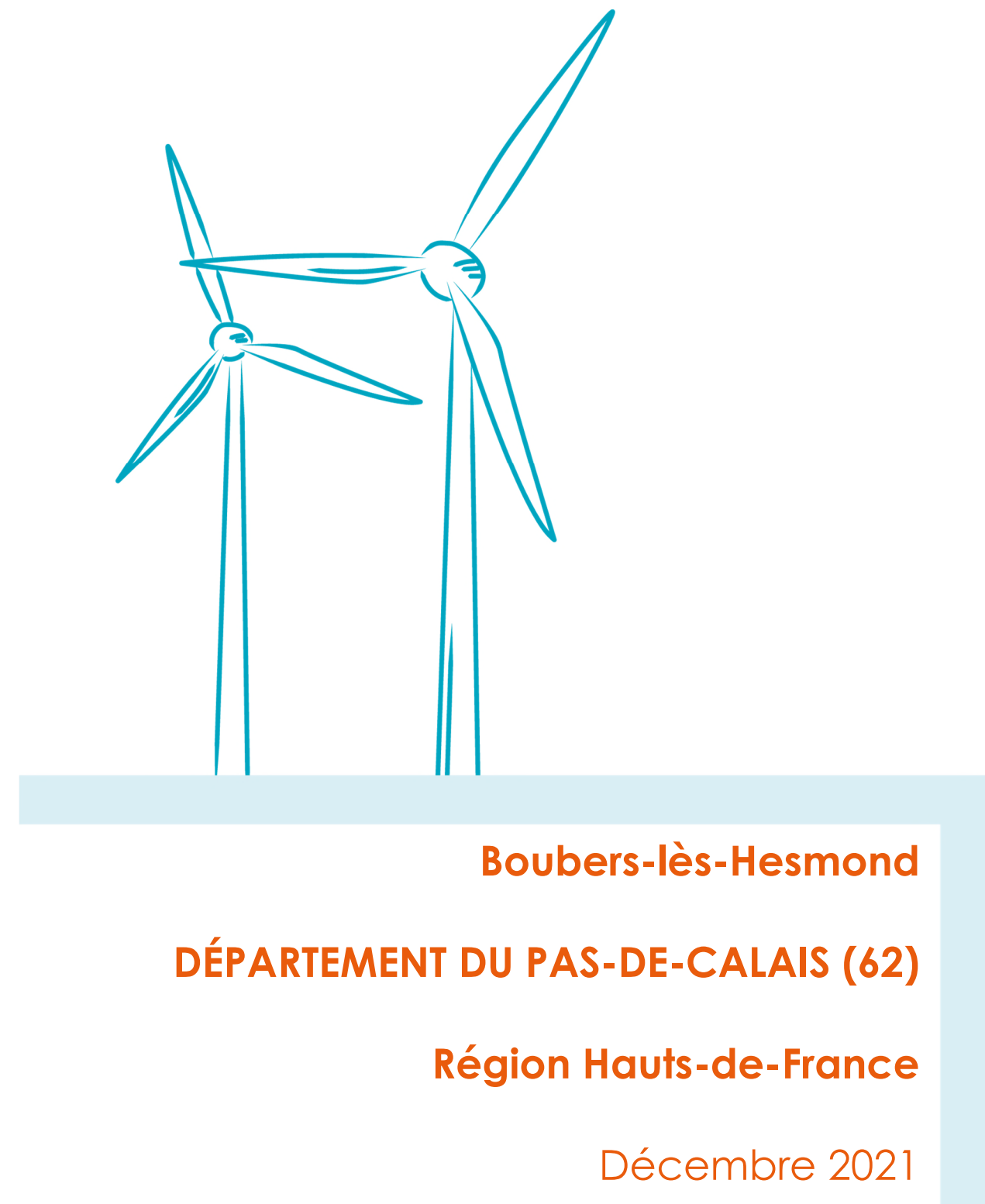




Etude de dangers

Parc éolien des Magnolias



Boubers-lès-Hesmond

DÉPARTEMENT DU PAS-DE-CALAIS (62)

Région Hauts-de-France

Décembre 2021




Enviroscop
27 rue André Martin
76710 Montville
www.enviroscop.fr




H2air
29, rue des Trois Cailloux
80000 Amiens
www.h2air.fr



Auteurs :

| | |
|---|---|
| Citation recommandée : | Enviroscop, Décembre 2021. Etude de dangers du parc éolien des Magnolias. Communes de Boubers-lès-Hesmond (62). Dossier de demande d'autorisation environnementale. Eoliennes des Magnolias |
| Réalisation : | Chargée d'étude : Blandine LETIENNE, ingénieure environnement. Direction d'étude et contrôle qualité : Nathalie BILLER, ingénieure Environnement, SIG et paysage. |
|   | <p style="text-align: center;">Enviroscop 27 rue André Martin 76710 MONTVILLE Tél. +33 (0)952 081 201 / contact@enviroscop.fr Signataire de la Charte d'engagement des bureaux d'études dans le domaine de l'évaluation environnementale (voir site du Ministère¹)</p> <p style="text-align: center;">Charte d'engagement des bureaux d'études dans le domaine de l'évaluation environnementale</p>  |

Pour le compte de :

| | |
|--|--|
| Eoliennes des Magnolias | |
| Maîtrise d'ouvrage déléguée / assistance à maîtrise d'ouvrage : | |
|  | <p style="text-align: center;">H2Air 29 Rue des 3 Cailloux, 80000 Amiens Contrôle qualité et suivi de projet : Chloé BLAISE, Responsable de projets & autorisation Tél : +33 (0)3 65 88 99 08 Courriel : cblaise@h2air.fr</p> |
| Projet de parc éolien des Magnolias | |
| Éoliennes : | 4 éoliennes de 178 m de hauteur en bout de pale |
| Puissance du parc : | 18 MW |
| Localisation : | Boubers-lès-Hesmond (62) |

Rédaction de l'étude sur la base de la « Trame type de l'étude de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens » de l'Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS), examinée par la Direction Générale de la Prévention des Risques (DGPR).

¹ <http://www.developpement-durable.gouv.fr/La-charte-d-engagement-des-bureaux,43760.html>

Sommaire

Le résumé non technique est joint dans une pièce à part.

| | | | | | |
|--|---|-------------------|--|--|----|
| A. PREAMBULE | 5 | H.1 | Rappel des définitions | 38 | |
| A.1 | Objectif de l'étude de dangers | 5 | H.2 | Caractérisation des scénarios retenus | 40 |
| A.2 | Contexte législatif et réglementaire | 5 | H.3 | Synthèse de l'étude détaillée des risques | 45 |
| A.3 | Nomenclature des installations classées | 6 | I. CONCLUSION | 48 | |
| B. INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION | 6 | J. ANNEXES | 49 | | |
| B.1 | Renseignements administratifs | 6 | J.1 | Cadre méthodologique | 49 |
| B.2 | Localisation du site | 6 | J.2 | Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne | 52 |
| B.3 | Définition de l'aire d'étude | 6 | J.3 | Tableau de l'accidentologie française | 54 |
| C. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION | 8 | J.4 | Scénarios génériques issus de l'analyse préliminaire des risques | 63 | |
| C.1 | Environnement humain | 8 | J.5 | Probabilité d'atteinte et Risque individuel | 64 |
| C.2 | Environnement naturel | 11 | J.6 | Glossaire | 65 |
| C.3 | Environnement matériel | 13 | J.7 | Bibliographie et références utilisées | 66 |
| C.4 | Cartographie de synthèse | 14 | | | |
| D. DESCRIPTION DE L'INSTALLATION | 16 | | | | |
| D.1 | Caractéristiques de l'installation | 16 | | | |
| D.2 | Fonctionnement de l'installation | 20 | | | |
| E. IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION | 25 | | | | |
| E.1 | Potentils de dangers liés aux produits | 25 | | | |
| E.2 | Potentils de dangers liés au fonctionnement de l'installation | 26 | | | |
| E.3 | Réduction des potentiels de dangers à la source | 26 | | | |
| F. ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE | 27 | | | | |
| F.1 | Inventaire des accidents et incidents en France | 27 | | | |
| F.2 | Inventaire des accidents et incidents à l'international | 28 | | | |
| F.3 | Inventaire des accidents majeurs survenus sur les sites de l'exploitant | 29 | | | |
| F.4 | Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience | 29 | | | |
| F.5 | Limites d'utilisation de l'accidentologie | 30 | | | |
| G. ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES | 30 | | | | |
| G.1 | Objectif de l'analyse préliminaire des risques | 30 | | | |
| G.2 | Recensement des événements initiateurs exclus de l'analyse des risques | 30 | | | |
| G.3 | Recensement des agressions externes potentielles | 31 | | | |
| G.4 | Scénarios étudiés dans l'analyse préliminaire des risques | 32 | | | |
| G.5 | Effets dominos | 34 | | | |
| G.6 | Mise en place des mesures de sécurité | 34 | | | |
| G.7 | Conclusion de l'analyse préliminaire des risques | 37 | | | |
| H. ETUDE DETAILLEE DES RISQUES | 38 | | | | |

Liste des illustrations

| | |
|--|----|
| Carte 1 : Situation du parc éolien des Magnolias et de l'aire d'étude de dangers | 7 |
| Carte 2 : Eloignement des éoliennes aux habitations et aux zones d'habitation | 9 |
| Carte 3 : Synthèse des enjeux humains et matériels dans la zone d'étude de dangers | 10 |
| Carte 4 : Fréquence des tornades en France | 11 |
| Carte 5 : Aléa sismique | 12 |
| Carte 6 : Risques naturels | 12 |
| Carte 7 : Synthèse de l'environnement dans l'aire d'étude de dangers (500 m) de E1 | 14 |
| Carte 8 : Synthèse de l'environnement dans l'aire d'étude de dangers (500 m) de E2 | 15 |
| Carte 9 : Synthèse de l'environnement dans l'aire d'étude de dangers (500 m) de E3 | 15 |
| Carte 10 : Synthèse de l'environnement dans l'aire d'étude de dangers (500 m) de E4 | 16 |
| Carte 11 : Plan simplifié du parc éolien des Magnolias | 20 |
| Carte 12 : Synthèse des risques de l'éolienne E1 | 46 |
| Carte 13 : Synthèse des risques de l'éolienne E2 | 47 |
| Carte 14 : Synthèse des risques de l'éolienne E3 | 47 |
| Carte 15 : Synthèse des risques de l'éolienne E4 | 48 |
| | |
| Figure 1 : Normales climatiques | 11 |
| Figure 2 : Vue d'ensemble du gabarit pour l'éolienne E1 | 17 |
| Figure 3 : Vue d'ensemble du gabarit pour l'éolienne E2 | 17 |
| Figure 4 : Vue d'ensemble du gabarit pour les éoliennes E3 et E4 | 17 |
| Figure 5 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur | 18 |
| Figure 6 : schémas de principe des emprises au sol d'une éolienne | 18 |
| Figure 7 : Principe du raccordement électrique des installations | 23 |
| Figure 8 : Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateurs français. | 28 |
| Figure 9 : Répartition des événements accidentels sur le parc d'aérogénérateurs mondial | 28 |
| Figure 10 : Répartition des principales causes des événements accidentels sur le parc d'aérogénérateurs mondial | 28 |
| Figure 11 : Evolution du nombre d'incidents annuels en France et puissance raccordée | 29 |
| Figure 12 : démarche d'analyse des risques | 51 |

| | |
|---|----|
| Tableau 1 : La nomenclature ICPE pour l'éolien | 6 |
| Tableau 2 : Etat des documents d'urbanisme des communes dans l'aire d'étude de dangers | 8 |
| Tableau 3 : Distance d'éloignement aux lieux-dits des éoliennes les plus proches | 8 |
| Tableau 4 : Nombre de jours moyen d'épisode neigeux | 11 |
| Tableau 5 : Nombre de jours moyen de vents violents (rafales) | 11 |
| Tableau 6 : Risques naturels dans l'aire d'étude de dangers | 11 |
| Tableau 7 : Arrêtés de reconnaissance de catastrophe naturelle | 12 |
| Tableau 8 : Grille de lecture de l'estimation des enjeux humains | 14 |
| Tableau 9 : Coordonnées des éoliennes projetées et des postes de livraison | 19 |
| Tableau 10 : Découplage fonctionnel de l'installation et des tensions électriques | 20 |
| Tableau 11 : Quantités estimées de lubrifiants présents dans une éolienne Nordex N149 | 25 |
| Tableau 12 : Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation | 26 |
| Tableau 13 : Principales agressions externes liées aux activités humaines | 31 |
| Tableau 14 : Principales agressions externes liées aux phénomènes naturels | 31 |
| Tableau 15 : Analyse préliminaire des risques | 32 |
| Tableau 16 : Mesures de sécurité | 35 |
| Tableau 17 : Scénarios exclus de l'étude détaillée | 37 |
| Tableau 18 : Définition de l'intensité des effets | 38 |
| Tableau 19 : Définition des seuils de gravité | 38 |
| Tableau 20 : Définition des échelles de probabilité | 39 |
| Tableau 21 : Définition des niveaux de risques | 39 |
| Tableau 22 : Intensité de l'effondrement d'une éolienne | 40 |
| Tableau 23 : Gravité du risque de l'effondrement d'une éolienne | 40 |
| Tableau 24 : Niveau de risque et de l'acceptabilité de l'effondrement d'une éolienne d'après la littérature | 40 |
| Tableau 25 : Niveau de risque et de l'acceptabilité de l'effondrement d'une éolienne | 41 |
| Tableau 26 : Intensité de chute de glace | 41 |
| Tableau 27 : Gravité du risque de chute de glace | 41 |
| Tableau 28 : Niveau de risque et de l'acceptabilité de chute de glace | 41 |
| Tableau 29 : Intensité de chute d'éléments | 42 |
| Tableau 30 : Gravité du risque de chute d'éléments de l'éolienne | 42 |
| Tableau 31 : Niveau de risque et de l'acceptabilité de chute d'éléments | 42 |
| Tableau 32 : Intensité de projection de pale ou de fragment de pale | 43 |
| Tableau 33 : Gravité de projection de pale ou de fragment de pale | 43 |
| Tableau 34 : Fréquence de projection de tout ou partie de pale d'après la littérature | 43 |
| Tableau 35 : Niveau de risque et de l'acceptabilité de projection de pale ou de fragment de pale | 44 |
| Tableau 36 : Intensité de projection de morceaux de glace | 44 |
| Tableau 37 : Gravité de projection de morceaux de glace | 44 |
| Tableau 38 : Niveau de risque et de l'acceptabilité de projection de morceaux de glace | 45 |
| Tableau 39 : Synthèse des scénarios étudiés pour les éoliennes | 45 |
| Tableau 40 : Définition des niveaux de risques | 46 |

A. Préambule

A.1 Objectif de l'étude de dangers

La présente étude de dangers a pour objet de rendre compte de l'examen effectué par la société **Eoliennes des Magnolias** pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques du parc éolien des Magnolias, autant que technologiquement réalisable et économiquement acceptable, que leurs causes soient intrinsèques aux substances ou matières utilisées, liées aux procédés mis en œuvre ou dues à la proximité d'autres risques d'origine interne ou externe à l'installation.

Cette étude est proportionnée aux risques présentés par les éoliennes du parc éolien des Magnolias. Le choix de la méthode d'analyse utilisée et la justification des mesures de prévention, de protection et d'intervention sont adaptés à la nature et la complexité des installations et de leurs risques.

Cette étude précise l'ensemble des mesures de maîtrise des risques mises en œuvre sur le parc éolien des Magnolias, qui réduisent le risque à l'intérieur et à l'extérieur des éoliennes à un niveau jugé acceptable par l'exploitant.

Ainsi, cette étude permet une approche rationnelle et objective des risques encourus par les personnes ou l'environnement, en satisfaisant les principaux objectifs suivants :

- améliorer la réflexion sur la sécurité à l'intérieur de l'entreprise afin de réduire les risques et optimiser la politique de prévention ;
- favoriser le dialogue technique avec les autorités d'inspection pour la prise en compte des parades techniques et organisationnelles dans l'arrêté d'autorisation ;
- informer le public dans la meilleure transparence possible en lui fournissant des éléments d'appréciation clairs sur les risques.

Nous rappellerons ici les définitions de danger et de risque retenues dans la présente étude :

Danger : « Cette notion définit une propriété intrinsèque à une substance (butane, chlore, ...), à un système technique (mise sous pression d'un gaz, ...), à une disposition (élévation d'une charge), ..., à un organisme (microbes), etc., de nature à entraîner un dommage sur un « élément vulnérable ». Sont ainsi rattachées à la notion de "danger" les notions d'inflammabilité ou d'explosivité, de toxicité, de caractère infectieux etc. inhérentes à un produit et celle d'énergie disponible (pneumatique ou potentielle) qui caractérisent le danger ». (Glossaire des risques technologiques, circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers).

Risque : « Combinaison de la probabilité d'un événement et de ses conséquences » (ISO/CEI 73), « Combinaison de la probabilité d'un dommage et de sa gravité » (ISO/CEI 51).

A.2 Contexte législatif et réglementaire

Les objectifs et le contenu de l'étude de dangers sont définis dans la partie du Code de l'environnement relative aux installations classées. Selon l'article L. 181-25, **l'étude de dangers expose les risques que peut présenter l'installation pour les intérêts visés à l'article L. 511-1 en cas d'accident, que la cause soit interne ou externe à l'installation.**

L'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation [10] fournit un cadre méthodologique pour les évaluations des scénarios d'accidents majeurs. Il impose une évaluation des accidents majeurs sur les personnes uniquement et non sur la totalité des enjeux identifiés dans l'article L. 511-1. En cohérence avec cette réglementation et dans le but d'adopter une démarche proportionnée, **l'évaluation des accidents majeurs dans l'étude de dangers d'un parc d'aérogénérateurs s'intéressera prioritairement aux dommages sur les personnes.** Pour les parcs éoliens, les atteintes à l'environnement, l'impact sur le fonctionnement des radars et les problématiques liées à la circulation aérienne feront l'objet d'une évaluation détaillée au sein de l'étude d'impact.

Ainsi, l'étude de dangers a pour **objectif de démontrer la maîtrise du risque par l'exploitant.** Elle comporte une analyse des risques qui présente les différents scénarios d'accidents majeurs susceptibles d'intervenir. Ces scénarios sont caractérisés en fonction de leur probabilité d'occurrence, de leur cinétique, de leur intensité et de la gravité des accidents potentiels. Elle justifie que le projet permet d'atteindre, dans des conditions économiquement acceptables, un niveau de risque aussi bas que possible, compte tenu de l'état des connaissances et des pratiques et de la vulnérabilité de l'environnement de l'installation.

Selon le principe de proportionnalité, le contenu de l'étude de dangers doit être en relation avec l'importance des risques engendrés par l'installation, compte tenu de son environnement et de sa vulnérabilité. Ce contenu est défini par l'article L. 181-25 du Code de l'environnement :

- les risques auxquels l'installation peut exposer, directement ou indirectement, les intérêts mentionnés à l'article L. 511-1 en cas d'accident, que la cause soit interne ou externe à l'installation ;
- une analyse de risques qui prend en compte la probabilité d'occurrence, la cinétique et la gravité des accidents potentiels selon une méthodologie qu'elle explicite ;
- les mesures propres à réduire la probabilité et les effets de ces accidents.

De même, la circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les **règles méthodologiques applicables aux études de dangers**, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 juillet 2003 [11] précise le contenu attendu de l'étude de dangers et apporte des éléments d'appréciation des dangers pour les installations classées soumises à autorisation.

A.3 Nomenclature des installations classées

Conformément à l'article R. 511-9 du Code de l'environnement, modifié par le décret n°2011-984 du 23 août 2011, les parcs éoliens sont soumis à la rubrique 2980 de la nomenclature des installations classées :

Tableau 1 : La nomenclature ICPE pour l'éolien

(1) A : autorisation, E : enregistrement, D : déclaration, S : servitude d'utilité publique, C : soumis au contrôle périodique prévu par l'article L. 512-11 du code de l'environnement (2) Rayon d'affichage en kilomètres / Décret n°2011-984 du 23 août 2011

| N° | A - Nomenclature des installations classées | | |
|------|---|-------------------|-----------|
| | Désignation de la rubrique. | A, E, D, S, C (1) | Rayon (2) |
| 2980 | Production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent (ensemble des machines d'un site) : | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> ■ Comprenant au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m ; ■ Comprenant uniquement des aérogénérateurs dont le mât à une hauteur inférieure à 50 m et au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur maximale supérieure ou égale à 12 m et pour une puissance totale installée : <ul style="list-style-type: none"> • supérieure ou égale à 20 MW • inférieure à 20 MW | A | 6 |
| | | A D | 6 |

Le parc éolien des Magnolias comprend au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m. Cette installation est donc soumise à autorisation (A) au titre des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement et doit présenter une étude de dangers au sein de sa demande d'autorisation environnementale.

■ Cas des éoliennes et méthodologie

Le cadre juridique de l'activité de la production d'énergie éolienne a été modifié depuis la loi n°2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement, dite « Loi Grenelle 2 ». En effet, depuis le 14 juillet 2011 les éoliennes sont désormais inscrites à la nomenclature des activités soumises au respect des règles applicables aux Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE).

L'éolien est l'une des branches des énergies renouvelables les plus matures, sa technologie étant désormais bien maîtrisée. Sa croissance dans le monde est considérable depuis une dizaine d'années et la puissance éolienne totale installée s'élevait à 651 GW fin 2019 (source : GWEC). En France, des éoliennes sont opérationnelles depuis 1991 (Port-La-Nouvelle). Au 31 décembre 2020, la France totalisait 17,6 GW de puissance installée sur son territoire (source : SDES).

Très peu d'accidents majeurs sont recensés du fait d'un retour d'expériences important à travers le monde.

Dans la Circulaire du 29 août 2011, relative aux conséquences et orientations du classement des éoliennes dans le régime des installations classées (DEVP1119997C), le ministre de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement précise que « les études de dangers, désormais exigibles pour les éoliennes soumises à autorisation, pourront présenter un caractère plus léger que bon nombre d'autres installations classées, bien plus dangereuses, dans un souci de proportionnalité ».

La présente étude de dangers respecte les prescriptions de l'article R.512-9 du Code de l'environnement et a donc été réalisée sur la base de la « Trame type de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens » achevée par l'INERIS (version de Mars 2012). En effet, le parc éolien des Magnolias est représentatif au sens où il ne présente aucune particularité ni dans sa taille, ni dans sa conception, ni dans son implantation.

Par ailleurs, ce guide est le référentiel officiel pour l'élaboration des études de dangers de parc éolien validé par la Direction Générale de la Prévention de Risques (DGPR) du ministère en charge de l'environnement en 2012 et transmis à toutes les DREAL pour l'instruction des dossiers éoliens.

B. Informations générales concernant l'installation

B.1 Renseignements administratifs

Société porteuse du projet : Eoliennes des Magnolias

- Adresse du siège : 29 RUE DES 3 CAILLOUX 80000 AMIENS
- Forme juridique : SASU Société par actions simplifiée à associé unique
- Capital social : 15 000,00 Euros
- RCS : 878 460 666 R.C.S. Amiens
- Code APE : 3511Z / Production d'électricité

B.2 Localisation du site

Le parc éolien des Magnolias, composé de 4 aérogénérateurs, est localisé sur la commune de Boubers-lès-Hesmond en région des Hauts-de-France.

Les éoliennes sont à environ 590 m du village de Boubers-lès-Hesmond, respectivement à 680m et 820 m des hameaux de la Tourterelle et de la Fertilité à Boubers-lès-Hesmond ainsi qu'à 950 m du village d'Embry.

Les positions des éoliennes sont présentées dans le Tableau 9 page 19.

B.3 Définition de l'aire d'étude

Compte tenu des spécificités de l'organisation spatiale d'un parc éolien, composé de plusieurs éléments disjoints, la zone sur laquelle porte l'étude de dangers est constituée d'une aire d'étude pour chaque éolienne.

Chaque aire d'étude correspond à l'ensemble des points situés à une distance inférieure ou égale à 500 m à partir de l'emprise du mât de l'aérogénérateur. Cette distance équivaut à la distance d'effet retenue pour les phénomènes de projection, telle que définie au paragraphe H.3 - 4.

Note. Dans le document, sans mention précisant l'éolienne concernée, le terme « aire d'étude » fera référence aux aires d'étude de toutes les éoliennes du parc (notamment lors de la description de l'environnement de l'installation).

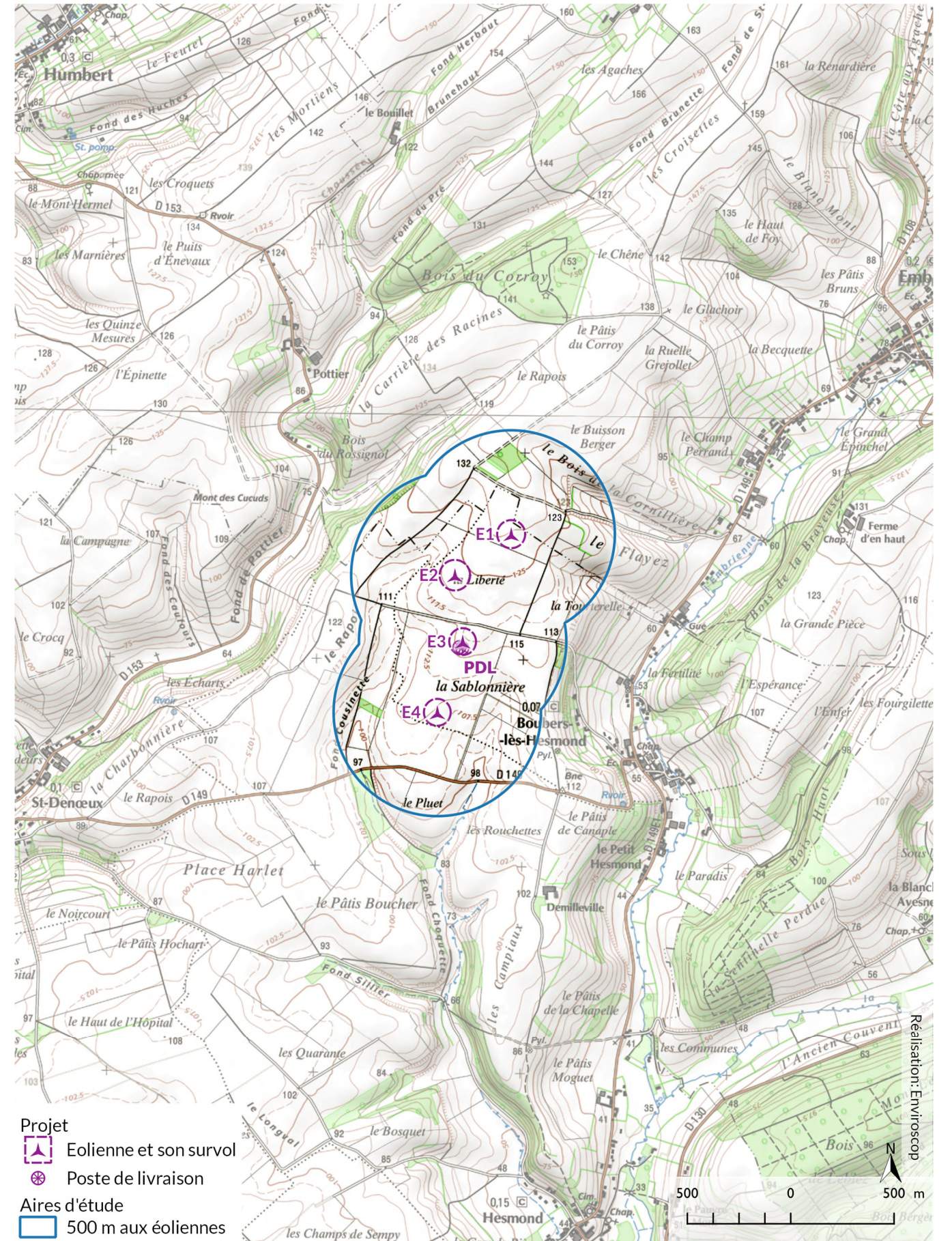
L'aire d'étude n'intègre pas les environs des postes de livraison, qui sont néanmoins représentés sur la carte. Les modélisations réalisées dans le cadre du guide de l'INERIS ont en effet démontré l'absence d'effet à l'extérieur des postes de livraison pour chacun des phénomènes dangereux potentiels pouvant l'affecter.

L'aire d'étude (périmètre de 500 m de rayon autour des éoliennes) du parc se situe sur les communes suivantes :

- Boubers-lès-Hesmond, commune d'implantation ;
- Hesmond,
- Embry.

Carte 1 : Situation du parc éolien des Magnolias et de l'aire d'étude de dangers

Réalisation Enviroscop. Sources : IGN SCAN 25, OSM, ADMIN Express, H2Air



Etude de dangers du parc éolien des Magnolias

C. Description de l'environnement de l'installation

Ce chapitre a pour objectif de décrire l'environnement dans l'aire d'étude de l'installation, afin d'identifier :

- les principaux intérêts à protéger (enjeux humains extérieurs à l'installation)
- et les facteurs de risque que peut représenter l'environnement vis-à-vis de l'installation (agresseurs potentiels : environnement naturel et environnement matériel).

C.1 Environnement humain

C.1-1. Zones urbanisées

Les communes autour du projet sont celles dont leur limite est à moins de 500 m du projet. Il s'agit des communes de Boubers-lès-Hesmond, où l'implantation des éoliennes est prévue, ainsi que de Hesmond et Embry. Dans chaque commune, l'habitat est principalement regroupé en villages rues dans les vallées. On retrouve de rares fermes et hameaux sur les versants ou en bordure de plateau. Aucune habitation ne se situe dans le périmètre de l'aire d'étude de dangers, à savoir 500 m autour des éoliennes du parc éolien des Magnolias.

Toutes les communes de l'aire d'étude de dangers disposent de documents d'urbanisme en vigueur (voir Tableau 2 ci-dessous). Les communes de Boubers-lès-Hesmond et Hesmond sont sous carte communale, dont le zonage est repris à la Carte 2 en page 9. Embry relève d'un PLU dont les documents ne sont pas portés à notre connaissance et ne sont pas disponibles sur le Géoportail de l'urbanisme. Au vu de l'urbanisation actuelle les zonages devraient être sensiblement identiques à celui des zones urbaines, en continuité du bâti existant en fond de vallée. Ainsi, concernant cette commune, seules sont considérées les distances aux habitations.

Tableau 2 : Etat des documents d'urbanisme des communes dans l'aire d'étude de dangers

PLUi : plan local d'urbanisme intercommunal | CC : Carte Communale | RNU : Règlement National d'Urbanisme | Source : CGET, observatoire des territoires, GEOPORTAIL de l'urbanisme, CC des 7 vallées et CC du Haut-Pays du Montreuillois (site internet)

| Commune | Document en vigueur et date d'approbation | Prescription en cours |
|---------------------|---|-----------------------|
| Boubers-lès-Hesmond | CC approuvée le 04/01/2017 | - |
| Embry | PLU approuvé le 21/05/2014 | - |
| Hesmond | CC approuvée le 04/01/2017 | - |

L'aire de 500 m autour des éoliennes et les éloignements aux habitations les plus proches sont indiqués dans le tableau suivant et en Carte 2 en page 9.

Tableau 3 : Distance d'éloignement aux lieux-dits des éoliennes les plus proches

| Habitations et zones destinées à l'habitat dans le PLU | E1 | E2 | E3 | E4 | Ecart minimal |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| BOUBERS-LES-HESMOND Le Village | 0,83 | 0,81 | 0,59 | 0,64 | 0,59 km |
| BOUBERS-LES-HESMOND La Tourterelle | 0,68 | 0,85 | 0,81 | 1,04 | 0,68 km |
| BOUBERS-LES-HESMOND La Fertilité | 0,87 | 0,97 | 0,82 | 0,96 | 0,82 km |
| EMBRY Hameau de la Cornillière | 0,87 | 1,07 | 1,02 | 1,22 | 0,87 km |
| HUMBERT Hameau de Pottier | 1,05 | 0,93 | 1,19 | 1,42 | 0,93 km |
| EMBRY Le Village | 0,95 | 1,20 | 1,19 | 1,42 | 0,95 km |
| HESMOND Ferme de Demilleville | 1,75 | 1,60 | 1,28 | 1,02 | 1,02 km |
| HESMOND Le petit Hesmond | 1,56 | 1,53 | 1,26 | 1,16 | 1,16 km |
| Ecart minimal | 0,68 km | 0,81 km | 0,59 km | 0,64 km | 0,59 km |

Les distances sont approximatives et données à titre indicatif. N'y sont indiqués que les lieux-dits à moins de 1,5 km d'une éolienne et les villages les plus proches. Pour plus de lisibilité, toutes les distances ne sont pas indiquées. Ne sont mentionnées que les distances au bâti le plus proche, tel que figurées dans la carte suivante. Réalisation Enviroscop. Sources : IGN Scan25, BD Parcellaire Ministère des Finances, BD Ortho, H2Air.

Comme l'indique le Tableau 3, les éoliennes du projet sont toutes situées à plus de 590 m des habitations et des zones destinées à l'habitat les plus proches dans les documents d'urbanisme en vigueur de Boubers-lès-Hesmond et Hesmond. 6 lieux-dits sont à moins de 1 km d'une éolienne du projet :

- Le village de Boubers-lès-Hesmond, dont l'éolienne E3 est à 590 m ;
- Le hameau de La Tourterelle à Boubers-lès-Hesmond, dont l'éolienne E1 est à 680 m ;
- Le hameau de La Fertilité à Boubers-lès-Hesmond, dont l'éolienne E3 est à 820 m ;
- Le hameau de La Cornillière à Embry, dont l'éolienne E1 est à 870 m ;
- Le hameau de Pottier à Humbert, dont l'éolienne E2 est à 930 m ;
- Le village d'Embry, dont l'éolienne E1 est à 950 m.

Ces distances minimales sont cohérentes avec la réglementation ICPE. Elles permettent en outre de limiter les effets résiduels à niveau acceptable également pour le cadre de vie (acoustiques, perception paysagère).

C.1-2. Etablissements recevant du public (ERP)

Constituent des ERP "tous les bâtiments, locaux et enceintes dans lesquels des personnes sont admises, soit librement, soit moyennant une rétribution ou une participation quelconque, ou dans lesquels sont tenues des réunions ouvertes à tout venant ou sur invitation, payantes ou non." Source : Article R 123-2 du code de la construction et de l'habitation. Cela regroupe donc un très grand nombre d'établissements, comme les magasins et centres commerciaux, les cinémas, les théâtres, les hôpitaux, les écoles et universités, les hôtels et restaurants... que ce soient des structures fixes ou provisoires (chapiteaux, tentes, structures gonflables).

Les établissements recevant du public à proximité du site sont de type églises, écoles, mairies, commerces, cimetière, salles polyvalentes situés dans les villages.










Aucun établissement recevant du public n'est recensé dans la zone d'étude de 500 m des éoliennes.

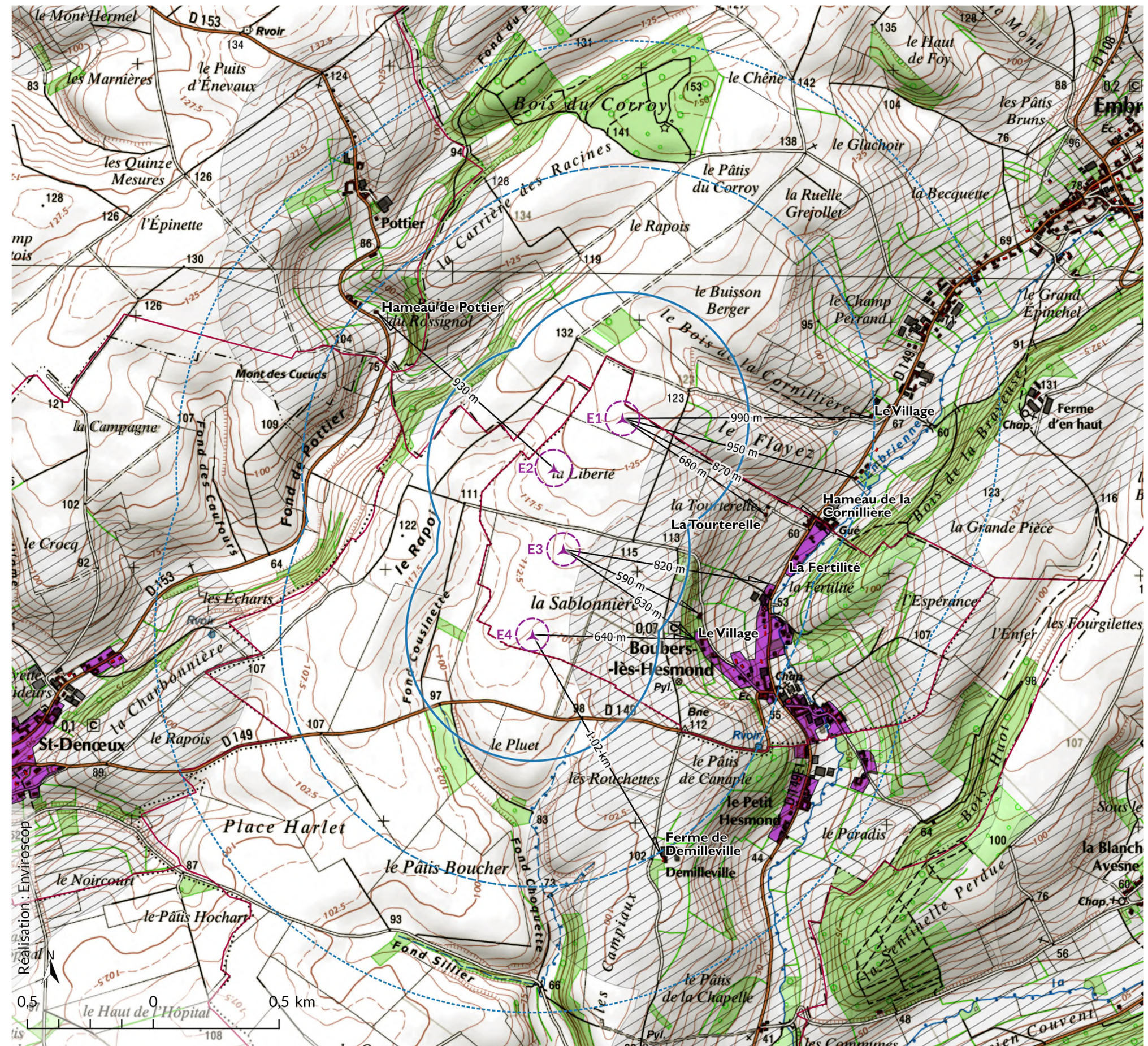
C.1-3. Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) et installations nucléaires de base

Aucune installation classée pour la protection de l'environnement, aucun établissement SEVESO, ni aucune installation nucléaire de base (INB) ne sont présents dans les limites de la zone d'étude de dangers (voir C.3-1c en page 13).

