

DIRECTIVES ENVIRONNEMENTALES, SANITAIRES ET SÉCURITAIRES POUR L'ÉNERGIE ÉOLIENNE

INTRODUCTION

1. Les Directives environnementales, sanitaires et sécuritaires (Directives EHS) sont des documents de références techniques qui présentent des exemples de bonnes pratiques internationales, de champ d'application générale ou concernant une branche d'activité particulière¹. Lorsqu'un ou plusieurs États membres participent à un projet du Groupe de la Banque mondiale, les Directives EHS doivent être suivies conformément aux politiques et normes de ces pays. Les Directives EHS établies pour les différentes branches d'activité sont conçues pour être utilisées conjointement avec les **Directives EHS générales**, qui présentent des principes directeurs environnementaux, sanitaires et sécuritaires applicables dans tous les domaines. Les projets complexes peuvent exiger l'application de plusieurs directives couvrant des branches d'activité différentes. La liste complète de ces directives figure à l'adresse suivante : www.ifc.org/ehsguidelines.
2. Les Directives EHS indiquent les mesures et niveaux de performance qui sont généralement considérés comme réalisables dans de nouvelles installations avec les technologies existantes à un coût raisonnable. L'application des Directives EHS dans des installations existantes peut nécessiter la définition d'objectifs spécifiques à chaque site et l'établissement d'un calendrier adapté pour atteindre ces objectifs.
3. Le champ d'application des Directives EHS doit être fonction des aléas et des risques identifiés pour chaque projet sur la base des résultats d'une évaluation environnementale qui prend en compte des éléments spécifiques au site du projet, comme les conditions en vigueur dans le pays dans lequel le projet est réalisé, la capacité d'assimilation de l'environnement et d'autres facteurs propres au projet. Le champ d'application de recommandations techniques particulières doit être établi sur la base de l'opinion professionnelle de personnes qualifiées et expérimentées.
4. Si les seuils et normes stipulés dans les réglementations du pays d'accueil diffèrent de ceux indiqués dans les Directives EHS, les normes les plus rigoureuses seront retenues pour les projets menés dans ce pays. Si des mesures ou niveaux moins contraignants que ceux des Directives EHS peuvent être retenus pour des raisons particulières dans le contexte du projet, une justification détaillée pour chacune de ces autres options doit être présentée dans le cadre de l'évaluation environnementale du site considéré. Cette justification devra montrer que les niveaux de performance proposés permettent de protéger la santé humaine et l'environnement.

¹ C'est-à-dire les pratiques que l'on peut raisonnablement attendre de professionnels qualifiés et chevronnés faisant preuve de compétence professionnelle, de diligence, de prudence et de prévoyance dans le cadre de la poursuite d'activités du même type dans des circonstances identiques ou similaires partout dans le monde. Les circonstances que des professionnels qualifiés et chevronnés peuvent rencontrer lorsqu'ils évaluent toute la gamme des techniques de prévention de la pollution et de dépollution applicables dans le cadre d'un projet peuvent inclure, sans toutefois s'y limiter, divers degrés de dégradation environnementale et de capacité d'assimilation de l'environnement ainsi que différents niveaux de faisabilité financière et technique.

CHAMP D'APPLICATION

5. Les Directives EHS pour l'énergie éolienne contiennent des informations sur les aspects environnementaux, sanitaires et sécuritaires liés aux installations éoliennes à terre et en mer. Elles devraient être appliquées aux installations éoliennes dès les premières études de faisabilité ainsi qu'au moment de l'étude d'impact sur l'environnement, et continuer de l'être tout au long des phases de construction et d'exploitation. L'annexe A présente une description complète de cette branche d'activité. Les questions environnementales, sanitaires et sécuritaires associées à la construction et à l'exploitation des lignes de transmission sont traitées dans les **Directives EHS pour le transport et la distribution de l'électricité**.

Le présent document est organisé comme suit :

1. Description et gestion des impacts propres aux activités considérées	2
1.1 Environnement.....	2
1.2 Hygiène et sécurité au travail.....	13
1.3 Santé et sécurité des populations.....	17
2. Suivi des indicateurs de performance	23
2.1 Environnement.....	23
2.2 Hygiène et sécurité au travail.....	25
3. Bibliographie	27
Annexe A. Description générale de la branche d'activité	34

1. DESCRIPTION ET GESTION DES IMPACTS PROPRES AUX ACTIVITÉS CONSIDÉRÉES

6. Cette section comporte un résumé des questions d'ordre environnemental, sanitaire et sécuritaire associées aux installations éoliennes, ainsi que des recommandations sur la manière de les gérer. Comme indiqué dans l'introduction des **Directives EHS générales**, l'approche générale de la gestion des questions environnementales, sanitaires et sécuritaires devrait tenir compte des impacts potentiels le plus tôt possible dans le cycle du projet, et notamment intégrer ces considérations lors de la sélection du site, afin de maximiser la gamme des options disponibles pour éviter et réduire au minimum les impacts négatifs potentiels. Il est important de noter que de nombreux impacts sur l'environnement, la santé et la sécurité peuvent être évités en choisissant soigneusement le site des installations éoliennes.

1.1 Environnement

7. Les travaux de construction des installations éoliennes comprennent généralement : le défrichage en vue de l'aménagement du terrain et des voies de desserte ; l'excavation, le dynamitage et le remblayage ; le transport des matériaux et des combustibles ; la construction des fondations comprenant l'excavation et la mise en place du béton ; l'utilisation de grues pour le déchargement et l'installation du matériel ; la construction et l'installation des infrastructures connexes²; l'installation de conducteurs aériens et de câbles (enterrés ou non) ; la mise en service du matériel neuf. Les activités de déclassement peuvent comprendre l'enlèvement de l'infrastructure du projet et la remise en état du site.

² Voir annexe A

7 août 2015

8. Les impacts environnementaux associés à la construction, à l'exploitation et au déclassement des installations éoliennes peuvent comprendre, entre autres, les impacts sur l'environnement physique (comme le bruit ou l'impact visuel) et sur la biodiversité (les oiseaux et les chiroptères, par exemple). Les installations éoliennes étant généralement situées dans des zones isolées, le transport des équipements et des matériaux pendant la construction et le déclassement peut présenter des défis logistiques (par exemple, le transport de structures longues et rigides comme les pales et les sections lourdes des tours). Des recommandations concernant la gestion de ces questions environnementales, sanitaires et sécuritaires figurent à la section sur la construction et le déclassement des **Directives EHS générales**. La construction de routes de desserte pour l'implantation d'installations éoliennes sur des sites éloignés peut entraîner des risques supplémentaires, notamment des impacts négatifs sur la biodiversité et un accès induit à des zones relativement inaccessibles. Les **Directives EHS pour les routes à péage** fournissent des orientations complémentaires sur la prévention et la maîtrise des impacts associés à la construction et à l'exploitation des infrastructures routières.

9. Les problèmes environnementaux associés à la construction, à l'exploitation et au démantèlement des installations et projets éoliens sont les suivants :

- Impacts sur le paysage terrestre ou marin et impacts visuels
- Bruit
- Biodiversité
- Battement d'ombre
- Qualité de l'eau

10. Compte tenu de la nature des installations éoliennes, ce secteur est susceptible d'avoir des impacts environnementaux et sociaux cumulatifs. En l'absence d'orientations nationales pertinentes concernant l'évaluation de ces impacts, on se référera aux guides sectoriels internationaux de bonnes pratiques³. Les évaluations des impacts cumulatifs sont particulièrement justifiées lorsque plusieurs installations éoliennes sont situées à proximité immédiate de récepteurs sensibles tels que des zones de grande valeur pour la biodiversité.

1.1.1 Impacts sur le paysage terrestre ou marin et impacts visuels

11. Selon son emplacement, une installation éolienne peut avoir un impact sur le paysage, surtout si elle est visible depuis des zones résidentielles ou des sites touristiques ou si elle est située à proximité de celles-ci. Les impacts visuels des projets éoliens ont généralement trait aux éoliennes installées et en exploitation (couleur, hauteur, nombre, etc.).

12. D'autres impacts peuvent également découler de l'interaction entre les installations éoliennes en exploitation et le paysage terrestre ou marin environnant. Les impacts sur les zones protégées juridiquement et reconnues à l'échelle internationale comme étant importantes pour la biodiversité⁴ et les caractéristiques du patrimoine culturel⁵ sont également pris en compte. Il est recommandé de cartographier

³ Voir, par exemple : International Finance Corporation (IFC), *Good Practice Handbook on Cumulative Impact Assessment and Management: Guidance for the Private Sector in Emerging Markets* (2013); Canadian Wind Energy Association (CanWEA), *An Introduction to Wind Energy Development in Canada* (2011); Scottish Natural Heritage (SNH), *Assessing the Cumulative Impact of Onshore Wind Energy Developments* (2012).

⁴ Les « zones protégées juridiquement et reconnues à l'échelle internationale » sont définies au paragraphe 20 de la norme de performance IFC no. 6 (IFC, 2012).

⁵ Sites ayant des valeurs archéologiques, paléontologiques, historiques, culturelles, artistiques ou religieuses.

les zones d'influence visuelle et de préparer des images filaires et des photomontages à partir de points de vue clés afin d'éclairer le processus d'évaluation et de consultation.

13. Les mesures de prévention et de minimisation des impacts sur le paysage terrestre ou marin et des impacts visuels portent essentiellement sur l'implantation et la disposition des éoliennes et des infrastructures connexes, comme les tours météorologiques, les voies de desserte terrestres et les sous-stations.

14. La disposition, la taille et l'envergure des éoliennes par rapport au paysage terrestre ou marin et aux récepteurs visuels environnants (propriétés résidentielles, utilisateurs d'espaces ou d'itinéraires de loisirs, etc.) doivent être prises en compte.

15. Il en va de même pour la proximité des éoliennes par rapport aux établissements humains, aux zones résidentielles et aux autres récepteurs visuels, afin de réduire au minimum les impacts visuels et les impacts sur l'agrément résidentiel, dans la mesure du possible. Tous les angles de vue pertinents, notamment à partir des localités voisines, doivent être pris en compte lors du choix de l'emplacement des éoliennes.

16. D'autres mesures peuvent être prises pour réduire au minimum les impacts visuels :

- Tenir compte des observations des communautés lors du choix du site et de la disposition des éoliennes.
- Uniformiser la taille et la conception des éoliennes (type et hauteur des éoliennes et des tours, par exemple).
- Respecter les normes nationales concernant la signalisation des éoliennes, notamment les exigences en matière d'aviation, de navigation et d'environnement (voir la section Santé et sécurité des populations ci-dessous), le cas échéant.
- Limiter autant que possible la présence de structures auxiliaires sur le site en réduisant au minimum les infrastructures, y compris le nombre de routes, ainsi qu'en enfouissant les lignes électriques du réseau collecteur, en évitant le stockage des déblais ou des déchets de chantier et en enlevant les éoliennes hors service.
- Mettre en place des mesures de lutte contre l'érosion et végétaliser sans tarder les terres défrichées en utilisant des semences locales d'espèces indigènes.

1.1.2 Bruit

Bruit de construction

17. Le bruit de construction à terre devrait être limité afin de protéger les personnes vivant à proximité. Les activités génératrices de bruit comprennent le dynamitage, le battage de pieux, la construction de routes et de fondations d'éoliennes, ainsi que l'érection des éoliennes. Des orientations sur les niveaux de bruit acceptables sont données dans les **Directives EHS générales**.

18. Les vibrations et le bruit sous-marins provenant de la construction en mer – du battage des pieux, notamment – peuvent avoir des effets néfastes sur les organismes marins, dont les poissons, les mammifères marins et les tortues de mer. Les paramètres environnementaux qui régissent la propagation acoustique dans la mer dépendent de chaque site, et les espèces marines peuvent être affectées différemment selon leur sensibilité aux fréquences sonores sous-marines. Des évaluations doivent être réalisées pour déterminer les conditions dans lesquelles le bruit sous-marin peut avoir un impact significatif

sur les organismes marins et identifier les mesures d'atténuation appropriées.

Bruit de fonctionnement

19. Le bruit produit par les éoliennes provient de différents mécanismes, que l'on peut sommairement regrouper en sources mécaniques et aérodynamiques⁶. Les principaux composants mécaniques comprennent la boîte de vitesses, le générateur et les moteurs d'orientation, qui produisent chacun leurs propres caractéristiques sonores. D'autres systèmes mécaniques, tels que les ventilateurs et les moteurs hydrauliques, peuvent également contribuer aux émissions acoustiques globales. Le bruit mécanique provient des différents générateurs/machines en mouvement à l'intérieur des nacelles et des ouvertures dans l'enveloppe de la nacelle. Le mouvement de l'air sur les pales du rotor produit un bruit aérodynamique émis par divers processus lorsque l'air passe au-dessus et à côté des pales⁷.

20. L'impact sonore doit être évalué en appliquant les principes suivants :

- Les récepteurs devraient être choisis en fonction de leur sensibilité environnementale (humaine, animale ou faunique).
- Une modélisation préliminaire devrait être réalisée pour déterminer si une étude plus détaillée est nécessaire. Cette modélisation préliminaire peut être aussi simple que l'hypothèse d'une propagation hémisphérique (c'est-à-dire le rayonnement du son, dans toutes les directions, à partir d'un point source). Elle devrait se concentrer sur les récepteurs sensibles situés à moins de 2 000 mètres (m) de l'une quelconque des éoliennes constituant l'installation.
- Si la modélisation préliminaire indique que le bruit des éoliennes au niveau de tous les récepteurs sensibles est susceptible d'être inférieur à un LA90⁸ de 35 décibels (dB) (A) avec une vitesse du vent de 10 mètres/seconde (m/s) à 10 m de hauteur le jour comme la nuit, cette modélisation est probablement suffisante pour évaluer l'impact sonore⁹ ; dans le cas contraire, il est recommandé de procéder à une modélisation plus détaillée, qui peut comprendre des mesures du bruit ambiant.
- Toute modélisation devrait tenir compte du bruit cumulé de l'ensemble des installations éoliennes situées à proximité et susceptibles d'accroître les niveaux sonores.
- Si des critères de bruit fondés sur le bruit ambiant sont utilisés, le bruit de fond doit être mesuré en l'absence d'éoliennes, au niveau d'un ou de plusieurs récepteurs sensibles au bruit. Les récepteurs critiques sont souvent les plus proches de l'installation éolienne, mais si le récepteur le plus proche se trouve également à proximité d'autres sources de bruit importantes, un autre récepteur devra sans doute être utilisé.
- Le bruit de fond doit être mesuré sur une série d'intervalles de 10 minutes, et des pare-vents appropriés doivent être utilisés. Au moins cinq de ces mesures de 10 minutes d'intervalle doivent être effectuées pour chaque valeur entière de la vitesse du vent, à partir de la vitesse de démarrage (12 m/s)^{10, 11}.

