

Table des matières

<u>I Composition d'une éolienne</u>	<u>2</u>
<u>II Le recyclage des éoliennes non anticipé par la France</u>	<u>3</u>
<u>III Comment recycler les pales, élément le plus contraignant d'une éolienne ?</u>	<u>6</u>
<u>IV Un cas concret en France : le démantèlement à Port-la-Nouvelle</u>	<u>7</u>
<u>V Les vérités cachés dans le monde de l'éolien</u>	<u>8</u>

Index des sources

<u>Source 1: Les principales technologies éoliennes - Journal de l'éolien - Tout sur l'éolien.....</u>	<u>3</u>
<u>Source 2: Bilan Énergétique Mondial 2017 Énergie Mondiale 2017.....</u>	<u>4</u>
<u>Source 3: Le démantèlement et le recyclage des éoliennes.....</u>	<u>4</u>
<u>Source 4: Le démantèlement et le recyclage des éoliennes.....</u>	<u>5</u>
<u>Source 5: Raccordement des énergies renouvelables : objectifs atteints en 2018.....</u>	<u>6</u>
<u>Source 6: https://fr.wikipedia.org/wiki/Énergie_éolienne_en_France.....</u>	<u>7</u>
<u>Source 7: engie-green-demantele-son-premier-parc-eolien.....</u>	<u>8</u>
<u>Source 8: Le démantèlement et le recyclage des éoliennes D'ou vient D3R.....</u>	<u>9</u>

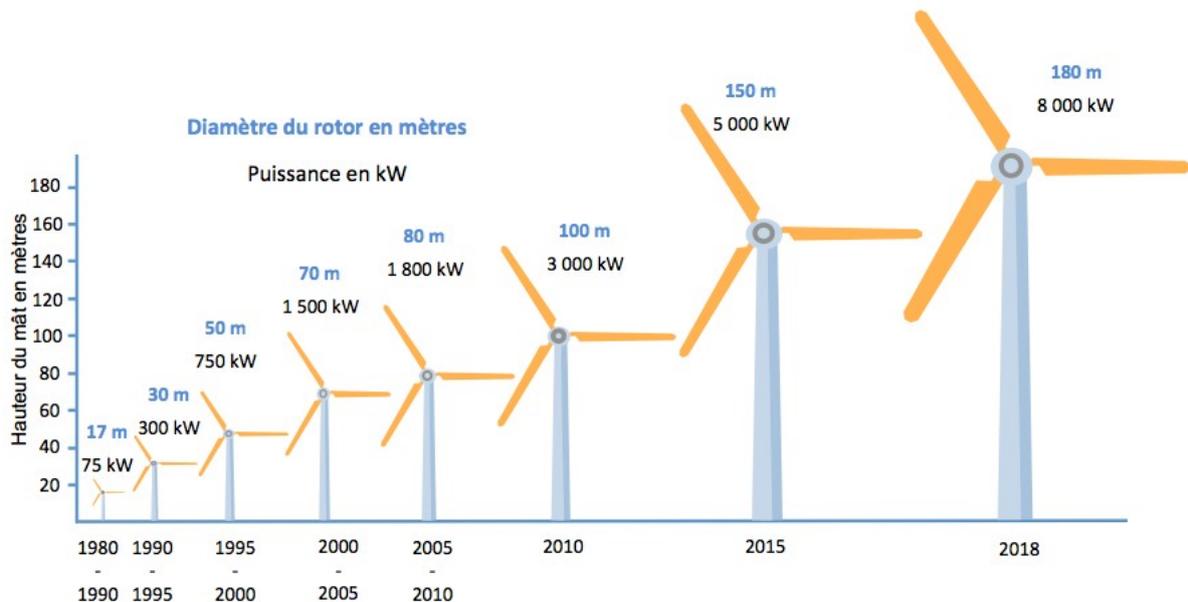
Recyclage des éoliennes

Comme indiqué sur le site Révolution Energétique,¹ c'est à Ulfborg au Danemark qu'a été construite en 1975 la première grande éolienne européenne munie de pales en fibre de verre. D'une puissance de 0,9 MW, elle tourne toujours aujourd'hui et produit de l'électricité. Mais c'est dans les années '80 et '90 que les parcs éoliens ont commencé à se multiplier. Aujourd'hui, après plus de 20 ans en fonctionnement, ces machines sont démantelées pour être le plus souvent remplacées par des éoliennes plus puissantes. En France, on estime à 1.500 le nombre de turbines à démonter dans les cinq ans à venir.

