

Les énergies marines renouvelables

Adopté par le C.A. de Bretagne Vivante du 6 juin 2020



Le contexte

Le système énergétique français repose encore essentiellement sur les énergies fossiles, fissiles et minérales. Les changements climatiques nous obligent à faire évoluer ce modèle fondé sur cette dépendance et une consommation dispendieuse (transports, chauffage...). **La transition énergétique doit nous permettre à terme de nous affranchir de toutes les sources fossiles et fissiles d'énergie** en développant les sources renouvelables. L'enjeu est d'assurer non seulement **une meilleure préservation de l'environnement**, de la biodiversité et de notre santé, mais aussi de favoriser la **création d'emplois qualifiés, pérennes et non délocalisables**.

Dans cette perspective, les **énergies marines renouvelables (EMR) apparaissent comme une opportunité majeure** pour les pays européens. Elles regroupent toutes les formes d'exploitation des ressources renouvelables issues des caractéristiques du milieu marin :

- l'énergie hydrolienne est produite à partir des courants marins
- l'énergie houlomotrice est issue de la houle,
- l'énergie marémotrice de la marée,
- l'énergie éolienne du vent en mer.

Les différences de température et de salinité peuvent également être utilisées.

L'éolien en mer est le type d'EMR le plus développé à l'heure actuelle. On distingue l'éolien posé (fixé aux fonds marins) et l'éolien flottant, dont la technologie est récente. En Europe, la majorité des parcs éoliens en fonctionnement se situent en mer Baltique et en mer du Nord. Le Royaume-Uni et le Danemark sont les deux premiers pays en termes de capacité pour l'ensemble des installations opérationnelles.

La France s'est fixé l'objectif de « neutralité carbone » à l'horizon de 2050 (Loi Energie-Climat du 8/11/2019). La [Programmation Pluriannuelle de l'Énergie](#) (PPE) établit les priorités d'actions du Gouvernement sur l'ensemble des formes d'énergie jusqu'en 2028. Elle prévoit ainsi que 30 % de la consommation finale brute d'énergie soit issue des énergies renouvelables en 2030. En particulier, il est prévu que l'éolien en mer fournisse 5,2 à 6,2 GW en 2028.

La Bretagne dispose d'atouts majeurs pour l'éolien flottant et l'hydrolien. Le potentiel techniquement exploitable (PTE) au large de la Bretagne est évalué à 67 GW pour l'éolien flottant, 8 GW pour l'hydrolien, et environ 6 GW pour les autres EMR. Bien que cette mesure soit une évaluation théorique ne prenant pas en compte les critères d'acceptabilité économique, sociale et environnementale, l'écart avec l'objectif national est élevé. La région offre un vaste espace maritime où le vent au large, est plus régulier et plus fort qu'à terre. Enfin, les courants marins sont puissants dans certains secteurs et offrent une énergie fiable et prédictible : un véritable atout pour l'indépendance énergétique des îles du Ponant.

Bretagne Vivante est impliquée sur des projets éoliens en mer depuis 2012 à travers la réalisation d'études environnementales ou la participation à des programmes de recherche appliquée (programme LARUS, programme CORMOR, projet Puffin des Baléares). **Par le travail de nos bénévoles et de nos salariés, nous avons développé une expertise reconnue.** Bretagne Vivante est également impliquée dans le suivi de projets éoliens en phase amont (Projet Eolfi Groix/Belle-Île). Dernièrement, elle est associée dans la démarche du débat public portée par la Commission particulière du débat public, dans le cadre de l'appel d'offres n°5 sur l'implantation d'un parc éolien en Bretagne Sud.

Les impacts potentiels des EMR sur les écosystèmes

L'implantation d'un projet EMR (sa construction), son fonctionnement et son démantèlement ne peuvent se faire sans impacts sur l'environnement. Par manque de recul sur ces technologies, de connaissances sur l'environnement marin et sur de nombreuses espèces, il est difficile de les estimer de façon exhaustive.

