

ÉOLIEN TERRESTRE

QUEL DEVENIR

FI

95%

DES ÉLÉMENTS
D'UNE ÉOLIENNE
sont déjà
recyclables

▼ GRAND ANGLE

POUR LES ÉOLIENNES EN

N DE VIE

— Alors que les premiers parcs installés en France arrivent en fin de vie, se pose la question de la gestion des éoliennes démantelées. Réemploi, marché de seconde main et recyclage font partie des solutions développées.

« Les volumes futurs vont nécessiter des solutions à l'échelle industrielle. »

SÉBASTIEN
DUCHESNE,
fondateur de
Mywindparts

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. La Commission de régulation de l'énergie (CRE) propose également d'intégrer la recyclabilité comme critère de notation des projets candidats aux appels d'offres.

Aujourd'hui, la loi prévoit que les exploitants provisionnent 50 000 € pour assurer le démantèlement de chaque éolienne. Ils ont obligation de démanteler les parcs en fin de vie, d'évacuer les déchets vers les filières existantes et de remettre le site à l'état initial. Il s'agit donc d'aller plus loin, pour rendre plus vertueux le cycle de vie des éoliennes.

D'ici 2025, le volume des parcs arrivant en fin de vie deviendra conséquent, et ce volume ira en s'accroissant : en France, la filière est montée en puissance à partir de 2005. À titre d'exemple, l'Allemagne, qui s'est lancée plus tôt dans l'éolien, compte déjà 1 à 2 GW d'éoliennes qui arrivent en fin de vie chaque année.

De quoi parle-t-on ?

Une éolienne de 2 MW est constituée de fondations (entre 800 et 1 000 tonnes de béton et d'acier), d'un mât (250 à 300 tonnes d'acier), de câblages (constitués d'aluminium, de cuivre...) et de pales (en fibres composites). « Pour le béton et l'acier, qui constituent

en masse 95 % des éoliennes, les filières de recyclage et de valorisation sont déjà bien structurées. Les flux provenant de la filière éolienne sont largement absorbables », estime Sébastien Billeau, ingénieur à l'Ademe. L'enjeu pour la filière se situe surtout au niveau du devenir des pales et des aimants permanents, contenant des terres rares. « Seulement 3 % des éoliennes terrestres ont des aimants permanents en France. Ils sont surtout utilisés pour l'éolien offshore. La problématique de leur recyclage sera donc plus tardive », analyse l'expert de l'Ademe.

En revanche, la revalorisation des pales constitue d'ores et déjà un véritable enjeu. Les pales devraient représenter 50 000 tonnes de déchets en 2020 à l'échelle mondiale, 200 000 tonnes d'ici 2034.

Ces éléments sont constitués de matériaux composites : résine et fibre de verre pour les technologies anciennes, résine et fibre de carbone pour les technologies plus récentes. Ces matériaux sont utilisés dans d'autres secteurs comme l'aéronautique ou la navigation. Des ponts pourraient donc être trouvés pour valoriser les différents gisements.

« Aujourd'hui, les pales sont réutilisées en mobilier urbain, parcs d'enfants, murs antibruit, mais ces réemplois sont anecdotiques et ne résolvent le problème qu'à court terme. Les volumes futurs vont nécessiter des solutions à l'échelle industrielle », note Sébastien Duchesne, fondateur de Mywindparts, spécialisée dans les pièces détachées des éoliennes. ▶

ÉOLIEN TERRESTRE

► La valorisation énergétique prédomine aujourd'hui

La principale solution utilisée aujourd'hui est la valorisation énergétique. Pour les éoliennes à base de fibre de verre, les procédés de valorisation matière sont en effet coûteux et les débouchés à faible valeur. La plupart du temps, les pales sont donc broyées et valorisées énergétiquement dans le secteur de la cimenterie. C'est le cas en Allemagne, qui a mis en place une interdiction de mise en décharge des pales.

Veolia possède déjà une activité de démantèlement et de recyclage des éoliennes outre Rhin. Celle-ci cherche à optimiser toute la chaîne de démantèlement. « Chaque pièce est soit très lourde, soit très longue : les rotors, par exemple, mesurent 17 m de diamètre pour les éoliennes installées dans les années 1980, 160 m pour celles qui sont fabriquées aujourd'hui et jusqu'à 250 m pour celles qui seront mises en service demain. Il faut donc des véhicules très volumineux pour les transporter jusqu'à un centre de traitement », explique un représentant de la société.

En 2014, elle a mis au point une « gigantesque scie à pales d'éoliennes » pour les découper sur place, afin d'en faciliter le transport. « Nous sommes les seuls à le faire. La scie mobile économise du CO₂, car il n'est plus nécessaire de transporter les pales par la route, ce qui est également coûteux », indique la société. Les matériaux métalliques et le béton sont recyclés dans les filières existantes (métaux et travaux publics). Les fibres de verre des pales sont broyées et mélangées à d'autres composants, afin d'être réutilisées comme combustible solide dans l'industrie du ciment.