Carte 2 : Eloignement des éoliennes aux habitations et aux zones d'habitation

Les distances sont approximatives et données à titre indicatif. Pour plus de lisibilité, toutes les distances ne sont pas indiquées. Pour rappel, seuls les zonages des cartes communales de Boubers-lès-Hesmond et Hesmond sont repris, le PLU d'Embry n'étant pas porté à notre connaissance | Réalisation Enviroscop. | Sources : IGN Scan25, BD Parcellaire Ministère des Finances, BD Ortho.

- Projet
-  Eolienne et son survol
- Aires d'étude
-  500 m aux éoliennes
 -  1 km
 -  1,5 km
 -  Limite communale
- Ecart aux habitations
-  Habitation
 -  Zone C (constructible)
 -  500 m des habitations et zones destinées à l'habitat
 -  Ecart à l'habitat



C.1-4. Autres activités pouvant présenter des enjeux humains

■ Activités agricoles, exploitation du parc éolien et autres occupations des sols ponctuelles

Dans l'aire d'étude de dangers, sont recensées l'occupation des sols et les activités suivantes (voir Carte 3 ci-dessous) :

- des parcelles agricoles en majeure partie,
- de rares parcelles boisées. On retiendra toutefois l'hypothèse de quelques promeneurs occasionnels en leur sein ;
- Le chemin communal de Saint-Denœux à Hesmond devenant le chemin rural du Corroy à Embry, le chemin d'exploitation dit du Fond Cousinette à Hesmond, le chemin d'exploitation n°1 à Hesmond et Boubers-lès-Hesmond, le chemin rural de Saint-Omer à Boubers-lès-Hesmond, le chemin d'exploitation N°2 à Boubers-lès-Hesmond devenant le chemin rural de Saint-Omer à Embry, le chemin d'exploitation N°7 à Embry devant le chemin d'exploitation N°3 à Boubers-lès-Hesmond.
- la route départementale n°149 qui est une route peu fréquentée (81 véhicules/jour) ;
- les accès au projet du parc éolien des Magnolias, constituant une zone de stationnement pendant l'exploitation (voir C.3-1c en page 13).

Les principaux usagers du site sont les exploitants agricoles ou forestiers sur les surfaces agricoles, ceux des voies de circulation et le stationnement éventuel sur les aires de levage du parc éolien des Magnolias.

■ Circulation sur les routes et les chemins

La zone d'étude est traversée par plusieurs voies bitumées peu fréquentées correspondant à la route départementale N°149 à Hesmond et un chemin rural, en partie bitumé (CE°1 à Boubers-lès-Hesmond) reliant le plateau et le village dans la vallée. Aucun survol des pales n'est observé vis-à-vis de ces voies bitumées.

Plusieurs chemins, ruraux ou privés, sont également présents (voir Carte 3 ci-dessous). Les pistes créées pour le projet sont également prises en compte, tels des chemins.

On retiendra la circulation des véhicules sur des routes non structurantes et les véhicules d'exploitation sur les chemins au regard de leur surface concernée.

■ Itinéraire de promenade

Aucun chemin de grande randonnée GR, ni chemin de randonnée de pays n'est recensé dans l'aire d'étude de 500 m des éoliennes. En revanche, dans les aires d'étude des éoliennes E1 et E2, le Sentier des Plaideurs est balisé sur un chemin rural pour la promenade sur les communes de Hesmond et Embry, comme une boucle d'enjeu local (voir Carte 3 ci-dessous). Aucun comptage de la fréquentation de ces axes locaux de promenade n'est disponible.

On retiendra ainsi la circulation de promeneurs.

Aucune autre activité ou infrastructure nécessitant la présence de personne n'est observée dans la zone d'étude.

C.1-5. Synthèse des enjeux humains dans l'environnement de l'installation

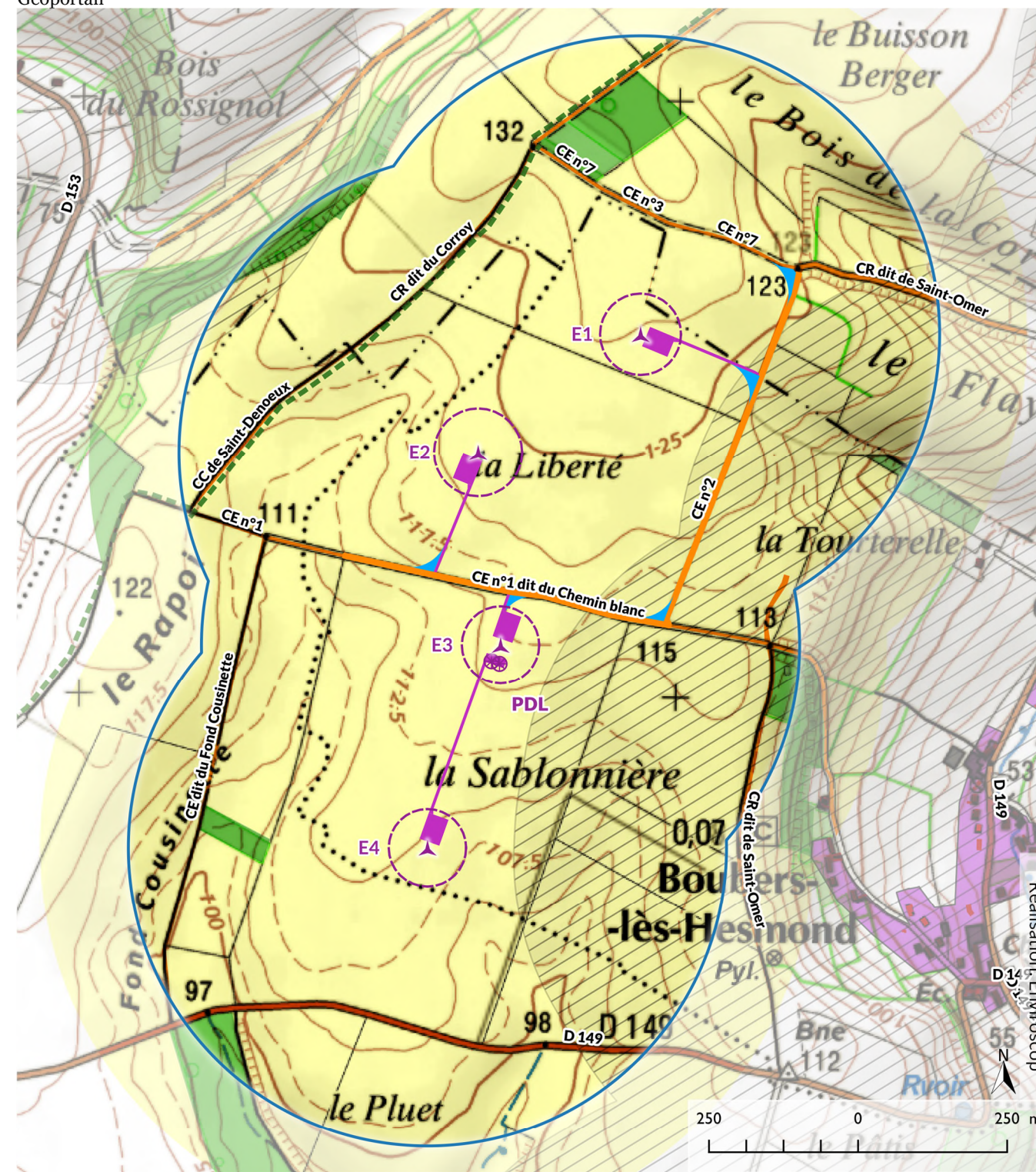
La carte suivante présente les enjeux humains pour les aires d'étude de dangers de toutes les éoliennes.

Dans la zone d'étude, nous considérons selon une vision majorante que les enjeux humains sont localisés dans :

- les terrains aménagés mais peu fréquentés : voies non structurantes, chemins ruraux ou privés et accès aux éoliennes.
- les parcelles agricoles et les boisements.
- le chemin de promenade (boucle locale).

Carte 3 : Synthèse des enjeux humains et matériels dans la zone d'étude de dangers

Réalisation Enviroscop. Source : IGN SCAN 25, H2Air, Enviroscop d'après analyse photo aérienne et cadastre, OSM, Cadastre vecteur Ministère des Finances, habitations à partir de la couche bâti du cadastre de Boubers-lès-Hesmond, Embry, Saint-Denœux, Hesmond et Humbert et contrôle par photo aérienne, zones destinées à l'habitation selon Enviroscop d'après le Géoportail



C.2 Environnement naturel

C.2-1. Contexte climatique

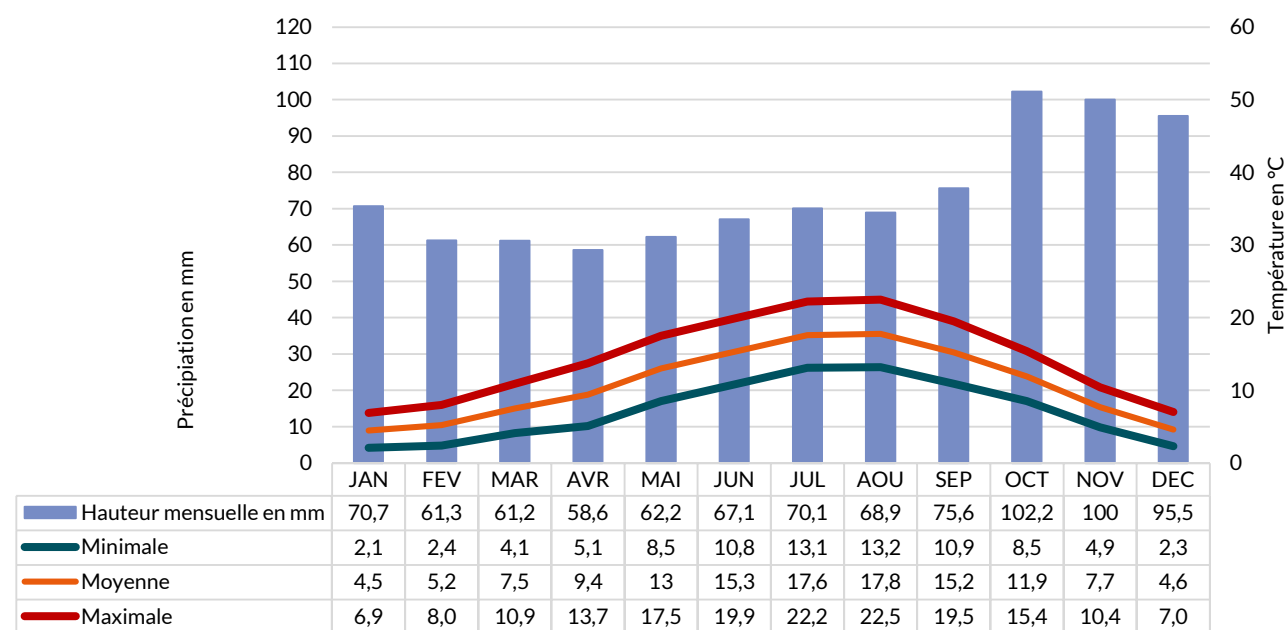
La station de référence pour les températures et les précipitation est celle de Vron (80) - altitude 41 m, située à 23 km au sud-ouest, tandis que la station de référence complète est celle d'Abbeville (80) - altitude 69 m. Les données METEO FRANCE correspondent aux normales climatiques de la période 1981-2010. Le climat est qualifié de **régime océanique franc**. Les températures sont intermédiaires (environ 10,8°C en moyenne annuelle, environ 5,1 jours avec une température inférieure à - 5°C). La moyenne mensuelle de la température varie de 4,5°C en janvier à 17,8°C en août.

■ Précipitations

Les précipitations sont moyennes avec 893,4 mm de cumul annuel (comparé à 890 mm/an en France), avec un cumul minimum de 58,6 mm en avril et un maximum de 102,2 mm en octobre.

Figure 1 : Normales climatiques

Réalisation Enviroscop. Source Météo-France. Station de Vron (80) - altitude 41 m. normales climatiques 1981-2010



Les précipitations ne sont pas retenues comme source potentielle de dangers pour les installations du parc éolien des Magnolias.

■ Gel

La température moyenne annuelle minimale est supérieure à 0°C. Les données concernant le nombre de jours de gel ne sont disponibles sur aucune station autour du projet. Cependant, on relève 40,1 jours où la température est inférieure à 0°C, répartis entre octobre et mai. Les conditions météorologiques liées à une forte humidité et au gel peuvent constituer des facteurs de risque pour le parc éolien par la formation de givre sur les pales.

Tableau 4 : Nombre de jours moyen d'épisode neigeux

Réalisation Enviroscop. Source Météo-France. Station d'Abbeville (80) - altitude 69 m. normales climatiques 1981-2010

| Nbre moyen jours | Jan. | Fév. | Mar | Avr. | Mai | Jun | Juil. | Aout | Sep | Oct. | Nov. | Déc. | An. |
|------------------|------|------|-----|------|-----|-----|-------|------|-----|------|------|------|------|
| Neige | 3,3 | 3,8 | 1,9 | 1 | - | - | - | - | - | - | 0,9 | 2,2 | 12,8 |

La combinaison de phénomènes neigeux et des périodes de gel est toutefois retenue comme source potentielle de dangers pour les installations du parc éolien des Magnolias.

■ Vents violents : Intensité maximale de vent observée (hauteur 10 m)

Concernant les vents violents, on observe en moyenne à Vron, 67,9 jours/an avec des vents de plus de 57 km/h (> 16 m/s), dont 1,6 jours avec des vents au-delà de 100 km/h (> 28 m/s). Nous noterons que les valeurs présentées dans le tableau suivant sont issues d'une station de mesure en zone urbaine, sur le littoral, et ne sont pas parfaitement représentatives de la zone d'étude.

Tableau 5 : Nombre de jours moyen de vents violents (rafales)

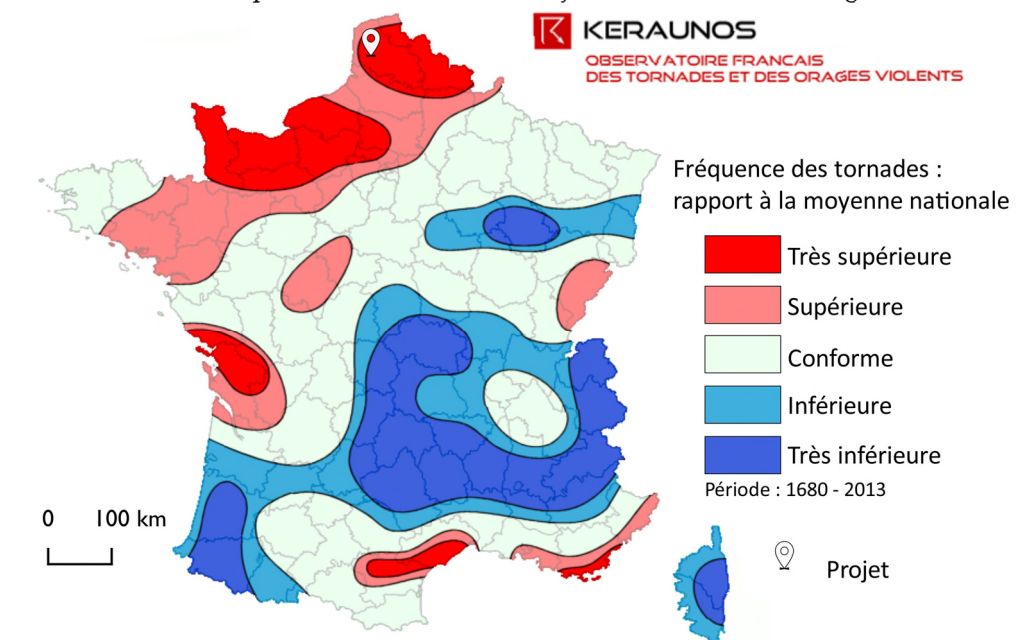
Réalisation Enviroscop. Source Météo-France. Station de Vron (80) - altitude 41 m. normales climatiques 1981-2010

| Nombre moyen de jours avec | Jan. | Fév.. | Mar | Avr. | Mai | Jun | Juil. | Aout | Sep | Oct. | Nov. | Déc.. | An. |
|----------------------------|------|-------|-----|------|-----|-----|-------|------|-----|------|------|-------|------|
| Rafales => 16 m/s | 9 | 9 | 8,2 | 5,1 | 3,7 | 3,3 | 3,3 | 2,6 | 3,7 | 6,1 | 5,6 | 8,3 | 67,9 |
| Rafales => 28 m/s | 0,6 | 0,3 | - | - | 0,1 | 0,1 | - | - | - | 0,3 | - | 0,3 | 1,6 |

Selon l'observatoire français des tornades et des orages violents (KERAUNOS), le territoire d'étude dans le Nord-Pas-de-Calais connaît une fréquence des tornades très supérieure à la moyenne nationale.

Carte 4 : Fréquence des tornades en France

Réalisation Enviroscop. Source : Observatoire français des tornades et des orages violents



Le vent est retenu comme source potentielle de dangers pour les installations du parc éolien des Magnolias.

C.2-2. Risques naturels

C.2-2a Inventaire des risques naturels majeurs

Les risques naturels majeurs recensés dans l'aire d'étude de dangers sont liés à un risque sismique faible à très faible et aux inondations [GEORISQUES]. Les communes ont connu plusieurs phénomènes de catastrophes naturelles d'inondations depuis les années 1980.

Tableau 6 : Risques naturels dans l'aire d'étude de dangers

Réalisation Enviroscop. Source : Géorisques

| Type de risque | Boubers-lès-Hesmond | Embry | Hesmond |
|----------------------|---------------------|----------|----------|
| Séisme | Niveau 2 | Niveau 2 | Niveau 1 |
| Inondation | Oui | Oui | Oui |
| Mouvement de terrain | Non | Non | Non |

Tableau 7 : Arrêtés de reconnaissance de catastrophe naturelle

Réalisation Enviroscop. Source : GEORISQUES

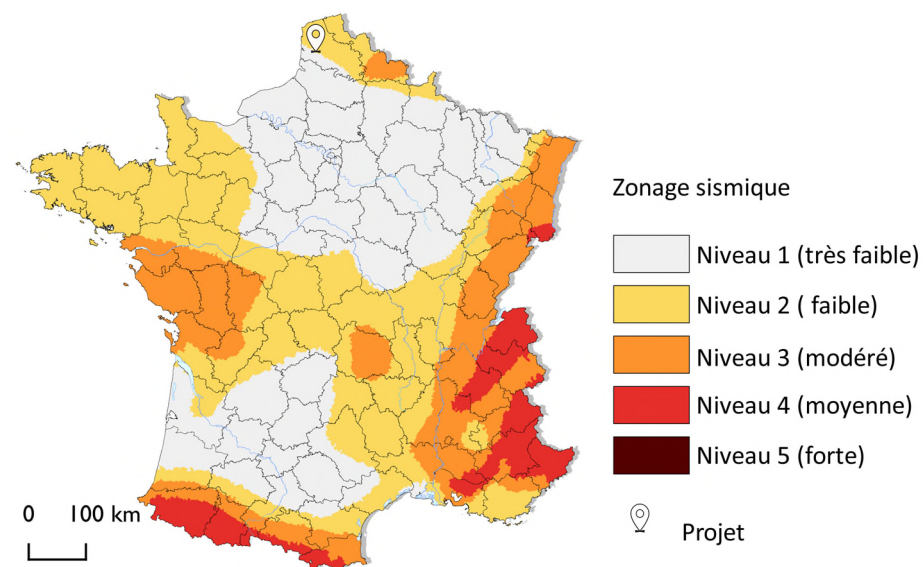
| Arrêtés portant reconnaissance de catastrophe naturelle | Début le | Fin le | Arrêté du | Boubers-lès-Hesmond | Embry | Hesmond |
|---|--------------|------------|------------|---------------------|----------|----------|
| Inondation, coulées de boue et mouvements de terrain | 25/12/1999 | 29/12/1999 | 29/12/1999 | X | X | X |
| Inondation et coulées de boue | 20/01/1988 | 25/02/1988 | 02/08/1988 | | | |
| | 18/11/1991 | 22/11/1991 | 21/09/1992 | | X | |
| | 28/05/1992 | 28/05/1992 | 24/12/1992 | | X | |
| | 31/05/1992 | 31/05/1992 | 18/05/1993 | | X | |
| | 19/12/1993 | 02/01/1994 | 12/04/1994 | | X | |
| | 08/12/1994 | 09/12/1994 | 21/02/1995 | | | X |
| | 25/12/1994 | 31/12/1994 | 18/07/1995 | | X | X |
| | 17/01/1995 | 05/02/1995 | 21/02/1995 | | X | X |
| | 02/11/2012 | 03/11/2012 | 10/01/2013 | X | | |
| | TOTAL | | | | 2 | 7 |

C.2-2b Séisme

La présence d'une grande partie de la masse en haut de la tour rend les éoliennes particulièrement vulnérables aux séismes. Un séisme pourrait conduire à la chute du mât. Les éoliennes doivent être dimensionnées conformément à la réglementation française en vigueur.

Carte 5 : Aléa sismique

Réalisation Enviroscop. Source : GEORISQUES



L'actuel zonage sismique classe le périmètre d'étude de dangers en zone de **sismicité 1 (très faible) à 2 (faible)**.

Il est à préciser que dans le cadre de la construction du parc éolien, une étude géotechnique sera réalisée. Les résultats permettront notamment de dimensionner correctement les fondations.

Le risque sismique est retenu comme source potentielle de dangers pour le parc éolien des Magnolias.

C.2-2c Inondations

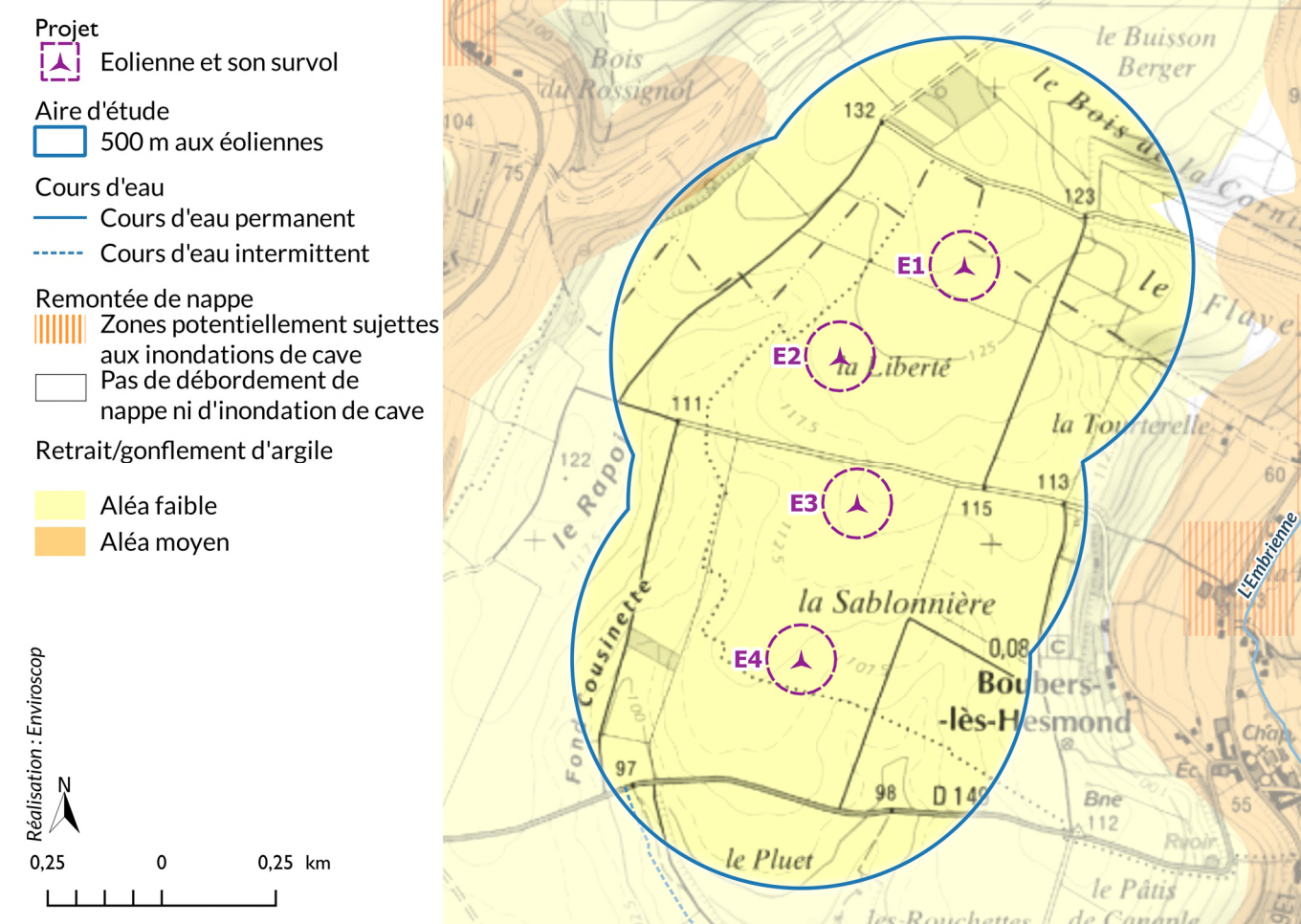
De fortes précipitations peuvent entraîner une inondation ayant pour conséquence une fragilisation des fondations et une détérioration des installations électriques. Un risque d'emballage de l'éolienne, voire la chute de celle-ci, n'est pas à exclure en cas d'endommagement des systèmes de sécurité et de régulation.

L'aire d'étude de dangers sur le plateau où sont positionnées les éoliennes n'est pas sensible au risque d'inondation, tandis que les versants sont plutôt sujets à des phénomènes de ruissellements. Au-delà, les fonds de vallée peuvent être sensibles à des débordements. A la suite des nombreuses inondations des années 1990, un Plan de Prévention des Risques inondation (PPRi) a été prescrit le 28/12/2000 sur les communes d'Embry et Hesmond. Ce PPRi n'est pas adopté et il n'existe pas de carte d'aléas selon la DDTM [voir Etude d'impact].

L'aire d'étude de dangers n'est pas sensible aux remontées de nappe.

Carte 6 : Risques naturels

Réalisation Enviroscop. Source : IGN SCAN25, GEORISQUES, H2Air



Les éoliennes intègrent dans leur conception le risque d'inondation. Le risque inondation n'est pas retenu comme source potentielle de dangers pour les installations du parc éolien des Magnolias.

C.2-2d Mouvement de terrain par effondrement

Le risque de mouvement de terrain pourrait être à l'origine d'une chute d'éolienne.

L'aire d'étude de dangers ne comprend aucun indice connu d'effondrement ou de cavités souterraines. Le plus proche est situé à plus de 9 km du projet. Dans le cadre de la construction du parc éolien, une étude géotechnique sera réalisée. Les résultats permettront notamment de dimensionner correctement les fondations.

Avec l'étude géotechnique, le risque de mouvement de terrain par effondrement n'est pas retenu comme source potentielle de dangers pour le parc éolien des Magnolias.

C.2-2e Mouvement de terrain par retrait et gonflement d'argile

Un sol argileux peut présenter des caractéristiques hétérogènes suivant son taux d'hygrométrie. Lorsqu'il est desséché, il devient dur et cassant. *A contrario* lorsqu'il est humide, il devient plastique et malléable. Ces modifications de consistance sont loin d'être sans conséquence. Les variations de volume, avec des amplitudes parfois très importantes sont constatées en période estivale. En effet, les températures élevées accentuent le phénomène d'évaporation. Par conséquent les sols argileux se rétractent en période de sécheresse, ce qui se traduit par des tassements différentiels qui peuvent occasionner des dégâts parfois importants aux constructions.

L'aire d'étude de dangers est peu propice à ce type de risque (voir Carte 6 ci-dessus) et il n'est pas recensé comme un risque majeur. Toutes les éoliennes se situent dans des secteurs d'aléas faible au retrait-gonflement des argiles. Aucun plan de prévention des risques naturels Mouvement de terrain n'est prescrit ou en vigueur dans les communes de l'aire d'étude de dangers.

Il est à préciser que dans le cadre de la construction du parc éolien, une étude géotechnique sera réalisée. Les résultats permettront notamment de dimensionner correctement les fondations.

Avec l'étude géotechnique, le risque retrait et gonflement d'argile n'est pas retenu comme source potentielle de dangers pour le parc éolien des Magnolias.

C.2-2f Foudre

Une éolienne étant par définition une construction d'une hauteur importante érigée sur une surface dégagée, la possibilité d'un foudroiement n'est pas à exclure au cours de son utilisation. Une telle éventualité est particulièrement sensible lorsque des pales en fibres de carbone sont utilisées, en raison de la forte conductivité électrique de ce matériau. Aujourd'hui la quasi-totalité des pales d'éoliennes sont constituées de fibres de verre. Les dangers liés à la foudre sont :

- les effets thermiques pouvant être à l'origine : d'un incendie ou d'une explosion, soit au point d'impact, soit par l'énergie véhiculée par les courants de circulation conduits ou induits ; de dommages aux structures et constructions,
- les perturbations électromagnétiques pouvant endommager les équipements électroniques, en particulier les équipements de contrôle commande et/ou de sécurité,
- les effets électriques pouvant induire des différences de potentiel.

Selon le site Météorage (2010-2019), les communes de l'aire d'étude de dangers présentent une sensibilité infime à faible au foudroiement.

La foudre est retenue comme source potentielle de dangers pour les installations du parc éolien des Magnolias.

C.2-2g Incendie de forêt

Un éventuel incendie de la végétation aux alentours serait susceptible de se propager aux installations.

Aucun grand massif forestier n'est présent à proximité de la zone d'étude.

Le risque feux de forêt n'est donc pas retenu comme source potentielle de dangers pour le parc éolien des Magnolias.

C.3 Environnement matériel

C.3-1. Risques technologiques

Les communes de l'aire d'étude de dangers ne sont pas reconnues comme présentant un risque technologique majeur [GEORISQUES, 2020]. Aucune ne fait l'objet d'un Plan de prévention des risques technologiques.

C.3-1a Transport de matières dangereuses (TMD)

Un accident à proximité du parc éolien (incendie, explosion, projection) pourrait être à l'origine de dégradations des éoliennes et causer des détériorations majeures (chute du mât, incendie, rupture de pales ou de fragments de pales). Si l'expérience montre que les accidents de TMD peuvent se produire en tout point du département, il semble toutefois opportun de destiner l'information préventive en priorité aux communes supportant les plus grands flux de transport de matières dangereuses.

Aucune canalisation, ni axe routier ou ferroviaire de transport de matières dangereuses n'est présent dans l'aire d'étude de dangers.

Le risque de transport de marchandise dangereuse n'est pas retenu comme source potentielle de dangers pour le parc éolien des Magnolias.

C.3-1b Rupture de barrage

Les communes de l'aire d'étude de dangers ne sont pas concernées par le risque de rupture de barrage, ce risque n'est donc pas retenu comme source potentielle de dangers pour le parc éolien des Magnolias.

C.3-1c ICPE et SEVESO

Aucun site SEVESO n'est compris dans l'aire d'étude, le plus proche est à plus de 26 km dans la commune de Lumbres. Ce risque est donc absent pour le projet.

Aucune installation industrielle rejetant des polluants (Directive IED) n'y est présente.

Aucune Installation Classée pour la Protection de l'Environnement (ICPE) n'est autorisée dans l'aire d'étude de dangers, ni soumise à autorisation en instruction. L'ICPE la plus proche est un élevage de volaille sur la commune de Sempy à environ 4 km du projet.

Au sein du parc éolien des Magnolias, les éoliennes E1 et E2 sont distantes de 336 m environ l'une de l'autre, E2 et E3 de 325 m, E3 et E4 de 362 m.

Le risque lié à une ICPE ou un site SEVESO n'est pas retenu comme source potentielle de dangers pour le parc éolien des Magnolias.

C.3-2. Voies de communication

C.3-2a Transport routier

Dans la zone d'étude de dangers, (voir Carte 3 en page 10) le réseau routier est constitué de la route départementale D149 de desserte locale et non structurante en termes de trafic selon son gestionnaire (81 véhicules/jours). L'éolienne la plus proche, E4, est à 295 m de la limite de la chaussée, soit au-delà des recommandations du gestionnaires demandant l'éloignement égale à la hauteur maximale de l'éolienne.

Conformément à la méthodologie du guide INERIS, les voies de circulation de moins de 2 000 véhicules/jour sont comptées dans la catégorie des terrains aménagés mais peu fréquentés pour l'évaluation des enjeux humains. Aucune route structurante n'est recensée dans l'aire d'étude de dangers.

Au regard de l'activité du site (installation fixe) et l'éloignement des voies au trafic >2 000 véhicules/jour, la circulation des véhicules sur une voie principale n'est pas retenue comme source potentielle de dangers pour le parc éolien des Magnolias.

C.3-2b Transport aérien

Aucune infrastructure aéronautique n'est recensée à proximité du projet. Les éoliennes sont à plus de 2 km d'un aérodrome. L'aérodrome civil le plus proche de l'aire d'étude immédiate est celui du Touquet-Côte d'Opale, à 22,8 km.

Au vu des aménagements proposés, le transport aérien n'est pas retenu comme source potentielle de dangers pour le parc éolien des Magnolias.

C.3-3. Autres réseaux publics et privés

Dans les limites de la zone d'étude, il n'est recensé aucune installation publique ou privée non enterrée, liée aux :

- Réseau de transport fluvial ou maritime ;
- Réseau de transport ferroviaire ;
- Réseau de transport d'électricité ;
- Réseau d'assainissement (station d'épuration) ;
- Réseau d'alimentation en eau potable (captage AEP, zone de protection de captage la plus proche à 2,3 m).

Ces contraintes ne constituent pas des sources potentielles de danger pour le parc éolien des Magnolias.

C.4 Cartographie de synthèse

L'estimation des enjeux humains est menée selon la démarche retenue par le guide INERIS et plus précisément l'annexe fixant les comptages de personnes en fonction de la surface ou du linéaire concerné (voir J.2 en page 52). Cette méthode se base sur la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers. Elle permet de compter le nombre de personnes exposées selon des règles forfaitaires en fonction de l'occupation des sols selon des ensembles homogènes (zones habitées, ERP, zones industrielles, voies de circulation, terrains non bâtis...).

Dans la zone d'étude, nous considérons selon une vision majorante que les enjeux humains sont localisés dans :

- les terrains aménagés mais peu fréquentés, sur la base de 1 personne exposée pour 10 ha de façon conservatoire, à savoir : les voies de communication non structurantes (RD149 au sud de E4 uniquement), les chemins communaux, ruraux ou d'exploitation, les chemins et accès aux éoliennes.
- les parcelles agricoles et les boisements, bien qu'ils soient non aménagés et très peu fréquentés (1 personne exposée pour 100 ha), sont ici surclassés et inclus dans cette catégorie de "terrains aménagés mais peu fréquentés", sur la base de 1 personne exposée pour 10 ha de façon conservatoire et très majorante ;
- le chemin de promenade balisé : sans comptage disponible, nous considérons de manière conservatoire et très majorante une moyenne journalière de 100 personnes fréquentant ce chemin local de promenade, soit une exposition de 2 personnes pour 1 km.

Les voies de communication dans l'aire d'étude sont empruntées par un nombre non significatif de personnes (inférieures à 2 000 véhicules par jour). Conformément au guide, elles n'ont pas vocation à être prises en considération, étant déjà comptées dans la catégorie des terrains aménagés mais peu fréquentés.

Toutes les hypothèses sont majorantes vis-à-vis du comptage du nombre de personnes exposées en permanence.