Ces impacts peuvent concerner :

- **L'avifaune** : en perturbant les habitats, les migrations ou en provoquant un risque de collision pour l'éolien (*Huppopp et al., 2006, Larsen et Guillemette, 2007 ; Dulac, 2008 ; Grecian et al., 2010 ; Furness et al., 2013, Marx 2017, Raoux, 2017*). Les Laridés, en particulier, le Goéland marin, brun et argenté, les Alcidés (le Pingouin Torda), le Fou de Bassan, le Puffin des Baléares sont des espèces particulièrement vulnérables dans les zones où sont envisagés les projets éoliens actuels (*Fortin et Gellinaud, 2010 ; Fortin et al., 2014*). Certains secteurs, fonctionnant comme des haltes migratoires, sont particulièrement sensibles : le Mor Braz ou la sortie de l'estuaire de la Loire par exemple.
- **Les chiroptères** (*Ahlén et al., 2007 et 2009 ; Dulac, 2008 ; Rodrigues et al., 2008 ; Heitz et Jung, 2016*) : par collision avec les éoliennes et effet d'attraction lumineuse. Ils semblent particulièrement présents entre les îles et entre les îles et le continent. Néanmoins, des études ont montré qu'ils peuvent migrer jusqu'à 30 km des côtes (*Cryan et Brown, 2007 ; Smith, 2013*). Des pipistrelles ont ainsi été observées à 45 km des côtes en mer du Nord (*Hill et Hüppopp, 2007*). Or, la mortalité des chiroptères par les éoliennes à terre est déjà observée et s'avère particulièrement élevée en période de migration (*Rydell et al., 2010 ; Cornut et Vincent, 2010*).
- **Les mammifères marins** : ils peuvent subir des perturbations sonores importantes lors de la construction des projets EMR (en particulier pour l'éolien posé) et en phase de fonctionnement des turbines (hydroliennes et houlomotrices) (*Nedwell et al., 2003 ; Thomsen et al., 2006 ; Nedwell et al., 2007 ; Mueller-Blenkle et al., 2010 ; Andersson, 2012*). La Bretagne Sud présente une grande richesse de mammifères marins, en particulier les dauphins communs.
- **Les poissons** : par destruction de zones fonctionnelles halieutiques (nourriceries, frayères...) (*Andersson, 2001, Nienhuis et al., 2011, Raoux, 2017*) et en cas d'impacts avec les turbines (hydroliennes et houlomotrices).
- **Les espèces électro et/ou magnéto-sensibles** tels que les cétacés, les tortues, les langoustes ou les élasmobranches tels que les raies et requins (*Boles et Lohman, 2003 ; Gill et al., 2005 ; Carlier et al., 2019*) : ils pourraient être perturbés par les impacts électromagnétiques des câbles car ils utilisent le champ magnétique terrestre pour s'orienter lors de leurs déplacements et pour repérer leurs proies.
- **Les habitats benthiques fragiles** (herbiers de zostères, bancs de maërls...) : par destruction lors de l'implantation de fondations, par le passage et le ragage de câbles électriques (*Wilhelmsson et al., 2010 ; Miller et al., 2013 ; Raoux, 2017*), ou par modification des conditions environnementales en raison d'effets hydrodynamiques liés au fonctionnement de turbines immergées.
- **La qualité de l'eau** : par la diffusion de produits chimiques, de lubrifiants des machines et si des anodes sacrificielles sont utilisées.
- **Les espaces côtiers** : par les aménagements induits sur le littoral : installation d'atterrage, plateforme logistique, station électrique, pose de câbles, etc.

Par ailleurs, il est possible qu'un projet EMR ait un effet « récif » : les structures peuvent constituer un substrat favorable à l'implantation de certaines espèces (ex : moules) qui attireraient tous les autres maillons de la chaîne alimentaire (*Inger et al., 2009 ; Wilson et Elliott, 2009 ; Raoux, 2017*).

Les impacts des EMR seront très différents d'un projet à l'autre, selon les technologies utilisées et les caractéristiques des sites d'implantation. Il semble que les impacts soient moindres pour les projets à faible emprise sur les fonds marins et prévus au large (ex : éolien flottant, projets houlomoteurs et hydroliens au large), ou les projets houlomoteurs et hydroliens associés à des ouvrages côtiers préexistants (ex : digue). En outre, les projets au large auront probablement des effets sur un nombre inférieur d'oiseaux marins.