⁶ En règle générale, le bruit émis par les éoliennes augmente avec la vitesse du vent.

⁷ B. Howe *et al.*, *Wind Turbines and Sound: Review and Best Practice Guidelines* (2007).

⁸ Niveau sonore dépassé pendant 90 % de la période de mesure, pondéré A.

⁹ ETSU, Rapport ETSU-R-97, "The Assessment and Rating of Noise from Wind Farms" (1997).

¹⁰ Institute of Acoustics (IOA), "A Good Practice Guide to the Application of ETSU-R-97 for the Assessment and Rating of Wind Turbine Noise" (2013).

¹¹ D. McLaughlin, "Wind Shear and Its Effect on Wind Turbine Noise Assessment," *Acoustics Bulletin*, July/August 2012, 39-42 (2012).

Mesures d'atténuation du bruit

21. Les mesures de prévention et de réduction du bruit ont principalement trait aux normes de conception technique et à l'emplacement des éoliennes. Avec les éoliennes modernes, le bruit mécanique est généralement nettement inférieur au bruit aérodynamique, et l'amélioration continue de leur profil aérodynamique réduit ce dernier¹².

22. Parmi les autres mesures de gestion du bruit recommandées, on peut citer :

- Le fonctionnement des éoliennes en mode à bruit réduit.
- La construction de murs ou d'écrans antibruit appropriés autour des bâtiments potentiellement affectés (uniquement envisageable en terrain vallonné, en raison de la hauteur des éoliennes).
- Le ralentissement des éoliennes lorsque la vitesse du vent est telle que le bruit devient inacceptable dans le contexte du projet.

23. Les mesures d'atténuation du bruit concernant les récepteurs écologiques en mer sont abordées à la section ci-dessous.

1.1.3 Biodiversité

24. Les installations éoliennes peuvent avoir des impacts négatifs directs et indirects sur la biodiversité terrestre et marine pendant les phases de construction, d'exploitation, d'entretien et de déclassement^{13, 14}. Ces impacts peuvent comprendre la mort des oiseaux et des chiroptères due aux collisions ; la mort des chiroptères due à l'impact potentiel des barotraumatismes pulmonaires¹⁵ ; le déplacement des espèces sauvages ; la conversion/dégradation des habitats^{16, 17, 18} ; et l'exposition des mammifères marins aux bruits causés par les installations en mer. Dans les milieux marins, les perturbations benthiques et les nouvelles structures peuvent également affecter les habitats existants et attirer de nouvelles espèces formant des habitats, comme les mollusques, les coraux et la végétation sous-marine¹⁹. L'emplacement des éoliennes opérationnelles peut perturber les trajets quotidiens des chiroptères et des oiseaux (par exemple, des aires

¹² Ibid.

¹³ D. Strickland *et al.*, "Comprehensive Guide to Studying Wind Energy/Wildlife Interactions," (Washington, D.C.: National Wind Coordinating Collaborative, 2011).

¹⁴ G. C. Ledec *et al.*, *Greening the Wind: Environmental and Social Considerations for Wind Power Development*, (Washington, D.C.: World Bank, 2011).

¹⁵ Les données disponibles semblent indiquer que les impacts sur les chiroptères liés aux barotraumatismes peuvent avoir été surestimés. Les publications suivantes devraient, entre autres, être dûment prises en compte : E. F. Baerwald *et al.*, "Barotrauma Is a Significant Cause of Bat Fatalities at Wind Turbines," *Current Biology* 18:R695-R696 (2008); D. Houck *et al.*, "A Computational and Analytical Study of Bats Flying near Wind Turbines: Implications Regarding Barotrauma," Oral presentation given at the National Wind Coordinating Committee, Wind-Wildlife Research Meeting IX, November 27–30, 2012, Denver, CO, USA (2012); K. E. Rollins *et al.*, "A Forensic Investigation into the Etiology of Bat Mortality at a Wind Farm: Barotrauma or Traumatic Injury?" *Veterinary Pathology* 49:362-371 (2012).

¹⁶ Hötter *et al.*, "Impacts on Biodiversity of Exploitation of Renewable Energy Sources : The Example of Birds and Bats – Facts, Gaps in Knowledge, Demands for Further Research, and Ornithological Guidelines for the Development of Renewable Energy Exploitation" (Bergenhusen: Michael-Otto-Institut im NABU, 2006).

¹⁷ J. M. Pearce-Higgins, "Distribution of Breeding Birds around Upland Wind Farms," *Journal of Applied Ecology* (2009).

¹⁸ Compte tenu de l'empreinte limitée des installations éoliennes, la conservation/dégradation des habitats est plus digne de considération dans le cas des habitats de grande valeur, notamment des habitats forestiers qui sont plus susceptibles d'être fragmentés.

¹⁹ J. Köller *et al.* (Eds.), *Offshore Wind Energy: Research on Environmental Impacts*, (Berlin, 2006).

7 août 2015

d'alimentation aux aires de repos ou de reproduction) et peut entraver les déplacements migratoires de certaines espèces sauvages^{20,21}. Des impacts négatifs peuvent également découler des infrastructures associées, en particulier des lignes électriques aériennes, des mâts météorologiques, des sous-stations, des câbles sous-marins, des routes, de l'éclairage et de la navigation des bateaux d'entretien.

25. Le choix du site est essentiel pour éviter et réduire au minimum les impacts négatifs potentiels sur la biodiversité. Il devrait reposer sur :

- La prise en compte de la proximité de l'installation éolienne proposée par rapport aux sites régionaux de grande valeur pour la biodiversité (y compris ceux situés au-delà des frontières nationales). Un examen précoce peut améliorer la sélection du site du projet au niveau régional ainsi que l'établissement des priorités en vue d'une évaluation plus approfondie, et ainsi réduire les impacts et les coûts évitables sur la biodiversité. Les sites importants aux niveaux local, régional et international peuvent comprendre : les aires protégées nationales et internationales (y compris les aires marines protégées), les zones importantes pour la conservation des oiseaux (ZICO), les zones clés pour la biodiversité (KBA), les sites de l'Alliance pour une extinction zéro (AZE), les sites Ramsar (zones humides d'importance internationale), ainsi que des sites communautaires connus et des écosystèmes uniques ou menacés. Ces sites peuvent être connus en tant que routes migratoires, zones humides, haltes migratoires, aires d'alimentation ou de reproduction importantes ; ils peuvent abriter des aires d'hibernation et de repos pour les chiroptères ; ils peuvent également présenter d'importantes caractéristiques topographiques, comme des lignes de crête, des vallées fluviales, des rivages et des zones riveraines. Les outils de sélection de sites peuvent inclure :
 - i) des évaluations environnementales stratégiques qui comparent la biodiversité et d'autres vulnérabilités environnementales de différentes zones à potentiel éolien ; ii) des cartes de vulnérabilités (superposées)²² ; iii) des ressources numériques qui permettent de visualiser les zones de grande valeur pour la biodiversité^{23, 24, 25} ; et iv) des plans de zonage.
- Dans le cas des installations en mer, la sélection du site pourrait comprendre une étude des zones importantes pour le cycle biologique des organismes marins, notamment des poissons, des mammifères marins et des tortues de mer (aires d'alimentation, de reproduction, de mise bas et de frai, etc.) ou d'autres habitats, comme les habitats des juvéniles, les bancs de moules/huîtres, les récifs, les herbes marines et les bancs de varech. Le choix du site peut également prévoir un examen des zones de pêche productives.
- La consultation avec les organismes de conservation nationaux et/ou internationaux pertinents aide également à éclairer le choix du site pour les installations à terre et en mer.

²⁰ A. L. Drewitt and H. W. Langston, "Assessing the Impacts of Wind Farms on Birds," *Ibis* 148, (2006): 29–42.

²¹ Masden *et al.*, "Barriers to Movements: Impacts of Wind Farms on Migrating Birds," *ICES Journal of Marine Science* 66 (2009): 746–753.

²² Par exemple, le projet sur les grands oiseaux planeurs migrateurs disponible à <http://migratorysoaringbirds.undp.birdlife.org/en>.

²³ Des outils tels que l'Outil d'évaluation intégrée de la biodiversité (IBAT) peuvent faciliter l'accès aux principales séries de données internationales. Voir www.ibat-alliance.org.

²⁴ Voir <http://www.protectedplanet.net/>

²⁵ European Commission (EC) Guidance Document, "Wind Energy Developments and Natura 2000," (2011).

Évaluations préalables à la construction

26. À la suite d'une étude exploratoire et documentaire, des informations de référence sur la biodiversité propres au site pourront être nécessaires pour éclairer l'évaluation de l'impact environnemental et social (EIES). Les études de référence sur la biodiversité, le cas échéant, devraient avoir lieu le plus tôt possible (par exemple, lors de l'érection des mâts météorologiques éoliens) et devraient tenir compte des saisons. Une approche par étapes des études sur la biodiversité pourrait être utile pour concevoir un effort proportionnel au stade de développement du projet, tenant également compte de la valeur actuelle de la biodiversité de la zone^{26, 27}.

27. Des directives ont été élaborées pour préciser la portée et l'étendue des études sur la biodiversité pour les installations éoliennes à terre^{28, 29, 30, 31} et en mer^{32, 33, 34, 35, 36, 37}.

En l'absence de directives nationales solides, les directives internationales devraient être utilisées et devraient toujours prendre en considération le besoin de réaliser des études tenant compte du site, des espèces et des saisons. Il est peu probable que des évaluations des risques ou des plans d'atténuation génériques soient utiles ou facilement transférables entre espèces et sites. Les études devraient aborder les points suivants :

- Questions propres au site : prise en compte des habitats, de l'emplacement géographique, de la topographie et de la proximité de l'installation éolienne par rapport à des sites de grande valeur pour la biodiversité.
- Questions propres aux espèces : les études devraient cibler les espèces de flore et de faune ayant une grande valeur pour la biodiversité, les espèces ayant un statut de conservation international ou national particulier, les espèces endémiques et les espèces fortement susceptibles d'être affectées par les installations éoliennes. Par exemple, les espèces présentant un risque de collision relativement élevé comprennent certains oiseaux planeurs et paradeurs, et/ou les oiseaux migrateurs et grégaires, ainsi que les oiseaux de proie ; et les chiroptères migrateurs, arboricoles et insectivores. Parmi les espèces présentant un risque relativement élevé de perturbation visuelle, on trouve les espèces de milieux ouverts qui évitent instinctivement les

²⁶ A. R. Jenkins *et al.*, Best Practice Guidelines for Avian Monitoring and Impact Mitigation at Proposed Wind Energy Development Sites in Southern Africa (2011).

²⁷ U.S. Fish and Wildlife Service, "Land-based Wind Energy Guidelines" (2012).

²⁸ Scottish Natural Heritage (SNH), Guidance Note – Recommended Bird Survey Methods to Inform Impact Assessment of Onshore Wind Farms (2014).

²⁹ U.S. Fish and Wildlife Service 2012.

³⁰ L. Rodrigues. *et al.*, "Guidelines for Consideration of Bats in Wind Farm Projects," EUROBATs Publication Series No. 6 (Bonn: UNEP/EUROBATs, 2014).

³¹ L. Hundt, Bat Surveys: Good Practice Guidelines, (Bat Conservation Trust, 2012).

³² K. Camphuysen, Towards Standardized Seabirds at Sea Census Techniques in Connection with Environmental Impact Assessments for Offshore Wind Farms in the U.K. (Collaborative for Offshore Wind Research into the Environment (COWRIE), 2004).

³³ R. J. Walls *et al.*, "Revised Best Practice Guidance for the Use of Remote Techniques for Ornithological Monitoring at Offshore Windfarms," (COWRIE, 2009).

³⁴ I. M. D. Maclean *et al.*, "A Review of Assessment Methodologies for Offshore Windfarms," (British Trust for Ornithology Report, Commissioned by COWRIE, 2009).

³⁵ C. B. Thaxter and N. H. K. Burton, "High Definition Imagery for Surveying Seabirds and Marine Mammals: A Review of Recent Trials and Development of Protocols," (British Trust for Ornithology Report, Commissioned by COWRIE, 2009).

³⁶ I. M. D. Maclean *et al.*, "Use of Aerial Surveys to Detect Bird Displacement by Offshore Windfarms," BTO Research Report No. 446 to COWRIE (Thetford: BTO).

³⁷ D. Jackson and P. Whitfield, "Guidance on Survey and Monitoring in Relation to Marine Renewables Deployments in Scotland," *Birds* Volume 4. (2011).

7 août 2015

structures hautes³⁸. Certaines espèces peuvent être attirées par les installations éoliennes comme perchoirs ou aires d'alimentation, ce qui pourrait accroître les risques de collision. Les espèces menacées de collision avec les lignes de transport comprennent les oiseaux relativement lourds ayant une manœuvrabilité limitée (vautours, outardes, sauvagines, grues, cigognes, pélicans, hérons, flamants, etc.), ainsi que les oiseaux grégaires. Les espèces menacées d'électrocution par les lignes de transport comprennent les rapaces, les vautours, les hiboux et certaines cigognes ainsi que d'autres oiseaux de grande envergure et ayant tendance à se percher fréquemment sur les lignes électriques et les structures associées. Les espèces présentant un risque relativement élevé de perturbation par le bruit sous-marin (provenant d'installations éoliennes en mer) comprennent les mammifères marins (notamment les cétacés) et certaines espèces de poissons pélagiques en bancs (par exemple, les harengs). Ces impacts et les mesures d'atténuation potentielles devraient être évalués au cas par cas, espèce par espèce.