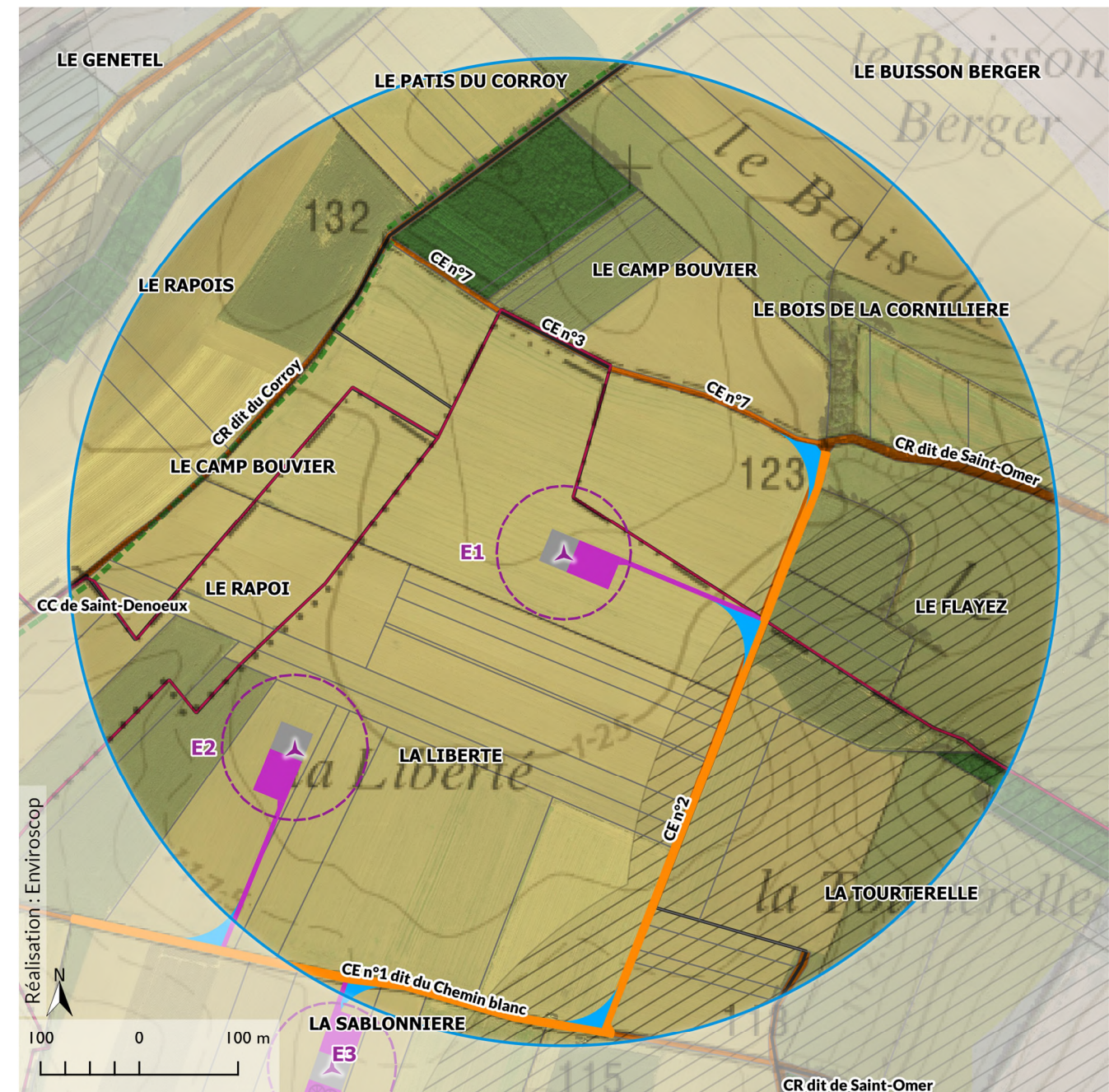
Ainsi, en se basant sur la méthode de comptage des personnes exposées (Annexe 2) et selon la démarche conservatrice exposées ci-avant, nous retiendrons :

Tableau 8 : Grille de lecture de l'estimation des enjeux humains

| Nature | Catégorie | Unité | Calcul de l'équivalent de personnes présentes exposées en permanence |
|--|---------------------------------------|-------|--|
| Parcelles agricoles, boisements, chemin et accès à l'éolienne, RD non structurante | Terrains aménagés mais peu fréquentés | ha | 1 personne pour 10 ha |
| Chemin de promenade | Chemin de promenade | km | 2 personnes pour 1 km |

Ci-après les cartes des enjeux humains considérés dans l'aire d'étude de 500 m autour de chaque éolienne.

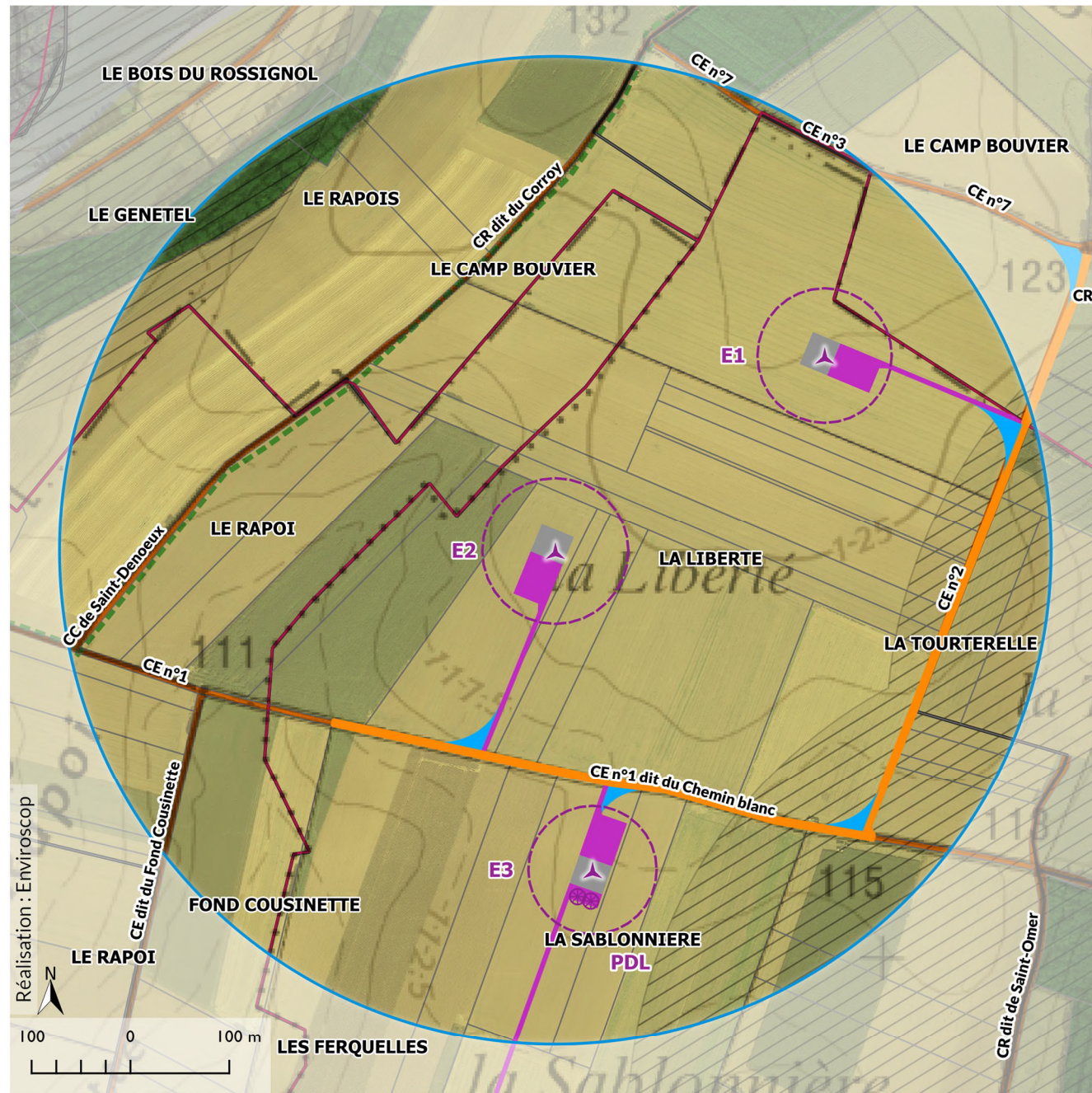
Carte 7 : Synthèse de l'environnement dans l'aire d'étude de dangers (500 m) de E1



- | | | |
|------------------------------|---------------------|--------------------------------|
| Projet | Virage | 500 m des habitations |
| Eolienne et son survol | 500 m à l'éolienne | Occupation des sols |
| Plateforme et chemin à créer | Limite communale | Randonnée |
| Aire gravillonnée | Section cadastrale | Parcelle agricole |
| Chemin à renforcer | Parcelle cadastrale | Bois, bosquet, friche |
| | | Route non structurante, chemin |

| Occupation du sol | | Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) | |
|--|----------|---|---------------------------|
| Nature | Quantité | Catégorie (Calcul) | Total |
| Parcelles agricoles, boisements, chemins et accès à E1, E2 et E3 | 78,54 ha | Terrains aménagés mais peu fréquentés (1 pers / 10 ha) | 7,854 pers. + 1,586 pers. |
| Chemin de promenade | 0,793 km | 2 personnes / km | = 9,440 pers. |

Carte 8 : Synthèse de l'environnement dans l'aire d'étude de dangers (500 m) de E2



- | | | |
|------------------------------|-----------------------|--------------------------------|
| Projet | Virage | Occupation des sols |
| Eolienne et son survol | 500 m à l'éolienne | Randonnée |
| Poste de livraison | Limite communale | Parcelle agricole |
| Plateforme et chemin à créer | Section cadastrale | Bois, bosquet, friche |
| Aire gravillonnée | Parcelle cadastrale | Route non structurante, chemin |
| Chemin à renforcer | 500 m des habitations | |

| Occupation du sol | | Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) | |
|--|----------|---|---------------------------|
| Nature | Quantité | Catégorie (Calcul) | Total |
| Parcelles agricoles, boisements, chemins et accès à E1, E2, E3, E4 | 78,54 ha | Terrains aménagés mais peu fréquentés (1 pers / 10 ha) | 7,854 pers. + 1,672 pers. |
| Chemin de promenade | 0,836 km | 2 personnes / km | = 9,526 pers. |

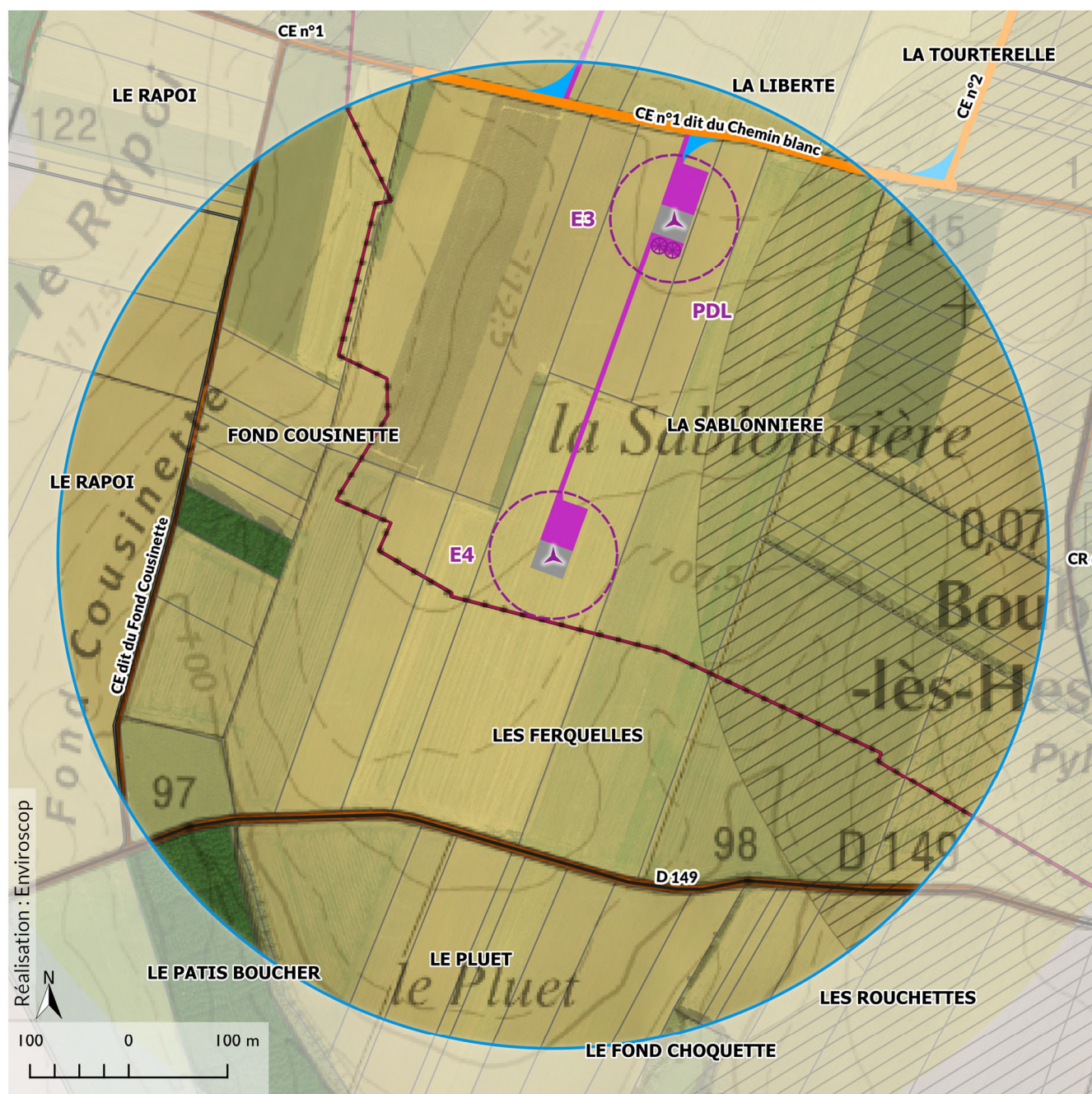
Carte 9 : Synthèse de l'environnement dans l'aire d'étude de dangers (500 m) de E3



- | | | |
|------------------------------|--------------------|--------------------------------|
| Projet | Chemin à renforcer | Parcelle cadastrale |
| Eolienne et son survol | Virage | 500 m des habitations |
| Poste de livraison | 500 m à l'éolienne | Occupation des sols |
| Plateforme et chemin à créer | Limite communale | Parcelle agricole |
| Aire gravillonnée | Section cadastrale | Bois, bosquet, friche |
| | | Route non structurante, chemin |

| Occupation du sol | | Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) | |
|--|----------|---|-------------|
| Nature | Quantité | Catégorie (Calcul) | Total |
| Parcelles agricoles, boisements, chemins et accès à E2, E3 et E4 | 78,54 ha | Terrains aménagés mais peu fréquentés (1 pers / 10 ha) | 7,854 pers. |

Carte 10 : Synthèse de l'environnement dans l'aire d'étude de dangers (500 m) de E4



| Projet | | Occupation des sols | |
|--------|------------------------------|---------------------|--------------------------------|
| | Eolienne et son survol | | Parcelle cadastrale |
| | Poste de livraison | | 500 m des habitations |
| | Plateforme et chemin à créer | | Parcelle agricole |
| | Aire gravillonnée | | Bois, bosquet, friche |
| | Chemin à renforcer | | Limite communale |
| | Virage | | Section cadastrale |
| | 500 m à l'éolienne | | Route non structurante, chemin |

| Occupation du sol | | Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) | |
|--|----------|---|-------------|
| Nature | Quantité | Catégorie (Calcul) | Total |
| Parcelles agricoles, boisements, chemins et accès à E2, E3 et E4, postes de livraison, RD 149 non structurante | 78,54 ha | Terrains aménagés mais peu fréquentés (1 pers / 10 ha) | 7,854 pers. |

D. Description de l'installation

Ce chapitre a pour objectif de caractériser l'installation envisagée ainsi que son organisation et son fonctionnement, afin de permettre d'identifier les principaux potentiels de danger qu'elle représente (chapitre E), au regard notamment de la sensibilité de l'environnement décrit précédemment.

D.1 Caractéristiques de l'installation

D.1-1. Caractéristiques générales d'un parc éolien

Un parc éolien est une centrale de production d'électricité à partir de l'énergie du vent. Il est composé de plusieurs aérogénérateurs et de leurs annexes :

- Plusieurs éoliennes fixées sur une fondation adaptée, accompagnée d'une aire stabilisée appelée « plateforme » ou « aire de grutage » ou « aire de levage » ;
- Un réseau de câbles électriques enterrés permettant d'évacuer l'électricité produite par chaque éolienne vers le poste de livraison électrique (appelé « réseau inter-éolien ») ;
- Un poste de livraison électrique, concentrant l'électricité des éoliennes et organisant son évacuation vers le réseau public d'électricité au travers du poste source local (point d'injection de l'électricité sur le réseau public). Dans le cadre du projet du parc éolien des Magnolias deux postes de livraison sont prévus, situés côte à côte à proximité de l'éolienne E3 ;
- Un réseau de câbles enterrés permettant d'évacuer l'électricité regroupée au poste de livraison vers le poste source (appelé « réseau externe » et appartenant le plus souvent au gestionnaire du réseau de distribution d'électricité) ;
- Un réseau de chemins d'accès.

D.1-1a Eléments constitutifs d'un aérogénérateur

Au sens de l'arrêté du 26 août 2011 modifié au 22 juin 2020 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, les aérogénérateurs (ou éoliennes) sont définis comme un dispositif mécanique destiné à convertir l'énergie du vent en électricité, composé des principaux éléments suivants : un mât, une nacelle, le rotor auquel sont fixées les pales, ainsi que, le cas échéant, un transformateur.

Le modèle de machine n'est pas fixé au moment du dépôt de la présente demande. Les gabarits retenus pour le parc éolien des Magnolias présentent les caractéristiques suivantes :

| | Eolienne E1 | Eolienne E2 | Eoliennes E3 et E4 |
|---------------------------------------|-------------|-------------|--------------------|
| Hauteur totale en bout de pale | ≤ 178 m | ≤ 178 m | ≤ 178 m |
| Hauteur au moyeu | ≤ 110 m | ≤ 104 m | ≤ 115 m |
| Hauteur au mât | ≤ 106,8 m | ≤ 100,5 m | ≤ 112 m |
| Diamètre du rotor | ≤ 136 m | ≤ 148 m | ≤ 130 m |
| Largeur du mat | ≤ 4,68 m | ≤ 4,30 m | ≤ 4,70 m |
| Largeur de la base de la pale | ≤ 2,90 m | ≤ 2,80 m | ≤ 3,0 m |
| Longueur de la pale | ≤ 68 m | ≤ 74 m | ≤ 65 m |
| Diamètre de survol excentrique | ≤ 138,5 m | ≤ 150,2 m | ≤ 132 m |

Les modèles d'éoliennes seront de matériaux et couleur sobres conforme à l'arrêté du 23 avril 2018 relatif à la réalisation du balisage des obstacles à la navigation aérienne.

Le parc éolien des Magnolias totalise une puissance de 18 MW.

Figure 2 : Vue d'ensemble du gabarit pour l'éolienne E1

Réalisation Enviroscop.

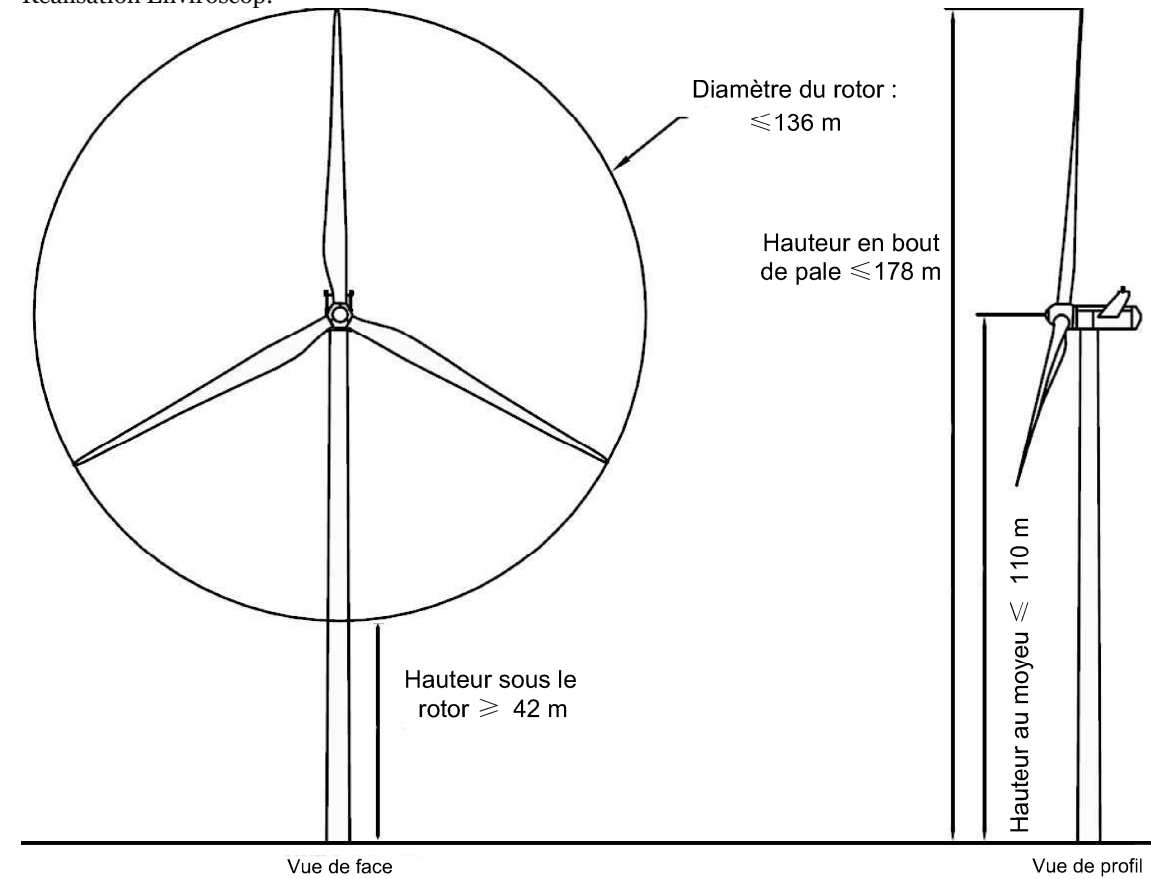


Figure 3 : Vue d'ensemble du gabarit pour l'éolienne E2

Réalisation Enviroscop.

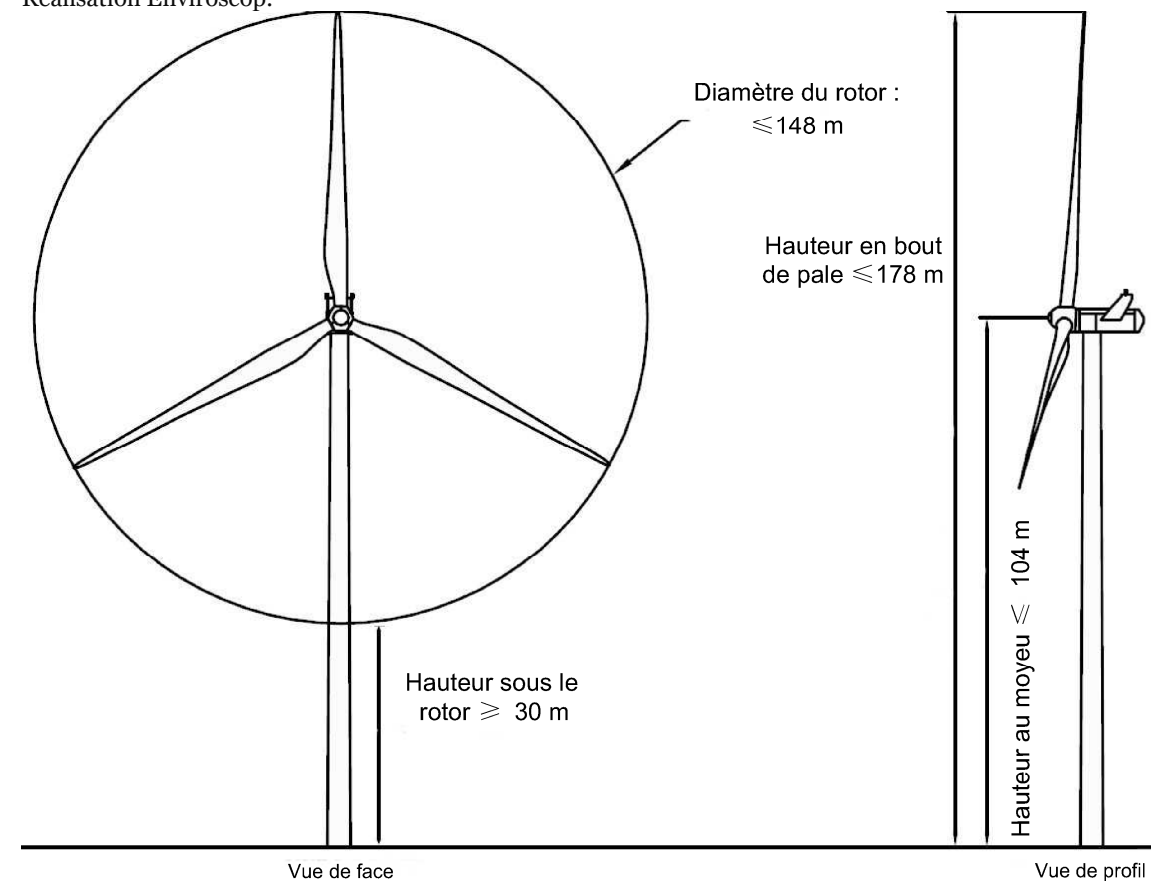
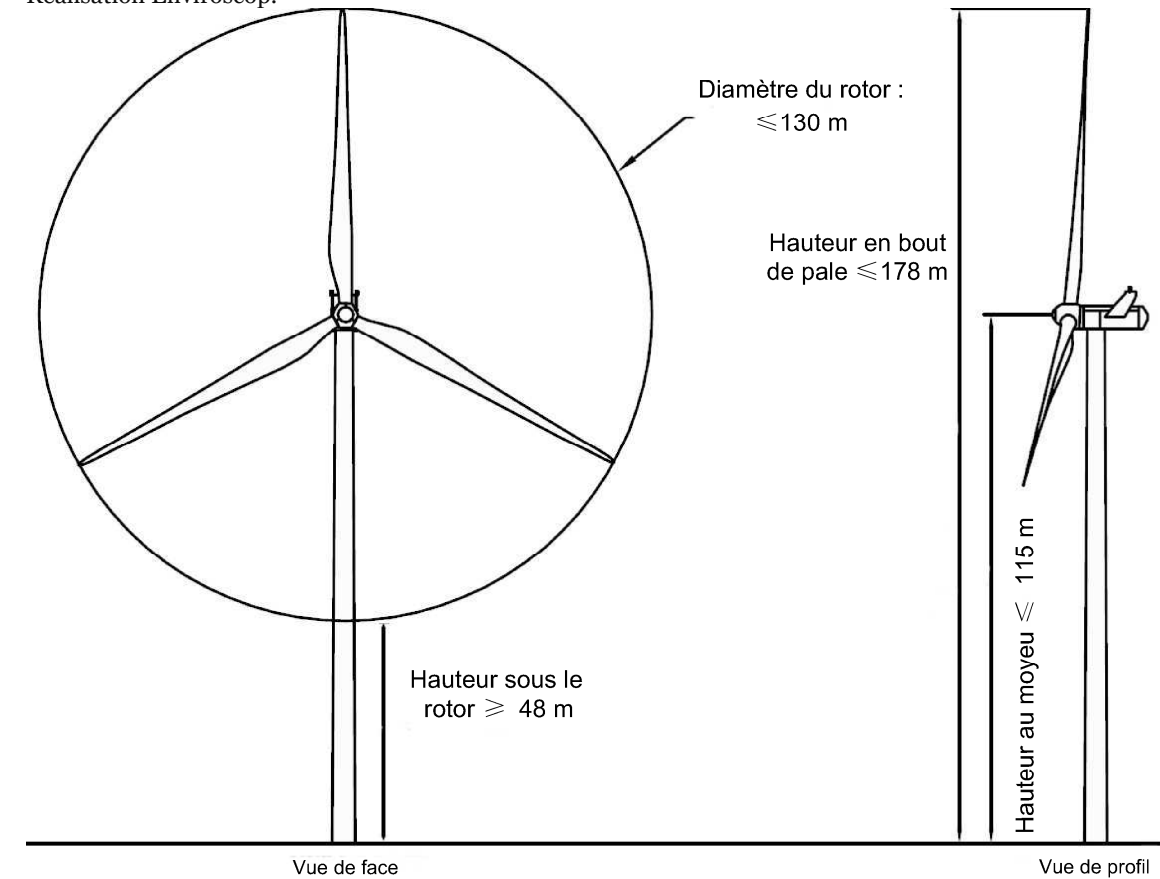


Figure 4 : Vue d'ensemble du gabarit pour les éoliennes E3 et E4

Réalisation Enviroscop.



Les éoliennes sont essentiellement composées des éléments suivants :

- **Un rotor** maximal de 136 m de diamètre pour l'éolienne E1, de diamètre maximal de 148 m pour E2 et de diamètre maximal de 130 pour les éoliennes E3 et E4, dimensionné suivant le standard IEC classe S. Il est composé de trois pales, un moyeu et de couronnes d'orientation et d'entraînements pour le calage des pales. Les pales du rotor sont fabriquées en matière plastique renforcée de fibres de verre (GFK) à haute résistance. Chaque système pitch (pale) est indépendant.
- **Une tour tubulaire** en acier couverte d'un revêtement époxy (protection anti-corrosion) et de peinture acrylique, d'une hauteur maximale au moyeu de 110 m pour l'éoliennes E1, de 104 m maximum pour E2 et de 115 m au maximum pour les éoliennes E3 et E4, équipée à son sommet d'une nacelle qui s'oriente en permanence en direction du vent. Le mât comporte des plates-formes intermédiaires et est équipé d'une échelle, pourvue d'un système antichute (rail), de plates-formes de repos, et d'un élévateur de personnel.
- **Une nacelle** composée d'un châssis en fonte et d'une coquille fabriquée en matière plastique renforcée de fibres de verre, dimensionnés suivant le standard IEC classe S. Elle est composée d'un train d'entraînement, d'une génératrice, d'un système d'orientation, du convertisseur ainsi que du transformateur.

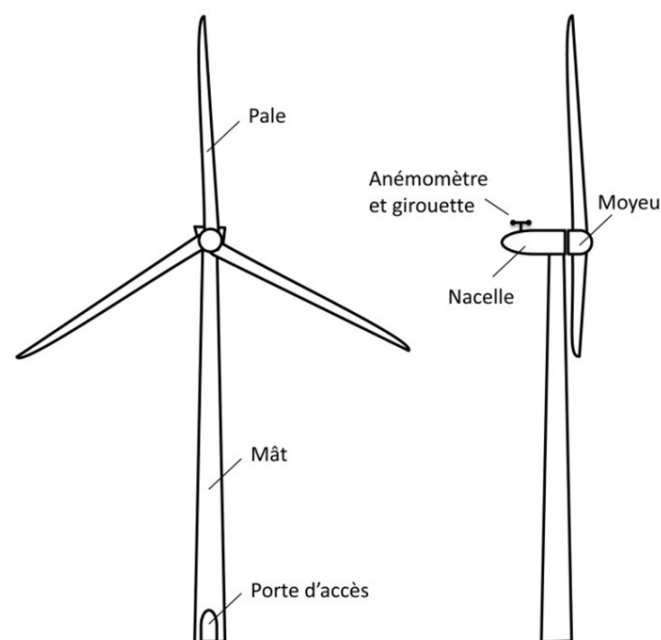
■ Le rotor

Le rotor permet de convertir l'énergie cinétique du vent en mouvement de rotation de l'éolienne. Il est composé de trois pales, d'un moyeu de rotor, de trois roulements et de trois entraînements pour l'orientation des pales.

- **Le moyeu** du rotor est une construction en fonte modulaire et rigide. Le roulement d'orientation de pale et la pale sont montés dessus.
- **Les pales** d'une longueur maximale de 68 mètres pour l'éolienne E1, de 74 m pour E2 et de 65 m pour les éoliennes E3 et E4. Elle est constituée de deux moitiés collées ensemble. Le matériau du noyau de cette construction à plusieurs couches est en balsa et mousse de PVC. Le profil aérodynamique des pales résiste bien aux salissures et à la glace, ce qui permet une réduction des pertes de puissance. Chaque pale est pourvue d'une pointe en aluminium qui dévie le courant de foudre par un câble en acier vers le moyeu du rotor, puis vers la terre via la fondation et des prises profondes. Les pales sont fixées au roulement d'orientation du système Pitch à l'aide de boulons en T.

- **Système à pas variable** entraînant les pales du rotor dans les positions définies par la commande. Chaque pale est commandée et entraînée séparément par un entraînement électromagnétique avec moteur triphasé, un engrenage planétaire, et une unité de commande avec convertisseur de fréquence et alimentation électrique de secours. Le système à pas variable est le frein principal de l'éolienne. Les pales se tournent ainsi de 90° pour le freinage, ce qui interrompt la portance et crée une grande résistance de l'air provoquant ainsi le freinage du rotor (frein aérodynamique).

Figure 5 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur



Source : Guide de l'INERIS 2012

■ La nacelle

- **La couronne d'orientation** : La direction du vent est mesurée de manière continue à hauteur de moyeu par deux appareils indépendants. L'un d'entre eux est un appareil ultrasonique. Tous les anémomètres sont chauffés. Si la direction du vent relevée diffère du positionnement de la nacelle d'une valeur supérieure à la valeur limite, la nacelle est réorientée via quatre entraînements constitués d'un moteur électrique, d'un engrenage planétaire à plusieurs niveaux et de pignons d'entraînement. Les freins d'orientation sont activés.

- **Le train d'entraînement** transmet le mouvement de rotation du rotor à la génératrice. Il est constitué des composants principaux suivants :

- **L'arbre du rotor** transmet les forces radiales et axiales du rotor au châssis machine. Le roulement du rotor contient un dispositif de verrouillage mécanique du rotor.
- **Le multiplicateur** augmente la vitesse de rotation au niveau nécessaire pour la génératrice. L'huile du multiplicateur assure non seulement la lubrification mais aussi le refroidissement du multiplicateur. La température des roulements du multiplicateur et de l'huile est surveillée en permanence.
- **Une frette de serrage** qui relie entre eux l'arbre de rotor et le multiplicateur.
- **Un coupleur** : il compense les décalages entre multiplicateur et génératrice. Une protection contre les surcharges (limitation prédéfinie de couple) est montée sur l'arbre de la génératrice. Elle empêche la transmission de pics de couple qui peuvent avoir lieu dans la génératrice en cas de panne de réseau. Le coupleur est isolé électriquement.

- **La génératrice** : La transformation de l'énergie éolienne en énergie électrique s'effectue grâce à une génératrice asynchrone à double alimentation de 4500 kW à 50 Hz. Elle est maintenue à une température de fonctionnement optimale grâce au circuit de refroidissement. Son stator est directement relié au réseau du parc éolien, son rotor l'est via un convertisseur de fréquence à commande spéciale.

- **Le transformateur électrique sec** (permettant d'élever la tension de 660 Volts en sortie de la génératrice à 20 000 Volts dans le réseau inter-éolien) est installé à l'arrière sur le flanc droit de la nacelle. Il remplit les conditions de classe de protection incendie F1.

- **Convertisseur de fréquence** : est situé à l'arrière de la nacelle. Grâce à un système générateur-convertisseur à régime variable, les pics de charge et pointes de surtension sont limités.

- **Circuit de refroidissement** : multiplicateur, génératrice, convertisseur sont refroidis via un échangeur air/eau couplé avec un échangeur eau/huile pour le multiplicateur.

Tous les systèmes sont conçus de manière à garantir des températures de fonctionnement optimales même en cas de températures extérieures élevées. La température de chaque roulement de multiplicateur, de l'huile du multiplicateur, des bobinages et des roulements de la génératrice ainsi que du réfrigérant est contrôlée en permanence et en partie de manière redondante par le système contrôle-commande.

- **Les freins** : L'éolienne est équipée d'un frein aérodynamique disposant de deux niveaux de freinage. Ce frein est déclenché par rotation des pales. Il peut être couplé à un deuxième système de freinage mécanique disposant lui aussi de 2 niveaux de freinage.

■ Le pied du mât et la fondation

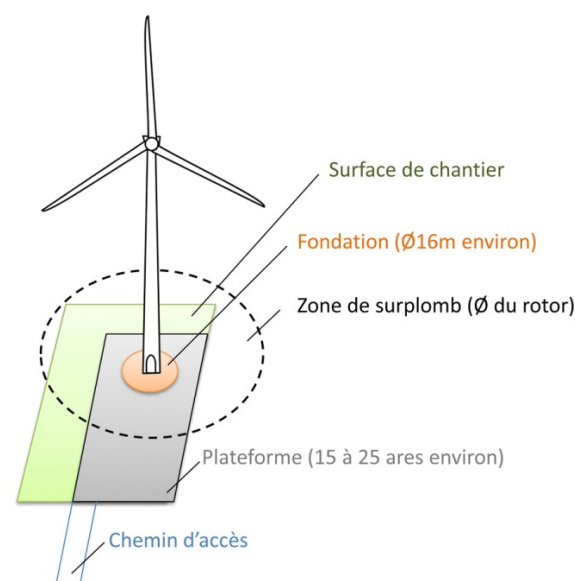
- **Le pied du mât** : Le mât est un mât tubulaire cylindrique en acier. L'échelle d'ascension avec son système de protection antichute et les plateformes de repos et de travail à l'intérieur du mât permettent un accès à la nacelle à l'abri de la météo.