La prise en compte de l'environnement dans le cadre de projets EMR doit répondre à un cadre réglementaire. Celui-ci prévoit la réalisation d'un diagnostic environnemental, d'une étude d'impact environnementale intégrant la démarche « ERC » (éviter, réduire, compenser), d'un suivi environnemental et d'une évaluation environnementale. Néanmoins, la qualité des études environnementales est fortement limitée par le manque de données disponibles. Le cadre administratif actuel est dépassé par rapport au temps nécessaire pour acquérir des données et par la complexité des modèles quantitatifs permettant d'évaluer les impacts (Carlier et al, 2019).

Les revendications de Bretagne Vivante

Bretagne Vivante se prononce **pour la mise en œuvre des EMR** les plus respectueuses possible des milieux et des espèces marines, **sous certaines conditions**.

1. Réduire notre consommation d'énergie et nous affranchir de l'énergie nucléaire et des énergies fossiles.

Bretagne Vivante déplore le manque d'ambition affichée dans la PPE concernant les EMR autre que l'éolien en mer. Le développement des EMR doit être accompagné d'une politique affirmée et ambitieuse d'économies d'énergie dans tous les secteurs et notamment de rénovation énergétique de l'habitat et du tertiaire, de substitution transitoire raisonnée vers des combustibles et carburants moins nocifs pour la santé et le climat, d'une diminution de la production d'énergie nucléaire, de lutte contre le gaspillage et d'éducation à l'écocitoyenneté. Nous savons qu'il est impossible de réduire à zéro l'impact d'une source d'énergie : la plus propre reste toujours celle que l'on ne consomme pas. Les économies d'énergie sont ainsi au cœur des préoccupations de Bretagne Vivante.

Par ailleurs, il est important que l'électricité produite par un parc EMR soit utilisée dans un périmètre restreint autour de la station d'atterrissage afin de réduire le transport d'électricité et les impacts afférents (ligne THT, lignes enterrées...) et de renforcer la résilience des territoires environnants.

2. Mener une réflexion sur les filières EMR les moins impactantes en soutenant la recherche.

Afin d'effectuer les choix les plus judicieux, des investissements doivent être réalisés pour mener des recherches concernant :

- **L'environnement marin et la biodiversité marine.** De façon indépendante des projets EMR et en prenant en compte les évaluations environnementales effectuées dans le cadre des Documents Stratégiques de Façade (DSF), il est nécessaire d'identifier les enjeux prioritaires (en termes d'environnements et d'espèces) sur lesquels les connaissances font défaut et de mener des recherches pour les combler. Cela permettrait d'alimenter les réflexions stratégiques participant à la conservation des espèces et de l'environnement.
- **Les impacts environnementaux des EMR de façon générale.** Il est également nécessaire de préparer les études d'impact en réalisant des diagnostics environnementaux fins, sur les sites à vocation, identifiés par le DSF et ce, avant même l'attribution de l'appel d'offres.
- **Les techniques pour diminuer ces impacts.** Par exemple : diminuer l'attraction lumineuse des éoliennes pour l'avifaune et les chiroptères, diminuer les nuisances sonores lors de travaux.

En tant qu'expert, Bretagne Vivante se doit d'être force de proposition de projets de recherche.

3. Défendre la biodiversité et respecter la nature par des mesures adaptées :

- Les études environnementales réglementaires doivent être réalisées selon une méthodologie adaptée : suivant des protocoles communs, faisant appel à des méthodes complémentaires (observations par avion, en mer, en plongée, et via les navires de maintenance) et selon un calendrier cohérent avec le cycle biologique des espèces considérées : diagnostics et suivis inter-saisonniers et interannuels réguliers.
- Bretagne Vivante demande qu'une vigilance particulière soit apportée aux zones protégées (AMP, Natura 2000, trame bleu marine...).

- Bretagne Vivante insiste sur l'importance d'éviter l'implantation de projet EMR dans les zones d'intérêt fonctionnel significatif pour la biodiversité. Lors du choix de localisation des projets EMR, nous demandons que soient pris en compte les schémas de migration des mammifères marins, de l'avifaune et des chiroptères ; et qu'il n'y ait pas de projets EMR à proximité d'haltes migratoires, de zones de nidification, de reproduction et de nourrissage. En cas de multiplication des projets, il est important de laisser des couloirs de migration et de mener des études de cumuls d'impacts.
- La sensibilité des espèces et des milieux doit être prise en compte dans la planification des projets. Ainsi, il convient de mener les travaux en dehors des périodes de migration des mammifères marins.
- De même, Bretagne Vivante souhaite qu'une perte de rentabilité liée à un bridage ponctuel en fonction de la sensibilité des espèces soit intégrée aux projets EMR. Par exemple, l'arrêt des éoliennes doit être prévu lorsque l'avifaune et les chiroptères sont particulièrement vulnérables : lors de nuits chaudes, en l'absence de précipitation et par vent faible.