I Composition d'une éolienne

Tout d'abord Il faut savoir qu'il existe plusieurs types d'éoliennes : Les éoliennes à turbine, à axes vertical et les éoliennes bipales. Ces appareils n'ont pas le même fonctionnement mais elles sont toutes composées des mêmes matériaux ce qui veut dire qu'elles sont recyclées de la même façon. Pour chacune de ces éoliennes le mât et le rotor constituent 90% du poids des éoliennes et sont composées d'acier et de béton, deux matériaux facilement recyclables.¹ Le béton armé des fondations peut être facilement valorisé : trié, concassé et déferraillé pour être réutilisé dans le secteur de la construction.

Les 10 % restants proviennent des pales qui sont constituées essentiellement de matériaux composites ou de fibres de carbone. Elles ne sont donc pas recyclables dans le cas des pales en fibre de carbone ou alors à des coûts très élevés.

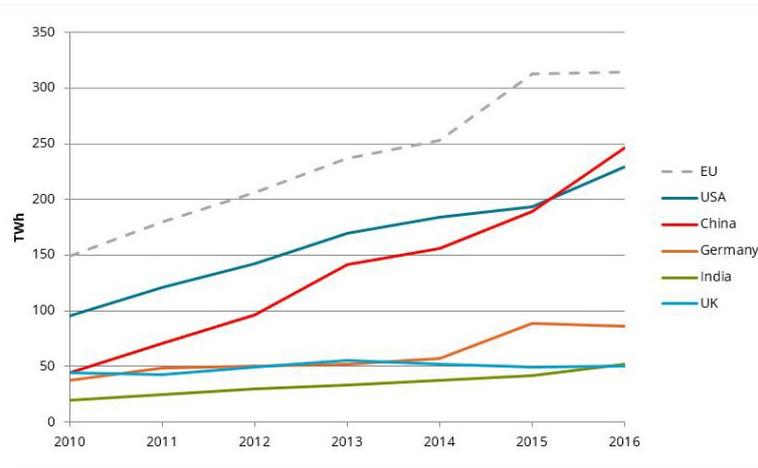


Source 1: [Les principales technologies éoliennes - Journal de l'éolien - Tout sur l'éolien](#)

On remarque sur l'image ci-dessus que la puissance et la taille augmentent au fil des années ce qui veut dire plus de matière et donc plus de recyclage en aval. Ce schéma représente l'évolution des éoliennes offshore, nous n'avons pas trouvé de source fiable concernant les éoliennes terrestres mais nous supposons que l'évolution est similaire.

II Le recyclage des éoliennes non anticipé par la France

Les 7000 éoliennes composant le parc français ont été construites pour la plupart dans les années 2000. Les premiers démantèlements interviendront donc dans les prochaines années vu qu'une éolienne a une durée de vie de 25 ans environ. Le problème est qu'aucune filière dédiée au recyclage des éoliennes n'a encore été créée. En effet, le recyclage des éoliennes n'est pas encore obligatoire même si la réglementation prévoit le démantèlement des turbines et la remise en état des sites pour 50 000 € par éolienne. Le projet de programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) prévoit de rendre obligatoire, d'ici 2023, le recyclage des matériaux constitutifs des éoliennes lors de leur démantèlement. Il est possible de créer un marché de l'occasion pour les anciennes éoliennes comme en Pologne et en Russie.¹ Malheureusement trouvant les éoliennes peu rentable des pays comme la Pologne ou la Russie vont peu à peu faire disparaître leur éolienne au profit de nouvelles centrales nucléaires.



Source 2: [Bilan Énergétique Mondial 2017 | Énergie Mondiale 2017](#)

On remarque sur ce graphe que les grands pays ont eu une croissance beaucoup plus rapide sur leur production d'électricité avec l'énergie éolien

A Rotterdam, aux Pays-Bas, un bureau d'architectes a imaginé une utilisation plus originale et ludique pour les anciennes pales d'éoliennes.¹ Elle a conçu une aire de jeux en utilisant des morceaux de pales d'anciennes turbines pour aménager des tunnels, des tours, des toboggans, des rampes, des glissières et des obstacles pour les enfants. Ces éléments ont été fixés au sol et peints en blanc.



Source 3: [Le démantèlement et le recyclage des éoliennes](#)

Rotterdam a également installé des bancs publics fabriqués avec des morceaux de pales d'éoliennes. Quant à la ville hollandaise d'Almere, elle a créé des abribus en utilisant ces mêmes déchets de pales. Selon des estimations, si seulement 5% de la production annuelle de mobilier urbain aux Pays-Bas étaient fabriqués avec des pales de turbines qui ne sert plus, on pourrait recycler utilement les 400 pales démantelées chaque année dans le pays.