- **Fondation** : La construction des fondations dépend de la nature du sol du site d'implantation prévu. Pour l'ancrage du mât, une cage d'ancrage est bétonnée dans les fondations. Le mât et la cage d'ancrage sont vissés ensemble.

D.1-1b Emprise au sol

Plusieurs emprises au sol sont nécessaires pour la construction et l'exploitation des parcs éoliens :

- **La surface de chantier** est une surface temporaire, durant la phase de construction, destinée aux manœuvres des engins et au stockage au sol des éléments constitutifs des éoliennes.
- **La fondation de l'éolienne** est recouverte de terre végétale. Ses dimensions exactes sont calculées en fonction des aérogénérateurs et des propriétés du sol.
- **La zone de surplomb ou de survol** correspond à la surface au sol au-dessus de laquelle les pales sont situées, en considérant une rotation à 360° du rotor par rapport à l'axe du mât.
- **La plateforme** correspond à une surface permettant le positionnement de la grue destinée au montage et aux opérations de maintenance liées aux éoliennes. Sa taille varie en fonction des éoliennes choisies et de la configuration du site d'implantation.



(Les dimensions sont données à titre d'illustration pour une éolienne d'environ 150m de hauteur totale)

Figure 6 : schémas de principe des emprises au sol d'une éolienne

Source : Guide de l'INERIS 2012

D.1-1c Chemins d'accès

Pour accéder à chaque aérogénérateur, des pistes d'accès sont aménagées pour permettre aux véhicules d'accéder aux éoliennes aussi bien pour les opérations de constructions du parc éolien que pour les opérations de maintenance

liées à l'exploitation du parc éolien :

- L'aménagement de ces accès concerne principalement les chemins agricoles ou chemins d'exploitation existants ;
- Si nécessaire, de nouveaux chemins sont créés sur les parcelles agricoles.

Durant la phase de construction et de démantèlement, les engins empruntent ces chemins pour acheminer les éléments constituant les éoliennes et leurs annexes.

Durant la phase d'exploitation, les chemins sont utilisés par des véhicules légers (maintenance régulière) ou par des engins permettant d'importantes opérations de maintenance (ex : changement de pale).

D.1-2. Activité de l'installation

L'activité principale du parc éolien des Magnolias est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent avec une hauteur (mât + nacelle) supérieur à 50 m Cette installation est donc soumise à la rubrique 2980 des installations classées pour la protection de l'environnement.

D.1-3. Composition de l'installation

Le parc éolien des Magnolias est composé de 4 aérogénérateurs. Chaque aérogénérateur dispose des caractéristiques suivantes :

- concernant E1, une hauteur de moyeu maximale de 110 mètres (soit une hauteur de mât de 106,8 mètres au sens de la réglementation ICPE) et un diamètre de rotor maximal de 136 mètres, pour une hauteur totale en bout de pale de 178 m ;
- concernant E2, une hauteur de moyeu maximale de 104 mètres (soit une hauteur de mât de 100,5 mètres au sens de la réglementation ICPE) et un diamètre de rotor maximal 148 mètres, pour une hauteur totale en bout de pale de 178 m.
- concernant E3 et E4, une hauteur de moyeu maximale de 115 mètres (soit une hauteur de mât de 112 mètres au sens de la réglementation ICPE) et un diamètre de rotor maximal de 130 mètres, pour une hauteur totale en bout de pale de 178 m.

Le tableau suivant indique les coordonnées géographiques des aérogénérateurs et du poste de livraison :

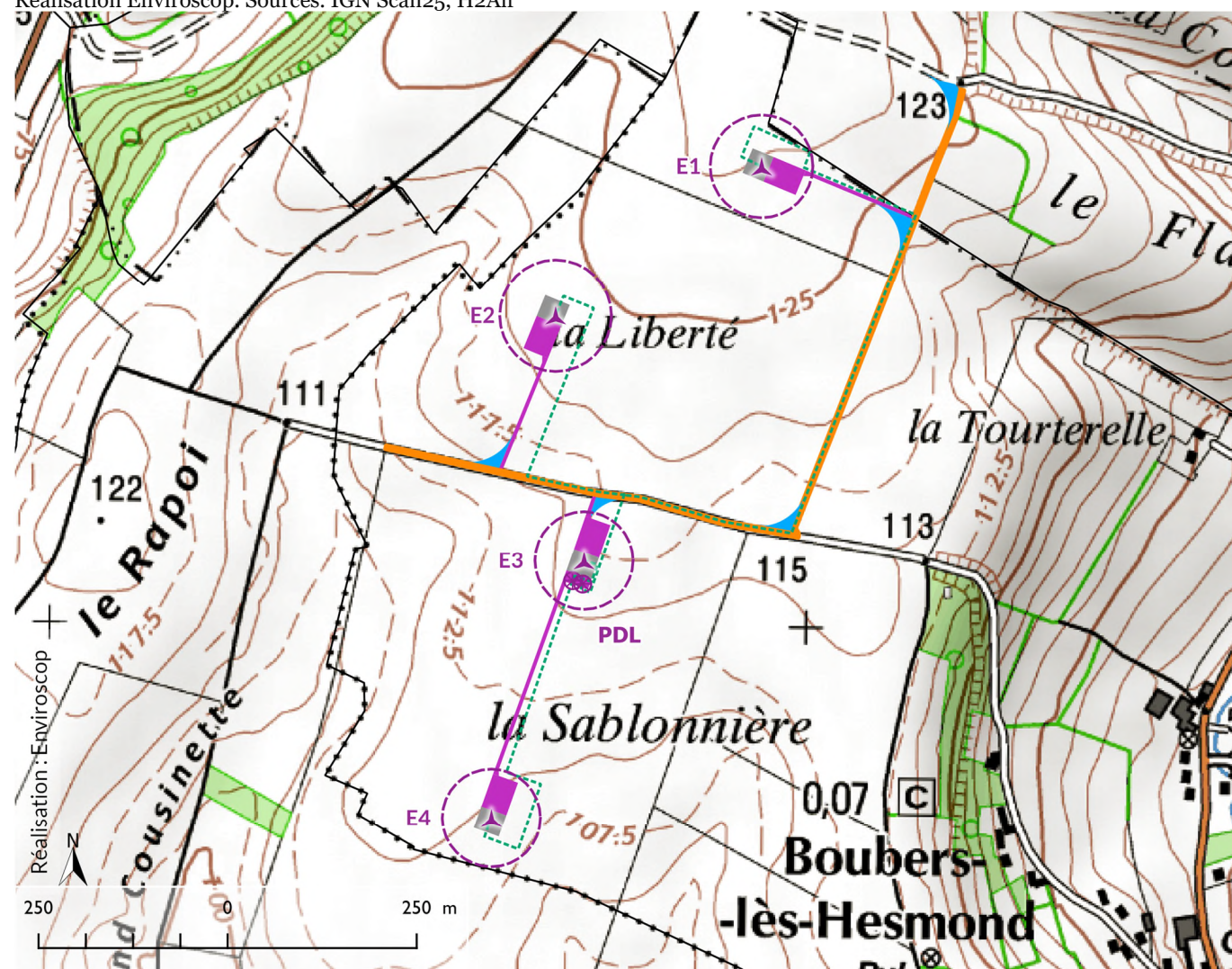
Tableau 9 : Coordonnées des éoliennes projetées et des postes de livraison

| Installation | Coordonnées | | | | Altitude | |
|--------------|-------------|------------|------------------|-----------------|-------------|------------|
| | Lambert 93 | | WGS 84 | | en m (NGF) | |
| | X | Y | Latitude | Longitude | Z (sol, TN) | Z (sommet) |
| E1 | 624736,87 | 7043548,60 | 50°29'5.1986" N | 1°56'27.9650" E | 129,36 | 307,36 |
| E2 | 624464,06 | 7043350,69 | 50°28'58.6852" N | 1°56'14.2840" E | 122,95 | 300,95 |
| E3 | 624501,73 | 7043027,02 | 50°28'48.2434" N | 1°56'16.4119" E | 116,46 | 294,46 |
| E4 | 624378,97 | 7042685,88 | 50°28'37.1672" N | 1°56'10.4284" E | 108,95 | 286,95 |
| PdL 1 | 624500,31 | 7042995,05 | 50°28'47.2094" N | 1°56'16.3619" E | - | - |
| PdL 2 | 624486,94 | 7042999,78 | 50°28'47.3567" N | 1°56'15.6818" E | - | - |

La carte suivante présente un plan simplifié des différents éléments composant le parc éolien.

Carte 11 : Plan simplifié du parc éolien des Magnolias

Réalisation Enviroscop. Sources. IGN Scan25, H2Air



| | | | |
|--|-----------------------------|--------------------------------|-------------------------|
| Projet | Plateforme et accès à créer | Chemin à renforcer | Limites administratives |
| Eolienne et son survol Poste de livraison | Aire gravillonnée | Virage Raccordement interne | Limite communale |

D.2 Fonctionnement de l'installation

D.2-1. Principe de fonctionnement d'un aérogénérateur

Les instruments de mesure de vent placés au-dessus de la nacelle conditionnent le fonctionnement de l'éolienne. Grâce aux informations transmises par la girouette qui détermine la direction du vent, le rotor se positionnera pour être continuellement face au vent.

Les pales se mettent en mouvement lorsque l'anémomètre (positionné sur la nacelle) indique une vitesse de vent d'environ 10 km/h (env. 3 m/s) et c'est seulement à partir de 12 km/h (3,3 m/s) environ que l'éolienne peut être couplée au réseau électrique. Le rotor et l'arbre dit « lent » transmettent alors l'énergie mécanique à basse vitesse (entre 6,4 et 12,25 tr/min) aux engrenages du multiplicateur, dont l'arbre dit « rapide » tourne environ 100 fois plus vite que l'arbre lent. Certaines éoliennes sont dépourvues de multiplicateur et la génératrice est entraînée directement par l'arbre « lent » lié au rotor. La génératrice transforme l'énergie mécanique captée par les pales en énergie électrique.

La puissance électrique produite varie en fonction de la vitesse de rotation du rotor. Dès que le vent atteint environ 50 km/h à hauteur de nacelle, l'éolienne fournit sa puissance maximale. Cette puissance est dite « nominale ».

Pour un aérogénérateur de 4 MW par exemple, la production électrique atteint 4 000 kWh dès que le vent atteint environ 50 km/h. L'électricité produite par la génératrice correspond à un courant alternatif de fréquence 50 Hz avec une tension de 400 à 690 V. La tension est ensuite élevée jusqu'à 20 000 V par un transformateur placé dans chaque éolienne pour être ensuite injectée dans le réseau électrique public.

Lorsque la mesure de vent, indiquée par l'anémomètre, atteint des vitesses de plus de 100 km/h (variable selon le type d'éoliennes), l'éolienne cesse de fonctionner pour des raisons de sécurité. Deux systèmes de freinage permettront d'assurer la sécurité de l'éolienne :

- le premier par la mise en drapeau des pales, c'est-à-dire un freinage aérodynamique : les pales prennent alors une orientation parallèle au vent ;
- le second par un frein mécanique sur l'arbre de transmission à l'intérieur de la nacelle.

Plusieurs boutons d'arrêt d'urgence situés en divers endroits de l'éolienne permettent une immobilisation rapide de l'éolienne. Ces boutons permettent un freinage d'urgence via la mise en position "drapeau" des pales et l'actionnement des freins du rotor. Cette procédure implique aussi la séparation entre la génératrice et le réseau électrique. En cas d'arrêt d'urgence, l'éolienne ne peut être redémarrée qu'avec l'intervention du personnel.

Tableau 10 : Découplage fonctionnel de l'installation et des tensions électriques

| Éléments de l'installation | Fonction | Caractéristiques |
|---|--|--|
| Fondation | Ancrer et stabiliser l'éolienne dans le sol | De 21 à 23 m de diamètre pouvant aller jusqu'à 30 m si nécessaire et 3 à 3,5 m de profondeur. Dans le cas de certaines éoliennes, les fondations peuvent être surélevées de plusieurs mètres. |
| Mât | Supporter la nacelle et le rotor | Pièce en acier |
| Nacelle | Supporter le rotor Abriter le dispositif de conversion de l'énergie mécanique en électricité (génératrice, etc...) ainsi que des dispositifs de contrôle et de sécurité | Génératrice à double alimentation Courant alternatif, tension de 660 V (50 Hz) Puissance nominale : de 5 MW pour E1 et E2, 4 MW pour E3 et E4. |
| Rotor / pales | Capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice | 3 pales. Vitesse de démarrage : 3 m/s environ Vitesse de coupure 10 min : 25 m/s environ |
| Transformateur | Élever la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau | 20 000 V |
| Accès et aire permanente de levage | Assurer l'accessibilité de l'installation aux équipes de maintenance et aux équipements de levage le cas échéant | Pistes jusqu'à 5 mètres de large spécifiquement créées pour l'accès aux éoliennes. 1 plateforme dimensionnée au cas par cas utilisée en phase de montage des éoliennes et maintenue pendant l'exploitation du parc, pouvant supporter la charge des engins de levage (grues). |

D.2-2. Dispositions constructives

Le parc éolien des Magnolias est conforme aux prescriptions de l'arrêté ministériel relatif aux installations soumises à autorisation au titre de la rubrique 2980 des installations classées relatives à la sécurité de l'installation.

L'arrêté du 26 Août 2011 modifié le 22 juin 2020 fixe les dispositions constructives à respecter par l'exploitant qui permettent de diminuer les risques de dysfonctionnement des éoliennes (articles 7 à 11).

Ces dispositions sont les suivantes :

Art. 7. - Le site dispose en permanence d'une voie d'accès carrossable au moins pour permettre l'intervention des services d'incendie et de secours. Cet accès est entretenu. Les abords de l'installation placés sous le contrôle de l'exploitant sont maintenus en bon état de propreté.

Art. 8. - L'aérogénérateur est conçu pour garantir le maintien de son intégrité technique au cours de sa durée de vie. Le respect de la norme NF EN 61 400-1 ou IEC 61 400-1, dans leur version en vigueur à la date de dépôt du dossier de demande d'autorisation environnementale prévu par l'article L. 181-8 du code de l'environnement, ou toute norme équivalente en vigueur dans l'Union européenne à l'exception des dispositions contraires aux prescriptions du présent arrêté, permet de répondre à cette exigence. Un rapport de contrôle d'un organisme compétent atteste de la conformité de chaque aérogénérateur de l'installation avant leur mise en service industrielle. En outre l'exploitant dispose des justificatifs démontrant que chaque aérogénérateur de l'installation est conforme aux dispositions de l'article R. 111-38 du code de la construction et de l'habitation.

Art. 9. - L'installation est mise à la terre pour prévenir les conséquences du risque foudre. Le respect de la norme IEC 61 400-24, dans sa version en vigueur à la date de dépôt du dossier de demande d'autorisation environnementale prévu par l'article L. 181-8 du code de l'environnement, permet de répondre à cette exigence.

Un rapport de contrôle d'un organisme compétent atteste de la mise à la terre de l'installation avant sa mise en service industrielle.

Art. 10. - L'installation est conçue pour prévenir les risques électriques.

Pour satisfaire au 1er alinéa :

- les installations électriques à l'intérieur de l'aérogénérateur respectent les dispositions de la directive du 17 mai 2006 susvisée qui leur sont applicables ;
- pour les installations électriques extérieures à l'aérogénérateur, le respect des normes NF C 15-100, NF C 13-100 et NF C 13-200, dans leur version en vigueur à la date de dépôt du dossier de demande d'autorisation environnementale prévu par l'article L. 181-8 du code de l'environnement, permet de répondre à cette exigence.

Un rapport de contrôle d'un organisme compétent atteste de la conformité de l'installation pour prévenir les risques électriques, avant sa mise en service industrielle.

Art. 11. - Le balisage de l'installation est conforme aux dispositions prises en application des articles L. 6351-6 et L. 6352-1 du code des transports et des articles R. 243-1 et R. 244-1 du code de l'aviation civile.

D.2-3. Sécurité de l'installation

L'objectif de ce paragraphe est de montrer que l'installation respecte la réglementation en vigueur en matière de sécurité. La description des différents systèmes de sécurité de l'installation sera effectuée au stade de l'analyse préliminaire des risques, dans le chapitre G de l'étude de dangers.

D.2-3a Conformité par rapport aux prescriptions de l'arrêté du 26 août 2011 modifié au 22 juin 2020 relatif aux installations soumises à autorisations au titre de la rubrique 2980 des ICPE

Seuls les articles en lien direct avec la sécurité sont mentionnés ci-après. Les articles en lien avec les phases de maintenance feront l'objet du paragraphe suivant.

■ Conformité par rapport à l'article 3 - Distance par rapport aux tiers

Nous avons constaté qu'aucune habitation et qu'aucun établissement susceptible d'accueillir du public ne se trouvait dans le périmètre de 500 mètres autour des éoliennes.

Sans préjudice de la distance minimale d'éloignement imposée par les articles L. 515-44 et le cas échéant L. 515-47 du code de l'environnement, l'installation est implantée à une distance minimale de 300 mètres :

- d'une installation nucléaire de base visée par l'article 28 de la loi n° 2006-686 du 13 juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire ;
- d'une installation classée pour la protection de l'environnement relevant de l'article L. 515-32 du code de l'environnement.

Les distances d'éloignement sont mesurées à partir de la base du mât de chaque aérogénérateur de l'installation.

■ Conformité par rapport à l'article 4 - Radars et systèmes d'aide à la navigation

Les éoliennes sont situées en dehors des zones de protection et de coordination des radars météorologiques, des radars militaires et des radars de l'aviation civile selon la carte officielle de l'OACI, le courriel du Ministère de la défense en date du 07/10/2019 et le courrier de Météo-France en date du 13/08/2019 (voir en annexe de l'étude d'impact). D'après la Direction Générale de l'Aviation Civile, le projet pourrait atteindre une altitude sommitale de 312 m NGF et aurait ainsi un impact sur :

- les arrivées omnidirectionnelles des aérodromes de Merville-Calonne (LFAT) et du Touquet (FGGT),
- l'altitude minimale de sécurité radar de l'approche de Lille (AD 2 LFQQ AMSR 01).

Afin de ne pas percer la marge de franchissement d'obstacle correspondant aux altitudes minimales des seuils définis ci-dessus, les éoliennes ne **devront pas dépasser l'altitude de 309 m NGF**. L'éolienne la plus haute est l'éolienne E1, culminant à 307,36 m NGF soit sous le seuil de 309 m NFG.

Le Tableau 9 en page 19 précise l'altitude NGF en bout de pale de chaque éolienne.

Enfin, le projet se situe à plus de 15 km d'un VOR, le plus proche étant celui de Boulogne sur la commune de Bourthes à 15,7 km de l'éolienne E1.

En outre, le projet respecte les distances minimales d'éloignement prévues par le point 12° d de l'article D. 181-15-2 du code de l'environnement concernant les radars météorologiques en étant à plus de :

- 20 km d'un radar de bande de fréquence C,
- 30km d'un radar de bande de fréquence S,
- 10 km d'un radar de bande de fréquence X.

Pour les aspects de la sécurité de la navigation maritime et fluviale, les aérogénérateurs sont implantés dans le respect des distances minimales d'éloignement à savoir à plus de :

- 20 km d'un radar portuaire,
- 10 km d'un radar de centre régional de surveillance et de sauvetage (CROSS).

■ Conformité par rapport à l'article 7 - Accès au site

Les services d'incendies et de secours pourront accéder au site par tout temps via les voies carrossables utilisées pour la maintenance du site.

■ Conformité par rapport à l'article 8 - Normes

L'ensemble nacelle / pales / rotor / mât fourni sera conforme à la norme NF EN 61 400-1 ou IEC 61 400-1, dans leur version en vigueur à la date de dépôt du dossier de demande d'autorisation environnementale prévu par l'article L. 181-8 du code de l'environnement, ou toute norme équivalente en vigueur dans l'Union européenne.

L'exploitant tiendra à disposition de l'inspection des installations classées les rapports des organismes compétents attestant de la conformité des aérogénérateurs à la norme précitée. En outre l'exploitant tiendra à disposition de l'inspection des installations classées les justificatifs démontrant que chaque aérogénérateur de l'installation est conforme aux dispositions de l'article R. 111-38 du code de la construction et de l'habitation.

■ Conformité par rapport à l'article 9 - Mise à la terre

L'ensemble de l'aérogénérateur est mis à la terre et respecte la norme IEC 61 400-24 (dans sa version en vigueur à la date de dépôt du dossier de demande d'autorisation environnementale). Plusieurs paratonnerres sont installés sur les pales, la nacelle et le mât. Chaque pale est pourvue d'une pointe en aluminium ou d'un récepteur de foudre de chaque côté de la pointe qui dévie le courant de la foudre par un câble en acier vers le moyeu du rotor. Les opérations de maintenance du système de la mise à la terre incluront un contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre.

L'exploitant tiendra à disposition de l'inspection des installations classées les rapports des organismes compétents attestant de la conformité des aérogénérateurs à la norme précitée.

■ Conformité par rapport à l'article 10 - Installations électriques

Les générateurs sont bien conformes à la Directive Machines du 17 mai 2006. Quant aux installations électriques extérieures au générateur (réseau inter-éolien, poste de livraison), elles respecteront les normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200 dans leur version en vigueur à la date de dépôt du dossier de demande d'autorisation environnementale. Les installations électriques seront entretenues et maintenues en bon état et seront contrôlées avant la mise en service industrielle puis à une fréquence annuelle, après leur installation ou leur modification par une personne compétente. La périodicité, l'objet et l'étendue des vérifications des installations électriques ainsi que le contenu des rapports relatifs auxdites vérifications sont fixés par l'arrêté du 10 octobre 2000.

■ Conformité par rapport à l'article 11 - Balisage

Le balisage des machines sera bien conforme aux dispositions prises en application des articles L. 6351-6 et L. 6352-1 du code des transports et des articles R. 243-1 et R. 244-1 de l'aviation civile et respectera notamment l'arrêté du 13 novembre 2009 complété par l'arrêté du 7/12/2010 relatif à la réalisation du balisage des éoliennes qui indique que l'ensemble du parc éolien doit être balisé.

Conformément aux exigences de l'Aviation civile (DGAC) et de l'Armée de l'Air, notifiées dans l'arrêté ministériel du 13 novembre 2009, les éoliennes seront équipées de feux de signalisation diurne et nocturne :

- Balisage diurne : 20 000 Cd blanc
- Balisage nocturne : 2 000 Cd rouge

Ce type de balisage aéronautique présente moins d'impact visuel que de peindre en rouge le bout des pales, comme cela se fait dans d'autres pays européens.

Le balisage du parc éolien fera l'objet d'une concertation ultérieure avec les services aéronautiques. De plus, les feux à éclats seront synchronisés au sein d'un même parc afin de limiter l'effet de « clignotement ».

■ Conformité par rapport à l'article 13 - Accès installation

Les personnes étrangères au site n'auront pas accès à l'intérieur des éoliennes, ces dernières tout comme les accès au poste de transformation, de raccordement ou de livraison étant fermées à clefs.

■ Conformité par rapport à l'article 14 - Consignes de sécurité

Les prescriptions à observer par les tiers seront affichées soit en caractères lisibles, soit au moyen de pictogrammes sur un panneau sur le chemin d'accès de chaque aérogénérateur, sur le poste de livraison et, le cas échéant, sur le poste de raccordement. Elles concernent notamment :

- les consignes de sécurité à suivre en cas de situation anormale ;
- l'interdiction de pénétrer dans l'aérogénérateur ;
- la mise en garde face aux risques d'électrocution ;
- la mise en garde face au risque de chute de glace.

Les consignes de sécurité et autres mises en garde seront affichées sur les chemins d'accès au site et facilement lisibles.

■ Conformité par rapport à l'article 15 - Compétence du personnel

Le personnel amené à travailler sur le site éolien sera formé sur les risques présentés par l'installation, les moyens mis en œuvre pour les éviter et les procédures d'urgence à appliquer.

La réalisation des exercices d'entraînement, les conditions de réalisations de ceux-ci, et le cas échéant les accidents/incidents survenus dans l'installation, seront consignés dans un registre qui contiendra également l'analyse de retour d'expérience réalisée par l'exploitant et les mesures correctives mises en place

■ Conformité par rapport à l'article 16 - Matériaux combustibles ou inflammables

L'entreposage de ce type de matériaux est interdit dans les éoliennes.

■ Conformité par rapport à l'article 17 - Phases d'essais

Avant la mise en service industrielle d'un aérogénérateur, l'exploitant réalisera des essais permettant de s'assurer du fonctionnement correct de l'ensemble des équipements.

Ces essais comprennent :

- un arrêt ;
- un arrêt d'urgence ;
- un arrêt depuis un régime de survitesse ou une simulation de ce régime.

Suivant une périodicité qui ne pourra excéder un an, l'exploitant réalisera une vérification de l'état fonctionnel des équipements de mise à l'arrêt, de mise à l'arrêt d'urgence et de mise à l'arrêt depuis un régime de survitesse en application des préconisations du constructeur de l'aérogénérateur. Les résultats de ces tests seront consignés dans le registre visé à l'article 15.

■ Conformité par rapport aux articles 20 et 21 - Traitement des déchets

Les déchets générés par l'exploitation seront traités et si possible valorisés dans des centres adéquats. Aucun déchet ne sera brûlé à l'air libre.

■ Conformité par rapport à l'article 22 - Consignes de sécurité

Des consignes de sécurité sont déjà établies et portées à connaissance du personnel. Elles indiqueront :

- les procédures d'arrêt d'urgence et de mise en sécurité de l'installation ;
- les limites de sécurité de fonctionnement et d'arrêt ;
- les précautions à prendre avec l'emploi et le stockage de produits incompatibles ;
- les procédures d'alertes avec les numéros de téléphone du responsable d'intervention de l'établissement, des services d'incendie et de secours ;
- le cas échéant, les informations à transmettre aux services de secours externes.

Les consignes de sécurité indiqueront également les mesures à mettre en œuvre afin de maintenir les installations en sécurité dans les situations suivantes : survitesse, conditions de gel, orages, tremblements de terre, haubans rompus ou relâchés, défaillance des freins, balourd du rotor, fixations détendues, défauts de lubrification, tempêtes de sable, incendie ou inondation.

Le maître d'ouvrage confiera la maintenance de l'installation aux équipes de techniciens de son service maintenance en lien avec celui du constructeur du modèle retenu. Les procédures d'urgences et les consignes de sécurité seront respectées.

■ Conformité par rapport à l'article 23 - Système de détection contre les incendies

Chaque éolienne sera équipée d'un système de détection permettant d'alerter à tout moment l'exploitant ou un opérateur désigné en cas d'incendie ou d'entrée en survitesse. Ces systèmes de détection fixés dans la partie supérieure des armoires électriques et sur le toit de la nacelle se déclenchent lorsqu'un capteur de fumée détecte de la fumée et/ou lorsque le capteur de température détecte un dépassement de seuil de température défini. Ils feront l'objet de vérifications lors des phases de maintenance notamment.

■ Conformité par rapport à l'article 24 - Moyen de lutte contre l'incendie

Chaque éolienne sera équipée de plusieurs systèmes d'alarmes et d'au moins deux extincteurs. En respect des normes

en vigueur, deux extincteurs portatifs à poudre destinés à combattre les débuts d'incendies seront installés respectivement au pied du mât et dans la nacelle. Rappelons en outre que la majeure partie de l'éolienne est constituée de matériaux non inflammables (mât en acier et fondation en béton, machines, freins, génératrice (...) en métal), et que les seuls composants inflammables sont les pales du rotor et la nacelle (matière plastique renforcée de fibres de verre), les câbles et petites pièces électriques, les huiles mécaniques (combustibles mais non inflammables), les tuyaux et autres petites pièces en matière plastique et les transformateurs.

■ Conformité par rapport à l'article 25 - Protection contre les jets de glace

Chaque éolienne sera équipée d'un système de déduction de glace. Le système de contrôle procède à un arrêt automatique de l'éolienne s'il relève une inadéquation entre la puissance produite et la vitesse du vent (en cas de présence de glace ou de givre sur les pales, le rendement de la machine se trouve affecté).

■ Normes et certifications applicables à l'installation

Le type d'éolienne implanté sur le site respectera les normes CEI 61 400 et NF EN 61 400-1 spécifiant les exigences de conception essentielles pour assurer l'intégralité technique des éoliennes et fournir un niveau de protection approprié contre les dommages causés par tous les risques pendant la durée de vie des aérogénérateurs.

Lors de la future mise en service du parc, les éoliennes installées seront conformes à la norme IEC 61400-1 classe IIA (capable de résister à des vents extrêmes de l'ordre de 52.5 m/s et à des intensités de turbulences élevées).

■ Organisation des services de secours en cas d'accident

En cas d'incident, un système de détection permet d'alerter à tout moment l'opérateur. Ce dernier peut alors transmettre l'information aux services d'urgence compétents les plus proches dans un délai inférieur à 15 minutes.

D.2-4. Opérations de maintenance de l'installation

Une maintenance prédictive et préventive des éoliennes sera mise en place. Celle-ci porte essentiellement sur l'analyse des huiles, l'analyse vibratoire des machines tournantes et l'analyse électrique des éoliennes.

La maintenance préventive des éoliennes a pour but de réduire les coûts d'interventions et d'immobilisation des éoliennes. En effet, grâce à la maintenance préventive, les arrêts de maintenance sont programmés et optimisés afin d'intervenir sur les pièces d'usure avant que n'intervienne une panne.

Les arrêts de production d'énergie éolienne sont anticipés pour réduire leur durée et leurs coûts.

L'Arrêté du 26 Août 2011 modifié indique que « le fonctionnement de l'installation est assuré par un personnel compétent disposant d'une formation portant sur les risques présentés par l'installation, ainsi que sur les moyens mis en œuvre pour les éviter. Il connaît les procédures à suivre en cas d'urgence et procède à des exercices d'entraînement, le cas échéant, en lien avec les services de secours (Art. 17).

Trois mois, puis un an après leur mise en service industrielle, puis suivant une périodicité qui ne peut excéder trois ans, l'exploitant procède à un contrôle des brides de fixations, des brides de mât, de la fixation des pales et un contrôle visuel du mât de chaque aérogénérateur. Le contrôle de l'ensemble des brides et des fixations de chaque aérogénérateur peut être lissé sur trois ans tant que chaque bride respecte la périodicité de trois ans. (Art. 18).

L'exploitant dispose d'un manuel d'entretien de l'installation dans lequel sont précisées la nature et les fréquences des opérations d'entretien afin d'assurer le bon fonctionnement de l'installation, ainsi que les modalités de réalisation des tests et des contrôles de sécurité, notamment ceux visés par le présent arrêté.

L'exploitant tient à jour pour chaque installation un registre dans lequel sont consignées les opérations de maintenance ou d'entretien, leur nature, les défaillances constatées et les opérations préventives et correctives engagées. » (Art. 19).

Conformément à l'article 18, des contrôles réguliers seront menés afin de s'assurer du bon comportement de l'éolienne.

Un manuel d'entretien sera disponible et des opérations de maintenance régulièrement réalisées et enregistrées.

Les maintenances préventives sont différentes pour chaque type d'éolienne et constructeur. Mais généralement les opérations de maintenance préventives se déroulent après le premier trimestre suivant la mise en service du parc éolien. D'autres opérations ont lieu six mois après, puis un an après.

L'entretien annuel est en règle générale beaucoup plus poussé que l'entretien semestriel.

Ces entretiens périodiques consistent, en résumé, en des opérations de :

- Lubrifications (pales, axe lent, génératrice, réducteurs d'orientation, etc...);
- Vérification visuelle des pales ;
- Vérification des boulons (des pales et de la tour), visuelle ou par échantillonnage ;
- Test du groupe hydraulique ;
- Inspection du multiplicateur, de la génératrice, du transformateur, des systèmes de freins, ... ;
- Tests de fonctionnement via l'automate (survitesse, etc).

A ces entretiens, s'ajoutent des entretiens de pales et les contrôles réglementaires (lignes de vie, rail, treuil de levage, monte personne).

En résumé, un entretien préventif des éoliennes aura lieu tous les six mois.

L'entretien des différents composants de l'installation d'une éolienne s'effectuera à différentes périodes et est d'importance variable. Outre l'entretien prévisionnel, des inspections de l'éolienne dans sa totalité ou de groupes de composants peuvent avoir lieu à tout moment.

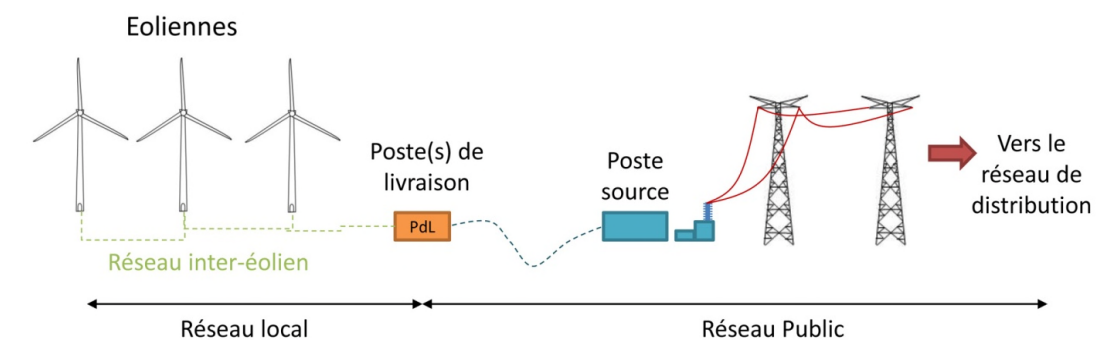
Des informations plus détaillées pourront être fournies à l'inspection des installations classées au moment de la mise en service du parc éolien.

D.2-5. Stockage et flux de produits dangereux

Conformément à l'article 16 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié au 22 juin 2020, aucun matériel inflammable ou combustible ne sera stocké dans les éoliennes du parc éolien des Magnolias.

D.2-6. Fonctionnement des réseaux de l'installation

Figure 7 : Principe du raccordement électrique des installations



■ Réseau inter-éolien

Le réseau inter-éolien permet de relier le transformateur, situé dans la nacelle de chaque éolienne, au point de raccordement avec le réseau public en 20 000 V. Ce réseau comporte également une liaison de télécommunication qui relie chaque éolienne au terminal de télésurveillance. Ces câbles constituent le réseau interne de la centrale éolienne, ils sont tous enfouis à une profondeur entre 80 cm et 1,2 m de profondeur.

Les éoliennes E1 et E2 du parc éolien des Magnolias sont interconnectées entre elles et raccordées au poste de livraison 1 tandis que les éoliennes E3 et E4 sont raccordées au poste de livraison 2. Compte tenu du S3REnR actuellement en vigueur, la solution de raccordement privilégiée est le poste source de Fruges situé sur la commune de Coupelle-Neuve ayant la disponibilité actuelle de raccordement pour accueillir le parc éolien des Magnolias, sous réserve de disponibilité au moment de l'autorisation pour la construction. Toutes les éoliennes sont raccordées aux postes électrique par un réseau de câbles électriques triphasés HTA (tension nominale : 20 000 V).

Ces ouvrages seront établis suivant les prescriptions de l'arrêté technique du 17 mai 2001 conformément aux règles de l'art et suivant les publications UTE.

Ainsi, ces ouvrages sont conformes à la réglementation technique en vigueur.

■ Poste de livraison

Le poste de livraison est le nœud de raccordement de toutes les éoliennes avant que l'électricité ne soit injectée dans le réseau public.

Remarque : Certains parcs éoliens, par leur taille, peuvent posséder plusieurs postes de livraison, voire se raccorder directement sur un poste source, qui assure la liaison avec le réseau de transport d'électricité (lignes haute tension). La localisation exacte des emplacements des postes de livraison est fonction de la proximité du réseau inter-éolien et de la localisation du poste source vers lequel l'électricité est ensuite acheminée.

Pour le parc éolien des Magnolias, deux postes de livraison électrique sont prévus. Ils sont situés côte à côte, à proximité de l'éolienne E3.

■ Réseau électrique externe

Le réseau électrique externe relie le poste de livraison avec le poste source (réseau public de transport d'électricité). Ce réseau est réalisé par le gestionnaire du réseau de distribution. Il est lui aussi entièrement enterré.

Dans le cadre du parc éolien des Magnolias, l'ensemble du réseau électrique est interne. La solution de raccordement privilégiée est le poste source de Fruges situé sur la commune de Coupelle-Neuve, à 15,5 km par la route. Ce poste dispose de la capacité d'accueil nécessaire au raccordement du parc. Toutefois, dans le cas où cela ne serait plus le cas après le dépôt de la demande d'Autorisation Environnementale, une étude sera envisagée afin de trouver une autre solution de raccordement.

■ Autres réseaux

Le parc éolien des Magnolias ne comporte aucun réseau d'alimentation en eau potable ni aucun réseau d'assainissement. De même, les éoliennes ne sont reliées à aucun réseau de gaz.

E. Identification des potentiels de dangers de l'installation

Ce chapitre de l'étude de dangers a pour objectif de mettre en évidence les éléments de l'installation pouvant constituer un danger potentiel, que ce soit au niveau des éléments constitutifs des éoliennes, des produits contenus dans l'installation, des modes de fonctionnement, etc.