Bretagne Vivante sera attentive à l'adoption de mesures ERC pertinentes et en adéquation avec son [positionnement sur la compensation écologique](#). Il est important que Bretagne Vivante continue à être force de proposition de mesures ERC.

4. Mettre en place un suivi environnemental indépendant selon une approche globale.

Il nous paraît nécessaire que soient pris en compte les impacts cumulés de l'implantation de différents projets EMR et des activités anthropiques. Bretagne Vivante demande que soit créé **un seul et même conseil scientifique indépendant**, en charge du **suivi des impacts environnementaux cumulés à l'échelle d'une même façade maritime** et si possible à l'échelle d'un même ensemble biogéographique.

Il est également nécessaire d'effectuer un contrôle et un suivi de l'efficacité des mesures ERC et de les adapter si besoin, tout au long de la vie du projet EMR.

Bretagne Vivante demande à être présente dans les comités scientifiques de suivi des projets EMR.

5. Assurer la transparence des études environnementales et leur libre accès.

La disponibilité des données est un élément essentiel pour veiller à la transparence des projets et améliorer nos connaissances sur l'environnement marin. L'État doit coordonner l'élaboration d'une base de données centralisant les informations issues des études environnementales de l'ensemble des projets EMR.

6. Garantir des engagements financiers sur le long terme pour réaliser les études environnementales.

7. Assurer des moyens financiers supplémentaires pour la protection de l'environnement.

Il nous paraît indispensable que la taxe annuelle sur les installations des parcs éoliens offshore permette d'assurer la protection du milieu marin. Pour cela, une part plus importante devrait être attribuée à l'OFB et aux APNE qui réalisent des expertises et participent à la concertation. Enfin, l'utilisation de la taxe par les collectivités locales devrait être conditionnée à des projets de gestion de l'environnement, dont le suivi serait assuré par des structures tierces.

8. Assurer un impact positif sur l'économie locale et favoriser le développement d'une filière EMR forte en Bretagne.

Le maître d'œuvre d'un projet EMR devra mobiliser les acteurs économiques locaux pour toutes les technologies des EMR, favorisant ainsi le développement d'une filière EMR compétente. Les emplois induits seront ainsi pérennes et non délocalisables.

9. Mettre en place une démocratie environnementale

Le Grenelle de la mer (2009) a confirmé le principe de gouvernance à cinq dans laquelle les APNE ont désormais leur place aux côtés de l'État, des élus, des professionnels et des syndicats. Malgré les progrès réalisés depuis le lancement des premiers appels d'offre sur l'éolien en mer, des avancées sont encore possibles :

- **Suivre une démarche de co-construction**, car elle permet de favoriser l'appropriation des projets et d'assurer une meilleure prise en compte de l'environnement.
- **Mettre en œuvre une réelle concertation tout au long de la vie du projet**. Cette concertation doit être menée dès l'élaboration d'un projet EMR et jusqu'à la remise en état du site après la phase d'exploitation. Elle devrait porter sur l'ensemble des éléments du projet, sans oublier la partie terrestre, au-delà du point d'atterrissage, dont la gestion revient à RTE.
- Permettre la **participation citoyenne** dans le cadre de cette concertation : **les citoyens, les collectivités locales et les APNE, dont Bretagne Vivante**, doivent être impliqués davantage. Il est important d'associer les citoyens en amont des décisions et de leur permettre de participer aux discussions relatives à l'orientation des financements. Il est nécessaire de reconnaître officiellement la place des APNE dans le processus de prise de décisions.
- **Accorder une compensation financière pour mission de service public** aux APNE et citoyens qui sont impliqués dans les processus de participation citoyenne. Cette compensation financière pourrait être alimentée par les flux financiers générés par les activités maritimes.
- La transparence des études environnementales demandées ci-dessus est indispensable à une démocratie environnementale. De même, des outils d'accompagnement des associations et des citoyens pour une approche critique des projets devraient être développés. Pour le moment, seul l'« Eoloscope Offshore » en cours d'élaboration au sein de FNE et de FBNE est prévu.