- Questions propres aux saisons : les études doivent tenir compte des périodes de l'année pendant lesquelles la fonction ou la valeur écologique du site du projet peut augmenter ou fluctuer (par exemple, migration, saison de reproduction ou saison hivernale). Les études devraient généralement durer au moins un an lorsque des espèces fauniques sont menacées. Des études plus longues peuvent parfois être nécessaires – à déterminer au cas par cas, projet par projet – en cas d'agrégations exceptionnelles d'oiseaux migrateurs à risque ou de données limitées sur la biodiversité.

28. Les études devraient être conçues et réalisées pour orienter adéquatement le choix des microsites des éoliennes (et le choix des éoliennes elles-mêmes) afin de réduire au minimum les risques de collision avec les oiseaux et les chiroptères. Ces études nécessitent généralement la collecte d'informations relativement précises sur la distribution spatiale de l'utilisation des sites par les espèces sauvages menacées, ainsi que sur l'emplacement de certains éléments topographiques, écologiques ou paysagers qui peuvent attirer ou concentrer l'activité de la faune volante dans la zone du projet et le paysage alentour³⁹. Des méthodes spécifiques de collecte de données et des études devraient être sélectionnées en fonction de considérations propres aux sites et aux espèces, sous la direction de spécialistes techniques, et peuvent comprendre des relevés des points d'observation^{40,41}, des recensements, des méthodes acoustiques par ultrasons, des techniques de collecte de données à distance et/ou d'autres techniques pour comprendre les déplacements, selon le besoin. L'étendue de la collecte des données devrait être proportionnelle au risque pour la biodiversité présenté par l'installation éolienne.

29. L'utilisation et l'efficacité des systèmes radars et/ou d'autres technologies de télédétection dans les études préalables à la construction devraient être évaluées au cas par cas, projet par projet, et peuvent être appropriées pour compléter les études réalisées par des observateurs, selon les circonstances⁴². Les technologies de télédétection sont particulièrement utiles dans le cas d'installations éoliennes en mer, car les études réalisées par des observateurs sont plus difficiles et coûteuses en milieu marin.

30. Les études sur les chiroptères pourraient comprendre une évaluation des habitats d'alimentation et/ou de repos dans la zone du projet et ses environs, des relevés d'activité (transects) à l'aide de détecteurs de

³⁸ Strickland *et al.* 2011.

³⁹ G. D. Johnson *et al.*, Wildlife Monitoring Studies, Seawest Windpower Plant, Carbon County, Wyoming, 1995- 1999. Final report prepared for SeaWest Energy Corporation, San Diego, California, and the Bureau of Land Management, Rawlins, Wyoming, (Cheyenne: Western EcoSystems Technology, Inc. (WEST), 2000).

⁴⁰ SNH 2014.

⁴¹ Strickland *et al.* 2011.

⁴² Walls *et al.* 2009.

chiroptères manuels à ultrasons, des relevés de piégeage et de lâcher et le déploiement de détecteurs statiques à ultrasons (particulièrement sur les sites des éoliennes). Les détecteurs statiques devront de préférence être déployés en hauteur et fixés à des mâts météorologiques.

31. Selon l'emplacement des installations éoliennes et les considérations propres à chaque espèce, la modélisation du risque de collision (MRC) peut également être appropriée, surtout lorsque ces installations sont situées à proximité de zones de grande valeur pour la biodiversité^{43,44}. L'utilité de la MRC doit être évaluée projet par projet par des experts qualifiés. La MRC est particulièrement utile dans le cas de parcs éoliens en mer, où les outils empiriques sont limités⁴⁵.

32. Lorsque plusieurs parcs éoliens sont situés dans la même zone géographique et à proximité de zones de grande valeur pour la biodiversité, leurs promoteurs sont encouragés à mettre en œuvre une approche coordonnée des études et de la surveillance. Cette approche est efficace sur le plan des coûts, car elle permet de planifier et de réaliser conjointement les études et de partager les coûts entre les promoteurs. L'adoption d'une méthodologie et d'une approche communes permet également d'évaluer les impacts cumulatifs, car les méthodes de collecte des données et le niveau d'effort pourraient être harmonisés. Des évaluations des impacts cumulatifs devraient être réalisées lorsque plusieurs parcs éoliens sont situés à proximité de zones de grande valeur pour la biodiversité.

Mesures d'atténuation (à terre)

33. La sélection du site et la disposition des éoliennes devraient être judicieuses pour réduire les impacts négatifs sur la biodiversité. Tout impact négatif résiduel important devra faire l'objet de mesures d'atténuation appropriées⁴⁶, qui pourront comprendre les suivantes :

- Modifier le nombre et la taille des éoliennes et leur disposition en tenant compte des risques et des impacts propres au site, aux espèces et aux saisons. La diminution du nombre de tours hautes peut réduire le risque de collision pour la plupart des oiseaux ainsi que le défrichage avant la phase de construction. L'emplacement des infrastructures connexes – telles que les lignes de transport, les sous-stations et les routes de desserte – devrait également tenir compte des évaluations des risques et des impacts sur la biodiversité.
- Si l'installation éolienne est située à proximité de zones de grande valeur pour la biodiversité, la gestion active des éoliennes, comme les procédures de freinage et d'arrêt à la demande, devrait être considérée comme partie intégrante de la stratégie d'atténuation et être prise en compte au début de la modélisation financière et de l'évaluation des vulnérabilités. Cette méthode d'atténuation devrait être souple et suivre un programme de surveillance post-construction bien conçu. Les mesures de freinage et d'arrêt à la demande devraient dans un premier temps être appliquées à titre expérimental, avec des éoliennes de référence non soumises à de telles mesures, en comparant les résultats avec ces dernières, afin de déterminer si le freinage produit ou non la baisse souhaitée du nombre d'accidents mortels. L'arrêt automatique des éoliennes devrait être envisagé dans certains cas, mais tout système de ce type devrait être soumis à une période de vérification et d'évaluation sur place par un observateur dans le cadre d'un processus

⁴³ SNH, "Guidance: Wind Farms and Birds – Calculating Theoretical Collision Risk Assuming No Avoiding Action," (2000).

⁴⁴ B. Band, "Using a Collision Risk Model to Assess Bird Collision Risks for Offshore Wind Farms," (British Trust for Ornithology, 2012).

⁴⁵ SNH (2000).

⁴⁶ National Wind Coordinating Collaborative, *Mitigation Toolbox*, (2007).

de gestion évolutive.

- Éviter de créer artificiellement des éléments paysagers susceptibles d'attirer les oiseaux et les chiroptères vers l'installation éolienne⁴⁷, comme des plans d'eau, des perchoirs ou des aires de nidification, d'alimentation, de halte ou de repos. Le bouchage ou le remplissage des cavités dans les murs ou les bâtiments permet d'éliminer les sites potentiels de repos des chiroptères.
- Éviter d'attirer les oiseaux vers des sources d'alimentation prévisibles, comme les aires d'élimination des déchets sur ou hors site ou les décharges ; cet aspect est particulièrement important en présence de vautours ou d'autres oiseaux charognards. Pour être efficaces, de telles mesures d'atténuation peuvent également être nécessaires dans les environs de l'installation éolienne.
- Envisager de modifier la vitesse de démarrage des éoliennes (vitesse de vent minimale) afin de réduire les collisions potentielles avec les chiroptères. L'applicabilité de cette mesure devrait être déterminée en utilisant des données propres à chaque espèce et à chaque site. Une légère augmentation de la vitesse de démarrage peut réduire considérablement la mortalité des chiroptères^{48, 49}, tout en ayant une incidence minimale sur la production ou le rendement financier.
- Éliminer le « fonctionnement en circuit ouvert » (rotation libre des pales sous un vent faible lorsque les éoliennes ne produisent pas d'électricité).
- Dans la mesure du possible, éviter les sources de lumière artificielle. Les éclairages blancs fixes peuvent attirer des proies (des insectes, par exemple), qui à leur tour attirent des prédateurs. Si des éclairages sont nécessaires, utiliser de préférence des lumières rouges ou blanches clignotantes ou pulsées^{50, 51}. Éviter les lumières fixes ou clignotantes lentes. Les minuteries, les détecteurs de mouvement ou les éclairages dotés de réflecteurs orientés vers le bas permettent de réduire la pollution lumineuse.
- Enfouir les lignes de transport sur le site.
- Installer sur les lignes de transport et les haubans des mâts météorologiques des dispositifs pour modifier la trajectoire de vol des oiseaux et ainsi réduire les collisions, lorsque ces structures sont situées dans des zones de grande valeur pour la biodiversité ou à proximité de celles-ci et/ou lorsque des oiseaux de grande valeur pour la biodiversité sont exposés à un risque de collision^{52, 53}.
- Pour réduire le risque d'électrocution, utiliser des poteaux électriques conçus pour ne pas présenter de danger pour les rapaces⁵⁴.
- Évaluer l'état actuel de la technologie de dissuasion des oiseaux et des chiroptères et envisager de mettre en œuvre toute technologie efficace éprouvée, le cas échéant.

⁴⁷ Il est entendu que les éoliennes attirent elles-mêmes les chiroptères.

⁴⁸ E. B. Arnett, "Altering Turbine Speed Reduces Bat Mortality at Wind-Energy Facilities," *Frontiers in Ecology and the Environment* 9(4): 209–214, (2011).

⁴⁹ R. E. Good *et al.*, "Bat Monitoring Studies at the Fowler Ridge Wind Farm, Benton County, Indiana," Final Report: April 1–October 31, 2011, 2011, préparé pour le parc éolien Fowler Ridge (Bloomington : Western EcoSystems Technology, Inc., 2012).

⁵⁰ J. L. Gehring, *et al.*, "Communication Towers, Lights, and Birds: Successful Methods of Reducing the Frequency of Avian Collisions," *Ecological Applications* 19: 505–514 (2009).

⁵¹ P. Kerlinger *et al.*, "Night Migrant Fatalities and Obstruction Lighting at Wind Turbines in North America," *The Wilson Journal of Ornithology* 122: 744–754 (2010).

⁵² Avian Power Line Interaction Committee (APLIC), *Reducing Avian Collisions with Power Lines: The State of the Art in 2012*, (Washington, D.C.: Edison Electric Institute and APLIC, 2012).

⁵³ APLIC 2012.

⁵⁴ *Ibid.*

Mesures d'atténuation (en mer)

34. Dans le cas des installations en mer, les mesures d'atténuation liées à la biodiversité, y compris les mesures d'atténuation du bruit, peuvent comprendre les suivantes :

- Si des espèces de grande valeur pour la biodiversité sont associées au site, planifier les activités de construction de manière à éviter les périodes sensibles de l'année (par exemple, les saisons de migration et de reproduction) et à coïncider avec les périodes de l'année moins productives pour les poissons.
- Utiliser une procédure de « démarrage en douceur » pour les activités de battage de pieux afin d'éviter l'exposition des organismes marins à des niveaux sonores et vibratoires sous-marins nuisibles et de leur donner la possibilité de quitter la zone. L'utilisation de barrières à bulles pendant le battage des pieux est également recommandée⁵⁵.
- Utiliser des pieux à vis sans fin ou d'autres moyens pour fixer les éoliennes afin de réduire les perturbations associées au battage conventionnel.
- Utiliser des fondations simples (tour monopole) en eaux peu profondes, pour limiter les perturbations des fonds marins⁵⁶. En eaux plus profondes, des fondations de type jacket peuvent être plus appropriées.
- Utiliser des dispositifs de dissuasion acoustique qui émettent des sons pour éloigner les organismes marins de la zone pendant les travaux de construction.
- Si la présence d'espèces de grande valeur pour la biodiversité, comme les mammifères marins ou les tortues de mer, est envisagée dans la zone, nommer des observateurs avant le début des travaux. Ceux-ci doivent avoir lieu à au moins 500 mètres de distance.
- Installer les câbles en utilisant la technologie du jet hydraulique ou d'autres technologies moins préjudiciables pour l'environnement.
- Lorsque des espèces sensibles aux ondes électriques ou magnétiques sont présentes dans la zone d'étude, les mesures d'atténuation comprennent le choix approprié des types de câbles ainsi que du mode de séparation et de la profondeur d'enfouissement des câbles.

1.1.4 Battement d'ombre

35. Lorsque le soleil passe derrière une éolienne et projette une ombre, la rotation des pales entraîne une interruption périodique de la lumière du soleil désignée « battement d'ombre ». Ce phénomène peut poser problème lorsque des récepteurs potentiellement sensibles (par exemple, des résidences, des lieux de travail, des centres d'apprentissage ou de soins de santé) sont situés à proximité des éoliennes ou ont une orientation particulière par rapport à celles-ci.

36. Le battement d'ombre n'est généralement pas considéré comme un problème important pour les installations éoliennes en mer, compte tenu des distances entre les éoliennes et les récepteurs potentiels à terre.

⁵⁵ J. Nedwell *et al.*, "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 Wind Farm, and Comparison with Background Noise," COWRIE Report 544 R 0424, (Southampton, UK: Subacoustech Ltd., 2003).

⁵⁶ Cape Wind Associates, LLC (CWA), "Cape Wind Energy Project Draft Environmental Impact Statement" (2004).

37. Les problèmes potentiels de battement d'ombre sont probablement plus importants sous des latitudes élevées, où le soleil est plus bas dans le ciel et projette donc des ombres plus longues qui étendent le rayon dans lequel son impact potentiellement significatif sera ressenti.

38. Lorsqu'il y a des récepteurs à proximité, des logiciels disponibles dans le commerce peuvent être utilisés pour modéliser le battement d'ombre afin de déterminer son rayon d'action. Le même logiciel peut généralement être utilisé pour prédire la durée et le moment de l'apparition du battement d'ombre dans des conditions météorologiques réelles au niveau de récepteurs spécifiques situés dans la zone d'impact potentiel du battement d'ombre.