L'ensemble des causes externes à l'installation pouvant entraîner un phénomène dangereux, qu'elles soient de nature environnementale, humaine ou matérielle, seront traitées dans l'analyse de risques.

E.1 Potentiels de dangers liés aux produits

L'activité de production d'électricité par les éoliennes ne consomme pas de matières premières, ni de produits pendant la phase d'exploitation. De même, cette activité ne génère pas de déchet, ni d'émission atmosphérique, ni d'effluent potentiellement dangereux pour l'environnement.

Les produits identifiés dans le cadre du parc éolien des Magnolias sont utilisés pour le bon fonctionnement des éoliennes, leur maintenance et leur entretien :

- Produits nécessaires au bon fonctionnement des installations (graisses et huiles de transmission, huiles hydrauliques pour systèmes de freinage...), qui une fois usagés sont traités en tant que déchets industriels spéciaux
- Produits de nettoyage et d'entretien des installations (solvants, dégraissants, nettoyants...) et les déchets industriels banals associés (pièces usagées non souillées, cartons d'emballage...).

La liste est fournie dans le Tableau 11 ci-dessous selon une estimation pour une éolienne correspondant au gabarit maximisant envisagé pour les éoliennes du parc éolien des Magnolias, à savoir une éolienne de type NORDEX N149. Aussi, les éoliennes du parc devraient avoir des quantités similaires voir inférieures.

Conformément à l'article 16 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié les 22 juin 2020 relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation, aucun produit inflammable ou combustible n'est stocké dans les aérogénérateurs ou le poste de livraison.

Les risques associés aux différents produits concernant le site du parc éolien des Magnolias sont :

- **L'incendie** : des produits combustibles sont présents le site. Ainsi, la présence d'une charge calorifique peut alimenter un incendie en cas de départ de feu.
- **La toxicité** : Ce risque peut survenir suite à un incendie créant certains produits de décomposition nocifs, entraînés dans les fumées de l'incendie.
- **La pollution** : En cas de fuite sur une capacité de stockage, la migration des produits liquides dans le sol peut entraîner une pollution, également en cas d'entraînement dans les eaux d'extinction incendie.

Tableau 11 : Quantités estimées de lubrifiants présents dans une éolienne Nordex N149

| Lieu de lubrification | Désignation | Lubrifiant | Quantité | Classe de matière dangereuse |
|---|--|-------------------------------------|------------|------------------------------|
| Système de refroidissement /Génératrice, /Convertisseur | Varidos FSK 45 | Liquide de refroidissement | env. 300 L | Xn |
| Roulements de la génératrice | Klüberplex BEM 41-132 | Graisse | env. 12 kg | - |
| Multiplicateurs, circuits de refroidissement inclus | Mobilgear SHC XMP 320 Castrol Optigear Synthetic X320 Fuchs RENOLIN UNISYN CLP 320 | Huile minérale Huile synthétique | Max. 800 L | - |
| Système Hydraulique | Shell Tellus S4 VX 32 | Huile minérale | env. 25 L | Xn, Xi, N |
| Roulement du rotor | Mobil SHC Graisse 460 WT | Graisse | env. 30 kg | - |
| Roulement d'orientation des pales | Fuchs Gleitmo 585K | Graisse | Env. 60 kg | - |
| Boîte de vitesse du système d'orientation des pales | Mobil SHC 629 | Huile synthétique | 3 x 11 L | - |
| Boîte de vitesse du système d'orientation de la nacelle | Mobil SHC 629 | Huile synthétique | 4x 27 L | - |
| Roulements du système d'orientation de la nacelle | Fuchs Gleitmo 585K | Graisse | 13 kg | - |
| Transformateur (sec) | - | - | - | - |

Nota : Graisse = lubrifiant solide ; huile = lubrifiant liquide. Source. NORDEX 2020. Nordex N149

E.2 Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation

Les dangers liés au fonctionnement du parc éolien des Magnolias sont de cinq types :

- Chute d'éléments de l'aérogénérateur (boulons, morceaux d'équipements, etc.)
- Projection d'éléments (morceaux de pale, brides de fixation, etc.)
- Effondrement de tout ou partie de l'aérogénérateur
- Echauffement de pièces mécaniques
- Courts-circuits électriques (aérogénérateur ou poste de livraison).

Ces dangers potentiels sont recensés dans le tableau suivant :

Tableau 12 : Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation

| Installation ou système | Fonction | Phénomène redouté | Danger potentiel |
|--|--|-------------------------------|--|
| Système de transmission | Transmission d'énergie mécanique | Survitesse | Echauffement des pièces mécaniques et flux thermique |
| Pale | Prise au vent | Bris de pale ou chute de pale | Energie cinétique d'éléments de pales |
| Aérogénérateur | Production d'énergie électrique à partir d'énergie éolienne | Effondrement | Energie cinétique de chute |
| Poste de livraison, intérieur de l'aérogénérateur | Réseau électrique | Court-circuit interne | Arc électrique |
| Nacelle | Protection des équipements destinés à la production électrique | Chute d'éléments | Energie cinétique de projection |
| Rotor | Transformer l'énergie éolienne en énergie mécanique | Projection d'objets | Energie cinétique des objets |
| Nacelle | Protection des équipements destinés à la production électrique | Chute de nacelle | Energie cinétique de chute |

E.3 Réduction des potentiels de dangers à la source

E.3-1. Principales actions préventives

Cette partie explique les choix qui ont été effectués par le porteur de projet au cours de la conception du projet pour réduire les potentiels de danger identifiés et garantir une sécurité optimale de l'installation.

E.3-1a Réduction des dangers liés aux produits

Comme précédemment indiqué, les produits présents dans une éolienne sont des lubrifiants. La quantité est estimée à environ 1 850 L par éolienne, et les lubrifiants doivent être contrôlés et partiellement renouvelés tous les 6 mois à 5 ans selon leur type.

Les quantités de produits ne peuvent être diminuées et les produits lubrifiants en eux-mêmes ne peuvent faire l'objet de substitution (considérés comme non dangereux pour l'environnement si utilisés comme recommandés et combustibles mais non inflammables).

Les produits de nettoyage de type solvant, classés comme dangereux pour l'environnement peuvent quant à eux potentiellement faire l'objet de substitution. On rappelle cependant que ces produits ne sont utilisés que de manière ponctuelle et ne sont pas présents sur le site.

On note que la nacelle fait office de bac de récupération en cas de fuite au niveau de la couronne d'orientation. Le transformateur, présent dans le pied de l'éolienne ne nécessite pas de bac de récupération car un système sec est utilisé, il ne nécessite donc l'usage d'aucun lubrifiant.

La réduction des dangers liés aux produits dépend donc essentiellement de la bonne maintenance des appareils et du respect des règles de sécurité. Une attention particulière devra également être portée au transport des lubrifiants sur le site lors des phases de renouvellement.

E.3-1b Réduction des dangers liés aux installations

Plusieurs démarches préalables concernant les implantations des éoliennes et le choix de la technologie utilisée ont permis de réduire les potentiels de dangers identifiés sur le site et de garantir une sécurité optimale de l'installation.

Lors de la démarche de conception du projet, le porteur de projet a étudié plusieurs scénarios d'implantation afin de déterminer celui qui minimise les impacts vis-à-vis des intérêts mentionnés par l'article L511-1 du code de l'environnement.

Dans le cadre de l'étude d'impacts, le choix de localisation des éoliennes a fait l'objet d'études spécifiques :

- analyse paysagère,
- analyse de l'environnement naturel,
- analyse de l'environnement humain,
- analyses des contraintes techniques,
- disponibilité foncière,
- volontés politiques locales.

L'exploitant a effectué des choix techniques pour implanter les éoliennes le plus à l'écart des zones à enjeux, le choix même du site correspondant à un **secteur éloigné de toute habitation**. Le respect des prescriptions générales de l'arrêté du 26 août 2011 modifié impose au projet :

- Un éloignement des éoliennes de 500 m des zones dédiées à l'habitation.
- Un choix d'éoliennes respectant les normes de sécurité et disposant d'équipements de prévention des risques.
- La réalisation obligatoire d'un contrôle technique des ouvrages.
- Le projet bénéficie de l'expérience de H2Air dans le développement de projets éoliens.

Il apparaît donc que les choix effectués lors de la phase de conception du projet ont permis de proposer une implantation réduisant les potentiels de dangers.

En outre, les mesures générales de prévention limitant les risques d'accident sur le parc éolien des Magnolias sont les suivantes :

- Le fournisseur des éoliennes et assurant leur maintenance, dispose d'un système de management HSE respecté par tous ses salariés.
- Le respect des règles de conduite et la limitation de la vitesse de circulation des engins et véhicules seront imposés. Un plan de circulation sera établi pour l'accès depuis les routes les plus proches.
- Les interventions se font par du personnel possédant l'habilitation électrique et la législation du travail dans les installations en hauteur, après visite de conformité par un organisme de contrôle agréé. Les techniciens sont formés, entraînés et autorisés. Ils sont équipés de leurs EPI.
- Des procédures d'installation et de maintenance claires et détaillées seront disponibles pour chacun des équipements.
- Le design et l'assemblage des équipements respectent les normes en vigueur et normes constructeur.

E.3-2. Utilisation des meilleures techniques disponibles

L'Union Européenne a adopté un ensemble de règles communes au sein de la directive 96/61/CE du 24 septembre 1996 relative à la prévention et à la réduction intégrées de la pollution, dite directive IPPC (« Integrated Pollution Prevention and Control »), afin d'autoriser et de contrôler les installations industrielles.

Pour l'essentiel, la directive IPPC vise à minimiser la pollution émanant de différentes sources industrielles dans toute l'Union Européenne. Les exploitants des installations industrielles relevant de l'annexe I de la directive IPPC doivent obtenir des autorités des Etats-membres une autorisation environnementale avant leur mise en service.

[Les installations éoliennes, ne consommant pas de matière première et ne rejetant aucune émission dans l'atmosphère, ne sont pas soumises à cette directive.](#)

F. Analyse des retours d'expérience

L'objectif de ce chapitre de l'étude de dangers est de rappeler les différents incidents et accidents qui sont survenus dans la filière éolienne, afin d'en faire une synthèse en vue de l'analyse des risques pour l'installation et d'en tirer des enseignements pour une meilleure maîtrise du risque dans les parcs éoliens. L'analyse des retours d'expérience vise à faire émerger des typologies d'accidents rencontrés tant au niveau national qu'international. Ces typologies apportent un éclairage sur les scénarios les plus rencontrés. D'autres informations sont également utilisées dans la partie H. pour l'analyse détaillée des risques.

F.1 Inventaire des accidents et incidents en France

L'inventaire des incidents et accidents en France permet d'identifier les principaux phénomènes dangereux potentiels pouvant affecter un parc éolien. Cet inventaire se base sur le retour d'expérience de la filière éolienne tel que présenté dans le guide technique de conduite de l'étude de dangers (oct. 2012), et est complété par les données disponibles dans la base de données ARIA (Ministère du Développement Durable) et certains articles de presse divers. Voir le Tableau de l'accidentologie française au J.3 en page 54.

Plusieurs sources ont été utilisées pour effectuer le recensement des accidents et incidents au niveau français. Il s'agit à la fois de sources officielles, d'articles de presse locale ou de bases de données mises en place par des associations :

- Rapport du Conseil Général des Mines (juillet 2004) ;
- Base de données ARIA du Ministère du Développement Durable ;
- Communiqués de presse du SER-FEE et/ou des exploitants éoliens ;
- Site Internet de l'association « Vent de Colère » ;
- Site Internet de l'association « Fédération Environnement Durable » ;
- Articles de presse divers ;
- Données diverses fournies par les exploitants de parcs éoliens en France

Dans le cadre de ce recensement, il n'a pas été réalisé d'enquête exhaustive directe auprès des exploitants de parcs éoliens français. Cette démarche pourrait augmenter le nombre d'incidents recensés, mais cela concernerait essentiellement les incidents les moins graves.

La base de données réalisée par le groupe de travail SER/FEE pour l'édition du « guide technique d'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens » apparaît comme la plus représentative des incidents majeurs ayant affecté le parc éolien français entre 2000 et 2012. Un total de 37 incidents a pu être recensé entre 2000 et début 2012, lors du travail réalisé par les membres du groupe de travail SER/FEE.

On recense 93 accidents enregistrés en France entre 2000 et fin décembre 2020 par la base de données ARIA. Ce recensement met en évidence que les aérogénérateurs accidentés sont notamment les modèles anciens, qui ne bénéficiaient généralement pas des dernières avancées technologiques.

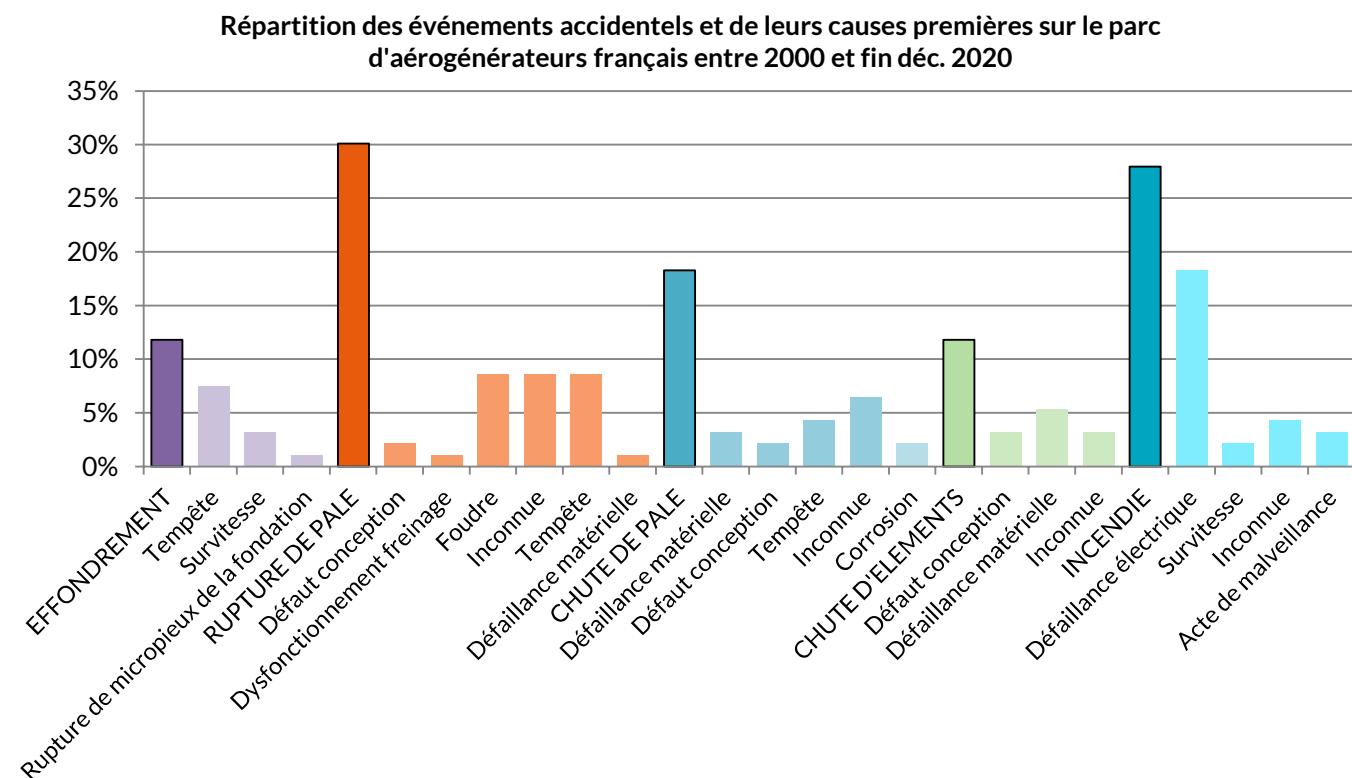
Le graphique en Figure 8 en page 28 montre la répartition des différentes catégories d'événements accidentels recensés et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateur français entre 2000 et fin décembre 2020. Cette synthèse exclut les accidents du travail (maintenance, chantier de construction, etc.) et les événements qui n'ont pas conduit à des conséquences sur les zones autour des aérogénérateurs. Dans ce graphique, sont présentés :

- La répartition des catégories des événements accidentels par rapport à la totalité des accidents observés en France : effondrement, rupture de pale, chute de pale, chute d'éléments et incendie. Ces catégories sont représentées par des histogrammes de couleur foncée bordés de noir, intitulées en majuscule ;
- La répartition des causes premières pour chacun des événements décrits ci-dessus. Celle-ci est donnée par rapport à la totalité des accidents observés dans une catégorie d'événements accidentels en France. Elles sont représentées par des histogrammes sans bordure, de couleur claire.

Par ordre d'importance, les accidents les plus recensés sont les ruptures de pale, les incendies, les chutes de pale, les effondrements et les chutes des autres éléments de l'éolienne. Les principales causes de ces accidents sont liées aux tempêtes et défaillances mécaniques.

Figure 8 : Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateurs français.

Réalisation Enviroscop, mise à jour mars 2021. | Sources : retour d'expérience de la filière éolienne du guide INERIS 2012, complément par Enviroscop d'après consultation base ARIA et articles de presse



F.2 Inventaire des accidents et incidents à l'international

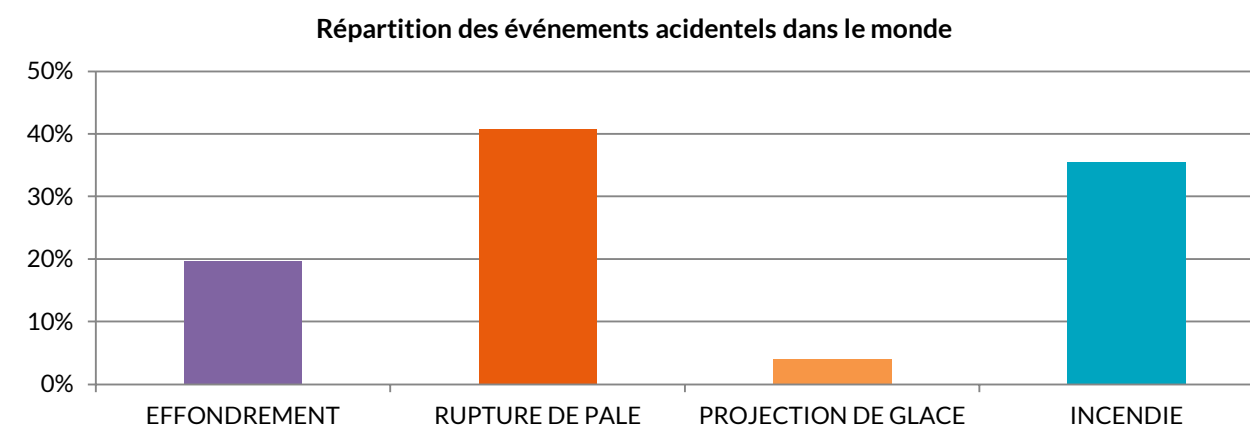
Un inventaire des incidents et accidents à l'international a également été réalisé. Il se base lui aussi sur le retour d'expérience de la filière éolienne fin 2010, et actualisé jusqu'à fin décembre 2020.

La synthèse ci-dessous provient de l'analyse de la base de données réalisée par l'association Caithness Wind Information Forum (CWIF). Sur les 2 797 accidents décrits dans la base de données, seuls 1 138 sont considérés comme des « accidents majeurs ». Les autres concernant plutôt des accidents du travail, des presque-accidents, des incidents, etc. et ne sont donc pas pris en compte dans l'analyse suivante.

Le graphique suivant montre la répartition des événements accidentels par rapport à la totalité des accidents analysés.

Figure 9 : Répartition des événements accidentels sur le parc d'aérogénérateurs mondial

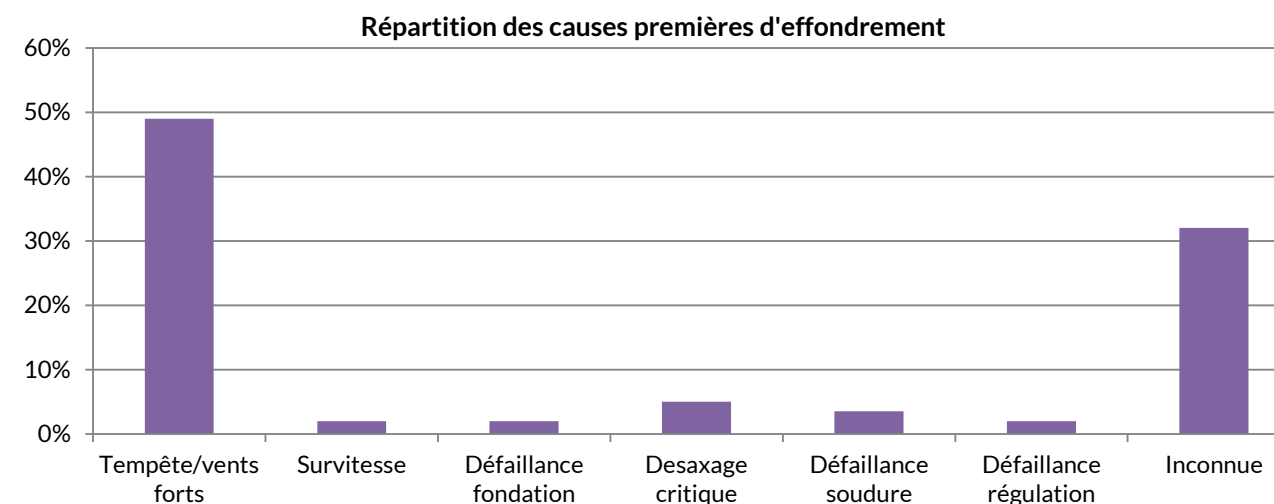
Réalisation Enviroscop, mise à jour mars 2021. | Sources : retour d'expérience de la filière éolienne du guide INERIS 2012, complément par Enviroscop d'après CWIF. Données d'avant 2000 à fin décembre 2020



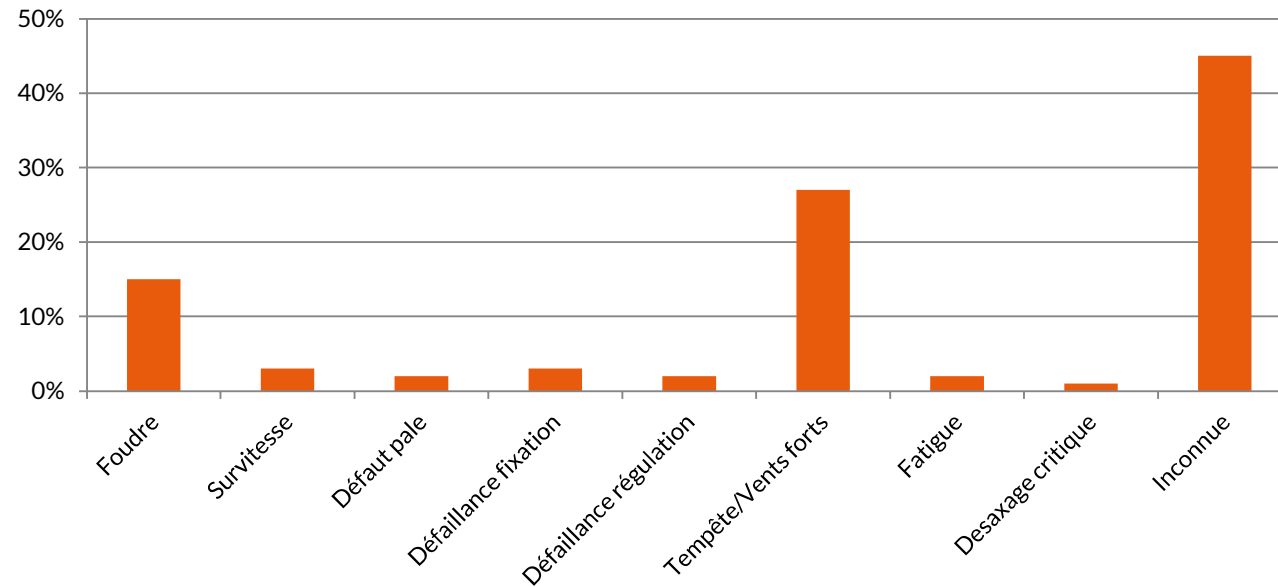
Ci-après, est présenté le recensement des causes premières pour chacun des événements accidentels recensés (données en répartition par rapport à la totalité des accidents analysés).

Figure 10 : Répartition des principales causes des événements accidentels sur le parc d'aérogénérateurs mondial

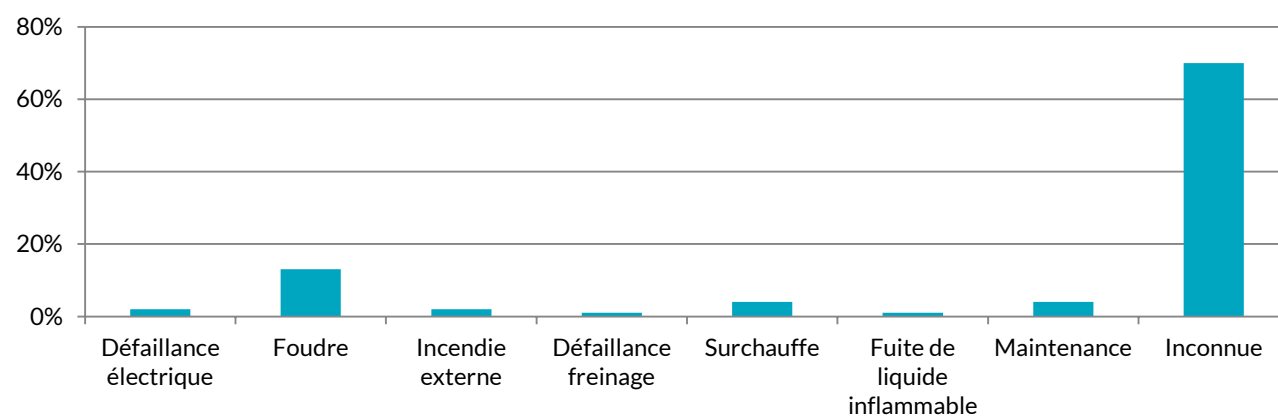
Réalisation Enviroscop, mise à jour mars 2021. | Sources : retour d'expérience de la filière éolienne du guide INERIS 2012, complément par Enviroscop d'après CWIF. Données d'avant 2000 à fin décembre 2020



Répartition des causes premières de rupture de pale



Répartition des causes premières d'incendie



Tout comme pour le retour d'expérience français, ce retour d'expérience montre l'importance des causes « tempêtes et vents forts » dans les accidents. Il souligne également le rôle de la foudre dans les accidents.

F.3 Inventaire des accidents majeurs survenus sur les sites de l'exploitant

L'installation visée ne relève pas de l'extension d'une installation existante ni d'une révision de l'étude de dangers.

F.4 Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience

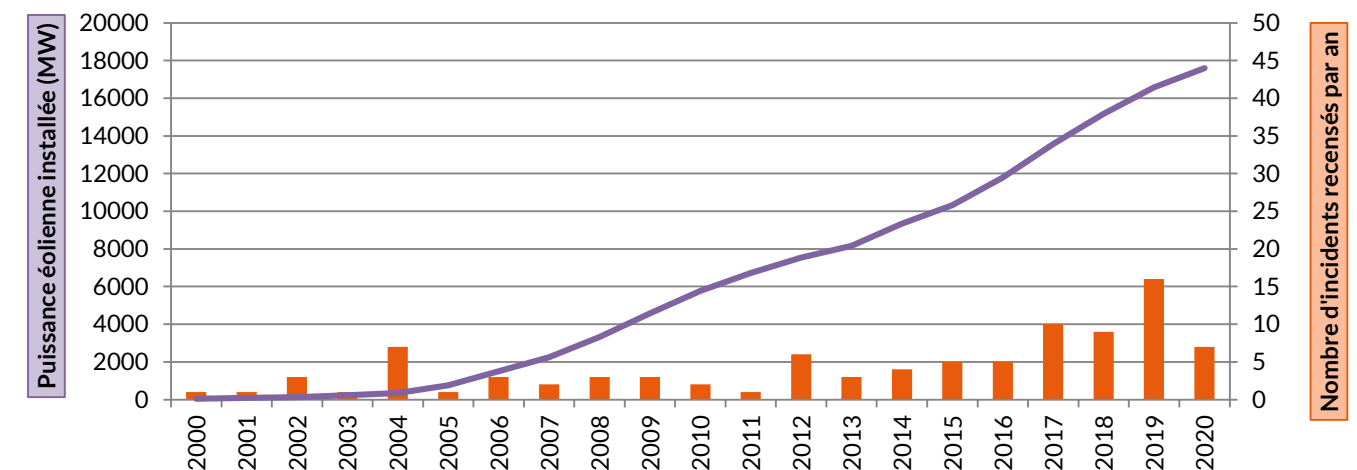
F.4-1. Analyse de l'évolution des accidents en France

A partir de l'ensemble des phénomènes dangereux qui ont été recensés, il est possible d'étudier leur évolution en fonction de la puissance éolienne cumulée installée.

Figure 11 : Evolution du nombre d'incidents annuels en France et puissance raccordée

Réalisation Enviroscep, mars 2021. Sources : retour d'expérience de la filière éolienne du guide INERIS 2012, consultation base ARIA, statistiques du Ministère du Développement Durable.

Evolution du nombre d'incidents annuels en France et puissance éolienne cumulée raccordée



La figure ci-dessus montre cette évolution et il apparaît clairement que le nombre d'incidents n'augmente pas proportionnellement au nombre d'éoliennes installées. Depuis 2005, l'énergie éolienne s'est en effet fortement développée en France, mais le nombre d'incidents par an reste relativement constant. Cette tendance s'explique principalement par un parc éolien français assez récent, qui utilise majoritairement des éoliennes de nouvelle génération, équipées de technologies plus fiables et plus sûres.

F.4-2. Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents

Le retour d'expérience de la filière éolienne française et internationale permet d'identifier les principaux événements redoutés suivants :

- Effondrements,
- Ruptures de pales,
- Chutes de pales et d'éléments de l'éolienne,
- Incendie.

F.5 Limites d'utilisation de l'accidentologie

Ces retours d'expérience doivent être pris avec précaution. Ils comportent notamment les biais suivants :

- **La non-exhaustivité des événements** : ce retour d'expérience, constitué à partir de sources variées, ne provient pas d'un système de recensement organisé et systématique. Dès lors certains événements ne sont pas reportés. En particulier, les événements les moins spectaculaires peuvent être négligés : chutes d'éléments, projections et chutes de glace ;
- **La non-homogénéité des aérogénérateurs inclus dans ce retour d'expérience** : les aérogénérateurs observés n'ont pas été construits aux mêmes époques et ne mettent pas en œuvre les mêmes technologies. Les informations sont très souvent manquantes pour distinguer les différents types d'aérogénérateurs (en particulier concernant le retour d'expérience mondial) ;
- **Les importantes incertitudes** sur les causes et sur la séquence qui ont mené à un accident : de nombreuses informations sont manquantes ou incertaines sur la séquence exacte des accidents ;

L'analyse du retour d'expérience permet ainsi de dégager de grandes tendances, mais à une échelle détaillée, elle comporte de nombreuses incertitudes.

G. Analyse préliminaire des risques

Les outils d'analyse des risques sont nombreux (ex : AMDEC, APR, HAZOP, etc.). La présente analyse utilise la méthode APR qui est souple d'utilisation, adaptée et plus facile à mettre en œuvre et à instruire dans le contexte des éoliennes, comme le conseille le guide de l'INERIS.

G.1 Objectif de l'analyse préliminaire des risques

L'analyse des risques a pour objectif principal d'identifier les scénarios d'accidents majeurs et les mesures de sécurité qui empêchent ces scénarios de se produire ou en limitent les effets. Cet objectif est atteint au moyen d'une identification de tous les scénarios d'accident potentiel pour une installation (ainsi que des mesures de sécurité) basée sur un questionnement systématique des causes et conséquences possibles des événements accidentels, ainsi que sur le retour d'expérience disponible.

Les scénarios d'accident sont ensuite hiérarchisés en fonction de leur intensité et de l'étendue possible de leurs conséquences. Cette hiérarchisation permet de « filtrer » les scénarios d'accident qui présentent des conséquences limitées et les scénarios d'accidents majeurs – ces derniers pouvant avoir des conséquences sur les personnes.

G.2 Recensement des événements initiateurs exclus de l'analyse des risques

Plusieurs événements initiateurs peuvent être exclus de l'analyse préliminaire des risques, soit parce que ces exclusions sont prévues dans la circulaire du 10 mai 2010 relative à la méthodologie applicable aux études de dangers, soit parce que les conséquences de cet événement seront largement supérieures aux conséquences de l'accident qu'il entraînerait sur l'éolienne.

Conformément à la circulaire du 10 mai 2010, les événements initiateurs (ou agressions externes) suivants sont exclus de l'analyse des risques :

- chute de météorite ;
- séisme d'amplitude supérieure aux séismes maximums de référence éventuellement corrigés de facteurs, tels que définis par la réglementation applicable aux installations classées considérées ;
- crues d'amplitude supérieure à la crue de référence, selon les règles en vigueur ;
- événements climatiques d'intensité supérieure aux événements historiquement connus ou prévisibles pouvant affecter l'installation, selon les règles en vigueur ;
- chute d'avion hors des zones de proximité d'aéroport ou aérodrome (rayon de 2 km des aéroports et aérodromes) ;
- rupture de barrage de classe A ou B au sens de l'article R.214-112 du Code de l'environnement ou d'une digue de classe A, B ou C au sens de l'article R. 214-113 du même code ;
- actes de malveillance.

D'autre part, plusieurs autres agressions externes qui ont été détaillées dans l'état initial peuvent être exclues de l'analyse préliminaire des risques car les conséquences propres de ces événements, en termes de gravité et d'intensité, sont largement supérieures aux conséquences potentielles de l'accident qu'ils pourraient entraîner sur les aérogénérateurs. Le risque de suraccident lié à l'éolienne est considéré comme négligeable dans le cas des événements suivants :

- inondations ;
- séismes d'amplitude suffisante pour avoir des conséquences notables sur les infrastructures ;
- incendies de cultures ou de forêts ;
- pertes de confinement de canalisations de transport de matières dangereuses ;
- explosions ou incendies générés par un accident sur une activité voisine de l'éolienne.

G.3 Recensement des agressions externes potentielles

La première étape de l'analyse des risques consiste à recenser les « agressions externes potentielles ». Ces agressions provenant d'une activité ou de l'environnement extérieur sont des événements susceptibles d'endommager ou de détruire les aérogénérateurs de manière à initier un accident qui peut à son tour impacter des personnes. Par exemple, un séisme peut endommager les fondations d'une éolienne et conduire à son effondrement.

Traditionnellement, deux types d'agressions externes sont identifiés :

- les agressions externes liées aux activités humaines ;
- les agressions externes liées à des phénomènes naturels.

G.3-1. Agression externes liées aux activités humaines

Le tableau ci-dessous synthétise les principales agressions externes liées aux activités humaines.

Seules les agressions externes liées aux activités humaines présentes dans un rayon de 200 m (distance à partir de laquelle l'activité considérée ne constitue plus un agresseur potentiel) sont recensées ici, à l'exception de la présence des aérodromes qui est reportée lorsque ceux-ci sont implantés dans un rayon de 2 km, et des autres aérogénérateurs qui sont reportés dans un rayon de 500 mètres.

Le tableau ci-dessous synthétise les principales agressions externes liées aux activités humaines :

Tableau 13 : Principales agressions externes liées aux activités humaines

| Infrastructure | Fonction | Événement redouté | Danger potentiel | Périmètre | Distance par rapport au centre du mât des éoliennes |
|----------------------|-------------------------|---|--|-----------|--|
| Voies de circulation | Transport | Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules | Energie cinétique des véhicules et flux thermiques | 200 m | Aucune voie structurante dans l'aire de dangers. L'éolienne E4 est éloignée de 290 m de la RD149. Chemins à vocation agricole avec une très faible fréquentation et impact nul en termes d'agression externe |
| Aérodrome | Transport aérien | Chute d'aéronef | Energie cinétique de l'aéronef, flux thermique | 2 000 m | Aucun aéroport ou aérodrome civile. |
| Ligne THT | Transport d'électricité | Rupture de câble | Arc électrique, surtensions | 200 m | Aucune ligne de haute ou très haute tension dans le périmètre de 200 mètres autour des éoliennes. |

| Infrastructure | Fonction | Événement redouté | Danger potentiel | Périmètre | Distance par rapport au centre du mât des éoliennes |
|------------------------|--------------------------|--|---|-----------|--|
| Autres aérogénérateurs | Production d'électricité | Accident générant des projections d'éléments | Energie cinétique des éléments projetés | 500 m | Au sein du parc éolien des Magnolias, les éoliennes E1 et E2 sont distantes de 336 m environ l'une de l'autre, E2 et E3 de 325 m, E3 et E4 de 362 m. |

G.3-2. Agressions externes liées aux phénomènes naturels

Le tableau ci-dessous synthétise les principales agressions externes liées aux phénomènes naturels :

Tableau 14 : Principales agressions externes liées aux phénomènes naturels

| Aggression externe | Intensité |
|---|--|
| Vents et tempête | Le secteur est hors zone cyclonique. Entre 1981 et 2010, on observe en moyenne à Vron, 67,9 jours/an avec des vents de plus de 57 km/h (> 16 m/s), dont 1,6 jours avec des vents au-delà de 100 km/h (> 28 m/s). Selon l'observatoire français des tornades et des orages violents, la fréquence des tornades et des orages violents y est très supérieure à la moyenne nationale. |
| Foudre | La densité de foudroiement est qualifiée de « infime » à « faible », soit parmi les communes les 1% à 10% les moins foudroyées selon le site Météorage. |
| Glissement de sols / affaissement miniers | Aléas faible de retrait et gonflement d'argile pour l'ensemble des éoliennes. Aucun mouvement de terrain ou indice de cavité souterraines dans l'aire d'étude de dangers. Dans le cadre de la construction du parc éolien, une étude géotechnique sera réalisée. Les résultats permettront notamment de dimensionner correctement les fondations. |

Remarque. Les agressions externes liées à des inondations, à des incendies de forêt ou de cultures ou à des séismes ne sont pas considérées dans ce tableau dans le sens où les dangers qu'elles pourraient entraîner sont largement inférieurs aux dommages causés par le phénomène naturel lui-même.

