *L'ADEME et vous*, octobre 2019, p.5-11
- "L'éolien mondial, bilan et perspectives à l'heure du Covid-19", *businessfrance.fr*, 11 mai 2020
- "Les formes multiples du financement participatif des énergies renouvelables", *actu-environnement.com*, 1<sup>er</sup> octobre 2017
- "L'IRT Jules Verne et un consortium d'acteurs industriels lancent le projet ZEBRA dédié au développement de pales éoliennes en matériaux composites 100 % recyclables", *irt-jules-verne.fr*, 23 septembre 2020
- "L'UE veut multiplier par 25 l'éolien en mer d'ici 2050", *bfmtv.com*, 21 novembre 2020
- "L'un des plus grands parcs éolien non subventionnés d'Europe, détenu par Capenergie 3 et son partenaire finlandais Ilmatar, vient d'être cédé à Glennmont Partners", *omnescapital.com*, 3 octobre 2019
- "Observatoire de l'éolien 2020", France Énergie Éolienne, septembre 2020
- "Over 60GW of wind energy capacity installed in 2019, the second-biggest year in history", *gwec.net*, 25 mars 2020
- "Piriou développe un navire de transfert d'équipage à propulsion hybride hydrogène", *bretagne-economique.com*, 19 novembre 2020
- "Quels sont les coûts de l'éolien et du solaire ?", *techniques-ingenieur.fr*, 22 décembre 2020
- "Renouvellement de l'éolien. Quelles stratégies possibles et envisageables en fin d'exploitation pour les parcs éoliens terrestres ?", ADEME, juillet 2020
- "Total fait son entrée dans l'éolien flottant en France", *energiesdelamer.eu*, 7 octobre 2020
- "Total partenaire d'un immense parc éolien offshore en Écosse", *lemondedelenergie.com*, 4 juin 2020
- "Wind turbines sizes keep growing as industry consolidation continues", *gwec.net*, 27 mai 2020



# LEXIQUE

- **Aérogénérateur**

Générateur de courant électrique à partir de l'énergie cinétique du vent. Peut être utilisé comme autre appellation pour l'éolienne.

- **CPPA (Corporate Power Purchase Agreement)**

Contrat de vente directe conclu entre un producteur d'électricité et son client, fixant à l'avance les prix de vente pour une durée déterminée.

- **Crowdfunding (financement participatif)**

Mécanisme ayant pour objectif de collecter les apports financiers d'un grand nombre de particuliers au moyen d'une plateforme Internet, afin de mener à bien un projet.

- **Énergie éolienne**

Énergie produite par des aérogénérateurs qui convertissent la force du vent en électricité, définie par la quantité de puissance délivrée par une éolienne durant une heure et selon la moyenne du vent qui a soufflé durant ce temps.

- **Éolien domestique (petit éolien)**

Désigne les éoliennes de faible ou de moyenne puissance (de 400 W à 20 kW) destinées à des particuliers ou des petites entreprises.

- **Éolien farshore**

Désigne l'éolien offshore basée à plus de 30 kilomètres des côtes.

- **Éolien offshore**

Désigne les éoliennes installées en mer, de manière posée (sur une fondation reposant sur les fonds marins) ou flottante (sur une fondation flottante reliée aux fonds marins par des lignes d'ancrage).

- **Éolien onshore**

Désigne les éoliennes installées sur terre.

- **Facteur de charge éolien**

Ratio entre l'énergie produite par une éolienne sur une période donnée et l'énergie qu'elle aurait produite durant cette période si elle avait constamment fonctionné à pleine puissance.

- **Générateur**

Dispositif permettant de produire de l'électricité à partir d'une autre énergie (le vent, dans le cas des éoliennes).

- **Nacelle**

Structure soutenue par le mât abritant les différents éléments mécaniques d'une éolienne.

- **Pale**

Surface portante en rotation autour d'un axe et dispositif aérodynamique destiné à transformer l'énergie de déplacement du vent en énergie motrice.

- **Programmation pluriannuelle de l'énergie**

Outil de pilotage fixant les priorités d'actions des pouvoirs publics dans le domaine de la transition énergétique, qui comporte plusieurs volets thématiques : maîtrise de la demande en énergie, sécurité d'approvisionnement, offre d'énergie, infrastructures et flexibilité, mobilité propre, et petites zones non interconnectées de métropole.

- **Repowering**

Remplacement d'unités de production électrique, dont les éoliennes, par de nouvelles unités plus performantes.

- **Rotor**

Partie tournante de l'éolienne, composée de pales reliées par un moyeu.



# La collection IndexPresse *Business Etude*

Comment accéder à des données fiables, pertinentes et surtout synthétisées, alors que l'information n'a jamais été aussi accessible en apparence ?

Voilà une question à laquelle sont confrontés quotidiennement les décideurs dans les entreprises lorsqu'il s'agit de prendre les bonnes décisions.

C'est pourquoi nous avons créé la collection **IndexPresse Business Etude**, des études sectorielles complètes, réalisées à partir des plus grands titres de la presse

économique et professionnelle. En s'appuyant sur des informations fiables et de qualité, les études d'IndexPresse offrent des synthèses analytiques et éclairées sur les secteurs d'activité émergents ou en mutation.

Vous aurez ainsi toutes les clés en main pour accompagner votre réflexion stratégique, en vous appuyant sur l'examen des enjeux de votre marché, afin d'anticiper ses évolutions et valider, ou modifier, votre positionnement dans le jeu concurrentiel.

## **IndexPresse** *Business Etude*

Date de parution - janvier 2021.



**Samuel ARNAUD**

samuel.arnaud@indexpresse.fr

Rédacteur

Étude rédigée en collaboration avec **Bertrand PERRI**

En ayant défini des objectifs élevés pour sa production d'électricité éolienne, la France incite sa filière à franchir un nouveau cap d'ici 2030. Pour y parvenir, cette dernière va devoir s'appuyer sur plusieurs leviers entre les mains des exploitants, fabricants et start-up. Ils reposent à la fois sur l'innovation, afin d'améliorer la puissance et le rendement des installations, mais aussi sur une diversification des lieux d'implantation, en déployant des éoliennes offshore ou dans des espaces terrestres encore peu exploités.

Quelle place l'éolien prend-il dans la politique énergétique française ? Quels sont les freins à lever pour que l'éolien terrestre poursuive sa progression ? Comment faire entrer les éoliennes en milieu urbain ? Pourquoi l'éolien offshore apparaît comme l'un des segments moteurs de la croissance du marché ? Quels bénéfices la filière éolienne apporte-t-elle aux territoires ? En quoi l'innovation demeure-t-elle clé pour que le secteur accélère ?

Cette étude apporte des éléments de réponse et de réflexion pour comprendre les enjeux et les perspectives du secteur, décrypter les modèles de développement à potentiel et identifier les orientations stratégiques pour se positionner dans le jeu concurrentiel.

Photo de couverture : © Stockr - stock.adobe.com