39. S'il n'est pas possible d'implanter l'installation éolienne de manière à ce que les récepteurs voisins ne subissent aucun battement d'ombre, il est recommandé que la durée prévue de ses effets sur un récepteur sensible ne dépasse pas 30 heures par an et 30 minutes par jour dans le pire des cas^{57, 58, 59, 60}.

40. Les mesures de prévention et de maîtrise dans ce domaine consistent notamment à :

- Implanter les éoliennes de façon appropriée pour éviter les battements d'ombre ou pour respecter les limites imposées quant à leur durée, conformément au paragraphe ci-dessus.
- Les éoliennes peuvent être programmées pour s'arrêter en cas de dépassement des limites.

41. Les reflets dus à la réflexion du soleil sur une pale de rotor ou une tour d'éolienne étaient considérés autrefois comme pouvant avoir un impact sur les populations. Cependant, à condition que les éoliennes soient peintes avec un fini mat et non réfléchissant, ce qui est le cas des éoliennes modernes, le reflet des pales ou des tours n'est plus considéré comme un problème important.

1.1.5 Qualité de l'eau

À terre

42. L'installation des fondations des éoliennes, des câbles souterrains, des routes de desserte et des autres infrastructures auxiliaires peut entraîner une augmentation de l'érosion, du compactage du sol, du ruissellement et de la sédimentation des eaux superficielles. Les mesures de prévention et de maîtrise de ces problèmes sont abordées dans les **Directives EHS générales** et dans les **Directives EHS pour les routes à péage**.

⁵⁷ Afin d'évaluer le respect des limites recommandées, le battement d'ombre devrait être modélisé et prédit dans l'hypothèse la plus contraignante (ombre astronomique maximale), qui est définie comme suit :

- L'ensoleillement est continu et le ciel est dégagé entre le lever et le coucher du soleil.
- Le vent est suffisant pour permettre la rotation continue des pales de l'éolienne.
- Le rotor est perpendiculaire à l'angle d'incidence du soleil.
- Les angles d'ensoleillement inférieurs à 3 degrés au-dessus de l'horizon ne sont pas pris en compte (en raison de la présence probable de végétation ou d'écrans de protection des bâtiments).
- Les distances entre le plan du rotor et l'axe de la tour sont négligeables.
- La réfraction de la lumière dans l'atmosphère n'est pas prise en compte.

⁵⁸ Comité des États fédéraux pour la lutte contre la pollution, Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen [Informations sur l'identification et l'évaluation des émissions optiques des éoliennes], (2002).

⁵⁹ Arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement, France.

⁶⁰ Canadian Wind Energy Association (CanWEA), "An Introduction to Wind Energy Development in Canada," (2011).

En mer

43. L'installation des fondations des éoliennes et des câbles souterrains peut perturber les fonds marins et accroître temporairement les quantités de sédiments en suspension dans la colonne d'eau, et ainsi réduire la qualité de l'eau et potentiellement nuire aux espèces marines et à la pêche commerciale ou récréative. De plus, l'installation des structures en mer peut entraîner l'érosion localisée des fonds marins liée à la modification de la circulation de l'eau. Des orientations complémentaires sont fournies dans les **Directives EHS pour les ports et les terminaux**.

44. Les mesures de prévention et de maîtrise dans ce domaine consistent notamment à :

- Sélectionner le site en tenant compte du risque d'interférence des éléments structuraux du projet sur la pêche commerciale ou récréative et les habitats marins.
- Planifier la construction, l'installation et l'enlèvement des éléments structuraux, en tenant compte des périodes sensibles du cycle de vie des espèces.
- Contrôler l'utilisation des jets hydrauliques, des barrières à bulles et des pièges à sédiments, et mener ces activités lorsque la marée est étale (ou lorsqu'elle éloigne les matériaux du lieu sensible).

1.2 Hygiène et sécurité au travail

45. Les risques pour la santé et la sécurité au travail pendant la construction, l'exploitation et le des installations éoliennes à terre ou en mer sont généralement semblables à ceux de la plupart des installations industrielles et des projets d'infrastructure de grande taille. Ces risques peuvent être physiques, comme le travail en hauteur, le travail dans des espaces confinés, le travail avec des machines tournantes et la chute d'objets. La prévention et la maîtrise de ces risques et d'autres risques physiques, chimiques, biologiques et radiologiques sont abordées dans les **Directives EHS générales**.

46. Les principaux risques pour la santé et la sécurité au travail associés aux installations éoliennes et aux activités connexes sont les suivants⁶¹ :

- Travail en hauteur
- Travail au-dessus de l'eau
- Travail sur des sites éloignés
- Opérations de levage

1.2.1 Travail en hauteur et protection contre les chutes d'objets

47. Le travail en hauteur est fréquent pendant toutes les phases d'exploitation d'une installation éolienne, et en particulier lors des opérations d'entretien. La prévention des chutes doit être l'objectif principal de la gestion du travail en hauteur. Cependant, d'autres risques doivent également être pris en compte : chutes d'objets et conditions météorologiques défavorables (vitesse du vent, températures extrêmes et humidité). La gestion du travail en hauteur nécessite une planification adéquate et l'allocation de ressources

⁶¹ Un ensemble complet de directives sur les règles de sécurité au travail pendant la construction, l'exploitation et l'entretien des éoliennes en mer est disponible auprès de la British Wind Energy Association (BWEA), "BWEA Briefing Sheet: Offshore Wind," (2005c).

suffisantes. Les méthodes d'atténuation préférées peuvent comprendre, dans l'ordre :

- Éliminer ou réduire la nécessité de travailler en hauteur. Les phases de planification et de conception d'une installation devraient comprendre l'évaluation de tâches spécifiques dans le but d'éliminer, si possible, la nécessité de travailler en hauteur. On devrait, par exemple, envisager d'assembler les structures et d'effectuer les travaux auxiliaires au sol, puis d'ériger les structures ainsi assemblées, lorsque cela est possible et efficace sur le plan des coûts.
- Lorsque le travail en hauteur ne peut être éliminé, utiliser des équipements ou d'autres méthodes pour éviter les chutes. Les systèmes de protection collective, tels que les protections latérales ou les glissières de sécurité, doivent être mis en œuvre avant de recourir à des équipements antichute individuels. De plus, des filets de sécurité ou des coussins gonflables peuvent être utilisés pour réduire au minimum les conséquences d'une éventuelle chute.

48. En plus de la hiérarchie ci-dessus, les points suivants devraient être pris en compte pour éviter les incidents liés au travail en hauteur et à la chute d'objets :

- Veiller à ce que toutes les structures soient conçues et construites selon les normes pertinentes⁶² et à ce qu'elles soient dotées de systèmes appropriés de travail en hauteur.
- Des zones d'exclusion appropriées devraient être mises en place et maintenues en dessous des zones de travail en hauteur, lorsque cela est possible, afin de protéger les travailleurs en cas de chute d'objets.
- S'assurer que toutes les personnes travaillant en hauteur sont formées et aptes à utiliser tous les systèmes de travail en hauteur et de secours en place.
- Fournir aux travailleurs un dispositif de positionnement de travail approprié ; s'assurer également que les connecteurs des systèmes de positionnement sont compatibles avec les composants de la tour auxquels ils sont fixés.
- S'assurer que le matériel de levage est correctement évalué et entretenu et que les opérateurs de palans sont dûment formés.
- Si possible, équiper tous les outils et matériels d'un cordon et d'un filet de sécurité.
- Enlever les panneaux et autres obstacles des poteaux ou des structures avant d'entreprendre les travaux.
- Utiliser une trousse à outils agréée pour lever ou abaisser les outils ou les matériaux jusqu'aux personnes travaillant sur les structures en hauteur.
- Éviter d'effectuer des travaux d'installation ou d'entretien des tours par mauvais temps et surtout en cas de risque de foudroiement.
- Mettre en place un plan de secours d'urgence décrivant en détail les moyens à utiliser pour secourir les travailleurs en cas d'immobilisation ou d'incapacité en hauteur.

1.2.2 Travail au-dessus de l'eau

49. Outre les principes de base décrits ci-dessus pour le travail en hauteur, les mesures de prévention et de maîtrise associées au travail au-dessus de l'eau consistent notamment à :

- Effectuer une évaluation des risques afin d'élaborer un système de travail sécuritaire pour tous les travaux au-dessus de l'eau et affecter les ressources appropriées pour atténuer les dangers.

⁶² Par exemple, International Electrochemical Commission (IEC), "IEC 61400".

- S'assurer que tous les opérateurs sont formés et aptes à exécuter toutes les tâches qu'ils sont censés entreprendre et à utiliser tous les équipements, y compris les équipements de protection individuelle (EPI), qu'ils doivent utiliser.
- Outre les EPI standard mentionnés ci-dessus, utiliser des équipements de flottaison agréés⁶³ (brassières, gilets et bouées de sauvetage, lignes flottantes, etc.) pour les travaux effectués au-dessus ou à proximité d'un plan d'eau présentant un risque de noyade.
- Lorsque l'exposition à des eaux froides est susceptible de présenter un risque d'hypothermie, des mesures d'atténuation, telles que des combinaisons de survie, doivent être adoptées.
- Lorsque les équipements de flottaison sont utilisés avec des équipements antichute pour le travail en hauteur, ces systèmes devraient être compatibles.
- Former les travailleurs pour qu'ils évitent le brouillard salin et le contact avec les vagues.
- Prévoir la fourniture de navires de sauvetage appropriés avec des opérateurs qualifiés et du personnel d'urgence, si nécessaire.

1.2.3 Travail sur des sites éloignés

50. La planification est essentielle pour assurer la sécurité, la santé et le bien-être des employés lorsqu'ils travaillent sur des sites éloignés, en particulier en mer. Les aspects à prendre en compte lors de la planification du travail sur de tels sites sont les suivants :

- Adéquation des équipements de communication disponibles à l'équipe de travail.
- Formation et compétence du personnel et disponibilité sur place de tous les équipements de sécurité nécessaires.
- Supervision par un personnel compétent habilité à prendre des décisions en fonction des événements et des conditions sur le lieu de travail.
- Moyens permettant aux responsables de suivre la position exacte de l'équipe de travail.
- Plan d'urgence local en place.
- Personnel qualifié et formé aux premiers secours au sein de l'équipe de travail.

51. Des informations complémentaires sur les travailleurs individuels et isolés sont données dans les **Directives EHS générales**.

1.2.4 Opérations de levage

52. Les opérations de levage font partie intégrante de la construction de toute installation éolienne. Pendant la phase de construction, les composants sont généralement transportés sur le site où ils sont ensuite assemblés. À cette fin, du matériel de levage complexe et de grande taille doit être utilisé à maintes reprises pour soulever des charges de dimensions et de poids divers.

53. Les besoins de levage pendant la construction d'une installation éolienne à terre sont comparables à ceux de tout autre projet de construction. Cependant, les opérations de levage en mer peuvent être fort complexes et nécessiter plusieurs navires et grues. Divers risques supplémentaires sont alors possibles, notamment : l'état de la mer peut menacer la stabilité des plateformes de levage ; l'environnement marin peut accélérer la dégradation des points de levage des composants ; et des problèmes de communication peuvent survenir entre les équipages multinationaux des divers navires participant aux opérations de

⁶³ Par exemple, ISO 12 402 Dispositifs de flottaison individuels.

levage.

54. La gestion de ces opérations nécessite un personnel compétent, une planification minutieuse, une communication efficace et un niveau élevé de supervision pendant les manœuvres. Il convient de prendre en compte les aspects suivants :

- Veiller à ce que toutes les informations pertinentes soient connues au sujet de la charge : taille, poids, méthode d'élingage, points d'attache, etc.
- Veiller à ce que tout le matériel de levage (y compris les points d'attache de la charge) soit approprié, capable de supporter la charge, en bon état et soumis aux inspections réglementaires requises.
- Veiller à ce que tous les superviseurs, opérateurs d'équipement et élingueurs soient formés et aptes à utiliser le matériel de levage et les techniques de levage prévues.
- Dans la mesure du possible, des zones d'exclusion devraient être établies et maintenues afin d'éviter tout accès non autorisé aux zones de levage.
- Lors du levage de charges importantes, veiller à ce que les conditions météorologiques soient favorables. Le manuel d'utilisation du matériel de levage de charges lourdes contient généralement des paramètres devant impérativement être respectés pour assurer la sécurité des utilisateurs. Des informations complémentaires sur les intempéries sont données dans les **Directives EHS générales**.

55. Une réunion de planification entre toutes les parties concernées par une opération de levage devrait avoir lieu et inclure : les détails de l'opération, les rôles de chaque partie concernée et les méthodes utilisées pour communiquer les instructions aux parties.

1.3 Santé et sécurité des populations

56. Les risques pour la santé et la sécurité des populations pendant la construction, l'exploitation et le déclassement des installations éoliennes à terre ou en mer sont semblables à ceux de la plupart des installations industrielles et des projets d'infrastructure de grande taille. Ces risques peuvent s'appliquer à la sécurité structurelle de l'infrastructure du projet, à la sécurité personnelle et à la protection contre les incendies, à l'accessibilité du public et aux situations d'urgence. Leur gestion est abordée dans les **Directives EHS générales**.

57. Les principaux risques pour la santé et la sécurité des populations associés aux installations éoliennes sont les suivants :

- Projection de pale/glace
- Aviation
- Navigation et sécurité maritimes
- Interférence et rayonnement électromagnétiques
- Accès du public
- Transport de charges anormales

1.3.1 Projection de pale/glace

58. La projection d'une pale de rotor ou d'une partie de celle-ci est possible en cas de défaillance et peut

compromettre la sécurité publique. Le risque global de projection de pale est extrêmement faible⁶⁴. Si une accumulation de glace se produit sur les pales, ce qui est possible dans certaines conditions météorologiques sous des climats froids, des morceaux de glace peuvent être projetés du rotor pendant son fonctionnement, ou tomber de celui-ci si l'éolienne tourne au ralenti.

59. Les éoliennes doivent être situées à une distance acceptable (« distance de sécurité ») des récepteurs sensibles adjacents pour assurer la sécurité du public en cas de projection de glace ou de défaillance des pales.