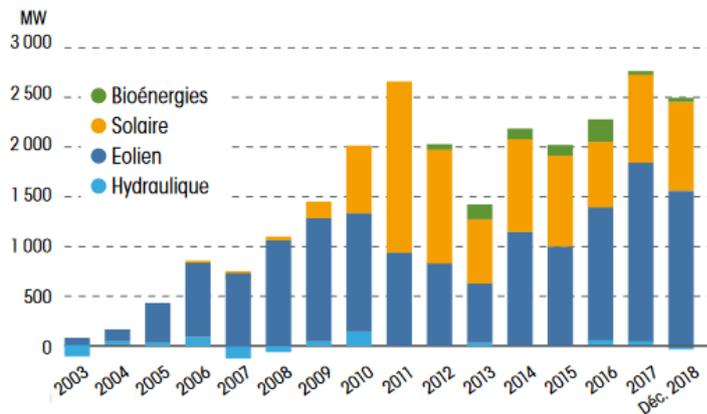
Source 4: [Le démantèlement et le recyclage des éoliennes](#)

Et en France comment va-t-on faire ?

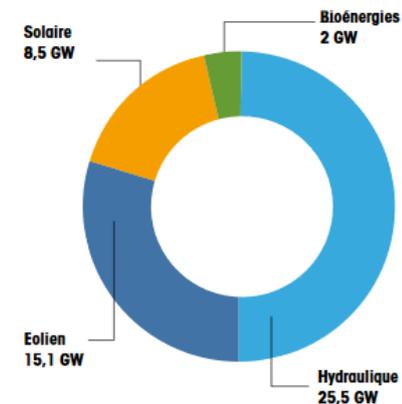
Selon le site révolution-énergétique, il faut savoir qu'une future filière française va être créée pour le démantèlement des éoliennes en fin de vie nommée D3R pour : **D**éconstruction des parcs éoliens, **R**econditionnement des gros composants, **R**ecyclage des pales et **R**evente des métaux, matériaux recyclés et composants est en cours de création.¹

A savoir qu'un arrêté ministériel impose déjà l'enlèvement des câbles électriques enterrés et l'excavation des fondations sur une profondeur minimale de 1m. Les chemins d'accès doivent aussi être déconstruits sauf si le propriétaire du terrain souhaite les conserver.

Evolution de la puissance raccordée en France



Parc renouvelable au 31 décembre 2018



Source 5: [Raccordement des énergies renouvelables : objectifs atteints en 2018](#)

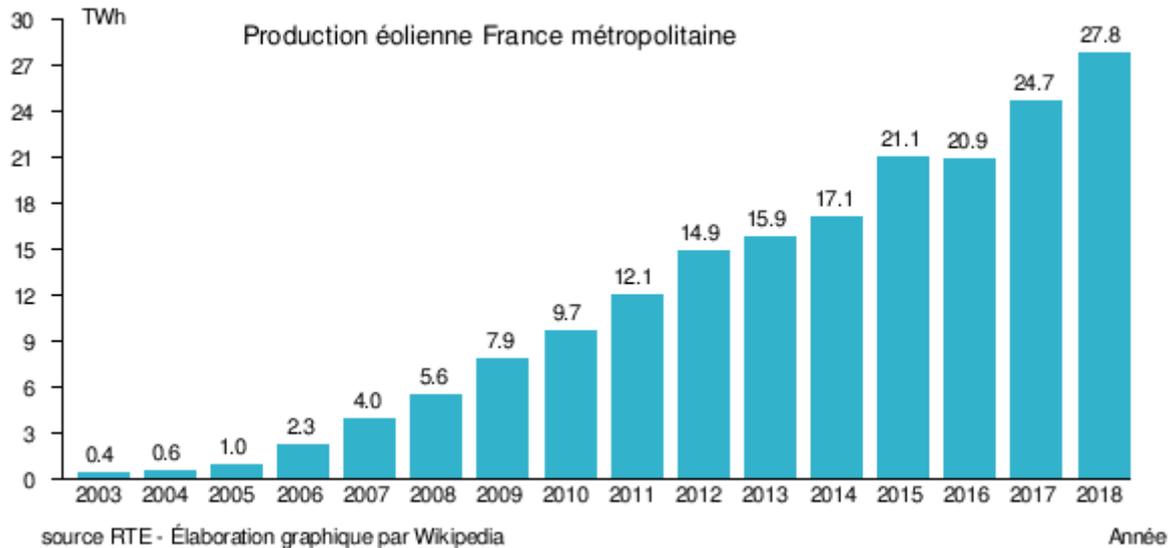
L'éolien est tout de même une source non négligeable d'énergie en France c'est pourquoi il faut impérativement créer une filière pour la valorisation de ces machines

III Comment recycler les pales, élément le plus contraignant d'une éolienne ?