Positionnement adopté par le C.A. de Bretagne Vivante du 6 juin 2020

Bibliographie

Ahlén I., Bach L., Baagoe H. J. et Pettersson J., 2007. *Bats and offshore wind turbines studied in southern Scandinavia*. Report 5571. Swedish Environmental Protection Agency, 36 pages.

Ahlén J., Baagoe H. J. et Bach L., 2009. Behavior of Scandinavian bats during migration and foraging at sea. *Journal of Mammalogy*, 90(6) : 1318-1323

Andersson M. 2001. *Offshore wind farms - Ecological effects of noise and habitat alteration on fish*. Thèse de doctorat. Stockholm University, Sweden. 48 pp.

Andersson M., Lagenfelt I. et Sigray P., 2012. Do ocean-based wind farms alter the migration pattern in the endangered European silver eel (*Anguilla anguilla*) due to noise disturbance? In: Popper A.N. et Hawkins A. (dir.) *Proceeding of the second international conference: The effects of noise on aquatic life*, Advances in Experimental Medicine and Biologie, p. : 393-396.

Boles L. C. et Lohmann K. J. 2003. True navigation and magnetic maps in spiny lobsters. *Nature* 421, 60-63.

Carlier A., Vogel C. et Alemany J., 2019. *Synthèse des connaissances sur les impacts des câbles électriques sous-marins : Phases de travaux et d'exploitation. Etude du compartiment benthique et des ressources halieutiques*. ODE/DYNECO/LEBCO/2019. <https://doi.org/10.13155/61975>

Cornut J. et Vincent S., 2010. *Suivi de la mortalité des chiroptères sur deux parcs éoliens du sud de la région Rhône-Alpes*. LPO Drôme, 43 p.

Cryan P. M. et Brown A. C., 2007. Migration of bats past a remote island offers clues toward the problem of bat fatalities at wind turbines. *Biological conservation*, 139(1-2), 1-11

Cryan P. M. et Barclay R. M. R., 2009. Causes of bat fatalities at wind turbines: hypotheses and predictions. *Journal of Mammalogy*, 90: 1330–1340

Dulac P., 2008. *Evaluation de l'impact du parc éolien de Bouin (Vendée) sur l'avifaune et les chauves-souris. Bilan de 5 années de suivi*. LPO délégation Vendée / ADEME Pays de la Loire / Conseil Régional des Pays de la Loire, La Roche-sur-Yon - Nantes, 106 p.

Fortin M. et Gelinaud G., 2010. *Oiseaux marins du Mor Braz, Synthèse des connaissances : Populations nicheuses, mouvements migratoires et stationnement hivernaux*. Bretagne Vivante – SEPNB. 44 p.

Fortin M., Callard B., Latraube F., Ouvrad E., 2014. *Diagnostic environnemental 2013-2014 pour le groupe avifaune et évaluation du risque d'impact dans le cadre du projet de parc éolien en mer de Saint-Nazaire*. Bretagne Vivante – SEPNB. 445 p.

Furness, R. W., Wade, H. M., & Masden, E. A., 2013. Assessing vulnerability of marine bird populations to offshore wind farms. *Journal of environmental management*, 119, 56-66

Gill A.B., Gloyne-Phillips I., Neal, K.J. et Kimber, J.A., 2005. *The Potential Effects of Electromagnetic Fields Generated by Sub-Sea Power Cables Associated with Offshore Wind Farm Developments on Electrically and Magnetically Sensitive Marine Organisms*. COWRIE 1.5 Electromagnetic Fields Review. COWRIE Ed. 128 p.

Grecian W. J., Inger R., Attrill M. J., Bearhop S., Godley B. J., Witt M. J. et Votier S. C., 2010. Potential impacts of wave-powered marine renewable energy installations on marine birds. *Ibis*, 152(4), 683-697.

Heitz C. et Jung L., 2016. *Impact de l'activité éolienne sur les populations de chiroptères : enjeux et solutions (étude bibliographique)*. Ecosphère. 149 p.

Hill R. et Hüppop O., 2007. *Birds and bats: automatic recording of flight calls and their value for the study of migration*. Institute of Avian Research Vogelwarte Helgoland, Helgoland, Allemagne. 6 p.