Les solutions à venir

Pour les fibres carbone, utilisées pour la fabrication des dernières générations d'éoliennes, d'autres procédés sont envisagés pour valoriser la matière : la pyrolyse (décomposition chimique à haute température) ou la solvolysse (décomposition à partir d'un solvant). « À l'issue de ces procédés, les propriétés mécaniques du matériau sont légèrement détériorées, mais il peut être réutilisé dans de nombreuses filières », indique Sébastien Billeau.

Veolia étudie actuellement ces différentes solutions. La solvolysse apparaît comme un procédé prometteur qui « permettrait de recycler à la fois la fibre et la résine polymère ». « Nous en sommes pour le moment à une échelle pilote en laboratoire, mais nous avons des pistes de développement en cours en Europe pour le faire à l'échelle du pilote industriel », précise son représentant.



© Nordex

Le prolongement de la durée de vie des parcs par le changement de pièces doit être une priorité.

En 2016, Suez s'est rapprochée de la start-up Xcrusher afin de développer une méthode de recyclage basée sur l'utilisation de courant électrique en pulsion pour séparer résine et fibre de carbone. La fibre obtenue, débarrassée des résines, présenterait des propriétés identiques à celles d'une fibre neuve. Une première unité opérationnelle pourrait être mise en service fin 2019 pour traiter 300 tonnes de déchets par an. Des réflexions sont également menées sur l'éco-conception, et notamment l'utilisation de produits thermoplastiques qui peuvent être réutilisés entièrement. Le projet Effiwind, mené par Arkema depuis 2016, et soutenu dans le cadre des Investissements d'avenir, vise à développer une résine thermodurcissable permettant d'isoler la fibre de verre et la résine lors du recyclage. Fin 2016, une première pale de 25 mètres a été produite, permettant de valider le procédé.

Augmenter la durée de vie des éoliennes et favoriser le réemploi

D'autres solutions émergent en parallèle du recyclage. Car pour respecter la hiérarchie européenne de gestion des déchets, il faut d'abord prolonger la durée de vie des éoliennes, réutiliser les pièces dans un marché de seconde main, valoriser la matière, faire de la valorisation énergétique et, en dernier recours, mettre en décharge, rappelle l'expert de l'Ademe, Sébastien Billeau.

« Une éolienne peut durer quarante ans si elle est bien

« Pour le béton et l'acier, qui constituent en masse 95 % des éoliennes, les filières de recyclage et de valorisation sont déjà bien structurées. Les flux provenant de la filière éolienne sont largement absorbables. »

SÉBASTIEN BILLEAU,
ingénieur à l'Ademe



entretenu et ne connaît pas d'avarie, affirme Sébastien Duchesne, le spécialiste des pièces détachées. Les composants électriques et électroniques sont les plus fragiles et représentent 80 % des pannes. Après cinq à dix ans, les problèmes sont plutôt mécaniques. Après dix à douze ans, ils concernent le système hydraulique. Tout est potentiellement réparable, mais tout n'est pas économiquement pertinent », souligne-t-il.

Si la vente de pièces détachées constitue l'essentiel de l'activité de sa société Mywindparts, la réparation et le reconditionnement gagnent progressivement du terrain. « L'idée est de réduire le coût de la pièce par deux en assurant une garantie de 12 à 24 mois. », explique-t-il. Avec d'autres acteurs, Mywindparts a lancé l'association AD3R (Association pour le démantèlement, le recyclage, le reconditionnement et la revente) dont le but est de créer une filière pour gérer la fin de vie des éoliennes. Un projet pilote sera lancé, dans un premier temps, dans le Grand Est. « Au lieu de tout recycler, on va démanteler de manière vertueuse, reconditionner et revendre les pièces », explique Sébastien Duchesne.

Plusieurs marchés sont visés. L'Afrique, l'Amérique latine ou bien l'Europe de l'Est (Pologne et Hongrie notamment) sont des marchés friands d'éoliennes de seconde main. « Cela leur permet d'avoir accès aux

Une éolienne de
2
Mégawatts
est constituée de :

Fondations
env. 1 000 tonnes
de béton et d'acier

Mât
env. 300 tonnes
d'acier

Câblages
constitués
d'aluminium,
de cuivre...

Pales
en fibres
composites



Les fondations représentent entre
800 et 1 000 tonnes de béton et d'acier

énergies renouvelables à bas coût, avec des machines low cost », analyse Sébastien Duchesne. Mais avec la croissance des volumes d'éoliennes démantelées, ces marchés vont rapidement arriver à saturation.

La vente de composants réparés et reconditionnés devrait donc se développer dans les années à venir. Notamment pour réparer des éoliennes encore en fonctionnement, mais dont les pièces ne sont plus fabriquées. Pour Sébastien Duchesne, le recyclage ne doit arriver qu'en dernière option. « Par exemple, lorsqu'il n'y a pas de marché de pièces détachées, parce que la technologie a été peu développée ou lorsque l'entretien a été mal réalisé ». ①

Sophie Fabrégat