Le cas spécifique des effets directs de la foudre et du risque de « tension de pas » n'est pas traité dans l'analyse des risques et dans l'étude détaillée des risques dès lors qu'il est vérifié que la norme IEC 61 400-24 (Juin 2010) ou la norme EN 62 305-3 (Décembre 2006) est respectée. Ces conditions sont reprises dans la fonction de sécurité n°6 ci-après.

En ce qui concerne la foudre, on considère que le respect des normes rend le risque d'effet direct de la foudre négligeable (risque électrique, risque d'incendie, etc.). En effet, le système de mise à la terre permet d'évacuer l'intégralité du courant de foudre. Cependant, les conséquences indirectes de la foudre, comme la possible fragilisation progressive de la pale, sont prises en compte dans les scénarios de rupture de pale.

G.4 Scénarios étudiés dans l'analyse préliminaire des risques

Après avoir recensé, dans un premier temps, les potentiels de danger des installations, qu'ils soient constitués par des substances dangereuses ou des équipements dangereux (voir paragraphes E.1 et E.2), l'APR doit identifier l'ensemble des séquences accidentelles et phénomènes dangereux associés pouvant déclencher la libération du danger.

Le tableau ci-dessous présente une analyse générique des risques. Celui-ci est construit de la manière suivante :

- une description des causes et de leur séquençage (événements initiateurs et événements intermédiaires) ;
- une description des événements redoutés centraux qui marquent la partie incontrôlée de la séquence d'accident ;
- une description des fonctions de sécurité permettant de prévenir l'événement redouté central ou de limiter les effets du phénomène dangereux ;
- une description des phénomènes dangereux dont les effets sur les personnes sont à l'origine d'un accident ;
- une évaluation préliminaire de la zone d'effets attendue de ces événements.

L'échelle utilisée pour l'évaluation de l'intensité des événements a été adaptée au cas des éoliennes :

- « 1 » correspond à un phénomène limité ou se cantonnant au surplomb de l'éolienne ;
- « 2 » correspond à une intensité plus importante et impactant potentiellement des personnes autour de l'éolienne.

Les différents scénarios listés dans le tableau générique de l'APR sont regroupés et numérotés par thématique, en fonction des typologies d'événement redoutés centraux identifiés grâce au retour d'expérience du groupe de travail précédemment cité (« G » pour les scénarios concernant la glace, « I » pour ceux concernant l'incendie, « F » pour ceux concernant les fuites, « C » pour ceux concernant la chute d'éléments de l'éolienne, « P » pour ceux concernant les risques de projection, « E » pour ceux concernant les risques d'effondrement).

Tableau 15 : Analyse préliminaire des risques

| N° | Événement initiateur | Événement intermédiaire | Événement redouté central | Fonction de sécurité (intitulé générique) | Phénomène dangereux | Qualification de la zone d'effet |
|--|--|---|---|--|--|----------------------------------|
| « G » les scénarios concernant la glace | | | | | | |
| G01 | Conditions climatiques favorables à la formation de glace | Dépôt de glace sur les pales, le mât et la nacelle | Chute de glace lorsque les éoliennes sont arrêtées | Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace (N°2) | Impact de glace sur les enjeux | 1 |
| G02 | Conditions climatiques favorables à la formation de glace | Dépôt de glace sur les pales | Projection de glace lorsque les éoliennes sont en mouvement | Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de la glace (N°1) | Impact de glace sur les enjeux | 2 |
| « I » les scénarios concernant l'incendie | | | | | | |
| I01 | Humidité / Gel | Court-circuit | Incendie de tout ou partie de l'éolienne | Prévenir les courts-circuits (N°5) | Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie | 2 |
| I02 | Dysfonctionnement électrique | Court-circuit | Incendie de tout ou partie de l'éolienne | Prévenir les courts-circuits (N°5) | Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie | 2 |
| I03 | Survitesse | Echauffement des parties mécaniques et inflammation | Incendie de tout ou partie de l'éolienne | Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3) Prévenir la survitesse (N°4) | Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie | 2 |
| I04 | Désaxage de la génératrice / Pièce défectueuse / Défaut de lubrification | Echauffement des parties mécaniques et inflammation | Incendie de tout ou partie de l'éolienne | Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3) | Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie | 2 |
| I05 | Conditions climatiques humides | Surtension | Court-circuit | Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7) | Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie | 2 |
| I06 | Rongeur | Surtension | Court-circuit | Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7) | Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie | 2 |
| I07 | Défaut d'étanchéité | Perte de confinement | Fuites d'huile isolante | Prévention et rétention des fuites (N°8) | Incendie au poste de transformation Propagation de l'incendie | 2 |

| N° | Événement initiateur | Événement intermédiaire | Événement redouté central | Fonction de sécurité (intitulé générique) | Phénomène dangereux | Qualification de la zone d'effet |
|---|---|--|-----------------------------------|--|---|----------------------------------|
| « F » les scénarios concernant les fuites | | | | | | |
| F01 | Fuite système de lubrification Fuite convertisseur Fuite transformateur | Ecoulement hors de la nacelle et le long du mât, puis sur le sol avec infiltration | Infiltration d'huile dans le sol | Prévention et rétention des fuites (N°8) | Pollution environnement | 1 |
| F02 | Renversement de fluides lors des opérations de maintenance | Ecoulement | Infiltration d'huile dans le sol | Prévention et rétention des fuites (N°8) | Pollution environnement | 1 |
| « C » les scénarios concernant la chute d'éléments de l'éolienne | | | | | | |
| C01 | Défaut de fixation | Chute de trappe | Chute d'élément de l'éolienne | Prévenir les erreurs de maintenance (N°10) | Impact sur cible | 1 |
| C02 | Défaillance fixation anémomètre | Chute anémomètre | Chute d'élément de l'éolienne | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction - exploitation) (N° 9) | Impact sur cible | 1 |
| C03 | Défaut fixation nacelle - pivot central - mât | Chute nacelle | Chute d'élément de l'éolienne | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction - exploitation) (N° 9) | Impact sur cible | 1 |
| « P » les scénarios concernant les risques de projection | | | | | | |
| P01 | Survitesse | Contraintes trop importantes sur les pales | Projection de tout ou partie pale | Prévenir la survitesse (N°4) | Impact sur cible | 2 |
| P02 | Fatigue Corrosion | Chute de fragment de pale | Projection de tout ou partie pale | Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11) | Impact sur cible | 2 |
| P03 | Serrage inapproprié Erreur maintenance - desserrage | Chute de fragment de pale | Projection de tout ou partie pale | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction - exploitation) (N° 9) | Impact sur cible | 2 |
| « E » les scénarios concernant les risques d'effondrement | | | | | | |
| E01 | Effets dominos autres installations | Agression externe et fragilisation structure | Effondrement éolienne | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction - exploitation) (N° 9) | Projection/chute fragments et chute mât | 2 |
| E02 | Glissement de sol | Agression externe et fragilisation structure | Effondrement éolienne | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction - exploitation) (N° 9) | Projection/chute fragments et chute mât | 2 |
| E05 | Crash d'aéronef | Agression externe et fragilisation structure | Effondrement éolienne | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction - exploitation) (N° 9) | Projection/chute fragments et chute mât | 2 |
| E07 | Effondrement engin de levage travaux | Agression externe et fragilisation structure | Effondrement éolienne | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction - exploitation) (N° 9) | Chute fragments et chute mât | 2 |
| E08 | Vents forts | Défaillance fondation | Effondrement éolienne | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction - exploitation) (N° 9) Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11) Dans les zones cycloniques, mettre en place un système de prévision cyclonique et équiper les éoliennes d'un dispositif d'abattage et d'arrimage au sol (N°13) | Projection/chute fragments et chute mât | 2 |
| E09 | Fatigue | Défaillance mât | Effondrement éolienne | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction - exploitation) (N°9) Prévenir les erreurs de maintenance (N°10) | Projection/chute fragments et chute mât | 2 |
| E10 | Désaxage critique du rotor | Impact pale - mât | Effondrement éolienne | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction - exploitation) (N°9) Prévenir les erreurs de maintenance (N°10) | Projection/chute fragments et chute mât | 2 |

Ce tableau présentant le résultat d'une analyse des risques peut être considéré comme représentatif des scénarios d'accident pouvant potentiellement se produire sur les éoliennes. Des précisions sur les différents scénarios décrits dans ce tableau sont disponibles en annexe 4.

G.5 Effets dominos

Lors d'un accident majeur sur une éolienne, une possibilité est que les effets de cet accident endommagent d'autres installations. Ces dommages peuvent conduire à un autre accident. Par exemple, la projection de pale impactant les canalisations d'une usine à proximité peut conduire à des fuites de canalisations de substances dangereuses. Ce phénomène est appelé « *effet domino* ».

Les effets dominos susceptibles d'impacter les éoliennes sont décrits dans le tableau d'analyse des risques génériques présentées ci-dessus.

En ce qui concerne les accidents sur des aérogénérateurs qui conduiraient à des effets dominos sur d'autres installations, le paragraphe 1.2.2 de la circulaire du 10 mai 2010 précise : « [...] seuls les effets dominos générés par les fragments sur des installations et équipements proches ont vocation à être pris en compte dans les études de dangers [...]. Pour les effets de projection à une distance plus lointaine, l'état des connaissances scientifiques ne permet pas de disposer de prédictions suffisamment précises et crédibles de la description des phénomènes pour déterminer l'action publique ».

C'est la raison pour laquelle, **il est proposé de négliger les conséquences des effets dominos dans le cadre de la présente étude.**

Dans le cadre des études de dangers éoliennes, l'INERIS propose de limiter l'évaluation de la probabilité d'impact d'un élément de l'aérogénérateur sur une autre installation ICPE que lorsque celle-ci se situe dans un rayon de 100 mètres. Dans le cadre du projet de parc éolien des Magnolias, il n'y a aucune installation ICPE à moins de 100 mètres d'une éolienne.

G.6 Mise en place des mesures de sécurité

La troisième étape de l'analyse préliminaire des risques consiste à identifier les barrières de sécurité installées sur les aérogénérateurs et qui interviennent dans la prévention et/ou la limitation des phénomènes dangereux listés dans le tableau APR et de leurs conséquences.

Les tableaux suivants ont pour objectif de synthétiser les fonctions de sécurité identifiées et mise en œuvre sur les éoliennes du parc éolien des Magnolias. Dans le cadre de la présente étude de dangers, les fonctions de sécurité sont détaillées selon les critères suivants :

- **Fonction de sécurité** : il est proposé ci-dessous un tableau par fonction de sécurité. Cet intitulé décrit l'objectif de la ou des mesure(s) de sécurité : il s'agira principalement de « empêcher, éviter, détecter, contrôler ou limiter » et sera en relation avec un ou plusieurs événements conduisant à un accident majeur identifié dans l'analyse des risques. Plusieurs mesures de sécurité peuvent assurer une même fonction de sécurité.
- **Numéro de la fonction de sécurité** : ce numéro vise à simplifier la lecture de l'étude de dangers en permettant des renvois à l'analyse de risque par exemple.
- **Mesures de sécurité** : cette ligne permet d'identifier les mesures assurant la fonction concernée. Dans le cas de systèmes instrumentés de sécurité, tous les éléments de la chaîne de sécurité sont présentés (détection + traitement de l'information + action).
- **Description** : cette ligne permet de préciser la description de la mesure de maîtrise des risques, lorsque des détails supplémentaires sont nécessaires.
- **Indépendance** (« oui » ou « non ») : cette caractéristique décrit le niveau d'indépendance d'une mesure de maîtrise des risques vis-à-vis des autres systèmes de sécurité et des scénarios d'accident. Cette condition peut être considérée comme remplie (renseigner « oui ») ou non (renseigner « non »).
- **Temps de réponse** (en secondes ou en minutes) : cette caractéristique mesure le temps requis entre la sollicitation et l'exécution de la fonction de sécurité.
- **Efficacité** (100% ou 0%) : l'efficacité mesure la capacité d'une mesure de maîtrise des risques à remplir la fonction de sécurité qui lui est confiée pendant une durée donnée et dans son contexte d'utilisation.
- **Test (fréquence)** : dans ce champ, sont rappelés les tests/essais qui seront réalisés sur les mesures de maîtrise des risques. Conformément à la réglementation, un essai d'arrêt, d'arrêt d'urgence et d'arrêt à partir d'une situation de survitesse seront réalisés avant la mise en service de l'aérogénérateur. Dans tous les cas, les tests effectués sur les mesures de maîtrise des risques seront tenus à la disposition de l'inspection des installations classées pendant l'exploitation de l'installation.
- **Maintenance (fréquence)** : ce critère porte sur la périodicité des contrôles qui permettront de vérifier la performance de la mesure de maîtrise des risques dans le temps. Pour rappel, la réglementation demande qu'à minima : un contrôle tous les ans soit réalisé sur la performance des mesures de sécurité permettant de mettre à l'arrêt, à l'arrêt d'urgence et à l'arrêt à partir d'une situation de survitesse et sur tous les systèmes instrumentés de sécurité.

Note 1 : Pour certaines mesures de maîtrise des risques, certains de ces critères peuvent ne pas être applicables. Il convient alors de renseigner le critère correspondant avec l'acronyme « NA » (Non Applicable).

Note 2 : Certaines mesures de maîtrise des risques ne remplissent pas les critères « efficacité » ou « indépendance » : elles ont une fiabilité plus faible que d'autres mesures de maîtrise des risques. Celles-ci peuvent néanmoins être décrites dans le tableau ci-dessous dans la mesure où elles concourent à une meilleure sécurité sur le site d'exploitation.

Tableau 16 : Mesures de sécurité

| Fonction de sécurité | Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace | N° de la fonction de sécurité | 1 |
|----------------------|---|-------------------------------|---|
| Mesures de sécurité | Système de détection ou de déduction de la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. Procédure adéquate de redémarrage. | | |
| Description | Système de détection ou de déduction redondant du givre permettant, en cas de détection de glace, une mise en drapeau des pales de l'aérogénérateur. Le redémarrage peut ensuite se faire soit automatiquement après disparition des conditions de givre, soit manuellement après inspection visuelle sur site. | | |
| Indépendance | Non. Les systèmes traditionnels s'appuient généralement sur des fonctions et des appareils propres à l'exploitation du parc. En cas de danger particulièrement élevé sur site (survol d'une zone fréquentée sur site soumis à des conditions de gel importantes), des systèmes additionnels peuvent être envisagés. | | |
| Temps de réponse | Quelques minutes (< 60 min.) conformément à l'article 25 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié | | |
| Efficacité | 100 % | | |
| Tests | Tests menés par le concepteur au moment de la construction de l'éolienne | | |
| Maintenance | Vérification des capteurs du système de détection ou de déduction de givre lors des maintenances préventives annuelles. | | |

| Fonction de sécurité | Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace | N° de la fonction de sécurité | 2 |
|----------------------|---|-------------------------------|---|
| Mesures de sécurité | Installation d'un panneau d'affichage sur le chemin d'accès de chaque éolienne. Eloignement des zones habitées et fréquentées | | |
| Description | Mise en place de panneaux informant de la possible formation de glace sur le chemin d'accès de chaque éolienne (conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié). | | |
| Indépendance | Oui | | |
| Temps de réponse | NA | | |
| Efficacité | 100 %. Nous considérerons que compte tenu de l'implantation des panneaux et de l'entretien prévu, l'information des promeneurs sera systématique. | | |
| Tests | NA | | |
| Maintenance | vérification de l'état général du panneau, de l'absence de détérioration, entretien de la végétation afin que le panneau reste visible. | | |

| Fonction de sécurité | Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques | N° de la fonction de sécurité | 3 |
|----------------------|--|-------------------------------|---|
| Mesures de sécurité | Capteurs de température des pièces mécaniques. Définition de seuils critiques de température pour chaque type de composant avec alarmes. Mise à l'arrêt ou bridage jusqu'à refroidissement | | |
| Description | / | | |
| Indépendance | Oui | | |
| Temps de réponse | 40 ms | | |
| Efficacité | 100 % | | |
| Tests | Tests lors des maintenances régulières | | |
| Maintenance | Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié. Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement. | | |

| Fonction de sécurité | Prévenir la survitesse | N° de la fonction de sécurité | 4 |
|----------------------|---|-------------------------------|---|
| Mesures de sécurité | Détection de survitesse et système de freinage. | | |

| | | | |
|------------------|---|--|--|
| Description | Systèmes de coupure s'enclenchant en cas de dépassement des seuils de vitesse prédéfinis, indépendamment du système de contrôle commande. NB : Le système de freinage est constitué d'un frein aérodynamique principal (mise en drapeau des pales) et / ou d'un frein mécanique auxiliaire. | | |
| Indépendance | Oui | | |
| Temps de réponse | Temps de détection < 1 minute. L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur conformément aux dispositions de l'arrêté du 26 août 2011 modifié. | | |
| Efficacité | 100 % | | |
| Tests | Test d'arrêt simple, d'arrêt d'urgence et de la procédure d'arrêt en cas de survitesse avant la mise en service des aérogénérateurs conformément à l'article 17 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié. | | |
| Maintenance | Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié (notamment de l'usure du frein et de pression du circuit de freinage d'urgence.). Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement. | | |

| Fonction de sécurité | Prévenir les courts-circuits | N° de la fonction de sécurité | 5 |
|----------------------|--|-------------------------------|---|
| Mesures de sécurité | Coupure de la transmission électrique en cas de fonctionnement anormal d'un composant électrique. | | |
| Description | Les organes et armoires électriques de l'éolienne sont équipés d'organes de coupures et de protection adéquats et correctement dimensionnés. Tout fonctionnement anormal des composants électriques est suivi d'une coupure de la transmission électrique et à la transmission d'un signal d'alerte vers l'exploitant qui prend alors les mesures appropriées. | | |
| Indépendance | Oui | | |
| Temps de réponse | De l'ordre de la seconde | | |
| Efficacité | 100 % | | |
| Tests | / | | |
| Maintenance | Des vérifications de tous les composants électriques ainsi que des mesures d'isolement et de serrage des câbles sont intégrées dans la plupart des mesures de maintenance préventive mises en œuvre. Les installations électriques sont contrôlées avant la mise en service du parc puis à une fréquence annuelle, conformément aux articles 10 et 17 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié. | | |

| Fonction de sécurité | Prévenir les effets de la foudre | N° de la fonction de sécurité | 6 |
|----------------------|---|-------------------------------|---|
| Mesures de sécurité | Mise à la terre et protection des éléments de l'aérogénérateur. | | |
| Description | Respect de la norme IEC 61 400 - 24 (juin 2010). Parafoudres sur la nacelle + récepteurs de foudre sur les 2 faces des pales. Mise à la terre (nacelle/mât, sections de mât, mât/fondation). Parasurtenseurs sur les circuits électriques | | |
| Indépendance | Oui | | |
| Temps de réponse | Immédiat dispositif passif | | |
| Efficacité | 100 % | | |
| Tests | Mesure de terre lors des vérifications réglementaires des installations électriques | | |
| Maintenance | Contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre inclus dans les opérations de maintenance, conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié. | | |

| Fonction de sécurité | Protection et intervention incendie | N° de la fonction de sécurité | 7 |
|----------------------|--|-------------------------------|---|
| Mesures de sécurité | Capteurs de températures sur les principaux composants de l'éolienne pouvant permettre, en cas de dépassement des seuils, la mise à l'arrêt de la machine. Système de détection incendie relié à une alarme transmise à un poste de contrôle. Intervention des services de secours | | |

| | |
|-------------------------|---|
| Description | Détecteurs de fumée qui lors de leur déclenchement conduisent à la mise en arrêt de la machine et au découplage du réseau électrique. De manière concomitante, un message d'alarme est envoyé au centre de télésurveillance. L'éolienne est également équipée d'extincteurs qui peuvent être utilisés par les personnels d'intervention (cas d'un incendie se produisant en période de maintenance) |
| Indépendance | Oui |
| Temps de réponse | < 1 minute pour les détecteurs et l'enclenchement de l'alarme L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur. Le temps d'intervention des services de secours est quant à lui dépendant de la zone géographique. |
| Efficacité | 100 % |
| Tests | Vérification de la plausibilité des mesures de température |
| Maintenance | Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié. Le matériel incendie (type extincteurs) est contrôlé périodiquement par le fabricant du matériel ou un organisme extérieur. Maintenance curative suite à une défaillance du matériel. |

| Fonction de sécurité | Prévention et rétention des fuites | N° de la fonction de sécurité | 8 |
|----------------------------|---|-------------------------------|---|
| Mesures de sécurité | Détecteurs de niveau d'huiles. Procédure d'urgence. Kit antipollution. Systèmes d'étanchéité et dispositifs de collecte / récupération. | | |
| Description | <p>Nombreux détecteurs de niveau d'huile permettant de détecter les éventuelles fuites d'huile et d'arrêter l'éolienne en cas d'urgence. Présence de plusieurs bacs collecteurs au niveau des principaux composants.</p> <p>Les opérations de vidange font l'objet de procédures spécifiques. Dans tous les cas, le transfert des huiles s'effectue de manière sécurisée via un système de tuyauterie et de pompes directement entre l'élément à vidanger et le camion de vidange.</p> <p>Des kits de dépollution d'urgence composés de grandes feuilles de textile absorbant pourront être utilisés afin :</p> <ul style="list-style-type: none"> - de contenir et arrêter la propagation de la pollution ; - d'absorber jusqu'à 20 litres de déversements accidentels de liquides (huile, eau, alcools ...) et produits chimiques (acides, bases, solvants ...); - de récupérer les déchets absorbés. <p>Si ces kits de dépollution s'avèrent insuffisants, une société spécialisée récupérera et traitera le revêtement souillé via les filières adéquates, puis le remplacera par un nouveau revêtement.</p> | | |
| Indépendance | Oui | | |
| Temps de réponse | Dépendant du débit de fuite | | |
| Efficacité | 100 % | | |
| Tests | / | | |
| Maintenance | Inspection des niveaux d'huile plusieurs fois par an | | |

| Fonction de sécurité | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction - exploitation) | N° de la fonction de sécurité | 9 |
|----------------------------|--|-------------------------------|---|
| Mesures de sécurité | Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints, etc.). Procédures qualités. Détecteurs de vibrations | | |
| Description | La norme IEC 61 400-1 « Exigence pour la conception des aérogénérateurs » fixe les prescriptions propres à fournir « un niveau approprié de protection contre les dommages résultant de tout risque durant la durée de vie » de l'éolienne. Ainsi la nacelle, le nez, les fondations et la tour répondent au standard IEC 61 400-1. Les pales respectent le standard IEC 61 400-1 ; 12 ; 23. Les éoliennes sont équipées de capteurs de vibration, qui | | |

| | |
|-------------------------|---|
| | entraînent l'arrêt en cas de dépassement des seuils définis. Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223 (peinture et revêtement anti-corrosion).. |
| Indépendance | Oui |
| Temps de réponse | NA |
| Efficacité | 100 % |
| Tests | NA |
| Maintenance | Les couples de serrage (brides sur les diverses sections de la tour, bride de raccordement des pales au moyeu, bride de raccordement du moyeu à l'arbre lent, éléments du châssis, éléments du pitch system, couronne du Yaw Gear, boulons de fixation de la nacelle...) sont vérifiés au bout de 3 mois de fonctionnement puis un an après leur mise en service industrielle, puis suivant une périodicité qui ne peut excéder trois ans, conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié. |

| Fonction de sécurité | Prévenir les erreurs de maintenance | N° de la fonction de sécurité | 10 |
|----------------------------|---|-------------------------------|----|
| Mesures de sécurité | Procédure maintenance | | |
| Description | Préconisations du manuel de maintenance. Formation du personnel | | |
| Indépendance | Oui | | |
| Temps de réponse | NA | | |
| Efficacité | 100 % | | |
| Tests | NA | | |
| Maintenance | NA | | |

| Fonction de sécurité | Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort | N° de la fonction de sécurité | 11 |
|----------------------------|--|-------------------------------|----|
| Mesures de sécurité | Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents. Détection et prévention des vents forts et tempêtes. Arrêt automatique et diminution de la prise au vent de l'éolienne (mise en drapeau progressive des pales) par le système de conduite. | | |
| Description | L'éolienne est mise à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale pour laquelle elle a été conçue. | | |
| Indépendance | Oui | | |
| Temps de réponse | < 1 min | | |
| Efficacité | 100 %. NB : En fonction de l'intensité attendue des vents, d'autres dispositifs de diminution de la prise au vent de l'éolienne peuvent être envisagés. | | |
| Tests | Test des programmes de freinage lors de la mise en service de l'éolienne. Test automatique du système de freinage mécanique et du fonctionnement de chaque système pitch (freinage aérodynamique) lors de la séquence de démarrage de l'éolienne. | | |
| Maintenance | Maintenance préventive du système pitch, notamment vérification du câblage et du système de lubrification automatique, graissage des roulements de pitch. Maintenance préventive du frein mécanique, notamment inspection visuelle, vérification de l'épaisseur des plaquettes de frein et des capteurs du frein mécanique. | | |

| Fonction de sécurité | Empêcher la perte de contrôle de l'éolienne en cas de défaillance réseau | N° de la fonction de sécurité | 12 |
|----------------------------|---|-------------------------------|----|
| Mesures de sécurité | Détection des défaillances du réseau électrique. Batteries pour chaque système pitch. Système d'alimentation sans coupure (UPS) | | |
| Description | Surveillance du réseau + surveillance des défaillances réseau par le convertisseur principal qui entraîne la déconnexion de l'éolienne du réseau électrique. Commande de l'éolienne et communication externe assurées pendant environ 10 min, permettant l'arrêt automatique de l'éolienne. | | |
| Indépendance | Oui | | |
| Temps de réponse | 150 ms pour identifier une défaillance réseau 15 à 60 s pour l'arrêt de l'éolienne selon le programme de freinage | | |

| | |
|--------------------|---|
| Efficacité | 100% |
| Tests | Vérification de la charge des batteries d'alimentation de secours de systèmes pitch lors de la séquence de démarrage de l'éolienne |
| Maintenance | Remplacement des batteries du système pitch au cours de la maintenance quinquennal. Maintenance curative suite à une défaillance du matériel. |

| | | | |
|-----------------------------|--|--------------------------------------|-----------|
| Fonction de sécurité | Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de cyclones dans les zones cycloniques | N° de la fonction de sécurité | 13 |
| Sans objet | | | |

L'ensemble des procédures de maintenance et des contrôles d'efficacité des systèmes sera conforme à l'arrêté du 26 août 2011 modifié au 22 juin 2020. Notamment, suivant une périodicité qui ne peut excéder un an, l'exploitant réalise une vérification de l'état fonctionnel des équipements de mise à l'arrêt, de mise à l'arrêt d'urgence et de mise à l'arrêt depuis un régime de survitesse en application des préconisations du constructeur de l'aérogénérateur.

G.7 Conclusion de l'analyse préliminaire des risques

A l'issue de l'analyse préliminaire des risques, l'étude de dangers doit préciser quels scénarios sont retenus en vue de l'analyse détaillée des risques. Ne sont retenus que les séquences accidentelles dont l'intensité est telle que l'accident peut avoir des effets significatifs sur la vie humaine.

Dans le cadre de l'analyse préliminaire des risques génériques des parcs éoliens, trois catégories de scénarios sont a priori exclues de l'étude détaillée, en raison de leur faible intensité :

Tableau 17 : Scénarios exclus de l'étude détaillée

| Nom du scénario exclu | Justification |
|--|---|
| Incendie de l'éolienne (effets thermiques) | En cas d'incendie de nacelle, et en raison de la hauteur des nacelles, les effets thermiques ressentis au sol seront mineurs. Par exemple, dans le cas d'un incendie de nacelle située à 50 mètres de hauteur, la valeur seuil de 3 kW/m ² n'est pas atteinte. Dans le cas d'un incendie au niveau du mât, les effets sont également mineurs et l'arrêté du 26 août 2011 modifié encadre déjà largement la sécurité des installations. Ces effets ne sont donc pas étudiés dans l'étude détaillée des risques. Néanmoins il peut être redouté que des chutes d'éléments (ou des projections) interviennent lors d'un incendie. Ces effets sont étudiés avec les projections et les chutes d'éléments. |
| Incendie du poste de livraison ou du transformateur | En cas d'incendie de ces éléments, les effets ressentis à l'extérieur des bâtiments (poste de livraison) seront mineurs ou inexistant du fait notamment de la structure en béton. De plus, la réglementation encadre déjà largement la sécurité de ces installations (l'arrêté du 26 août 2011 modifié [9] et impose le respect des normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200) |
| Infiltration d'huile dans le sol | En cas d'infiltration d'huiles dans le sol, les volumes de substances libérées dans le sol restent mineurs. Le parc éolien n'étant pas implanté dans un périmètre de protection rapprochée d'une nappe phréatique, ce scénario ne sera pas détaillé dans le chapitre de l'étude détaillée des risques. |

Remarque. Le guide INERIS de référence indique : « Lorsqu'un aérogénérateur est implanté sur un site où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0°C, il peut être considéré que le risque de chute ou de projection de glace est nul. » Le site présente des températures moyennes hivernales au-dessus de 0°C. Toutefois, considérant le nombre de jours de gel observés, nous intégrerons ces scénarios dans l'analyse détaillée.

Les cinq catégories de scénarios étudiées dans l'étude détaillée des risques sont les suivantes :

- Projection de tout ou partie de la pale
- Effondrement de l'éolienne
- Chute d'éléments de l'éolienne
- Chute de glace
- Projection de glace

Ces scénarios regroupent plusieurs causes et séquences d'accident. En estimant la probabilité, gravité, cinétique et intensité de ces événements, il est possible de caractériser les risques pour toutes les séquences d'accidents.

H. Etude détaillée des risques

L'étude détaillée des risques vise à caractériser les scénarios retenus à l'issue de l'analyse préliminaire des risques en termes de probabilité, cinétique, intensité et gravité. Son objectif est donc de préciser le risque généré par l'installation et d'évaluer les mesures de maîtrise des risques mises en œuvre. L'étude détaillée permet de vérifier l'acceptabilité des risques potentiels générés par l'installation.

H.1 Rappel des définitions

Comme la réglementation l'impose aux exploitants, l'étude de dangers doit caractériser chaque scénario d'accident majeur potentiel retenu dans l'étude détaillée des risques en fonction des paramètres suivants :

- cinétique
- intensité
- gravité
- probabilité

Les règles méthodologiques applicables pour la détermination de l'intensité, de la gravité et de la probabilité des phénomènes dangereux sont précisées dans l'arrêté ministériel du 29 septembre 2005.

Cet arrêté ne prévoit de détermination de l'intensité et de la gravité que pour les effets de surpression, de rayonnement thermique et de toxicité.

Cet arrêté est complété par la circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 juillet 2003.

Cette circulaire précise en son point 1.2.2 qu'à l'exception de certains explosifs pour lesquels les effets de projection présentent un comportement caractéristique à faible distance, les projections et chutes liées à des ruptures ou fragmentations ne sont pas modélisées en intensité et gravité dans les études de dangers.

Force est néanmoins de constater que ce sont les seuls phénomènes dangereux susceptibles de se produire sur des éoliennes.

Afin de pouvoir présenter des éléments au sein de cette étude de dangers, il est proposé de recourir à la **méthode ad hoc préconisée par le guide technique national relatif à l'étude de dangers dans le cadre d'un parc éolien** dans sa version de mai 2012. Cette méthode est inspirée des méthodes utilisées pour les autres phénomènes dangereux des installations classées, dans l'esprit de la loi du 30 juillet 2003.

L'étude porte donc sur la probabilité que l'accident se produise, la vitesse avec laquelle il produit des effets et à laquelle les secours sont en mesure d'intervenir (cinétique), l'effet qu'il aura s'il se produit (intensité) et le nombre de personnes exposées (gravité).

Cette première partie de l'étude détaillée des risques consiste donc à rappeler les définitions de chacun de ces paramètres, en lien avec les références réglementaires correspondantes.

H.1-1. Cinétique

La cinétique d'un accident est la vitesse d'enchaînement des événements constituant une séquence accidentelle, de l'événement initiateur aux conséquences sur les éléments vulnérables.

Selon l'article 8 de l'arrêté du 29 septembre 2005 [13], la cinétique peut être qualifiée de « lente » ou de « rapide ». Dans le cas d'une cinétique lente, les personnes ont le temps d'être mises à l'abri à la suite de l'intervention des services de secours. Dans le cas contraire, la cinétique est considérée comme rapide.

Dans le cadre d'une étude de dangers pour des aérogénérateurs, il est supposé, de manière prudente, que tous les accidents considérés ont une **cinétique rapide**. Ce paramètre ne sera donc pas détaillé à nouveau dans chacun des phénomènes redoutés étudiés par la suite.

H.1-2. Intensité

L'intensité des effets des phénomènes dangereux est définie par rapport à des valeurs de référence exprimées sous forme de seuils d'effets toxiques, d'effets de surpression, d'effets thermiques et d'effets liés à l'impact d'un projectile, pour les hommes et les structures (article 9 de l'arrêté du 29 septembre 2005 [13]).

On constate que les scénarios retenus au terme de l'analyse préliminaire des risques pour les parcs éoliens sont des scénarios de projection (de glace ou de toute ou partie de pale), de chute d'éléments (glace ou toute ou partie de pale) ou d'effondrement de machine.

Or, les seuils d'effets proposés dans l'arrêté du 29 septembre 2005 [13] caractérisent des phénomènes dangereux dont l'intensité s'exerce dans toutes les directions autour de l'origine du phénomène, pour des effets de surpression, toxiques ou thermiques. Ces seuils ne sont donc pas adaptés aux accidents générés par les aérogénérateurs.

Dans le cas de scénarios de projection, l'annexe II de cet arrêté précise : « *Compte tenu des connaissances limitées en matière de détermination et de modélisation des effets de projection, l'évaluation des effets de projection d'un phénomène dangereux nécessite, le cas échéant, une analyse, au cas par cas, justifiée par l'exploitant. Pour la délimitation des zones d'effets sur l'homme ou sur les structures des installations classées, il n'existe pas à l'heure actuelle de valeur de référence. Lorsqu'elle s'avère nécessaire, cette délimitation s'appuie sur une analyse au cas par cas proposée par l'exploitant* ».

C'est pourquoi, pour chacun des événements accidentels retenus (chute d'éléments, chute de glace, effondrement et projection), deux valeurs de référence ont été retenues :

- 5 % d'exposition : seuils d'exposition très forte
- 1 % d'exposition : seuil d'exposition forte

Le degré d'exposition est défini comme le rapport entre la surface atteinte par un élément chutant ou projeté et la surface de la zone exposée à la chute ou à la projection.

Tableau 18 : Définition de l'intensité des effets

| Intensité | Degré d'exposition |
|-----------------------|--------------------------|
| Exposition très forte | Supérieur à 5 % |
| Exposition forte | Compris entre 1 % et 5 % |
| Exposition modérée | Inférieur à 1 % |

Les zones d'effets sont définies pour chaque événement accidentel comme la surface exposée à cet événement.

H.1-3. Gravité

Par analogie aux niveaux de gravité retenus dans l'annexe III de l'arrêté du 29 septembre 2005, les seuils de gravité sont déterminés en fonction du nombre équivalent de personnes permanentes dans chacune des zones d'effet définies dans le paragraphe précédent.