Hüppop O., Dierschke J., Exo K. M., Fredrich E. et Hill R., 2006. Bird migration studies and potential collision risk with offshore wind turbines. *Ibis*. 148, 90-109.

- Inger R., Attrill M. J., Bearhop S., Broderick A. C., James Grecian W., Hodgson D. J., et Godley B. J., 2009. Marine renewable energy: potential benefits to biodiversity? An urgent call for research. *Journal of applied ecology*, 46(6), 1145-1153.
- Larsen J. K. et Guillemette M., 2007. Effects of wind turbines on flight behavior of wintering Common Eiders: implications for habitat use and collision risk. *Journal of Applied Ecology* 44:516-522.
- Marx G., 2017. *Le parc éolien français et ses impacts sur l'avifaune. Etude des suivis de mortalité réalisés en France de 1997 à 2005*. LPO France / ADEME / Ministère de l'Environnement de l'Energie et de la Mer. 92 p.
- Miller R. G., Hutchison Z. L., Macleod A. K., Burrows M. T., Cook E. J., Last K. S. et Wilson B., 2013. Marine renewable energy development: assessing the Benthic Footprint at multiple scales. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 11, 433-440.
- Mueller-Blenkle C., McGregor P.K., Gill A.B., Andersson M.H., Metcalfe J., Bendall V., Sigray P., Wood D.T. et Thomsen F., 2010. *Effects of Pile-driving Noise on the Behaviour of Marine Fish*. Rapport technique. COWRIE Ref: Fish 06-08 / Cefas Ref: C3371. 62p.
- Nedwell J., Langoworthy J. et Howell D., 2003. *Assessment of sub-sea acoustic noise and vibration from offshore wind turbines and its impact on marine wildlife; initial measurements of underwater noise during construction of offshore windfarms, and comparison with background noise*. Subacoustech Ltd. Report n° 544 R 0424 to COWRIE. 56 p.
- Nedwell J.R., Parvin S.J., Edwards B., Workman R. et Brooker, A.G. 2007. *Measurement and Interpretation of Underwater Noise During Construction and Operation of Offshore Windfarms in UK Waters*. Subacoustech Ltd report n° 544R0738 to COWRIE Ltd. NOISE-03-2003. 85 p.
- Nienhuis S. B. et Dunlop E. S., 2011. *The potential effects of offshore wind power projects on fish and fish habitat in the Great Lakes*. Ministry of Natural Resources, Aquatic Research and Development Section
- Raoux A. 2017. *Approche écosystémique des énergies marines renouvelables : étude des effets sur le réseau trophique de la construction du parc éolien au large de Courseulles-sur-Mer et du cumul d'impacts*. Thèse de doctorat. Ecologie, Environnement. Normandie Université. 279 p.
- Rodrigues L., Bach L., Dubourg-Savage M.-J., Goodwin J. et Harbusch C., 2008. *Lignes directrices pour la prise en compte des chauves-souris dans les projets éoliens*. EUROBATS Publication Series N° 3 (version française). PNUE/EUROBATS Secretariat, Bonn, Allemagne, 55 p.
- Rydell J., Bach L., Dubourg-Savage M.-J., Green M., Rodrigues L. et Hedenström A., 2010. Mortality of bats at wind turbines links to nocturnal insect migration? *European Journal of Wildlife Research*, 56(6) : 823-827
- Smith A., 2013. *Migration and stopover ecology of songbirds and bats along a major ecological barrier*. Thèse de doctorat. University of Rhode Island, 128 p.
- Thomsen F., Lüdemann K., Kafemann R. et Piper W., 2006. *Effects of offshore wind farm noise on marine mammals and fish*. COWRIE report. 62 pp.
- Wilhelmsson D., Malm T., Thompons R., Tchou J., Sarantakos G., McCormick N., Luitjens S., Gullstrom M., Patterson Edwards J., Amir O. et Dubi A., 2010. *Greening Blue Energy : Identifying and managing the biodiversity risks and opportunities of offshore renewable energy*. Edited by Dan Wilhelmsson. 104 p.
- Wilson J. C. et Elliott M., 2009. The habitat-creation potential of offshore wind farms. *Wind Energy: An International Journal for Progress and Applications in Wind Power Conversion Technology*, 12(2), 203-212.