60. Les mesures de gestion du risque de projection de pale consistent notamment à⁶⁵ :

- Établir des distances de sécurité entre les éoliennes et les zones habitées. La distance minimale de sécurité est de 1,5 fois la hauteur de l'éolienne (tour + rayon du rotor), bien que la modélisation indique que la distance théorique de projection des pales peut varier selon la taille, la forme, le poids et la vitesse des pales ainsi que la hauteur de l'éolienne.⁶⁶ Il est donc recommandé que les distances de sécurité minimales requises pour respecter les limites de bruit et de battement d'ombre soient maintenues en ce qui concerne les récepteurs résidentiels sensibles afin d'assurer une protection accrue.
- Réduire au minimum la probabilité de défaillance des pales en choisissant des éoliennes dont la conception a fait l'objet d'une vérification/certification indépendante (par exemple, IEC 61400-1) et dont la qualité de fabrication est contrôlée.
- Veiller à ce que les systèmes de protection contre la foudre soient correctement installés et entretenus.
- Effectuer des inspections périodiques des pales et réparer tout défaut qui pourrait menacer leur intégrité.
- Équiper les éoliennes de capteurs de vibrations qui peuvent réagir à tout déséquilibre des pales du rotor et arrêter les éoliennes si nécessaire.

61. Les stratégies de gestion du risque de projection de glace consistent notamment à :

- Définir des distances de sécurité⁶⁷.
- Faire tourner les éoliennes au ralenti dans les conditions météorologiques susceptibles d'entraîner la formation de glace.
- Équiper les éoliennes de détecteurs de glace pour les mettre au ralenti en présence de glace.
- Installer des panneaux d'avertissement à une distance minimale égale au diamètre du rotor des éoliennes dans toutes les directions, si les éoliennes doivent fonctionner dans des conditions givrantes et se trouvent sur un site éloigné où il est peu probable que les populations soient en danger.
- Équiper les éoliennes de détecteurs de glace pour contrôler les systèmes de chauffage des pales, qui sont conçus pour libérer la glace de la surface des pales, afin de maintenir l'efficacité des éoliennes ; l'état de surface des pales peut également affecter l'efficacité des systèmes de

⁶⁴ Health and Safety Executive (HSE), "Study and Development of a Methodology for the Estimation of the Risk and Harm to Persons from Wind Turbines," Research Report RR968, (2013).

⁶⁵ CanWEA 2011.

⁶⁶ Rogers *et al.* 2011.

⁶⁷ International Energy Agency, "Wind Expert Group Study on Recommended Practices: 13," [Wind Energy Projects in Cold Climates](#), 1st Edition, (2011).

chauffage.

- Installer des panneaux d'avertissement aux points d'entrée de l'installation éolienne.
- Veiller à ce que les procédures de travail comprennent des précautions telles que l'arrêt des éoliennes avant que le personnel de maintenance n'accède au site dans des conditions givrantes.

62. Outre les incidences sur la santé et la sécurité de l'exploitation sous des climats froids, il est important que les éoliennes soient conçues pour fonctionner de manière fiable sur de longues durées.

1.3.2 Aviation

Sécurité des aéronefs

63. Les pointes des pales d'éoliennes peuvent atteindre 200 mètres de hauteur, voire plus à mesure que la technologie évolue. Lorsque située à proximité d'aéroports, de zones militaires de vol à basse altitude ou de couloirs aériens connus, une installation éolienne (mât d'anémomètre compris) peut directement menacer la sécurité des aéronefs dans la mesure où elle présente un risque de collision ou de modification de leur trajectoire.

64. Les mesures de prévention et de maîtrise dans ce domaine consistent notamment à :

- Consulter les autorités aéronautiques compétentes avant l'installation, conformément aux règles de sécurité du trafic aérien.
- Dans la mesure du possible, éviter d'implanter les installations éoliennes à proximité d'aéroports ou à l'intérieur de zones de vol à basse altitude ou de couloirs aériens connus. Les impacts cumulatifs associés au nombre d'installations éoliennes existantes à l'intérieur ou à proximité des zones de vol à basse altitude ou des couloirs aériens devraient être pris en compte lors du choix du site des éoliennes.
- Utiliser des systèmes d'éclairage et de signalisation anticollision sur les tours et/ou les pales et consulter les autorités aéronautiques compétentes pour déterminer les exigences appropriées en matière d'éclairage et de signalisation, conformément aux normes nationales. En l'absence de telles normes, on se référera aux guides de bonnes pratiques⁶⁸.

Radars aéronautiques

65. Les installations éoliennes situées à proximité de radars aéronautiques peuvent perturber leur fonctionnement en provoquant une distorsion du signal, qui peut entraîner une perte de signal et masquer des cibles réelles, et/ou l'apparition de signaux erronés sur l'écran radar et ainsi créer des problèmes de sécurité aérienne⁶⁹. Ces effets sont causés par les structures physiques de la tour ou de l'éolienne et des pales rotatives⁷⁰. La proximité d'installations énergétiques existantes devrait également être prise en compte lors de l'évaluation des effets cumulatifs sur les radars.

66. Les mesures de prévention et de maîtrise dans ce domaine consistent notamment à :

⁶⁸ International Civil Aviation Organization (ICAO) 2012; CAA 2013; American Wind Energy Association (AWEA) 2008; CanWEA 2011.

⁶⁹ Radio Advisory Board of Canada (RABC) & CanWEA (undated), "Technical Information and Coordination Process between Wind Turbines and Radio Communication and Radar Systems."

⁷⁰ Ibid.

7 août 2015

- Evaluer les options de conception des installations éoliennes, y compris la disposition géométrique et l'emplacement des éoliennes, et le tracé des couloirs aériens.
- Envisager des modifications de la conception du système radar (déplacement des radars, suppression de la couverture radar ou utilisation d'autres systèmes radars dans la zone touchée par les interférences)⁷¹.
- Mener des consultations avec les autorités aéronautiques compétentes afin de déterminer les mesures de prévention et de maîtrise.

1.3.3 Navigation et sécurité maritimes

Sécurité maritime

67. Comme pour la sécurité aérienne, une éolienne en mer située à proximité de ports ou de voies de navigation connues peut menacer la sécurité des navires dans la mesure où elle présente un risque de collision ou de modification du trafic maritime. L'augmentation du trafic maritime pendant la construction peut accroître ces risques. Elle peut causer des dommages aux éoliennes et/ou aux navires, et présenter un risque de pollution en cas de collision.

68. L'emplacement des éoliennes en mer, des cheminements des câbles et des autres infrastructures connexes doit faire l'objet d'un examen minutieux afin de tenir compte de facteurs tels que les zones de mouillage, l'état des fonds marins, les sites archéologiques, les tracés existants de câbles ou de pipelines et les lieux de pêche, et de minimiser les impacts lorsque cela est possible.

69. Les éoliennes en mer peuvent perturber le fonctionnement des radars utilisés pour la navigation maritime et empêcher la détection des navires, ce qui pourrait avoir des incidences sur les activités normales et la navigation.

70. Les mesures de prévention et de maîtrise dans ce domaine consistent notamment à :

- Consulter les autorités de réglementation du trafic maritime avant l'installation, conformément aux règlements sur la sécurité du trafic maritime.
- Dans la mesure du possible, éviter d'implanter les installations éoliennes à proximité des ports et à l'intérieur des voies de navigation connues.
- Utiliser des systèmes d'éclairage et de signalisation anticollision sur les éoliennes et toutes les autres structures pouvant présenter un danger. L'utilisation de navires de garde devrait également être envisagée. L'éclairage et la signalisation devraient être décidés en consultation avec les autorités maritimes compétentes.
- Des zones de sécurité peuvent être établies autour de chaque éolienne et de chaque navire de construction pendant la phase de construction afin de minimiser les perturbations pour les autres usagers de la mer.
- Utiliser des bouées de référence pour faciliter la navigation.

⁷¹ Civil Aviation Authority (CAA), "Policy and Guidelines on Wind Turbines" (CAP 764, 2013).

1.3.4 Interférences électromagnétiques

71. Les éoliennes peuvent provoquer des interférences électromagnétiques susceptibles de perturber le fonctionnement des systèmes de télécommunications (par exemple, micro-ondes, télévision et radio). Ces interférences peuvent être causées par l'obstruction du trajet, l'effet d'écran, la réflexion, la diffusion ou le rayonnement secondaire⁷². La nature des impacts potentiels dépend essentiellement de l'emplacement de l'éolienne par rapport à l'émetteur et au récepteur, des caractéristiques des pales du rotor, des caractéristiques du récepteur de fréquences de signaux et des caractéristiques de propagation des ondes radio dans l'atmosphère locale⁷³.

Systèmes de télécommunications

72. Les impacts sur les systèmes de télécommunications peuvent inclure les effets sur les systèmes de radiodiffusion et les systèmes point à point. Les mesures de prévention et de maîtrise dans ce domaine consistent notamment à :

- Modifier l'emplacement des éoliennes pour éviter les interférences physiques directes des systèmes de communication point à point ; la consultation des opérateurs concernés peut aider à déterminer l'emplacement des liaisons de télécommunications et les tampons pertinents à appliquer afin de minimiser les impacts.
- Installer une antenne directionnelle.
- Modifier l'antenne existante.
- Installer un amplificateur pour amplifier le signal⁷⁴.

Télévision

73. Les mesures de prévention et de maîtrise des impacts sur la radiodiffusion télévisuelle consistent notamment à :

- Placer l'éolienne loin de la ligne de visée de l'émetteur de radiodiffusion.
- Si des interférences sont détectées en cours de fonctionnement, installer une antenne directionnelle ou une antenne de qualité supérieure.
- Diriger l'antenne vers un autre émetteur de radiodiffusion
- Installer la télévision numérique.
- Installer un amplificateur.
- Déplacer l'antenne.

1.3.5 Accès du public

74. Des problèmes de sécurité sont possibles en cas d'accès du public aux éoliennes (par exemple, escalade non autorisée de l'éolienne) ou à la sous-station de l'installation. Tout droit de passage public à l'intérieur ou à proximité du site de l'installation éolienne devrait être identifié avant la construction afin de

⁷² RABC & CanWEA (non daté).

⁷³ D. Sengupta and T. Senior, "Large Wind Turbine Siting Handbook: Television Interference Assessment, Final Subcontract Report," (1983).

⁷⁴ URS Australia Pty. Ltd, "Woodlawn Wind Farm Environmental Impact Statement," (2004).

définir les mesures nécessaires pour assurer la sécurité des utilisateurs⁷⁵.

75. Les mesures de prévention et de maîtrise dans ce domaine consistent notamment à :

- Installer des barrières sur les routes de desserte.
- Lorsque l'accès du public n'est pas encouragé ou en l'absence de droit de passage sur le site, envisager de clôturer le site de l'installation éolienne, ou les éoliennes elles-mêmes, pour interdire l'accès du public.
- Installer une clôture aux normes autour de la sous-station, avec de la peinture anti-escalade et des panneaux d'avertissement.
- Empêcher l'accès aux échelles des tours.
- Installer des panneaux d'information sur les dangers pour la sécurité publique et les services à contacter en cas d'urgence.

1.3.6 Transport de charges anormales

76. Les questions de circulation et de transport à prendre en compte lors du choix de l'emplacement des installations éoliennes sont en grande partie couvertes par les **Directives EHS générales** et par les **Directives EHS pour les routes à péage**. Le principal problème en ce qui concerne les installations éoliennes est lié au transport des composants d'éoliennes lourds ou de grande taille (pales, sections de tours, nacelles et transformateurs) et des grues vers le site. L'étude sur la logistique, la circulation et le transport devrait évaluer les impacts sur les routes, ponts, ponceaux, passages supérieurs et inférieurs, rayons de virage et services publics existants hors du site, ainsi que la nécessité de remplacer, d'améliorer ou de rétablir les revêtements de surface. Pour réduire les retards pour les autres usagers de la route et la possibilité d'autres effets sur les collectivités locales à proximité du tracé proposé, planifier les livraisons en dehors des heures de pointe, utiliser uniquement les voies de desserte approuvées, assurer la gestion de la circulation pour arrêter les autres véhicules au besoin (par exemple, au niveau des goulets d'étranglement) et, le cas échéant, fournir des escortes policières.

⁷⁵ European Union, "European Best Practise Guidelines for Wind Energy Development," (2002).

2. SUIVI DES INDICATEURS DE PERFORMANCE

2.1 Environnement

2.1.1 Directives pour les émissions et les effluents

77. En règle générale, l'exploitation des installations éoliennes ne produit pas d'émissions ni d'effluents. Les valeurs indiquées pour le traitement des émissions et des effluents dans ce secteur reflètent les bonnes pratiques internationales telles qu'exprimées dans les normes pertinentes des pays dotés de cadres réglementaires reconnus. Les émissions atmosphériques, les rejets d'eaux usées et les déchets solides liés aux activités de construction et de déclassement sont abordés dans les **Directives EHS générales**.

2.1.2 Surveillance du bruit

78. Les impacts sonores ne doivent pas dépasser les niveaux indiqués dans les **Directives EHS générales**.

79. Le bruit produit par les installations éoliennes augmente généralement avec la vitesse du vent, tout comme le bruit de fond dû au frottement de l'air sur les éléments paysagers existants. L'augmentation de la vitesse du vent peut également masquer le bruit émis par l'installation éolienne, et la vitesse et la direction du vent peuvent influencer sur la direction et la distance de propagation du bruit. L'application des valeurs indicatives en matière de bruit et l'évaluation des niveaux de bruit de fond devraient donc tenir compte de ces facteurs. Il est considéré comme une bonne pratique de réaliser des essais de conformité lorsque le projet entre en exploitation, afin de vérifier les niveaux sonores modélisés au niveau des propriétés avoisinantes et de confirmer l'adéquation de toute mesure d'atténuation appliquée⁷⁶.

80. Il convient également de tenir compte des émissions sonores liées aux caractéristiques du bruit impulsif ou tonal (sons associés à une fréquence particulière) émis par certaines installations éoliennes en fonction de leur configuration⁷⁷.