Tableau 19 : Définition des seuils de gravité

| Intensité | Zone d'effet d'un événement accidentel engendrant une exposition très forte | Zone d'effet d'un événement accidentel engendrant une exposition forte | Zone d'effet d'un événement accidentel engendrant une exposition modérée |
|--------------------|---|--|--|
| « Désastreux » | Plus de 10 personnes exposées | Plus de 100 personnes exposées | Plus de 1 000 personnes exposées |
| « Catastrophique » | Moins de 10 personnes exposées | Entre 10 et 100 personnes exposées | Entre 100 et 1 000 personnes exposées |
| « Important » | Au plus 1 personne exposée | Entre 1 et 10 personnes exposées | Entre 10 et 100 personnes exposées |
| « Sérieux » | Aucune personne exposée | Au plus 1 personne exposée | Moins de 10 personnes exposées |
| « Modéré » | Pas de zone de létalité en dehors de l'établissement | Pas de zone de létalité en dehors de l'établissement | Présence humaine exposée inférieure à « une personne » |

H.1-4. Probabilité

L'annexe I de l'arrêté du 29 septembre 2005 définit les classes de probabilité qui doivent être utilisées dans les études de dangers pour caractériser les scénarios d'accident majeur :

Tableau 20 : Définition des échelles de probabilité

| Niveaux | Echelle qualitative | Echelle quantitative (probabilité annuelle) |
|---------|---|---|
| A | Courant <i>Se produit sur le site considéré et/ou peut se produire à plusieurs reprises pendant la durée de vie des installations, malgré d'éventuelles mesures correctives.</i> | $P > 10^{-2}$ |
| B | Probable <i>S'est produit et/ou peut se produire pendant la durée de vie des installations.</i> | $10^{-3} < P \leq 10^{-2}$ |
| C | Improbable <i>Evénement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité.</i> | $10^{-4} < P \leq 10^{-3}$ |
| D | Rare <i>S'est déjà produit mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement la probabilité.</i> | $10^{-5} < P \leq 10^{-4}$ |
| E | Extrêmement rare <i>Possible mais non rencontré au niveau mondial. N'est pas impossible au vu des connaissances actuelles.</i> | $\leq 10^{-5}$ |

Dans le cadre de l'étude de dangers des parcs éoliens, la probabilité de chaque événement accidentel identifié pour une éolienne est déterminée en fonction :

- de la bibliographie relative à l'évaluation des risques pour des éoliennes
- du retour d'expérience français
- des définitions qualitatives de l'arrêté du 29 Septembre 2005

Il convient de noter que la probabilité qui sera évaluée pour chaque scénario d'accident correspond à la probabilité qu'un événement redouté se produise sur l'éolienne (probabilité de départ) et non à la probabilité que cet événement produise un accident suite à la présence d'un véhicule ou d'une personne au point d'impact (probabilité d'atteinte). En effet, l'arrêté du 29 septembre 2005 impose une évaluation des probabilités de départ uniquement.

Cependant, on pourra rappeler que la probabilité qu'un accident sur une personne ou un bien se produise est très largement inférieure à la probabilité de départ de l'événement redouté.

La probabilité d'accident est en effet le produit de plusieurs probabilités :

$$P_{\text{accident}} = P_{\text{ERC}} \times P_{\text{orientation}} \times P_{\text{rotation}} \times P_{\text{atteinte}} \times P_{\text{présence}}$$

P_{ERC} = probabilité que l'événement redouté central (défaillance) se produise = probabilité de départ ;

$P_{\text{orientation}}$ = probabilité que l'éolienne soit orientée de manière à projeter un élément lors d'une défaillance dans la direction d'un point donné (en fonction des conditions de vent notamment) ;

P_{rotation} = probabilité que l'éolienne soit en rotation au moment où l'événement redouté se produit (en fonction de la vitesse du vent notamment) ;

P_{atteinte} = probabilité d'atteinte d'un point donné autour de l'éolienne (sachant que l'éolienne est orientée de manière à projeter un élément en direction de ce point et qu'elle est en rotation) ;

$P_{\text{présence}}$ = probabilité de présence d'un enjeu donné au point d'impact sachant que l'élément est projeté en ce point donné.

Dans le cadre des études de dangers des éoliennes, une approche majorante assimilant la probabilité d'accident (P_{accident}) à la probabilité de l'événement redouté central (P_{ERC}) a été retenue.

H.1-5. Niveau de risque

Pour conclure à l'acceptabilité, la matrice de criticité ci-dessous, adaptée de la circulaire du 29 septembre 2005 reprise dans la circulaire du 10 mai 2010 mentionnée ci-dessus sera utilisée.

Tableau 21 : Définition des niveaux de risques

| GRAVITÉ (conséquences sur les personnes exposées au risque) | Classe de Probabilité | | | | |
|--|---------------------------------|---------------------|---------------------------|-------------------------|------------------------|
| | E Evénement extrêmement rare | D Evénement rare | C Evénement improbable | B Evénement probable | A Evénement courant |
| Désastreux | Risque faible | Risque important | Risque important | Risque important | Risque important |
| Catastrophique | Risque faible | Risque faible | Risque important | Risque important | Risque important |
| Important | Risque faible | Risque faible | Risque faible | Risque important | Risque important |
| Sérieux | Risque très faible | Risque très faible | Risque faible | Risque faible | Risque important |
| Modéré | Risque très faible | Risque très faible | Risque très faible | Risque très faible | Risque faible |

Légende de la matrice :

| Niveau de risque | Couleur | Acceptabilité |
|--------------------|---------|----------------|
| Risque très faible | | Acceptable |
| Risque faible | | Acceptable |
| Risque important | | Non acceptable |

H.2 Caractérisation des scénarios retenus

H.2-1. Effondrement de l'éolienne

■ Zone d'effet

La zone d'effet de l'effondrement d'une éolienne correspond à une surface circulaire de rayon égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale (le périmètre de ruine), soit **178 m pour toutes les éoliennes du parc éolien des Magnolias**.

Cette méthodologie se rapproche de celles utilisées dans la bibliographie (références [5] et [6]). Les risques d'atteinte d'une personne ou d'un bien en dehors de cette zone d'effet sont négligeables et ils n'ont jamais été relevés dans l'accidentologie ou la littérature spécialisée.

■ Intensité

Pour le phénomène d'effondrement de l'éolienne, le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface totale balayée par le rotor et la surface du mât non balayée par le rotor, d'une part, et la superficie de la zone d'effet du phénomène, d'autre part.

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène d'effondrement de l'éolienne dans le cas du parc éolien des Magnolias. Z_i est la zone d'impact, avec SG la surface du morceau de glace majorant ($SG = 1 \text{ m}^2$). Z_E est la zone d'effet, d'autre part, avec R la longueur de la pale ($R = 68 \text{ m}$ pour E1, $R = 74 \text{ m}$ pour E2 et $R = 65 \text{ m}$ pour E3 et E4), LB la base de la pale de forme triangulaire ($LB = 2,9 \text{ m}$ pour E1, $LB = 2,8 \text{ m}$ pour E2 et $LB = 3 \text{ m}$ pour E3 et E4), H la hauteur au mât ($H = 106,8 \text{ m}$ pour E1, $H = 100,5 \text{ m}$ pour E2 et $H = 112 \text{ m}$ pour E3 et E4), H_{tot} la hauteur totale sommitale de l'éolienne en bout de pale ($H_{tot} = 178 \text{ m}$ pour toutes les éoliennes) et L la largeur du mât ($L = 4,68 \text{ m}$ pour E1, $L = 4,3 \text{ m}$ pour E2 et $L = 4,7 \text{ m}$ pour E3 et E4).

Tableau 22 : Intensité de l'effondrement d'une éolienne

| Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale) | | | | |
|---|--|--|---|---------------------------|
| Eolienne | Zone d'impact en m^2 $= (H \times L) + (3 \times R \times LB) / 2$ | Zone d'effet du phénomène étudié en m^2 $= \pi \times (H_{tot})^2$ | Degré d'exposition du phénomène étudié en % | Intensité de l'exposition |
| E1 | $(106,5 \times 4,68) + (3 \times 68 \times 2,9) / 2$ $= 794,22 \text{ m}^2$ | 99 538 m^2 | 0,80 % | Exposition modérée |
| E2 | $(100,5 \times 4,3) + (3 \times 74 \times 2,8) / 2$ $= 742,95 \text{ m}^2$ | 99 538 m^2 | 0,75 % | Exposition modérée |
| E3 et E4 | $(112 \times 4,7) + (3 \times 65 \times 3) / 2$ $= 818,9 \text{ m}^2$ | 99 538 m^2 | 0,82 % | Exposition modérée |

L'intensité du phénomène d'effondrement est nulle au-delà de la zone d'effondrement.

■ Gravité

En fonction de l'intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe H.1.3.), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène d'effondrement, dans le rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne :

- Plus de 1 000 personnes exposées → « Désastreux »
- Entre 100 et 1 000 personnes exposées → « Catastrophique »
- Entre 10 et 100 personnes exposées → « Important »
- Moins de 10 personnes exposées → « Sérieux »
- Présence humaine exposée inférieure à « une personne » → « Modéré »

Le tableau suivant indique, pour chaque aérogénérateur, le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène d'effondrement (ici selon les gabarits retenus pour chaque éolienne) et la gravité associée :

Tableau 23 : Gravité du risque de l'effondrement d'une éolienne

| Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale) | | | | | |
|---|--|----------|---|-------------|---------|
| Eolienne | Occupation du sol | | Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) | | Gravité |
| | Nature | Quantité | Catégorie (Calcul) | Total | |
| E1 | Parcelles agricoles et accès à E1 | 9,95 ha | Terrains aménagés mais peu fréquentés (1 pers / 10 ha) | 0,995 pers. | Modéré |
| E2 | Parcelles agricoles et accès à E2 | 9,95 ha | Terrains aménagés mais peu fréquentés (1 pers / 10 ha) | 0,995 pers. | Modéré |
| E3 | Parcelles agricoles, chemin et accès à E2, E3 et E4, postes de livraison | 9,95 ha | Terrains aménagés mais peu fréquentés (1 pers / 10 ha) | 0,995 pers. | Modéré |
| E4 | Parcelles agricoles, accès à E4 | 9,95 ha | Terrains aménagés mais peu fréquentés (1 pers / 10 ha) | 0,995 pers. | Modéré |

■ Probabilité

Pour l'effondrement d'une éolienne, les valeurs retenues dans la littérature sont détaillées dans le tableau suivant :

Tableau 24 : Fréquence d'effondrement d'une éolienne d'après la littérature

| Source | Fréquence | Justification |
|--|---|---------------------|
| Guide for risk based zoning of wind turbines [5] | $4,5 \times 10^{-4}$ | Retour d'expérience |
| Specification of minimum distances [6] | $1,8 \times 10^{-4}$ (effondrement de la nacelle et de la tour) | Retour d'expérience |

Ces valeurs correspondent à une classe de probabilité « C » selon l'arrêté du 29 septembre 2005.

Le retour d'expérience français montre également une classe de probabilité « C ». En effet, il a été recensé seulement 7 événements pour 15 667 années d'expérience, soit une probabilité de $4,47 \times 10^{-4}$ par éolienne et par an. Par exemple, une année d'expérience correspond à une éolienne observée pendant une année. Ainsi, si on a observé une éolienne pendant 5 ans et une autre pendant 7 ans, on aura au total 12 années d'expérience.

Ces événements correspondent également à la définition qualitative de l'arrêté du 29 septembre 2005 d'une probabilité « C », à savoir : « Événement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité ».

Une probabilité de classe « C » est donc retenue par défaut pour ce type d'événement.

Néanmoins, les dispositions constructives des éoliennes ayant fortement évolué, le niveau de fiabilité est aujourd'hui bien meilleur. Des mesures de maîtrise des risques supplémentaires ont été mises en place sur les machines récentes et permettent de réduire significativement la probabilité d'effondrement. Ces mesures de sécurité sont notamment :

- respect intégral des dispositions de la norme IEC 61 400-1,
- contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages,
- système de détection des survitesses et un système redondant de freinage,
- système de détection des vents forts et un système redondant de freinage et de mise en sécurité des installations – un système adapté est installé en cas de risque cyclonique.

On note d'ailleurs, dans le retour d'expérience français, qu'aucun effondrement n'a eu lieu sur les éoliennes mises en service après 2005 sauf pour deux cas : effondrement d'une éolienne à Pithiviers en novembre 2018 (MSI 2010) et à Boutavent en janvier 2019 (MSI 2011) (sources : Aria et articles de presse). De manière générale, le respect des prescriptions de l'arrêté du 26 août 2011 modifié relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation permet de s'assurer que les éoliennes font l'objet de mesures réduisant significativement la probabilité d'effondrement. Il est considéré que la classe de probabilité de l'accident est « D », à savoir : « S'est produit mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement la probabilité ».

■ Acceptabilité

Dans le cas d'implantation d'éoliennes équipées des technologies récentes, compte tenu de la classe de probabilité

d'un effondrement, on peut conclure à l'acceptabilité de ce phénomène si moins de 1 000 personnes sont exposées. Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc éolien des Magnolias, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Tableau 25 : Niveau de risque et de l'acceptabilité de l'effondrement d'une éolienne

| Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale) | | | |
|---|---------|--------------------|---------------|
| Eolienne | Gravité | Niveau de risque | Acceptabilité |
| E1 | Modéré | Risque très faible | Acceptable |
| E2 | Modéré | Risque très faible | Acceptable |
| E3 | Modéré | Risque très faible | Acceptable |
| E4 | Modéré | Risque très faible | Acceptable |

Ainsi, pour le parc éolien des Magnolias, le phénomène d'effondrement des éoliennes constitue un **risque acceptable pour les éoliennes**.

H.2-2. Chute de glace

■ Considérations générales

Les périodes de gel et l'humidité de l'air peuvent entraîner, dans des conditions de température et d'humidité de l'air bien particulières, une formation de givre ou de glace sur l'éolienne, ce qui induit des risques potentiels de chute de glace.

Selon l'étude WECO [15], une grande partie du territoire français (hors zones de montagne) est concernée par moins d'un jour de formation de glace par an. Certains secteurs du territoire comme les zones côtières affichent des moyennes variant entre 2 et 7 jours de formation de glace par an.

Lors des périodes de dégel qui suivent les périodes de grand froid, des chutes de glace peuvent se produire depuis la structure de l'éolienne (nacelle, pales). Normalement, le givre qui se forme en fine pellicule sur les pales de l'éolienne fond avec le soleil. En cas de vents forts, des morceaux de glace peuvent se détacher. Ils se désagrègent généralement avant d'arriver au sol. Ce type de chute de glace est similaire à ce qu'on observe sur d'autres bâtiments et infrastructures.

■ Zone d'effet

Le risque de chute de glace est cantonné à la **zone de survol des pales**, soit un disque de rayon égal à un demi-diamètre de survol du rotor autour du mât de l'éolienne (voir Figure 2 en page 17). Pour le parc éolien des Magnolias, la zone d'effet a donc un **rayon de 69,25 mètres pour l'éolienne E1, un rayon de 75,1 mètres pour l'éolienne E2 et un rayon de 66 m pour les éoliennes E3 et E4 selon le gabarit retenu**. Cependant, il convient de noter que, lorsque l'éolienne est à l'arrêt, les pales n'occupent qu'une faible partie de cette zone.

■ Intensité

Pour le phénomène de chute de glace, le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface d'un morceau de glace et la superficie de la zone d'effet du phénomène (zone de survol).

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute de glace dans le cas du parc éolien des Magnolias. Rsurvol est le rayon de la zone de survol soit $138,5 / 2 = 69,25$ m pour l'éolienne E1, $150,2 / 2 = 75,1$ m pour l'éolienne E2, $132 / 2 = 66$ m pour les éoliennes E3 et E4.

Tableau 26 : Intensité de chute de glace

| Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à la zone de survol) | | | | |
|--|---|---|--|---------------------------|
| Eolienne | Zone d'impact en m ² ZI= SG | Zone d'effet du phénomène étudié en m ² ZE= $\pi \times R_{survol}^2$ | Degré d'exposition du phénomène étudié en % d=ZI/ZE | Intensité de l'exposition |
| E1 | 1 m ² | 15 066 m ² | 0,007% (< 1%) | Exposition modérée |
| E2 | 1 m ² | 17 719 m ² | 0,006% (< 1%) | Exposition modérée |
| E3 et E4 | 1 m ² | 13 685 m ² | 0,007% (< 1%) | Exposition modérée |

L'intensité est nulle hors de la zone de survol.

■ Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe VIII.1.3.), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute de glace, dans la zone de survol de l'éolienne :

- Plus de 1 000 personnes exposées → « Désastreux »
- Entre 100 et 1 000 personnes exposées → « Catastrophique »
- Entre 10 et 100 personnes exposées → « Important »
- Moins de 10 personnes exposées → « Sérieux »
- Présence humaine exposée inférieure à « une personne » → « Modéré »

Le tableau suivant indique, pour chaque aérogénérateur, le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène de chute de glace et la gravité associée :

Tableau 27 : Gravité du risque de chute de glace

| Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à la zone de survol) | | | | | |
|--|--|----------|---|-------------|---------|
| Eolienne | Occupation du sol | | Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) | | Gravité |
| | Nature | Quantité | Catégorie (Calcul) | Total | |
| E1 | Parcelles agricoles et accès à E1 | 1,51 ha | Terrains aménagés mais peu fréquentés (1 pers / 10 ha) | 0,151 pers. | Modéré |
| E2 | Parcelles agricoles et accès à E2 | 1,77 ha | Terrains aménagés mais peu fréquentés (1 pers / 10 ha) | 0,177 pers. | Modéré |
| E3 | Parcelles agricoles et accès à E3 et E4, postes de livraison | 1,37ha | Terrains aménagés mais peu fréquentés (1 pers / 10 ha) | 0,137 pers. | Modéré |
| E4 | Parcelles agricoles et accès à E4 | 1,37 ha | Terrains aménagés mais peu fréquentés (1 pers / 10 ha) | 0,137 pers. | Modéré |

■ Probabilité

De façon conservatrice, il est considéré que la **probabilité est de classe « A »**, c'est-à-dire une probabilité supérieure à 10^{-2} .

■ Acceptabilité

Avec une classe de probabilité de A, le risque de chute de glace pour chaque aérogénérateur est évalué comme acceptable dans le cas d'une gravité « Modérée » qui correspond pour cet événement à un nombre de personnes permanentes (ou équivalent) inférieur à 1.

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc éolien des Magnolias, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Tableau 28 : Niveau de risque et de l'acceptabilité de chute de glace

| Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à la zone de survol) | | | |
|--|---------|------------------|---------------|
| Eolienne | Gravité | Niveau de risque | Acceptabilité |
| E1 | Modéré | Risque faible | Acceptable |
| E2 | Modéré | Risque faible | Acceptable |
| E3 | Modéré | Risque faible | Acceptable |
| E4 | Modéré | Risque faible | Acceptable |

Ainsi, pour toutes les éoliennes du parc éolien des Magnolias, le phénomène de chute de glace des éoliennes constitue un **risque acceptable pour les personnes**. Il convient également de rappeler que, conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation, un panneau informant le public des risques (et notamment des risques de chute de glace) sera installé sur le chemin d'accès de chaque aérogénérateur ou à l'entrée de la plateforme. Cette mesure permettra de réduire les risques pour les personnes potentiellement présentes sur le site lors des épisodes de grand froid.

H.2-3. Chute d'éléments de l'éolienne

■ Zone d'effet

La chute d'éléments comprend la chute de tous les équipements situés en hauteur : trappes, boulons, morceaux de pales ou pales entières. Le cas majorant est ici le cas de la chute de pale. Il est retenu dans l'étude détaillée des risques pour représenter toutes les chutes d'éléments.

Le risque de chute d'élément est cantonné à la zone de survol des pales.

■ Intensité

Pour le phénomène de chute d'éléments, le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface d'un élément (cas majorant d'une pale entière se détachant de l'éolienne) et la superficie de la zone d'effet du phénomène (zone de survol).

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du parc éolien des Magnolias. d est le degré d'exposition, Z_I la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, avec R la longueur de la pale ($R=68$ m pour E1, $R=74$ m pour E2 et $R=65$ m pour E3 et E4), LB la base de la pale de forme triangulaire ($LB=2,9$ m pour E1, $LB=2,8$ m pour E2 et $LB=3$ m pour E3 et E4) et R_{survol} le rayon de survol = $138,5 / 2 = 6,25$ m pour l'éolienne E1, $150,2 / 2 = 75,1$ m pour l'éolienne E2, $132 / 2 = 66$ m pour les éoliennes E3 et E4.

Tableau 29 : Intensité de chute d'éléments

| Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la zone de survol) | | | | |
|--|---|---|--|---------------------------|
| Eolienne | Zone d'impact en m ² $Z_I = R \cdot LB / 2$ | Zone d'effet du phénomène étudié en m ² $Z_E = \pi \times R_{survol}^2$ | Degré d'exposition du phénomène étudié en % $d = Z_I / Z_E$ | Intensité de l'exposition |
| E1 | 99 m ² | 15 066 m ² | 0,66% (<1 %) | Exposition modérée |
| E2 | 104 m ² | 17 719 m ² | 0,59% (<1 %) | Exposition modérée |
| E3 et E4 | 98 m ² | 13 685 m ² | 0,72% (<1 %) | Exposition modérée |

L'intensité en dehors de la zone de survol est nulle.

■ Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe VIII.1.3.), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute d'éléments, dans la zone de survol de l'éolienne :

- Plus de 1 000 personnes exposées → « Désastreux »
- Entre 100 et 1 000 personnes exposées → « Catastrophique »
- Entre 10 et 100 personnes exposées → « Important »
- Moins de 10 personnes exposées → « Sérieux »
- Présence humaine exposée inférieure à « une personne » → « Modéré »

Le tableau suivant indique, pour chaque aérogénérateur, le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène de chute d'éléments glace et la gravité associée :

Tableau 30 : Gravité du risque de chute d'éléments de l'éolienne

| Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à la zone de survol) | | | | | |
|--|--|----------|---|-------------|---------|
| Eolienne | Occupation du sol | | Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) | | Gravité |
| | Nature | Quantité | Catégorie (Calcul) | Total | |
| E1 | Parcelles agricoles et accès à E1 | 1,51 ha | Terrains aménagés mais peu fréquentés (1 pers / 10 ha) | 0,151 pers. | Modéré |
| E2 | Parcelles agricoles et accès à E2 | 1,77 ha | Terrains aménagés mais peu fréquentés (1 pers / 10 ha) | 0,177 pers. | Modéré |
| E3 | Parcelles agricoles et accès à E3 et E4, postes de livraison | 1,37 ha | Terrains aménagés mais peu fréquentés (1 pers / 10 ha) | 0,137 pers. | Modéré |
| E4 | Parcelles agricoles et accès à E4 | 1,37 ha | Terrains aménagés mais peu fréquentés (1 pers / 10 ha) | 0,137 pers. | Modéré |

■ Probabilité

Peu d'éléments sont disponibles dans la littérature pour évaluer la fréquence des événements de chute de pales ou d'éléments d'éoliennes. Le retour d'expérience connu en France montre que ces événements ont une classe de probabilité « C » (2 chutes et 5 incendies pour 15 667 années d'expérience, soit $4,47 \times 10^{-4}$ événement par éolienne et par an). Remarque : En l'absence de publication officielle sur le nombre d'éoliennes en exploitation chaque année en France, la fréquence de ces événements ne peut être mise à jour, seule l'accidentologie étant connue.

Ces événements correspondent également à la définition qualitative de l'arrêté du 29 Septembre 2005 d'une probabilité « C » : « Événement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité ». Une probabilité de classe « C » est donc retenue par défaut pour ce type d'événement.

■ Acceptabilité

Avec une classe de probabilité « C », le risque de chute d'éléments pour chaque aérogénérateur est évalué comme acceptable dans le cas d'un nombre de personnes permanentes (ou équivalent) inférieur à 100 dans la zone d'effet. Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc éolien des Magnolias, la gravité associée et le niveau de risque :

Tableau 31 : Niveau de risque et de l'acceptabilité de chute d'éléments

| Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la zone de survol) | | | |
|--|---------|--------------------|---------------|
| Eolienne | Gravité | Niveau de risque | Acceptabilité |
| E1 | Modéré | Risque très faible | Acceptable |
| E2 | Modéré | Risque très faible | Acceptable |
| E3 | Modéré | Risque très faible | Acceptable |
| E4 | Modéré | Risque très faible | Acceptable |

Ainsi, pour le parc éolien des Magnolias, le phénomène de chute de pales ou d'éléments d'éoliennes constitue un **risque acceptable pour les personnes**.

H.2-4. Projection de pales ou de fragments de pales

■ Zone d'effet

Dans l'accidentologie française rappelée en annexe, la distance maximale relevée et vérifiée par le groupe de travail précédemment mentionné pour une projection de fragment de pale est de 380 mètres par rapport au mât de l'éolienne. On constate que les autres données disponibles dans cette accidentologie montrent des distances d'effet inférieures.

L'accidentologie éolienne mondiale manque de fiabilité car la source la plus importante (en termes statistiques) est une base de données tenue par une association écossaise majoritairement opposée à l'énergie éolienne [3].

L'analyse de ce recueil d'accidents indique une distance maximale de projection de l'ordre de 500 mètres à deux exceptions près :

- 1 300 m rapporté pour un accident à Hundhammerfjellet en Norvège le 20/01/2006
- 1 000 m rapporté pour un accident à Burgos en Espagne le 09/12/2000

Toutefois, pour ces deux accidents, les sources citées ont été vérifiées par le SER-FEE et aucune distance de projection n'y était mentionnée. Les distances ont ensuite été vérifiées auprès des constructeurs concernés et dans les deux cas elles n'excédaient pas 300 m.

Ensuite, pour l'ensemble des accidents pour lesquels une distance supérieure à 400 m était indiquée, les sources mentionnées dans le recueil ont été vérifiées de manière exhaustive (articles de journal par exemple), mais aucune d'elles ne mentionnait ces mêmes distances de projection. Quand une distance était écrite dans la source, il pouvait s'agir par exemple de la distance entre la maison la plus proche et l'éolienne, ou du périmètre de sécurité mis en place par les forces de l'ordre après l'accident, mais en aucun cas de la distance de projection réelle.

Pour autant, des études de risques déjà réalisées dans le monde ont utilisé une distance de 500 mètres, en particulier les études [5] et [6].

Sur la base de ces éléments et de façon conservatrice, une distance d'effet de 500 mètres est considérée comme distance raisonnable pour la prise en compte des projections de pales ou de fragments de pales dans le cadre des études de dangers des parcs éoliens.

■ Intensité

Pour le phénomène de projection de pale ou de fragment de pale, le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface d'un élément (cas majorant d'une pale entière) et la superficie de la zone d'effet du phénomène (500 m).

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de pale de l'éolienne dans le cas du parc éolien des Magnolias. d est le degré d'exposition, Z_I la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, avec R la longueur de la pale ($R=68$ m pour E1, $R=74$ m pour E2 et $R=65$ m pour E3 et E4) et LB la base de la pale de forme triangulaire ($LB=2,9$ pour E1, $LB=2,8$ m pour E2 et $LB=3$ m pour E3 et E4).

Il faut également noter que la projection peut concerner uniquement des fragments et non la pale entière.

Tableau 32 : Intensité de projection de pale ou de fragment de pale

| Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne) | | | | |
|---|--|--|---|---------------------------|
| Eolienne | Zone d'impact en m ² $Z_I = R \times LB/2$ | Zone d'effet du phénomène étudié en m ² $Z_E = \pi \times 500^2$ | Degré d'exposition du phénomène étudié en % | Intensité de l'exposition |
| E1 | 99 m ² | 785 398 m ² | 0,013% (< 1%) | Exposition modérée |
| E2 | 104 m ² | 785 398 m ² | 0,013% (< 1%) | Exposition modérée |
| E3 et E4 | 98 m ² | 785 398 m ² | 0,013% (< 1%) | Exposition modérée |

■ Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues du paragraphe H.1.3., il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de projection, dans la zone de 500 m autour de l'éolienne :

- Plus de 1 000 personnes exposées → « Désastreux »
- Entre 100 et 1 000 personnes exposées → « Catastrophique »
- Entre 10 et 100 personnes exposées → « Important »
- Moins de 10 personnes exposées → « Sérieux »
- Présence humaine exposée inférieure à « une personne » → « Modéré »

Le tableau suivant indique, pour chaque aérogénérateur, le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène de projection et la gravité associée :

Tableau 33 : Gravité de projection de pale ou de fragment de pale

| Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne) | | | | | |
|---|--|----------|---|---|---------|
| Eolienne | Occupation du sol | | Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) | | Gravité |
| | Nature | Quantité | Catégorie (Calcul) | Total | |
| E1 | Parcelles agricoles, boisements, chemins, accès à E1, E2 et E3 | 78,54 ha | Terrains aménagés mais peu fréquentés (1 pers / 10 ha) | 7,854 pers. + 1,586 pers. = 9,440 pers. | Sérieux |
| | Chemin de promenade | 0,793 km | 2 personnes / km | | |
| E2 | Parcelles agricoles, boisement, chemins, accès à E1, E2, E3, E4 et postes de livraison | 78,54 ha | Terrains aménagés mais peu fréquentés (1 pers / 10 ha) | 7,854 pers. + 1,672 pers. = 9,526 pers. | Sérieux |
| | Chemin de promenade | 0,836 km | 2 personnes / km | | |
| E3 | Parcelles agricoles, boisement, chemins, accès à E2, E3 et E4 et postes de livraison | 78,54 ha | Terrains aménagés mais peu fréquentés (1 pers / 10 ha) | 7,854 pers. | Sérieux |
| E4 | Parcelles agricoles, boisements, chemins, accès à E2, E3, E4, postes de livraison et RD 149 non structurante | 78,54 ha | Terrains aménagés mais peu fréquentés (1 pers / 10 ha) | 7,854 pers. | Sérieux |

■ Probabilité

Les valeurs retenues dans la littérature pour une rupture de tout ou partie de pale sont détaillées dans le tableau suivant :

Tableau 34 : Fréquence de projection de tout ou partie de pale d'après la littérature

| Source | Fréquence | Justification |
|---|----------------------|---|
| Site specific hazard assessment for a wind farm project [4] | 1×10^{-6} | Respect de l'Eurocode EN 1990 – Basis of structural design |
| Guide for risk based zoning of wind turbines [5] | $1,1 \times 10^{-3}$ | Retour d'expérience au Danemark (1984-1992) et en Allemagne (1989-2001) |
| Specification of minimum distances [6] | $6,1 \times 10^{-4}$ | Recherche Internet des accidents entre 1996 et 2003 |

Ces valeurs correspondent à des classes de probabilité de « B », « C » ou « E ».

Le retour d'expérience français montre également une classe de probabilité « C » (12 événements pour 15 667 années d'expérience, soit $7,66 \times 10^{-4}$ événement par éolienne et par an).

Ces événements correspondent également à la définition qualitative de l'arrêté du 29 Septembre 2005 d'une probabilité « C » : « Événement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité ».

Remarque : En l'absence de publication officielle sur le nombre d'éoliennes en exploitation chaque année en France, la fréquence de ces événements ne peut être mise à jour, seule l'accidentologie étant connue.

Une probabilité de classe « C » est donc retenue par défaut pour ce type d'événement.

Néanmoins, les dispositions constructives des éoliennes ayant fortement évolué, le niveau de fiabilité est aujourd'hui bien meilleur. Des mesures de maîtrise des risques supplémentaires ont été mises en place notamment :

- les dispositions de la norme IEC 61 400-1,
- les dispositions des normes IEC 61 400-24 et EN 62 305-3 relatives à la foudre,
- système de détection des survitesses et un système redondant de freinage,
- système de détection des vents forts et un système redondant de freinage et de mise en sécurité des installations – un système adapté est installé en cas de risque cyclonique,

- utilisation de matériaux résistants pour la fabrication des pales (fibre de verre ou de carbone, résines, etc.).

De manière générale, le respect des prescriptions de l'arrêté du 26 août 2011 modifié relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation permet de s'assurer que les éoliennes font l'objet de mesures réduisant significativement la probabilité de projection. Il est considéré que la classe de **probabilité de l'accident est « D »** : « *S'est produit mais a fait l'objet de mesures correctrices réduisant significativement la probabilité* ».

■ Acceptabilité

Avec une classe de probabilité de « D », le risque de projection de tout ou partie de pale pour chaque aérogénérateur est évalué comme acceptable dans le cas d'un nombre équivalent de personnes permanentes inférieur à 1 000 dans la zone d'effet.

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc éolien des Magnolias, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Tableau 35 : Niveau de risque et de l'acceptabilité de projection de pale ou de fragment de pale

| Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne) | | | |
|---|---------|--------------------|---------------|
| Eolienne | Gravité | Niveau de risque | Acceptabilité |
| E1 | Sérieux | Risque très faible | Acceptable |
| E2 | Sérieux | Risque très faible | Acceptable |
| E3 | Sérieux | Risque très faible | Acceptable |
| E4 | Sérieux | Risque très faible | Acceptable |

Ainsi, pour le parc éolien des Magnolias, le phénomène de projection de tout ou partie de pale des éoliennes constitue un **risque acceptable pour les personnes**.

H.2-5. Projection de morceaux de glace

■ Zone d'effet

L'accidentologie rapporte quelques cas de projection de glace. Ce phénomène est connu et possible, mais reste difficilement observable et n'a jamais occasionné de dommage sur les personnes ou les biens.

En ce qui concerne la distance maximale atteinte par ce type de projectiles, il n'existe pas d'information dans l'accidentologie. La référence [15] propose une distance d'effet fonction de la hauteur et du diamètre de l'éolienne, dans les cas où le nombre de jours de glace est important et où l'éolienne n'est pas équipée de système d'arrêt des éoliennes en cas de givre ou de glace :

$$\begin{aligned} \text{Distance d'effet} &= 1,5 \times (\text{hauteur de moyeu} + \text{diamètre du rotor}) \\ &= 1,5 \times (106,8 + 136) = 364,2 \text{ m pour l'éolienne E1} \\ &= 1,5 \times (100,5 + 148) = 372,75 \text{ m pour l'éolienne E2} \\ &= 1,5 \times (112 + 130) = 363 \text{ m pour les éoliennes E3 et E4} \end{aligned}$$

Cette distance de projection de glace est jugée **conservatrice** dans des études postérieures [17]. A défaut de données fiables, il est proposé de considérer cette formule pour le calcul de la distance d'effet pour les projections de glace.

■ Intensité

Pour le phénomène de projection de glace, le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface d'un morceau de glace (cas majorant de 1 m²) et la superficie de la zone d'effet du phénomène.

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de glace dans le cas du parc éolien des Magnolias. d est le degré d'exposition, Z_I la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, avec R la longueur de la pale (R= 68 m pour E1, R=74 m pour E2 et R=65 m pour E3 et E4) et H la hauteur au moyen (H=106,8 m pour E1, H=100,5 m pour E2 et H=112 m pour E3 et E4).

Tableau 36 : Intensité de projection de morceaux de glace

| Eolienne | Projection de morceaux de glace (dans un rayon de RPG = 1,5 x (H+2R) autour de l'éolienne) | | | |
|----------|--|---|--|---------------------------|
| | Zone d'impact en m ² Z _I = 1 | Zone d'effet du phénomène étudié en m ² Z _E = π x (1,5*(H+2*R)) ² | Degré d'exposition du phénomène étudié en % d = Z _I / Z _E | Intensité de l'exposition |
| E1 | 1 m ² | 416 706 m ² | 0,0002 % (< 1 %) | Intensité modérée |
| E2 | 1 m ² | 436 501 m ² | 0,0002 % (< 1 %) | Intensité modérée |
| E3 et E4 | 1 m ² | 413 965 m ² | 0,0002 % (< 1 %) | Intensité modérée |

■ Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues du paragraphe VIII.1.3., il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de projection de glace, dans la zone d'effet de ce phénomène :

- Plus de 1 000 personnes exposées → « Désastreux »
- Entre 100 et 1 000 personnes exposées → « Catastrophique »
- Entre 10 et 100 personnes exposées → « Important »
- Moins de 10 personnes exposées → « Sérieux »
- Présence humaine exposée inférieure à « une personne » → « Modéré »

Il a été observé dans la littérature disponible [17] qu'en cas de projection, les morceaux de glace se cassent en petits fragments dès qu'ils se détachent de la pale. **La possibilité de l'impact de glace sur des personnes abritées par un bâtiment ou un véhicule est donc négligeable et ces personnes ne doivent pas être comptabilisées pour le calcul de la gravité. Ainsi les personnes circulant dans leur véhicule sur les routes ne sont pas prises en compte.** Aussi, afin de prendre en compte les personnes circulant sans être protégées par des véhicules (cyclistes, piétons...), nous comptabiliserons les surfaces occupées par les routes structurantes au même titre que celles occupées par les voies non structurantes telles les voies communales ou chemins d'accès agricole. *Toutefois, cette démarche n'est pas appliquée dans le cas du parc éolien des Magnolias du fait de l'absence de routes structurantes dans l'aire d'étude de dangers.*

Le tableau suivant indique, pour chaque aérogénérateur, le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène de projection de glace et la gravité associée :

Tableau 37 : Gravité de projection de morceaux de glace

| Eolienne | Projection de morceaux de glace (dans un rayon de RPG = 1,5 x (H+2R) autour de l'éolienne) | | | | Gravité |
|----------|--|----------|---|---------------------------|---------|
| | Occupation du sol | | Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) | | |
| | Nature | Quantité | Catégorie (Calcul) | Total | |
| E1 | Parcelles agricoles, boisement, chemins, accès à E1 et E2 | 42,78 ha | Terrains aménagés mais peu fréquentés (1 pers / 10 ha) | 4,889 pers. + 0,608 pers. | Sérieux |
| | Chemin de promenade | 0,304 km | 2 personnes / km | = 4,886 pers. | |
| E2 | Parcelles agricoles, chemins, accès à E1, E2, E3 et E4 et postes de livraison | 44,89 ha | Terrains aménagés mais peu fréquentés (1 pers / 10 ha) | 4,889 pers. + 1,030 pers. | Sérieux |
| | Chemin de promenade | 0,515 km | 2 personnes / km | = 5,519 pers. | |
| E3 | Parcelles agricoles, chemins, accès à E2, E3 et E4 et postes de livraison | 42,43 ha | Terrains aménagés mais peu fréquentés (1 pers / 10 ha) | 4,243 pers. | Sérieux |
| E4 | Parcelles agricoles, boisement, accès à E3 et E4, postes de livraison et RD 149 | 42,43 ha | Terrains aménagés mais peu fréquentés (1 pers / 10 ha) | 4,243 pers. | Sérieux |

■ **Probabilité**

Au regard de la difficulté d'établir un retour d'expérience précis sur ce type d'événement et considérant les éléments suivants :

- les mesures de prévention de projection de glace imposées par l'arrêté du 26 août 2011 modifié ;
- le recensement d'aucun accident lié à une projection de glace ;

Une **probabilité forfaitaire « B – événement probable »** est proposée pour cet événement.