Comme expliqué ci-dessus une pale d'éolienne est souvent composée de fibre de carbone. Ce matériau est actuellement difficile voir impossible à recycler si ce n'est à des coûts très élevés. En sachant que d'ici 2020, plus de 50.000 tonnes de pales seront à traiter et 10.000 tonnes viendront s'y ajouter chaque année à partir de 2025. Il faut donc trouver des solutions rapidement. La première solution est de broyer ces pales et de les valoriser en créant des combustibles dans les cimenteries qui remplacent les carburants fossiles comme le mazout. Les cendres servent ensuite à la production de ciment. Cette solution évite la production de déchet.¹

Il existe une autre possibilité qui est de fabriquer de nouveaux matériaux composites, tel que l'Ecopolycrète qui est aussi résistant que les composites à base de bois. Il est utilisable pour créer des dalles au sol, des glissières de sécurité, des plaques d'égouts, des meubles... On estime qu'on pourrait transformer 20.000 tonnes de déchets de matériaux dans les deux années à venir. Cependant ces matériaux sont réutilisables mais non recyclables.

C'est pourquoi la question du recyclage des pales reste un réel problème aujourd'hui quand l'on voit la courbe de production électrique en France.



Source 6: https://fr.wikipedia.org/wiki/Énergie_éolienne_en_France

Ce problème de recyclage des pales ne concerne pas uniquement l'éolien. La fibre de carbone est un matériaux d'avenir de par sa solidité et sa légèreté, elle est très utilisée dans l'industrie automobile, aéronautique ou sportive. C'est pourquoi c'est actuellement un sujet majeur, la recherche sur la valorisation de l'éolien pourrait ouvrir la voie au recyclage de tous les matériaux en fibre de carbone.

L'autre problème des pales est leur transport puisqu'elles font entre 20 et 50m. Veolia a cependant réussi à créer une scie spéciale pour les couper sur le lieu de démontage afin de grandement faciliter le transport.³

IV Un cas concret en France : le démantèlement à Port-la-Nouvelle

« À Port-la-Nouvelle, dans l'Aude, Engie a fait le choix d'enlever les cinq plus anciennes éoliennes raccordées au réseau électrique... Et d'en faire un chantier exemplaire, pour se positionner sur un enjeu d'avenir. »

En effet, l'éolienne « Vestas » de 200 kilowatts est la première éolienne installée en France, en 1991. Ses quatre grandes sœurs, de 500 kilowatts, sont installées deux ans plus tard. Ces cinq éoliennes représentent le premier parc éolien Français raccordé au réseau électrique par Jean-Michel Germa, fondateur de la Compagnie du Vent. En 2000, dix autres machine « Gamesa » de 600 kilowatts chacune sont implantées sur la commune de Sigean. Par la suite, Engie rachète la Compagnie du Vent. Ces derniers ont décidé à démanteler les premières éoliennes implantées sur Port-la-Nouvelle pour faire place aux nouvelles générations d'éoliennes beaucoup plus puissante.

Depuis l'été 2018, trois éoliennes ont été enlevés (nacelles, pales, mâts, génératrice, câbles...). Engie Green, la filiale qui développe l'éolien, affirme que « *Tout a été démonté, trié, pour être recyclé au maximum. Les fondations seront également retirées (au moins jusqu'à 30 cm de profondeur, en fonction de l'évolution de la réglementation) quand le site sera complètement hors exploitation. 96 % des composants seront recyclés. Mieux encore, l'entreprise estime que seul 1% du poids total des éoliennes sera finalement comptabilisé comme déchet. Engie Green a en effet trouvé un débouché pour la valorisation à 94 % des pales en fibre de verre : la résine, qui représente 36 % de la pale, est utilisée pour améliorer le processus de recyclage.* »

Grâce au premier démantèlement dans l'Aude, Engie espère bien apprendre de ce chantier pour pouvoir reproduire les meilleures procédures techniques et options de recyclage et par la suite. L'entreprise espère atteindre une valeur de 60 000 € par éolienne démantelée. Engie Green souligne que « *à l'exception de quelques particularités sur des mâts en béton ou des pales en fibre de carbone, qui feront appel à des filières de recyclage spécifiques, les matériaux sont globalement les mêmes sur toutes les machines, avec les mêmes standards pour les parties mécanique ou électrique [...] Ce chantier est une première référence pour nous, qui nous permettra de nous positionner sur ce nouveau marché en France, avec de nombreux parc à venir* » Erreur : source de la référence non trouvée



Source 7: [engie-green-demantele-son-premier-parc-eolien](#)

V Les vérités cachés dans le monde de l'éolien

Depuis des années, 14.000 éoliennes abandonnées rouillent dans d'immenses fermes éoliennes aux États-Unis. Dès 1981, différents états américains et particulièrement la Californie et Hawaï, ont lancé des programmes ambitieux de « Wind farms ».