2.1.3 Suivi des impacts environnementaux

81. Des programmes de suivi de l'impact environnemental doivent être mis en place dans ce secteur, de manière à couvrir toutes les activités susceptibles d'avoir une incidence significative sur l'environnement dans des conditions normales ou anormales d'exploitation. Les activités de suivi des impacts environnementaux doivent être basées sur des indicateurs directs ou indirects d'émissions, d'effluents et d'utilisation des ressources applicables au projet considéré.

82. Les activités de suivi doivent être menées par des personnes qualifiées en suivant des procédures de suivi et de tenue des statistiques et en utilisant des instruments bien calibrés et entretenus. Des orientations complémentaires sur les méthodes applicables d'échantillonnage et d'analyse des émissions et des effluents sont fournies dans les **Directives EHS générales**.

⁷⁶ Pour les procédures de mesure, voir International Electrochemical Commission (IEC), "IEC 61400-11 Wind Turbines – Part 11: Acoustic Noise Measurement Techniques," (2012).

⁷⁷ Certaines juridictions appliquent une pénalité de 5 dB(A) qui est ajoutée aux niveaux prévus.

2.1.4 Surveillance de la biodiversité en phase d'exploitation

83. La surveillance de la biodiversité en phase d'exploitation (surveillance post-construction) est essentielle pour : i) confirmer la mortalité prévue des oiseaux ou des chiroptères et enregistrer la mortalité imprévue ; ii) permettre une gestion évolutive de l'installation éolienne ; iii) mieux prévoir les impacts d'éoliennes supplémentaires dans la même zone géographique ; et iv) faire progresser les connaissances scientifiques en vue de l'évolution future de l'énergie éolienne. L'étendue et la conception des programmes de surveillance de la biodiversité en phase d'exploitation devraient tenir compte des risques propres à chaque site, à chaque espèce et à chaque saison, identifiés lors des études de référence et des évaluations des impacts et/ou des risques de collision.

84. Les programmes de surveillance devraient être conçus pour mesurer le taux de mortalité des oiseaux et des chiroptères, et leur composition taxonomique, au niveau de l'installation, ainsi que l'efficacité des mesures d'atténuation, plus particulièrement des stratégies de freinage et des procédures d'arrêt à la demande, et d'autres mesures d'atténuation expérimentales. Conformément au modèle de gestion évolutive, la mise en œuvre des mesures d'atténuation peut être renforcée, réduite ou éliminée, selon leur efficacité démontrée. Les programmes de surveillance devraient être axés sur les espèces particulièrement préoccupantes, telles que définies dans l'évaluation préalable à la construction⁷⁸.

85. L'évaluation des impacts liés aux collisions entre les chiroptères et les oiseaux et les installations éoliennes à terre devrait normalement comprendre des recherches de carcasses après la construction. Selon le type et l'ampleur du risque pour la biodiversité de l'installation éolienne, ces recherches devraient être effectuées pendant au moins un à trois ans après l'entrée en exploitation du parc éolien et au besoin s'étendre sur de plus longues périodes dans les environnements à risque élevé.

86. Les recherches de carcasses et leur évaluation après la construction devraient inclure des éléments de conception scientifique actuels^{79, 80, 81} pour s'assurer que les estimations des taux de mortalité des oiseaux et des chiroptères sont exactes et fiables. Ces éléments pourront inclure : 1) une correction pour tenir compte du biais d'efficacité des chercheurs (détection des carcasses) ; 2) une correction pour tenir compte de l'élimination des carcasses par les charognards ; 3) une correction pour tenir compte des zones n'ayant pas fait l'objet de recherches ; 4) la sélection de la fréquence appropriée des recherches de carcasses en fonction des taux prévus de mortalité et d'élimination des carcasses par les charognards⁸² ; 5) la sélection d'un sous-échantillon d'éoliennes devant faire l'objet de recherches, selon la taille du projet et les taux prévus de mortalité ; 6) la sélection de la taille et de la configuration des zones devant faire l'objet de recherches selon la capacité de recherche de substrats et les considérations analytiques.

87. Dans certaines circonstances, la surveillance post-construction peut également comprendre des études supplémentaires sur les habitudes et le déplacement des oiseaux et des chiroptères dans la zone du projet, pour compléter les données recueillies lors des recherches de carcasses.

⁷⁸ Voir le deuxième alinéa du paragraphe 27.

⁷⁹ Voir Ledec (2011), Appendix D.

⁸⁰ F. Korner-Nievergelt *et al.*, "Estimating Bat and Bird Mortality Occurring at Wind Energy Turbines from Covariates and Carcass Searches Using Mixture Models," *PLoS One* 8(7): e67997.doi:10.1371/journal.pone.0067997, (2013).

⁸¹ M. M. P. Huso, and D. Dalthorp, "Accounting for Unsearched Areas in Estimating Wind Turbine-caused Fatality," *Journal of Wildlife Management* 78:347-358 (2014).

⁸² Á. Camiña, "Bat Fatalities at Wind Farms in Northern Spain — Lessons to Be Learned," *Museum and Institute of Zoology, Acta chiropterologica* 4(1): 205–212 (2012).

88. Lorsque plusieurs parcs éoliens sont situés dans la même zone géographique et à proximité de zones de grande valeur pour la biodiversité, leurs promoteurs sont encouragés à mettre en œuvre des procédures communes de surveillance post-construction, pour que les résultats puissent être évalués de manière cumulative. Un mécanisme commun de partage des données et de communication de l'information faciliterait ce processus.

89. Les promoteurs de parcs éoliens sont également encouragés à mettre les résultats de la surveillance post-construction à la disposition des parties prenantes concernées.

90. Les installations éoliennes en mer devraient faire l'objet d'une surveillance temporelle et spatiale, notamment des organismes benthiques, des mammifères et des poissons. Les paramètres surveillés peuvent comprendre l'endofaune (sédiments et communautés endofauniques), les habitats du substrat dur, les poissons, les équilles (indicateur biologique de la modification des caractéristiques des sédiments), les oiseaux et les chiroptères, et les mammifères marins.

2.2 Hygiène et sécurité au travail

2.2.1 Directives sur l'hygiène et la sécurité au travail

91. Les résultats obtenus dans le domaine de l'hygiène et de la sécurité au travail doivent être évalués par rapport aux statistiques sur les incidents publiées à l'échelle internationale, le cas échéant. Les méthodes généralement utilisées pour évaluer les résultats d'une organisation sont les suivantes :

- Enregistrer tous les incidents qui surviennent au cours de la mise en œuvre du projet.
- Enregistrer les données sur les quasi-accidents (ou quasi-collisions) au cours d'un projet afin d'identifier les tendances et d'apporter des améliorations.
- Effectuer des audits sur le lieu de travail et auprès du personnel pour évaluer l'efficacité des systèmes de gestion des risques et la culture de sécurité au travail.
- Consulter les travailleurs en utilisant des questionnaires ou en organisant des réunions périodiques sur la sécurité.
- Comparer les données organisationnelles avec les données sectorielles disponibles, le cas échéant.

2.2.2 Fréquence des accidents mortels et non mortels

92. Le projet devrait être géré avec l'objectif de ramener à zéro le nombre d'accidents du travail dont peuvent être victimes les travailleurs (employés et sous-traitants) dans le cadre d'un projet, en particulier les accidents qui peuvent entraîner des jours de travail perdus, des lésions d'une gravité plus ou moins grande, ou qui peuvent être mortels. La fréquence des accidents peut être comparée à celle d'installations comparables de pays développés opérant dans la même branche d'activité, présentés dans des publications statistiques.

2.2.3 Suivi de l'hygiène et de la sécurité au travail

93. Il est nécessaire d'assurer le suivi continu des risques professionnels posés par les conditions de travail dans le cadre du projet considéré. Ce suivi doit être conçu et mis en œuvre par des experts agréés⁸³

⁸³ Les experts agréés peuvent être des hygiénistes industriels certifiés, des hygiénistes du travail agréés, des professionnels de la sécurité brevetés ou tout titulaire de qualifications équivalentes.

7 août 2015

dans le cadre d'un programme de suivi de l'hygiène et de la sécurité au travail. Les installations doivent par ailleurs tenir un registre des accidents du travail et des maladies, ainsi que des événements dangereux et autres incidents. De plus amples informations sur les programmes de suivi de l'hygiène et de la sécurité au travail sont données dans les **Directives EHS générales**.

3. BIBLIOGRAPHIE

- American Wind Energy Association (AWEA). 2008. Wind Farm Siting Handbook.
- . 2010. Airspace, Radar, and Wind Energy.
- Arnett, E. B. 2011. “Altering Turbine Speed Reduces Bat Mortality at Wind-Energy Facilities.” *Frontiers in Ecology and the Environment* 9(4): 209–214.
- Arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement.
- Australian Government National Health and Medical Research Council. 2010. Wind Turbines and Health. www.nhmrc.gov.au/guidelines-publications/eh57
- AusWEA (Australian Wind Energy Association). 2002. Best Practice Guidelines for Implementation of Wind Energy Projects in Australia.
- . 2004a. Wind Farm Safety in Australia. Fact Sheet.
- . 2004b. The Electromagnetic Compatibility and Electromagnetic Field Implications for Wind Farms in Australia. Fact Sheet. Avian Power Line Interaction Committee (APLIC). 2012. “Reducing Avian Collisions with Power Lines: The State of the Art in 2012”. Edison Electric Institute and APLIC. Washington, D.C.
- Baerwald, E. F., G. H. D'Amours, B. J. Klug, R. M. R. Barclay. 2008. “Barotrauma Is a Significant Cause of Bat Fatalities at Wind Turbines.” *Current Biology* 18:R695–R696.
- Band, B. 2012. Using a Collision Risk Model to Assess Bird Collision Risks for Offshore Wind Farms. British Trust for Ornithology.
- Bombace, G. 1997. “Protection of Biological Habitats by Artificial Reefs.” In Jensen, A.C. (Ed.) *European Artificial Reef Research Proceedings*. First EARRN Conference, Ancona, Italy. March 1996.
- Bowdler, D. and G. Leventhall, (Eds.). 2011. *Wind Turbine Noise*. Brentwood, Essex: Multi-Science Publishing.
- Brett Lane and Associates. 2005. *Interim Standards for Assessing Risks to Birds from Wind Farms in Australia*. Australian Wind Energy Association.
- British Wind Energy Association (BWEA). 1994. *Best Practice Guidelines for Wind Energy Development*.
- . 2005a. *Guidelines for Health and Safety in the Wind Energy Industry*.
- . 2005b. BWEA Briefing Sheet: “Wind Turbine Technology.”
- . 2005c. BWEA Briefing Sheet: “Offshore Wind.”
- . 2005d. BWEA Briefing Sheet: “Wind Power and Intermittency: The Facts.”
- Camina, A. 2012. “Bat Fatalities at Wind Farms in Northern Spain — Lessons to Be Learned.” Museum and

Institute of Zoology. *Acta Chiropterologica* 14(1): 205–212.

Camphuysen, K. 2004. *Towards Standardized Seabirds at Sea Census Techniques in Connection with Environmental Impact Assessments for Offshore Wind Farms in the U.K.* Collaborative for Offshore Wind Research Into the Environment (COWRIE).

Canadian Wind Energy Association (CanWEA). 2011. "An Introduction to Wind Energy Development in Canada." www.canwea.ca/pdf/canwea-sitingreport-e.pdf

Cape Wind Associates, LLC (CWA). 2004. "Cape Wind Energy Project Draft Environmental Impact Statement."

Civil Aviation Authority (CAA). 2013. "Policy and Guidelines on Wind Turbines" (CAP 764).

———. 2012. "Lighting and Marking of Wind Farms and Meteorological Masts."

Code de la Santé Publique Livre III : Protection de la santé et environnement, Titre III : Prévention des risques sanitaires liés à l'environnement et au travail, Chapitre IV : Lutte contre la présence de plomb ou d'amiante et contre les nuisances sonores, Article R1334-30 et suivants: Créé par Décret n° 2006-1099 du 31 août 2006 relatif à la lutte contre les bruits de voisinage et modifiant le code de la santé publique 2006. *Journal Officiel* of 01 September 2006.

Contra Costa County (California). 1996. Municipal Code (Wind Energy Conversion Systems), Article 88-3 Section 612.

Convention on Biological Diversity (CBD). National Biodiversity Strategies and Action Plans (NBSAP) Search <http://www.cbd.int/nbsap/search/default.shtml>.

Drewitt, A. L. and H. W. Langston. 2006. "Assessing the Impacts of Wind Farms on Birds." *Ibis* 148 29–42.

Duff, K. and M. Steward. 2008. "Turbine Carcass Search Methods and Carcass Removal Trials at the Braes of Doune Wind Farm." Natural Research Technical Information Note 4.

Elsam Engineering A/S. 2005. "Elsam Offshore Wind Turbines—Horns Rev Annual Status Report for the Environmental Monitoring Program," January 1–December 2004.

Environment Canada. 2005. "Wind Turbines and Birds—A Guidance Document for Environmental Assessment," Final Draft. Canadian Wildlife Service.

Environmental Protection Agency (EPA). 2010. "Guidance Note on Noise Assessment of Wind Turbine Operations at EPA Licensed Sites" (NG3).

Erickson, W. P. 2009. "Avian and Bat Monitoring Plan for Martinsdale Wind Farm." Western Ecosystems Technology Inc.

ETSU for the Department of Trade and Industry (DTI). United Kingdom. 1997. Report ETSU-R-97, "The Assessment and Rating of Noise from Wind Farms."

EUROCONTROL. 2010. "EUROCONTROL Guidelines on How to Assess the Potential Impact of Wind Turbines on Surveillance Sensors."

European Commission (EC) Guidance Document. 2011. "Wind Energy Developments and Natura 2000."

European Commission.

European Union (EU). 2002. "European Best Practise Guidelines for Wind Energy Development."

European Wind Energy Association (EWEA). 2002. "European Best Practice Guidelines for Wind Energy Development."

———. 2009. "Oceans of Opportunity: Harnessing Europe's Largest Domestic Energy Resource."

Federal States Committee for Pollution Control (Germany). 2002. Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen [Information on Identifying and Assessing the Optical Emissions from Wind Turbines]. www.gewerbeaufsicht.niedersachsen.de/

Gardner, P., J. Phillips, O. Fitch-Roy, and P. Reynolds. 2013. *A Guide to UK Offshore Wind*.

Gehring, J. L., P. Kerlinger, and A. M. Manville II. 2009. "Communication Towers, Lights, and Birds: Successful Methods of Reducing the Frequency of Avian Collisions." *Ecological Applications* 19: 505–514.

General Electric Energy. 2006. "Ice Shedding and Ice Throw – Risk and Mitigation."

Gipe, P. B. 1995. *Wind Energy Comes of Age*. New York: John Wiley and Sons.

Good, R. E., A. Merrill, S. Simon, K. L. Murray, and K. Bay. 2012. "Bat Monitoring Studies at the Fowler Ridge Wind Farm, Benton County, Indiana." Final Report: April 1 – October 31, 2011. Prepared for Fowler Ridge Wind Farm, Fowler, Indiana. Prepared by Western EcoSystems Technology, Inc. Bloomington, Indiana.

Health and Safety Executive (HSE). 2013. "Study and Development of a Methodology for the Estimation of the Risk and Harm to Persons from Wind Turbines." Research Report RR968.

Hötker, H., K. M. Thomsen, and H. Jeromin. 2006. "Impacts on Biodiversity of Exploitation of Renewable Energy Sources: The Example of Birds and Bats – Facts, Gaps in Knowledge, Demands for Further Research, and Ornithological Guidelines for the Development of Renewable Energy Exploitation." Michael-Otto-Institut im NABU, Bergenhusen.

Houck, D. R., M. J. Lawson, R. W. Thresher. 2012. "A Computational and Analytical Study of Bats Flying near Wind Turbines: Implications Regarding Barotrauma." Oral presentation given at the National Wind Coordinating Committee, Wind-Wildlife Research Meeting IX, November 27–30, 2012, Denver, CO, USA.

Howe, B., B. Gastmeier, and N. McCabe. 2007. "Wind Turbines and Sound: Review and Best Practise Guidelines." HGC Engineering: Mississauga, Ontario.

Hundt, L. 2012. *Bat Surveys: Good Practice Guidelines*, 2nd edition, Bat Conservation Trust.

Huso, M. M. P. and D. Dalthorp. 2014. Accounting for Unsearched Areas in Estimating Wind Turbine-caused Fatality. *Journal of Wildlife Management* 78:347-358.

International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities (IALA). 2004. *IALA Recommendation O-117 on the Marking of Offshore Windfarms*, Edition 2.

International Civil Aviation Organization (ICAO). Annex 14, Volume 1.

- International Electrochemical Commission (IEC). 2012. IEC 61400-11 “Wind Turbines – Part 11: Acoustic Noise Measurement Techniques.”
- International Energy Agency. 2011. “Wind Expert Group Study on Recommended Practices: 13” (Wind Energy Projects in Cold Climates, 1st Edition).
https://ieawind.org/index_page_postings/June%20%20posts/task%2019%20cold_climate_%20rp_approved05.12.pdf.
- International Finance Corporation (IFC). 2012. “Performance Standard 6.”
- . 2012. “Performance Standard 8, Cultural Heritage.”
- . 2013. “Good Practice Handbook on Cumulative Impact Assessment and Management: Guidance for the Private Sector in Emerging Markets.”
- Institute of Acoustics (IOA). 2013. “A Good Practice Guide to the Application of ETSU-R-97 for the Assessment and Rating of Wind Turbine Noise.”
- Institute of Environmental Management and Assessment (IEMA) and Landscape Institute (LI). 2013. “Guidelines for Landscape and Visual Impact Assessment,” 3rd Edition.
- Irish Wind Energy Association. 2012. “Wind Energy Development Best Practice Guidelines.”
- Jackson, D. and P. Whitfield. 2011. “Guidance on Survey and Monitoring in Relation to Marine Renewables Deployments in Scotland.” *Birds*, Volume 4. <http://www.snh.gov.uk/docs/A585081.pdf>
- Jenkins, A. R., C. S. van Rooyen, J. J. Smallie, J. A. Harrison, M. Diamond, and H. A. Smit. 2013. “Best Practice Guidelines for Avian Monitoring and Impact Mitigation at Proposed Wind Energy Development Sites in Southern Africa.”
- Johnson, G. D., D. P. Young, W. P. Erickson, C. E. Derby, M. D. Strickland, R. E. Good, and J. W. Kern. 2000. “Wildlife Monitoring Studies.” Seawest Windpower Plant, Carbon County, Wyoming, 1995- 1999. Final report prepared for SeaWest Energy Corporation, San Diego, California, and the Bureau of Land Management, Rawlins, Wyoming, by Western EcoSystems Technology, Inc. (WEST). Cheyenne, Wyoming.”
- Joint Nature Conservation Committee (JNCC). 2010. “The Protection of Marine European Protected Species from Injury and Disturbance.” Oct 2010.
- Kerlinger, P., J. L. Gehring, W. P. Erickson, R. Curry, A. Jain, J. Guarnaccia. 2010. “Night Migrant Fatalities and Obstruction Lighting at Wind Turbines in North America.” *The Wilson Journal of Ornithology* 122: 744–754.
- Köller, J., J. Köppel, W. Peters, (Eds.). 2006. *Offshore Wind Energy: Research on Environmental Impacts*. Berlin.
- Korner-Nievergelt, F., R. Brinkman, I. Niermenn, and O. Behr. 2013. Estimating Bat and Bird Mortality Occurring at Wind Energy Turbines from Covariates and Carcass Searches Using Mixture Models. *PLoS One* 8(7): e67997.doi:10.1371/journal.pone.0067997.
- Landscape Institute. 2011. “Advice Note: Photography and Photomontage in Landscape and Visual Assessment.”

- Laakso, T., I. Baring-Gould, M. Durstewitz, R. Horbaty, A. Lacroix, E. Peltola, G. Ronsten, L. Tallhaug, and T. Wallenius. 2003. *State-of-the-Art of Wind Energy in Cold Climates*. VTT Technical Research Centre of Finland, Vuorimiehentie.
- Ledec, G. C., K. W. Rapp, and R. G. Aiello. 2011. *Greening the Wind: Environmental and Social Considerations for Wind Power Development*. World Bank. <http://elibrary.worldbank.org/content/book/9780821389263>
- Lowther, S. 2000. "The European Perspective: Some Lessons from Case Studies." Proc. National Avian-Wind Power Planning Meeting III, San Diego, CA, May 1998. National Wind Coordinating Committee, Washington, D.C.
- Maclean, I. M. D., L. J. Wright, D. A. Showler, and M. M. Rehfisch. 2009. "A Review of Assessment Methodologies for Offshore Windfarms." British Trust for Ornithology Report Commissioned by Collaborative for Offshore Wind Research Into the Environment (COWRIE). <http://www.thecrownstate.co.uk/media/5884/ei-km-ex-pc-method-052009-a-review-of-assessment-methodologies-for-offshore-windfarms.pdf>
- Maclean, I. M. D., H. Skov, M. M. Rehfisch, and W. Piper. 2006. "Use of Aerial Surveys to Detect Bird Displacement by Offshore Windfarms." BTO Research Report No. 446 to COWRIE. BTO, Thetford.
- Maritime and Coastguard Agency. 2008. "Offshore Renewable Energy Installations (OREIs) - Guidance on U.K. Navigational Practice, Safety, and Emergency Response Issues."
- . 2012. "Offshore Renewable Energy Installations: Impacts on Shipping."
- Masden, E. A., D. T. Haydon, A. D. Fox, R. W. Furness, R. Bullman, and M. Desholm. "Barriers to Movements: Impacts of Wind Farms on Migrating Birds." *ICES Journal of Marine Science* 66 (2009), 746–753.
- Masden E. A., D. T. Haydon, A. D. Fox, R. W. Furness. 2010. "Barriers to Movement: Modelling Energetic Costs of Avoiding Marine Wind Farms amongst Breeding Seabirds." *Marine Pollution Bull.* 60: 1085–1091.
- McLaughlin, D. 2012. "Wind Shear and Its Effect on Wind Turbine Noise Assessment." *Acoustics Bulletin*, July/August 2012, 39–42.
- Minnesota Department of Commerce: Energy Facility Permitting. 2011. "International Review of Policies and Recommendations for Wind Turbine Setbacks from Residences: Setbacks, Noise, Shadow Flicker, and Other Concerns."
- National Association of Regulatory Utility Commissioners (NARUC). 2011. "Best Practices Guidelines for Assessing Sound Emissions from Proposed Wind Farms and Measuring the Performance of Completed Projects."
- National Wind Coordinating Collaborative (NWCC). 1999. "Methods for Studying Energy/Bird Interactions. A Guidance Document."
- . Siting Committee. 2002. "Permitting of Wind Energy Facilities. A Handbook."
- . 2007. *Mitigation Toolbox*.

7 août 2015

- Natural Resources Canada. 2003. "Environmental Impact Statement Guidelines for Screenings of Inland Wind Farms under the Canadian Environmental Assessment Act."
- Nedwell, J., J. Langworthy, and D. Howell. 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 Wind Farm, and Comparison with Background Noise." COWRIE Report 544 R 0424 (May 2003). Subacoustech Ltd.: Southampton, UK.
- Ontario, Ministry of the Environment. 2004. "Interpretation for Applying MOE Technical Publication to Wind Turbine Generators."
- OSPAR Commission. 2008. "Guidance on Environmental Considerations for Offshore Wind Farm Development."
- Pearce-Higgins, J. M. 2009. "Distribution of Breeding Birds around Upland Wind Farms." *Journal of Applied Ecology*.
- Radio Advisory Board of Canada (RABC) & Canadian Wind Energy Association (CanWEA). "Technical Information and Coordination Process between Wind Turbines and Radio Communication and Radar Systems."
- Renewable U.K. 2013. "Guidance on Low-Flying Aircraft and Onshore Tall Structures Including Anemometer Masts and Wind Turbines."
- Rodrigues, L., L. Bach, M. J. Dubourg-Savage, J. Goodwin, and C. Harbusch. 2014. "Guidelines for Consideration of Bats in Wind Farm Projects." *EUROBATS Publication Series No. 6* (English version). UNEP/EUROBATS Secretariat, Bonn, Germany. http://www.eurobats.org/sites/default/files/documents/publications/publication_series/pubseries_no6_english.pdf
- Rollins, K. E., D. K. Meyerholz, G. D. Johnson, A. P. Caparella, S. S. Loew. 2012. "A Forensic Investigation into the Etiology of Bat Mortality at a Wind Farm: Barotrauma or Traumatic Injury?" *Veterinary Pathology* 49:362–371.
- Scottish Enterprise and The Crown Estate. "A Guide to UK Offshore Wind Operations and Maintenance" (2013). <http://www.scottish-enterprise.com/knowledge-hub/articles/guide/offshore-wind-operations-and-maintenance-opportunities>
- Scottish Natural Heritage (SNH). 2000. "Guidance: Wind Farms and Birds – Calculating Theoretical Collision Risk Assuming No Avoiding Action."
- . 2002. "Visual Assessment of Windfarms: Best Practice."
- . 2009. "Siting and Designing Windfarms in the Landscape."
- . 2012. "Assessing the Cumulative Impact of Onshore Wind Energy Developments." <http://www.snh.gov.uk/docs/A675503.pdf>
- . 2014. "Guidance Note – Recommended Bird Survey Methods to Inform Impact Assessment of Onshore Wind Farms."
- Sengupta, D. and T. Senior. 1983. "Large Wind Turbine Siting Handbook: Television Interference Assessment," Final Subcontract Report.

- Smallwood, K. S., D. A. Bell, S. A. Snyder, and J. E. Didonato. 2010. "Novel Scavenger Removal Trials Increase Wind-Turbine Caused Avian Fatality Estimates." *Journal of Wildlife Management* 74(5): 1089–1097. DOI: 10.2193/2009-266.
- State of Wisconsin. 2003. Draft Model Wind Ordinance for Wisconsin.
- Strickland, D., E. Arnett, W. Erickson, D. Johnson, G. Johnson, M. Morrison, J. Shaffer, and W. Warren-Hicks. 2011. *Comprehensive Guide to Studying Wind Energy/Wildlife Interactions*. Prepared for the National Wind Coordinating Collaborative, Washington, D.C.
- Subacoustech Report 534R1231. Oct 2007.
- U.K. Department for Business, Enterprise, and Regulatory Reform (BERR). 2008. "Review of Cabling Techniques and Environmental Effects Applicable to the Offshore Wind Farm Industry." Technical Report.
- UNDP (Serbia). 2010. "Guidelines on the Environmental Impact Assessment for Wind Farms."
- United States Fish and Wildlife Services. 2012. "Land-based Wind Energy Guidelines."
- URS (URS Australia Pty. Ltd.). 2004. "Woodlawn Wind Farm Environmental Impact Statement."
- Walls, R., C. Pendlebury, R. Budgey, K. Brookes, and P. Thompson. 2009. "Revised Best Practice Guidance for the Use of Remote Techniques for Ornithological Assessment at Offshore Wind Farms." COWRIE.
- Westerberg, H. 1999. "Impact Studies of Sea-based Windpower in Sweden." Technische Eingriffe in Marine Lebensraume.
- Winkelman, J. E. 1995. "Bird/Wind Turbine Investigations in Europe." Proc. of National Avian-Wind Planning Meeting, Denver, CO, July 1994.

ANNEXE A. DESCRIPTION GÉNÉRALE DE LA BRANCHE D'ACTIVITÉ

94. Les installations éoliennes ont pour objet de transformer le vent naturel en énergie électrique. Elles peuvent être situées à terre ou en mer. La présence de ressources éoliennes importantes est le principal facteur déterminant la faisabilité et la viabilité d'un site proposé pour une installation éolienne. On procède ensuite à une évaluation du rendement énergétique pour déterminer la production d'énergie anticipée et les revenus pouvant en découler. Les autres facteurs importants pour déterminer si un site est propice à un projet éolien comprennent les impacts environnementaux et sociaux, les coûts de construction et d'exploitation, la conclusion d'un accord sur la vente d'électricité à un prix commercialement approprié, et le raccordement à un réseau d'une capacité suffisante.