Les financements de ces projets ont été financés par des taxes que payaient les citoyens. Il a fallu dix ans pour que les États-Unis se rendent compte que les éoliennes n'étaient pas rentables : énergie pas toujours disponible, rendements plutôt faibles, maintenance très coûteuses... puisque pour que les mécanismes des éoliennes ne se dégradent pas, il faut qu'elles tournent, même quand il n'y a pas de vent, et pour cela elles consomment de l'électricité. Un autre problème s'est présenté, les fermes éoliennes décimaient des milliers d'oiseaux migrateurs. Un des sites a recensé plus de 10.000 oiseaux tués en un an et il a fallu arrêter les machines pendant quatre mois.⁴

Les financiers américains ont décidé de tout arrêter. Le résultat est donc désastreux pour l'écologie, plus particulièrement pour les oiseaux, et pour le paysage américains. D'immenses cimetières où des centaines d'éoliennes rouillent, à l'abandon le plus total.

D'après le site *Temoignage Fiscal*, « chaque éolienne nécessite 2 à 3000 tonnes de béton souterrain, parfois plus. Ce béton et ses ferrailles sont d'importantes menaces de pollution ou de perturbation du sol et des nappes phréatiques. Le coût complet de démantèlement d'une éolienne est chiffré par les entreprises spécialisées de 650 à 850 000 €. Le coût d'enlèvement de leur socle en béton hautement ferrillé n'est pas inférieur à 250 000 €, et encore s'il n'y a pas de pollution par les huiles des éoliennes. Chaque éolienne contient 600 litres d'huiles industrielles dont plusieurs fuites ont été observées. Il suffit de dix litres d'huile pour polluer le sol en milieu naturel et atteindre un taux critique ». Tous ces chiffres prouvent que ces cimetières d'éoliennes coûteraient beaucoup trop cher à démanteler, cela montre aussi toutes la pollution que peuvent engendrer ces éoliennes à l'abandon.⁶



Source 8: [Le démantèlement et le recyclage des éoliennes D'ou vient D3R](#)

Sources : [Le démantèlement et le recyclage des éoliennes D'ou vient D3R](#)

[Comment recycler les pales des éoliennes ?](#)

http://www.leparisien.fr/economie/eoliennes-le-recyclage-en-question-20-05-2019-8075565.php?fbclid=IwAR1c9EoGNf4AgLFhQ-8gCxs-Bo9sGKHBAW_pbaoVR5TIDMcCX0JhGiWve5A

[Parc éolien de Criel-sur-Mer - 1er démontage d'éolienne en France](#)

<http://www.journal-eolien.org/tout-sur-l-eolien/les-principales-technologies-eoliennes/> schéma éolienne

<http://lepetitrapporteurdunet.unblog.fr/2014/08/28/le-grand-mensonge-14-000-eoliennes-abandonnees-aux-usa/>

<https://www.temoignagefiscal.com/leolien-solution-ou-probleme/>

Nom du site	URL	Auteur	Date
Révolution énergétique	¹ Le démantèlement et le recyclage des éoliennes	Bernard Deboyser	18 Février 2019
Le Parisien	² http://www.leparisien.fr/economie/eoliennes-le-recyclage-en-question-20-05-2019-8075565.php?fbclid=IwAR1c9EoGNf4AgLFhQ-8gCxs-Bo9sGKHBAW_pbaoVR5TIDMcCX0JhGiWve5A	Erwan Benezet	20 Mai 2019
#LivingCircular Véolia	³ https://www.livingcircular.veolia.com/fr/industrie/comment-recycler-les-pales-des-eoliennes	/	7 Juin 2018
Le petit rapport du net	⁴ http://lepetitrapporteurdunet.unblog.fr/2014/08/28/le-grand-mensonge-14-000-eoliennes-abandonnees-aux-usa/	/	28 Août 2014
Le journal des énergies renouvelables	⁵ //	Frank Turlan	Magazine n°250 Janvier 2020
Témoignage fiscal	⁶ L'EOLIEN: SOLUTION OU PROBLEME?	Emmanuel Bolling	13 Décembre 2019