95. À l'instar d'autres secteurs industriels, le cycle de vie d'un projet éolien comprend plusieurs étapes : évaluation des ressources éoliennes, évaluation des impacts environnementaux et sociaux, construction, exploitation, maintenance et déclassé. Les activités généralement associées à la phase de construction comprennent l'aménagement ou l'amélioration des routes de desserte, la préparation du site (comme la construction des voies de desserte et des fondations des éoliennes), ainsi que le transport et l'installation des composantes du projet (anémomètres, éoliennes, transformateurs, sous-stations, etc.). Les activités de déclassé dépendent de l'utilisation ultérieure proposée du site, mais consistent généralement à démanteler les infrastructures (éoliennes, sous-stations, routes, etc.) et à remettre le site dans son état d'avant le projet. La section suivante décrit les structures et les activités les plus fréquemment associées à la construction et à l'exploitation des installations éoliennes à terre et en mer.

A.1 Structures et activités communes aux installations éoliennes à terre et en mer

96. Les éléments structurels d'un projet éolien comprennent : les éoliennes ; les transformateurs ; les câbles collecteurs souterrains ou aériens de transport de l'électricité entre les éoliennes ; les sous-stations et les lignes électriques aériennes raccordées à un réseau existant ; et les routes de desserte (figure A-1). Les éoliennes sont espacées pour maximiser le rendement énergétique tout en minimisant l'utilisation des terres.

97. L'aérogénérateur est la composante essentielle d'un projet éolien et convertit l'énergie éolienne en énergie électrique utile. L'augmentation du diamètre des rotors et de la hauteur des tours a permis d'augmenter la capacité de production et le rendement.

98. L'éolienne est constituée de fondations, d'une tour, d'une nacelle, d'un rotor à pales, d'un moyeu de rotor et d'un système d'éclairage (figure A-2).

99. Les tours d'éoliennes sont principalement de forme cylindrique conique et sont généralement fabriquées en acier. Elles sont généralement peintes en blanc ou en blanc cassé, mais peuvent porter des marques de couleurs différentes pour la sécurité aérienne ou maritime (dans le cas des éoliennes en mer), conformément aux réglementations nationales applicables.

FIGURE A-1 : PRINCIPALES COMPOSANTES D'UNE INSTALLATION ÉOLIENNE À TERRE

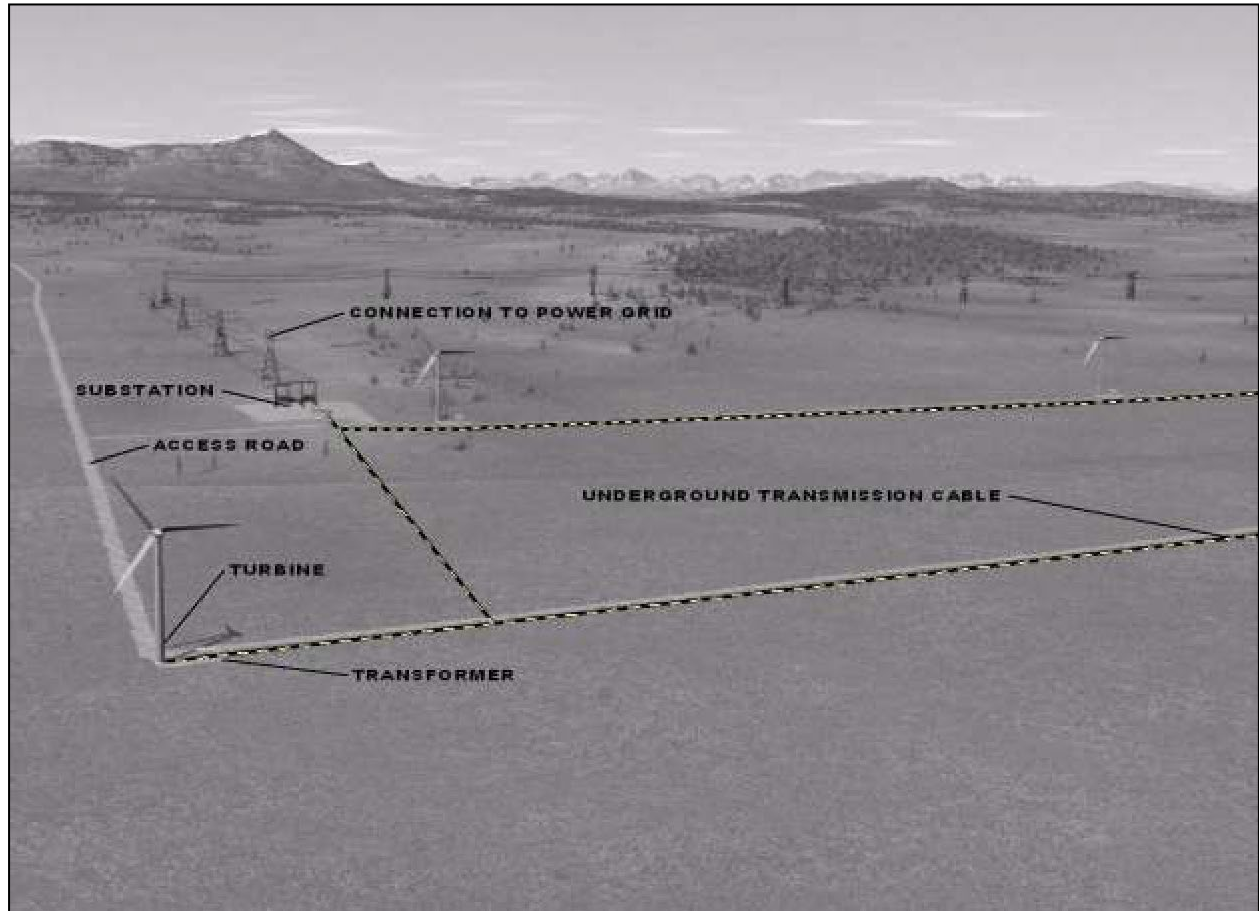
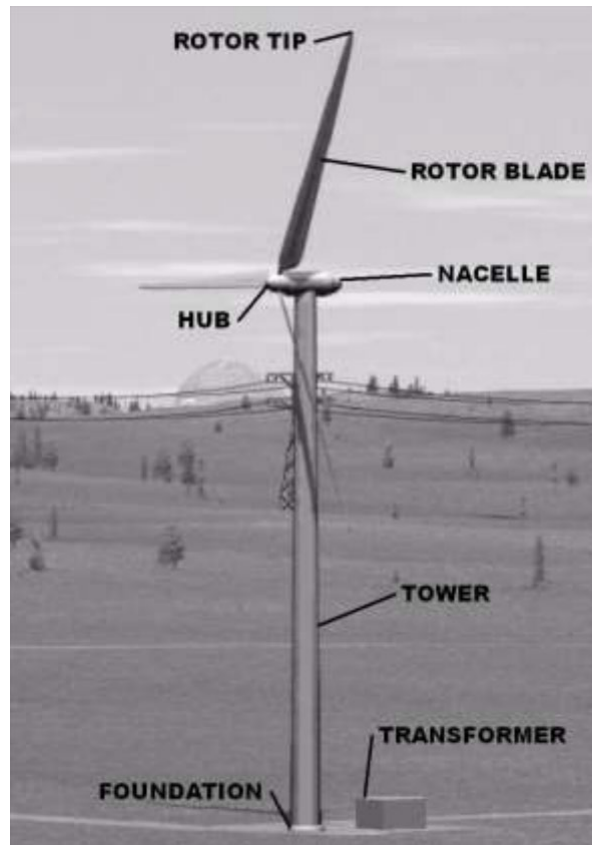


FIGURE A-2 : COMPOSANTS STRUCTURELS TYPQUES D'UNE ÉOLIENNE



100. Les pales du rotor se mettent à tourner à mesure que la vitesse du vent augmente. La rotation des pales entraîne le générateur situé à l'intérieur de la nacelle, et convertit ainsi une partie de l'énergie éolienne en électricité. La plupart des éoliennes commencent à produire de l'électricité dès que la vitesse du vent atteint environ 3 à 4 mètres/seconde (m/s) (10,8 à 14,4 kilomètres/heure [km/h]), produisent une puissance maximale lorsque la vitesse du vent atteint environ 12 m/s (43 km/h) et s'arrêtent pour éviter tout dommage lorsque la vitesse du vent atteint environ 25 m/s (90 km/h)⁸⁴. La vitesse maximale en bout de pale est d'environ 90 m/s ou 320 km/h. Par vent fort, trois systèmes permettent de limiter la puissance du rotor : la commande passive, la commande à pas variable et la commande active. Dans les aérogénérateurs à commande passive, la conception aérodynamique de la pale du rotor régule la puissance de rotor. Lorsque le vent souffle à des vitesses élevées, les pales à commande passive s'arrêtent de tourner dès que la puissance du rotor atteint une limite prédéterminée qui est fonction de la conception aérodynamique des pales. Le pas variable est un système mécanique qui agit sur l'inclinaison des pales en les faisant pivoter jusqu'à 90° autour de leur axe afin d'optimiser la capture du vent. Une fois la limite de puissance atteinte, l'inclinaison des pales est modifiée de manière à évacuer l'énergie produite par le rotor. Le système à commande active est une combinaison des deux précédents systèmes : les pales sont conçues de la même manière que celles à commande passive, mais leur inclinaison peut également être modifiée selon le principe du pas variable. Jusque dans les années 1990, on a privilégié la régulation à commande passive.

⁸⁴ BWEA 2005b.

Aujourd'hui, on lui préfère la commande à pas variable qui est la méthode la plus couramment utilisée pour limiter la puissance du rotor des éoliennes de grande taille.

101. L'énergie éolienne est proportionnelle au cube de la vitesse du vent. Autrement dit, l'énergie éolienne est multipliée par huit lorsque la vitesse du vent double. En règle générale, une éolienne produit de l'électricité 70 à 85 % du temps⁸⁵. Cela étant, l'énergie produite par l'éolienne n'augmente pas dans les mêmes proportions ; elle est plutôt de l'ordre du carré de la vitesse du vent. L'électricité produite par une éolienne est généralement de 700 volts, et ne peut donc pas être transportée en l'état⁸⁶. Par conséquent, chaque éolienne utilisera un transformateur pour augmenter la tension à un niveau suffisant pour le réseau collecteur du parc éolien (par exemple, 11 kilovolts [kV]). Le réseau collecteur est raccordé à un transformateur qui augmente la tension jusqu'à un niveau approprié pour le raccordement à une sous-station. Le raccordement entre un transformateur et une sous-station, d'une part, et une sous-station et le réseau électrique, d'autre part, s'effectue par le biais de câbles de transport souterrains ou aériens. En fonction de la configuration du projet, les transformateurs des éoliennes peuvent être connectés individuellement à la sous-station, ou les éoliennes peuvent être reliées les unes aux autres puis à la sous-station.

102. La durée de vie nominale d'une éolienne est d'environ 20 ans ; dans la pratique, les éoliennes peuvent avoir une durée de vie plus longue si elles sont entretenues correctement.

103. Les éoliennes en exploitation font l'objet de travaux d'entretien courants pendant toute leur durée de vie (entretien du rotor, lubrification des pièces, révision complète du générateur et, au besoin, entretien des composants électriques).

104. En règle générale, l'exploitation et l'entretien des installations éoliennes ne génèrent pas d'émissions polluantes ou d'effluents. Les effluents liquides et les autres déchets résultant des travaux d'entretien ne sont généralement pas stockés sur place et sont éliminés conformément aux réglementations régionales et nationales/pratiques optimales de gestion.

A.2 Structures propres aux installations éoliennes en mer

105. Les éléments structurels et le mode d'exploitation d'une installation éolienne en mer sont semblables à ceux d'une installation éolienne à terre. Les principales différences sont la taille des éoliennes, la hauteur des tours et le diamètre des pales des rotors. Par ailleurs, les installations éoliennes en mer utilisent généralement des câbles sous-marins et souterrains pour transporter l'électricité des éoliennes au transformateur et du transformateur à la sous-station terrestre (figure A-3).

106. Les matériaux des éléments structurels (des tours, par exemple) sont semblables à ceux des éoliennes terrestres, mais différentes méthodes sont utilisées pour adapter la structure au milieu marin, notamment : le revêtement des pièces métalliques pour les protéger de la corrosion ; l'utilisation de nacelles étanches ; la conception des fondations/tours pour tenir compte des interactions avec le vent, les vagues, les courants, les marées et les fonds marins (figure A-1) et l'aménagement de plateformes d'accès spéciales pour l'entretien.

107. La construction des éoliennes en mer comprend généralement la construction des fondations, le transport maritime des composantes des éoliennes, l'assemblage de la tour, le levage de la nacelle et du

⁸⁵ BWEA 2005d.

⁸⁶ BWEA 2005b.

7 août 2015

rotor au sommet de la tour et l'assemblage rotor/nacelle.

108. Les types de fondations et les applications associées pouvant être utilisées pour les éoliennes en mer sont les suivantes :

- Fondations monopieu : dans la majorité des cas, et de préférence en eaux peu profondes, mais pas sur un substrat meuble et profond.
- Fondations tripodes : dans la majorité des cas, sauf sur un substrat meuble et peu profond ; convient également à des profondeurs d'eau supérieures à 30 mètres (m).
- Fondations gravitaires en béton : dans pratiquement tous les terrains sédimentaires.
- Fondations gravitaires en acier : dans pratiquement tous les terrains sédimentaires et en eaux plus profondes que pour le béton.
- Caisson monosuction : fonds sableux, argiles meubles.
- Caisson à suction multiple : fonds sableux, argiles meubles, eaux plus profondes qu'avec le caisson monosuction.
- Fondations flottantes : eaux profondes jusqu'à 100 mètres.

FIGURE A-3 : PRINCIPALES COMPOSANTES D'UNE INSTALLATION ÉOLIENNE EN MER