■ **Acceptabilité**

Avec une classe de probabilité de « B », le risque de projection pour chaque aérogénérateur est évalué comme acceptable dans le cas d'un niveau de gravité « sérieux ». Cela correspond pour cet événement à un nombre équivalent de personnes permanentes inférieures à 10 dans la zone d'effet.

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc éolien des Magnolias, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Tableau 38 : Niveau de risque et de l'acceptabilité de projection de morceaux de glace

| Projection de morceaux de glace (dans un rayon de RPG = 1,5 x (H+2R) autour de l'éolienne) | | | | |
|--|---------|------------------|---|---------------|
| Eolienne | Gravité | Niveau de risque | Système d'arrêt en cas de détection ou déduction de glace et procédure de redémarrage | Acceptabilité |
| E1 | Sérieux | Risque faible | Oui | Acceptable |
| E2 | Sérieux | Risque faible | Oui | Acceptable |
| E3 | Sérieux | Risque faible | Oui | Acceptable |
| E4 | Sérieux | Risque faible | Oui | Acceptable |

Ainsi, pour le parc éolien des Magnolias, le phénomène de projection de glace constitue un **risque acceptable pour les personnes**. Bien que la température moyenne annuelle basse soit supérieure à 0°C, un système d'arrêt en cas de détection ou de déduction de glace, avec procédure de redémarrage est engagé pour toutes les éoliennes du parc éolien des Magnolias.

H.3 Synthèse de l'étude détaillée des risques

H.3-1. Tableaux de synthèse des scénarios étudiés

Le tableau suivant récapitule, pour chaque événement redouté central retenu, les paramètres de risques de chaque éolienne : la zone d'effet, la cinétique, l'intensité, la probabilité et la gravité.

Tableau 39 : Synthèse des scénarios étudiés pour les éoliennes

| Scénario | Zone d'effet (rayon) | Cinétique | Intensité | Probabilité | Gravité | Niveau de risque |
|---|--|-----------|--------------------|---|---------|--|
| Effondrement de l'éolienne | Périmètre de ruine (178 m pour toutes les éoliennes) | Rapide | Exposition modérée | D Éoliennes équipées de technologies récentes | Modéré | Risque très faible pour toutes les éoliennes |
| Chute de glace | Zone de survol (69,25 m pour E1, 75,1 m pour E2 et 66 m pour E3 et E4) | Rapide | Exposition modérée | A | Modéré | Risque faible pour toutes les éoliennes |
| Chute d'élément de l'éolienne | Zone de survol (69,25 m pour E1, 75,1 m pour E2 et 66 m pour E3 et E4) | Rapide | Exposition modérée | C | Modéré | Risque très faible pour toutes les éoliennes |
| Projection de pale ou de fragment de pale | 500 m autour de l'éolienne (500 m) | Rapide | Exposition modérée | D Éoliennes équipées de technologies récentes | Sérieux | Risque très faible pour toutes les éoliennes |
| Projection de glace | 1,5 x (H + 2R) m autour de l'éolienne (364,2 m pour E1, 372,75 m pour E2 et 363 m pour E3 et E4) | Rapide | Exposition modérée | B Système d'arrêt en cas de détection ou de déduction de glace et procédure de redémarrage | Sérieux | Risque faible pour toutes les éoliennes |

H.3-2. Synthèse de l'acceptabilité des risques

Enfin, la dernière étape de l'étude détaillée des risques consiste à rappeler l'acceptabilité des accidents potentiels pour chacun des phénomènes dangereux étudiés. Selon la matrice de criticité ci-dessous, adaptée de la circulaire du 29 septembre 2005 reprise dans la circulaire du 10 mai 2010, l'étude peut conclure à l'acceptabilité du risque généré par un parc si le risque associé à chaque événement redouté central étudié, quelle que soit l'éolienne considérée, est acceptable.

Tableau 40 : Définition des niveaux de risques

Légende de la matrice

| Niveau de risque | Couleur | Acceptabilité |
|--------------------|------------|----------------|
| Risque très faible | Jaune | Acceptable |
| Risque faible | Vert clair | Acceptable |
| Risque important | Rouge | Non acceptable |

| GRAVITÉ des Conséquences | Classe de Probabilité | | | | |
|--------------------------|-----------------------|---|-------------------------------|---------------------|----------------|
| | E | D | C | B | A |
| Désastreux | Jaune | Rouge | Rouge | Rouge | Rouge |
| Catastrophique | Jaune | Rouge | Rouge | Rouge | Rouge |
| Important | Jaune | Rouge | Rouge | Rouge | Rouge |
| Sérieux | Vert clair | Projection de pale ou de fragment de pale | Jaune | Projection de glace | Rouge |
| Modéré | Vert clair | Effondrement de l'éolienne | Chute d'élément de l'éolienne | Vert clair | Chute de glace |

Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée que :

- aucun accident n'apparaît dans les cases rouges de la matrice ;
- seuls deux types d'accident figurent en case jaune : chute de glace et projection de glace pour toutes les éoliennes.

Il convient de souligner que les fonctions de sécurité détaillées dans la partie G.6 sont mises en place.

En outre, conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation, un panneau informant le public des risques (et notamment des risques de chute de glace) sera installé à l'entrée de l'aire permanente de chaque aérogénérateur. Cette mesure permettra de réduire les risques pour les personnes potentiellement présentes sur le site lors des épisodes de grand froid.

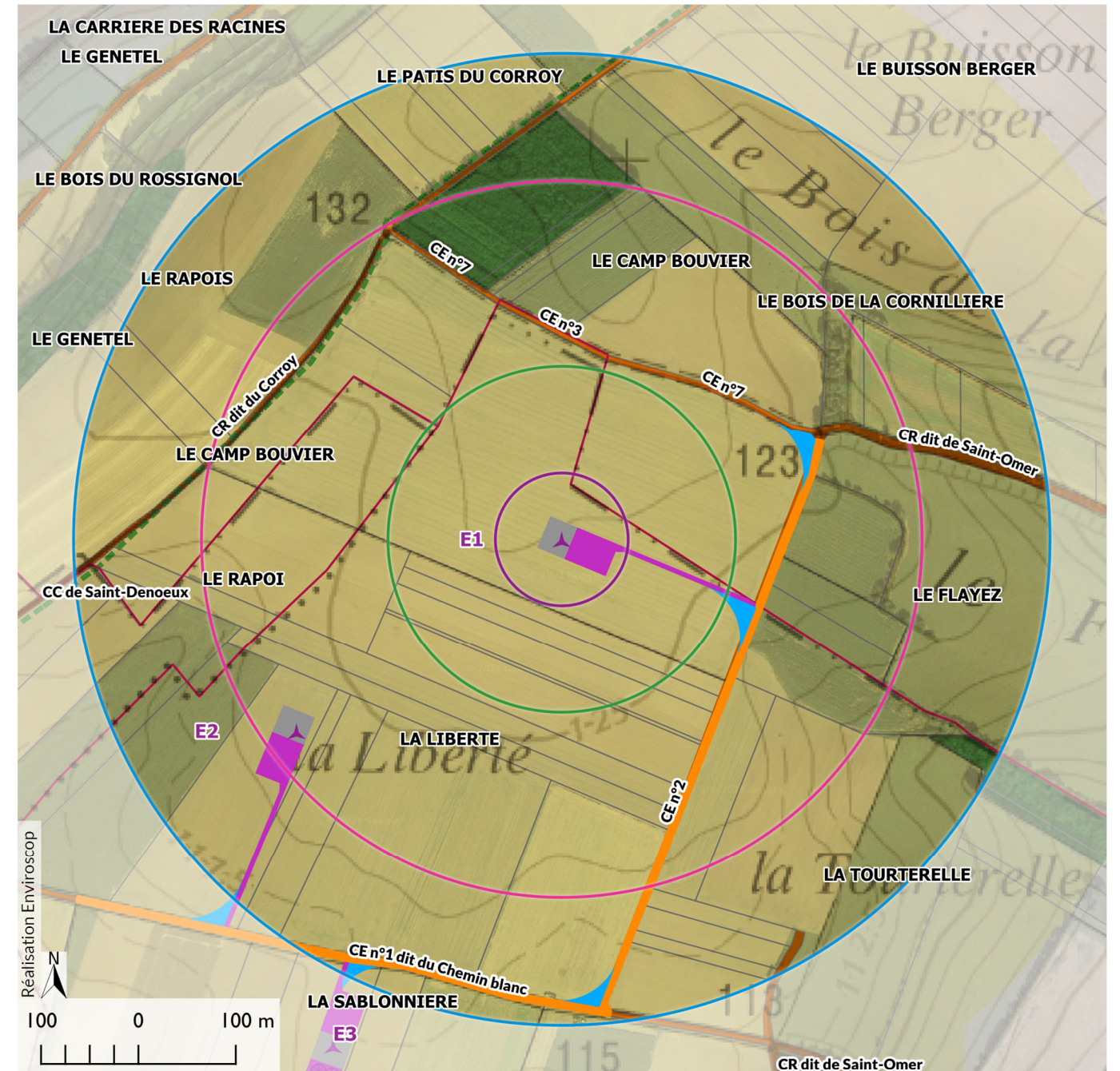
Bien que la température moyenne annuelle minimale soit supérieure à 0°C, un système d'arrêt en cas de détection ou déduction de glace avec procédure de redémarrage est mis en place pour toutes les éoliennes du parc éolien des Magnolias.

H.3-3. Cartographie des risques

Les cartes de synthèse des risques sont présentées ci-après pour chaque aérogénérateur. Elle fait apparaître, pour les scénarios détaillés dans le tableau de synthèse :

- les enjeux étudiés dans l'étude détaillée des risques,
- l'intensité des différents phénomènes dangereux dans les zones d'effet de chaque phénomène dangereux,
- le nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) exposées par zone d'effet.

Carte 12 : Synthèse des risques de l'éolienne E1

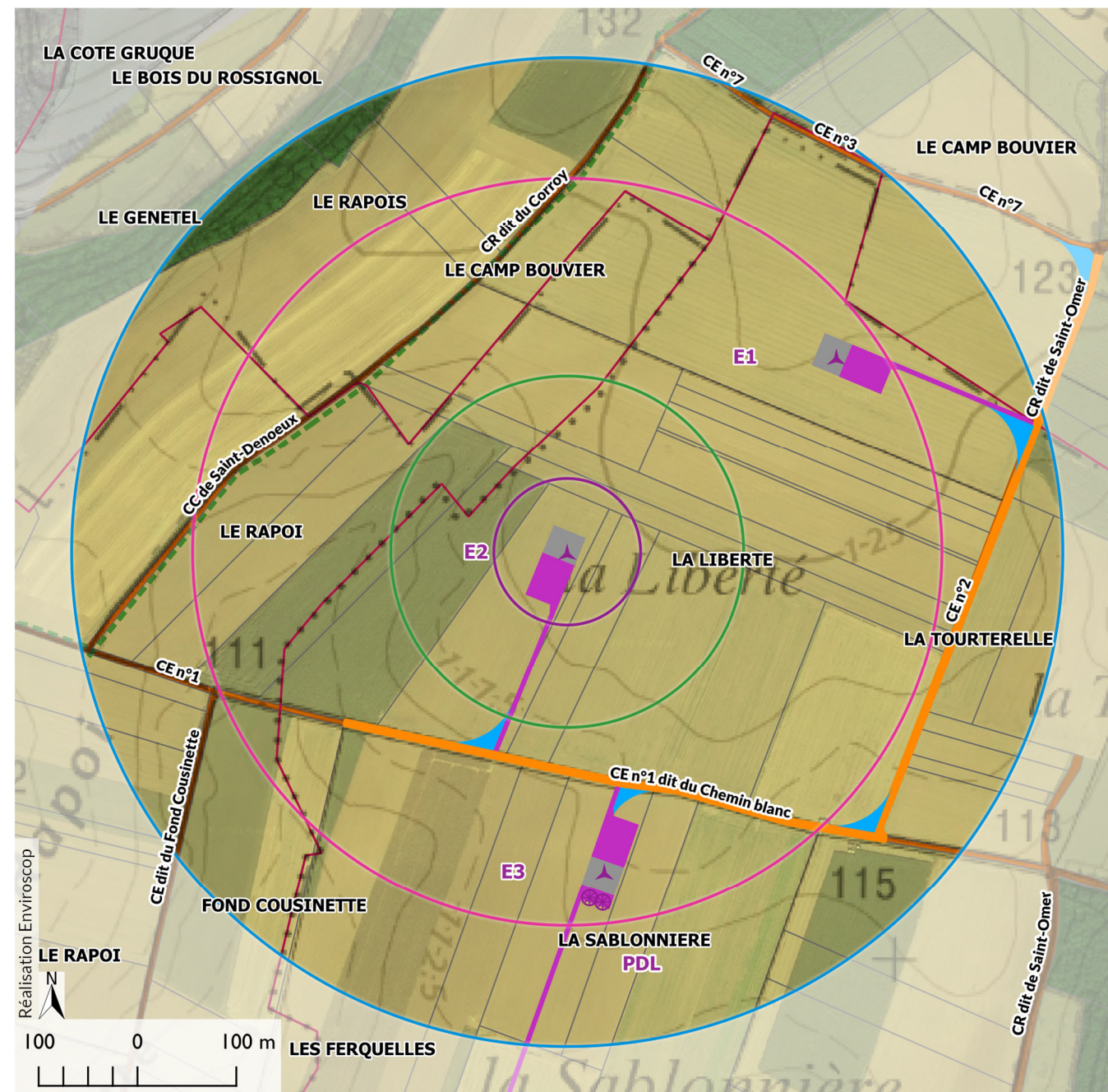


Aire d'étude de danger

- Chute de Glace ou d'éléments (zone de survol)
- Effondrement de l'éolienne (hauteur totale de l'éolienne)
- Projection de morceaux de glace (1,5 * (H+2R))
- Projection de pale ou de fragment (zone de 500 m)
- Projet
- Plateforme et chemin à créer
- Aire gravillonnée
- Chemin à renforcer
- Virage
- Limite communale
- Parcelle cadastrale
- Occupation des sols
- Randonnée
- Parcelle agricole
- Bois, bosquet, friche
- Route non structurante, chemin

| Evènement | Effondrement | Chute de glace | Chute d'élément | Projection de pale ou de fragment | Projection de glace |
|----------------------|---------------|------------------|------------------|-----------------------------------|---------------------|
| Zone d'effet | Ruine (178 m) | Survol (69,25 m) | Survol (69,25 m) | 500 m | 364,2m |
| Cinétique | Rapide | Rapide | Rapide | Rapide | Rapide |
| Probabilité | type "D" | type "A" | type "C" | type "D" | type "B" |
| Intensité exposition | Modérée | Modérée | Modérée | Modérée | Modérée |
| Personnes exposées | 0,995 | 0,151 | 0,151 | 9,440 | 4,886 |
| Niveau de gravité | Modéré | Modéré | Modéré | Sérieux | Sérieux |
| Niveau de risque | Acceptable | Acceptable | Acceptable | Acceptable | Acceptable |

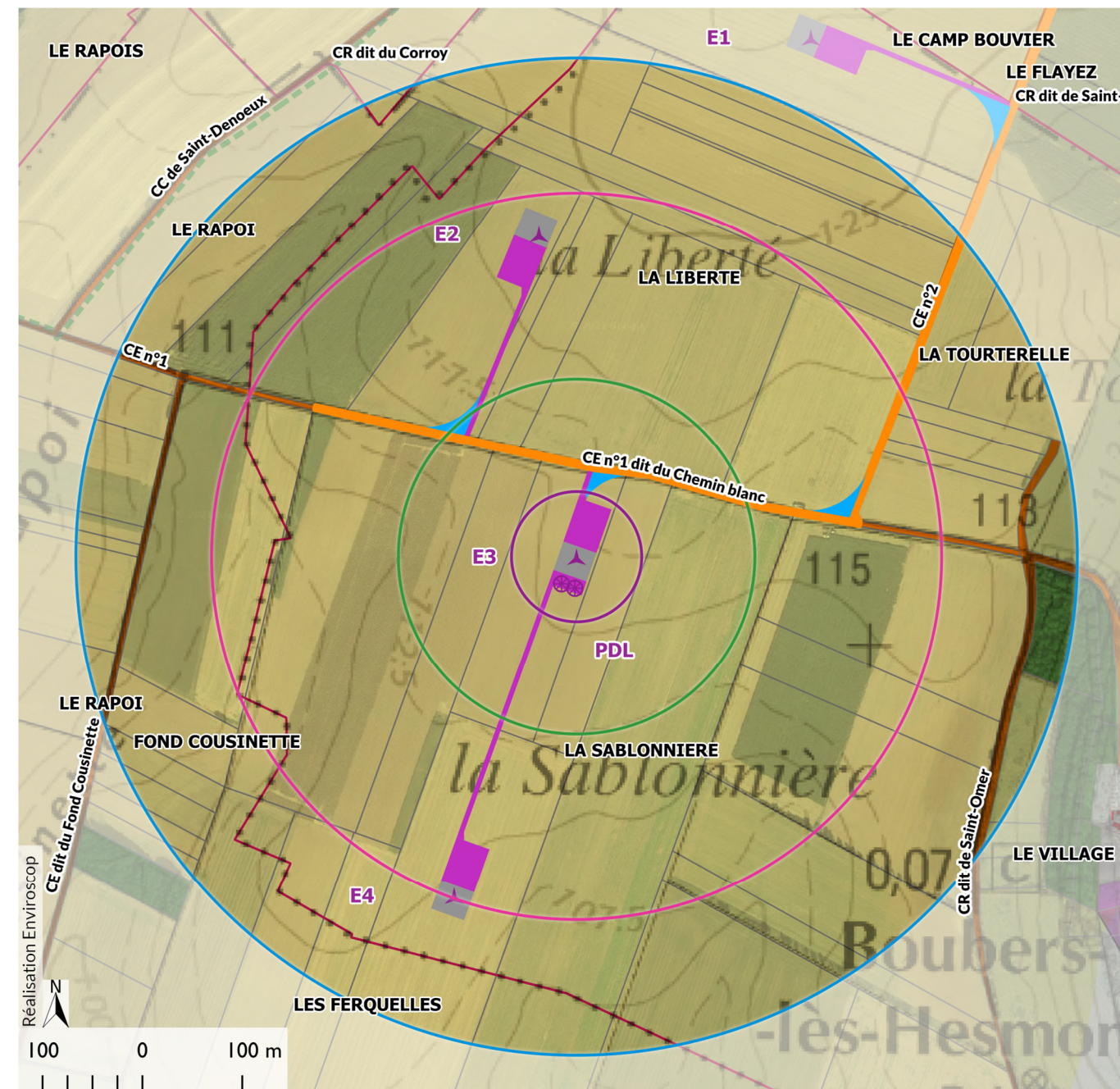
Carte 13 : Synthèse des risques de l'éolienne E2



- | | | |
|--|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> Aire d'étude de danger Chute de Glace ou d'éléments (zone de survol) Effondrement de l'éolienne (hauteur totale de l'éolienne) Projection de morceaux de glace (1,5 *(H+2R)) Projection de pale ou de fragment (zone de 500 m) | <ul style="list-style-type: none"> Projet Poste de livraison Plateforme et chemin à créer Aire gravillonnée Chemin à renforcer Virage | <ul style="list-style-type: none"> Limite communale Parcelle cadastrale Occupation des sols Randonnée Parcelle agricole Bois, bosquet, friche Route non structurante, chemin |
|--|---|---|

| Evènement | Effondrement | Chute de glace | Chute d'élément | Projection de pale ou de fragment | Projection de glace |
|----------------------|---------------|-----------------|-----------------|-----------------------------------|---------------------|
| Zone d'effet | Ruine (178 m) | Survol (75,1 m) | Survol (75,1 m) | 500 m | 372,75 m |
| Cinétique | Rapide | Rapide | Rapide | Rapide | Rapide |
| Probabilité | type "D" | type "A" | type "C" | type "D" | type "B" |
| Intensité exposition | Modérée | Modérée | Modérée | Modérée | Modérée |
| Personnes exposées | 0,995 | 0,177 | 0,177 | 9,526 | 5,519 |
| Niveau de gravité | Modéré | Modéré | Modéré | Sérieux | Sérieux |
| Niveau de risque | Acceptable | Acceptable | Acceptable | Acceptable | Acceptable |

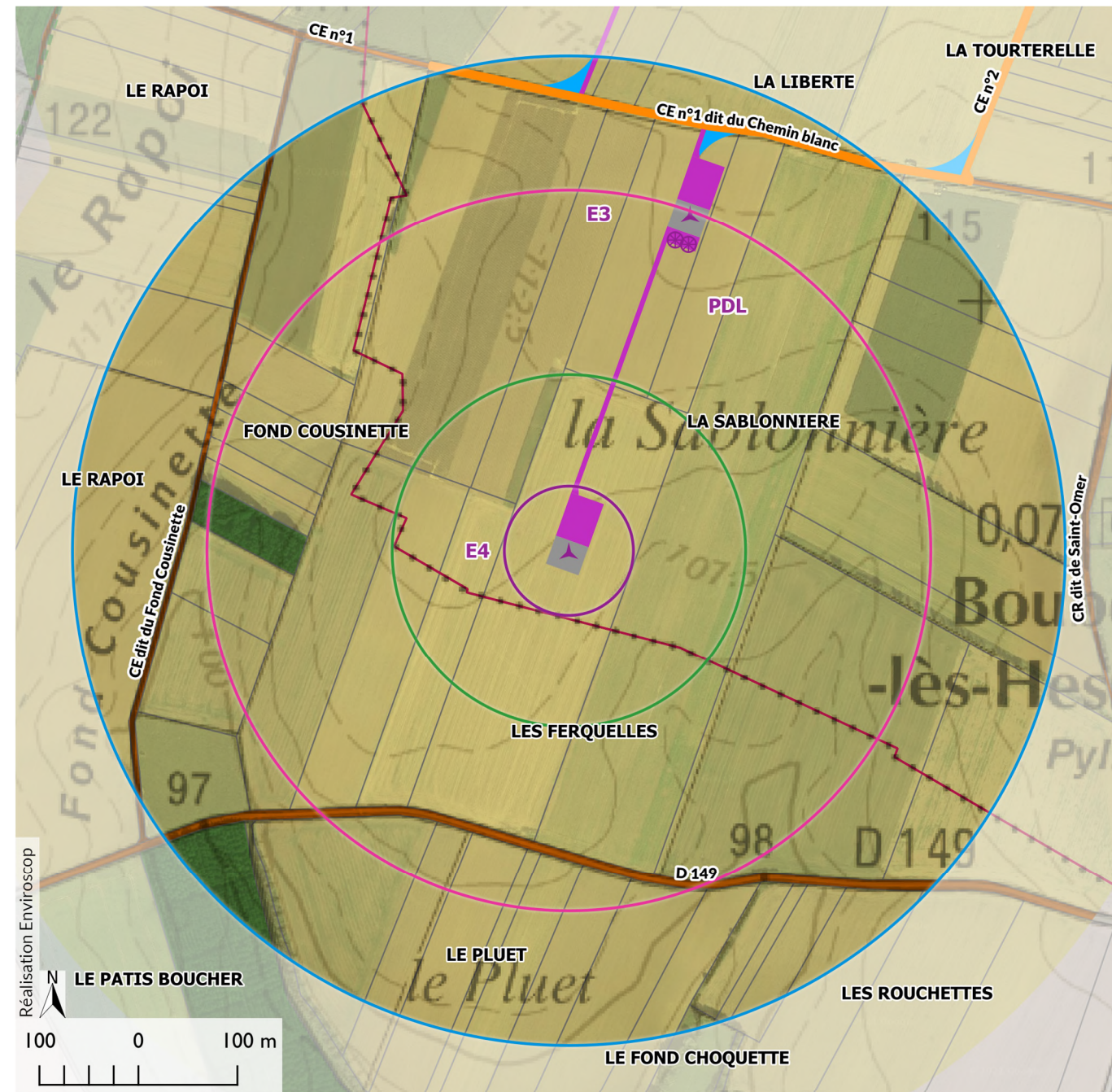
Carte 14 : Synthèse des risques de l'éolienne E3



- | | | |
|--|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> Aire d'étude de danger Chute de Glace ou d'éléments (zone de survol) Effondrement de l'éolienne (hauteur totale de l'éolienne) Projection de morceaux de glace (1,5 *(H+2R)) Projection de pale ou de fragment (zone de 500 m) | <ul style="list-style-type: none"> Projet Poste de livraison Plateforme et chemin à créer Aire gravillonnée Chemin à renforcer Virage | <ul style="list-style-type: none"> Limite communale Parcelle cadastrale Occupation des sols Parcelle agricole Bois, bosquet, friche Route non structurante, chemin |
|--|---|--|

| Evènement | Effondrement | Chute de glace | Chute d'élément | Projection de pale ou de fragment | Projection de glace |
|----------------------|---------------|----------------|-----------------|-----------------------------------|---------------------|
| Zone d'effet | Ruine (178 m) | Survol (66 m) | Survol (66 m) | 500 m | 363 m |
| Cinétique | Rapide | Rapide | Rapide | Rapide | Rapide |
| Probabilité | type "D" | type "A" | type "C" | type "D" | type "B" |
| Intensité exposition | Modérée | Modérée | Modérée | Modérée | Modérée |
| Personnes exposées | 0,995 | 0,137 | 0,137 | 7,854 | 4,243 |
| Niveau de gravité | Modéré | Modéré | Modéré | Sérieux | Sérieux |
| Niveau de risque | Acceptable | Acceptable | Acceptable | Acceptable | Acceptable |

Carte 15 : Synthèse des risques de l'éolienne E4



| | | |
|---|--------------------------------|----------------------------------|
| Aire d'étude de danger | ▲ Projet | □ Limite communale |
| □ Chute de Glace ou d'éléments (zone de survol) | ⊗ Poste de livraison | □ Parcelle cadastrale |
| □ Effondrement de l'éolienne (hauteur totale de l'éolienne) | ■ Plateforme et chemin à créer | □ Occupation des sols |
| □ Projection de morceaux de glace (1,5 * (H+2R)) | ■ Aire gravillonnée | ■ Parcelle agricole |
| □ Projection de pale ou de fragment (zone de 500 m) | ■ Chemin à renforcer | ■ Bois, bosquet, friche |
| | ■ Virage | ■ Route non structurante, chemin |

| Evènement | Effondrement | Chute de glace | Chute d'élément | Projection de pale ou de fragment | Projection de glace |
|----------------------|---------------|----------------|-----------------|-----------------------------------|---------------------|
| Zone d'effet | Ruine (178 m) | Survol (66 m) | Survol (66 m) | 500 m | 363 m |
| Cinétique | Rapide | Rapide | Rapide | Rapide | Rapide |
| Probabilité | type "D" | type "A" | type "C" | type "D" | type "B" |
| Intensité exposition | Modérée | Modérée | Modérée | Modérée | Modérée |
| Personnes exposées | 0,995 | 0,137 | 0,137 | 7,854 | 4,243 |
| Niveau de gravité | Modéré | Modéré | Modéré | Sérieux | Sérieux |
| Niveau de risque | Acceptable | Acceptable | Acceptable | Acceptable | Acceptable |

I. Conclusion

L'étude de dangers permet de conclure à l'acceptabilité du risque généré par le parc éolien des Magnolias, car le risque associé à chaque événement redouté central étudié, quelle que soit l'éolienne considérée, est acceptable ; et ce malgré une approche probabiliste très conservatrice.

En effet, l'analyse détaillée des risques s'est portée sur un nombre réduit de scénarios, compte tenu d'une démarche préventive et proportionnée aux enjeux du site et de l'installation considérée.

Cette démarche tient compte de :

- l'environnement humain, naturel et matériel, qui ici ne présente que des enjeux réduits à l'utilisation des abords de chaque éolienne à des usages agricoles ou ponctuellement forestier, une voirie non structurante (RD) et un chemin balisé comme itinéraire de randonnée d'enjeu local ;
- la nature de l'installation et de la réduction des potentiels de dangers à la source (éviter des secteurs à enjeux) ;
- la mise en place de mesures de sécurité pour répondre aux différents risques examinés (dispositions constructives et d'exploitation de maintenance et de risques notamment, en conformité avec la réglementation ICPE afférente et notamment l'arrêté du 26 août 2011 modifié).

Les cinq catégories de scénarios étudiées dans l'étude détaillée des risques sont les suivantes :

- Projection de tout ou une partie de pale ;
- Effondrement de l'éolienne ;
- Chute d'éléments de l'éolienne ;
- Chute de glace ;
- Projection de glace.

Il ressort de cette étude de dangers que les mesures organisationnelles et les moyens de sécurité mis en œuvre dans le cadre du projet de parc éolien des Magnolias, permettent de maintenir le risque, pour ces 5 phénomènes étudiés, à un niveau acceptable et ce pour chacune des 4 éoliennes, donc pour l'ensemble du parc.

L'étude de dangers décrit aussi les moyens de prévention et les moyens de protection présents sur le site afin soit de réduire la vraisemblance d'occurrence, soit de réduire ou de maîtriser les conséquences d'éventuels accidents. En effet, il est important de noter qu'en cas d'accident (exemple : incendie) ne pouvant être maîtrisé, des moyens de secours et d'alerte spécifiques seraient déclenchés.

J. Annexes

J.1 Cadre méthodologique

La présente étude de dangers est basée sur le [guide technique pour l'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre de parc éolien, dans sa version de mai 2012](#).

En effet, ce guide technique a été réalisé par un groupe de travail constitué de l'INERIS et de professionnels du Syndicat des énergies renouvelables : porteurs de projets, exploitants de parcs éoliens et constructeurs d'éoliennes. L'INERIS a validé la méthodologie suivie dans le présent guide, au regard de la réglementation en vigueur et des pratiques actuelles en matière d'étude de dangers dans les autres installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE). Ce guide est le reflet de l'état de l'art en matière de maîtrise des risques technologiques pour les parcs éoliens, en l'état actuel des connaissances des experts ayant participé à son élaboration.

J.1-1. Contexte de l'éolien

A la suite des accords du protocole de Kyoto et conformément à la directive européenne 2001/77/CE relative à la promotion de l'électricité produite à partir de sources d'énergies renouvelables, la France s'est engagée à augmenter la part des énergies renouvelables dans la production d'électricité au niveau national.

En particulier, la loi n°2005-781 du 13 juillet 2005 fixant les orientations de la politique énergétique (loi POPE) a donné un cap à suivre pour les décennies suivantes. Cette loi s'était construite autour de quatre grands objectifs à long terme :

- l'indépendance énergétique du pays ;
- l'assurance de prix compétitifs de l'énergie ;
- la garantie de la cohésion sociale et territoriale par l'accès de tous à l'énergie ;
- la préservation de la santé, notamment en luttant contre l'aggravation de l'effet de serre.

Les objectifs par filière ont été déclinés dans des arrêtés de programmation pluriannuelle des investissements de production d'électricité (arrêtés PPI). L'éolien représente une des technologies les plus prometteuses pour atteindre les objectifs fixés par la France. Ainsi, l'arrêté du 15 décembre 2009 a fixé des objectifs ambitieux pour l'éolien :

- 10 500 MW terrestres et 1 000 MW en mer en 2012,
- 19 000 MW terrestres et 6 000 MW en mer en 2020.

Dans le cadre du Grenelle de l'Environnement, les engagements de la France en matière de production d'énergies renouvelables ont été confirmés, précisés et élargis. La loi n°2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'Environnement (loi Grenelle I) prévoit que la France porte la part des énergies renouvelables à au moins 23 % de sa consommation d'énergie finale d'ici 2020. Dans sa proposition de PPE en 2018, l'objectif est d'installer 24 600 MW d'ici fin 2023, et 34 100 à 35 600 MW en 2028 de puissance éolienne terrestre.

La publication de ces objectifs, dans un contexte mondial favorable au développement des énergies renouvelables, a donc permis un développement technologique spectaculaire. Alors que, dans les années 1980, une éolienne permettait d'alimenter environ 10 personnes en électricité, une éolienne de nouvelle génération fournit en moyenne de l'électricité pour 4 000 (éolienne de 2 MW) à 6 000 personnes (éolienne de 3 MW) hors chauffage (source : SER-FEE, ADEME).

Si les éoliennes ont évolué en taille et en puissance dans le monde entier, leur technologie actuelle est également sensiblement différente des premières éoliennes installées. Les technologies sont aujourd'hui plus sûres et plus fiables grâce à de nombreuses évolutions technologiques telles que :

- les freins manuels (sur le moyeu) de rotor qui ont été remplacés par des systèmes de régulation aérodynamiques (pitch), évitant l'emballement et assurant des vitesses de rotation nominales constantes ;
- l'évolution des matériaux des pales vers des fibres composites ;
- le développement de nouveaux systèmes de communication par fibre optique, satellites, etc. qui ont permis d'améliorer la supervision des sites et la prise de commande à distance ;
- l'installation de nouveaux systèmes de sécurité (détection de glace, vibrations, arrêt automatiques, etc.).

Ainsi, les premiers incidents qui ont été rencontrés (bris de pales, incendies, effondrement, etc.) ont amené les constructeurs à améliorer sans cesse leurs aérogénérateurs. Grâce à ces évolutions, et le retour d'expérience le montre bien, les incidents sont aujourd'hui très rares et concernent en majorité des éoliennes d'ancienne génération.

Il convient aussi de noter qu'à ce jour, en France et dans le monde, aucun accident n'a entraîné la mort d'une personne tierce (promeneurs, riverains) du fait de l'effondrement d'éoliennes, de bris de pales ou de projections de fragment de pales.

La loi n°2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement (loi Grenelle II) réaffirme tout d'abord la nécessité du développement de la filière éolienne pour atteindre les objectifs nationaux fixés dans les PPI. En particulier, l'article 90 fixe l'objectif d'installer au moins 500 aérogénérateurs par an en France.

Cette loi prévoit d'autre part de soumettre les éoliennes au régime d'autorisation au titre de la réglementation des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE). Conformément à cette nouvelle réglementation, les exploitants sont notamment amenés à formaliser leur savoir-faire en matière de maîtrise des risques dans une étude de danger.

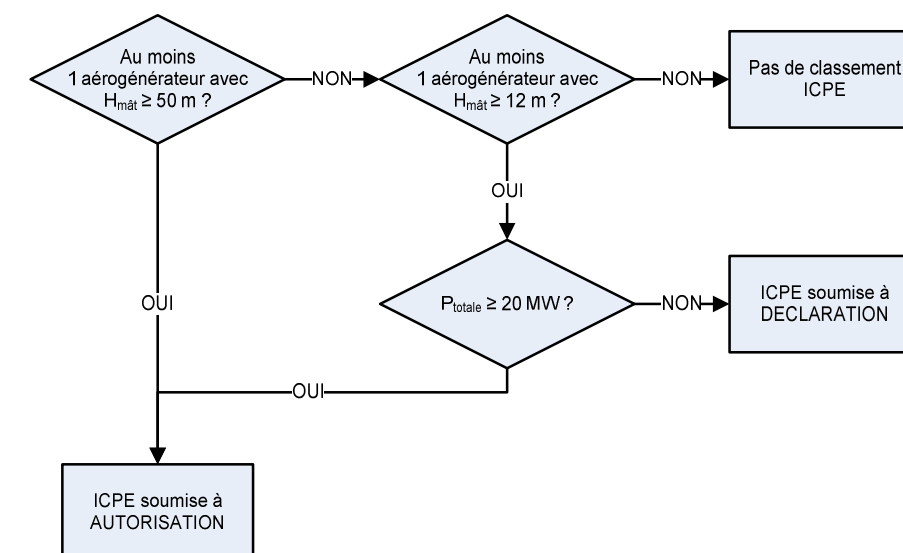
J.1-2. Application du régime des installations classées aux parcs éoliens

En application de la loi n°2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement, dite loi Grenelle II, les éoliennes sont désormais soumises au régime des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE).

En effet, l'article 90 de ladite loi précise que « les installations terrestres de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent constituant des unités de production telles que définies au 3° de l'article 10 de la loi n°2000-108 du 10 février 2000 relative à la modernisation et au développement du service public de l'électricité, et dont la hauteur des mâts dépasse 50 mètres sont soumises à autorisation au titre de l'article L. 511-2, au plus tard un an à compter de la date de publication de la loi n°2010-788 du 12 juillet 2010 précitée. »

Le décret n°2011-984 du 23 août 2011, modifiant l'article R. 511-9 du Code de l'environnement, crée la rubrique 2980 pour les installations de production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent et regroupant un ou plusieurs aérogénérateurs. Il prévoit deux régimes d'installations classées pour les parcs éoliens terrestres :

- Le régime d'**autorisation** pour les installations comprenant au moins une éolienne dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m et pour les installations comprenant uniquement des éoliennes dont le mât a une hauteur comprise entre 12 et 50 m et dont la puissance totale est supérieure ou égale à 20 MW
- Le régime de **déclaration** pour les installations comprenant uniquement des éoliennes dont le mât a une hauteur comprise entre 12 et 50 m et dont la puissance totale est inférieure à 20 MW



La réglementation prévoit que, dans le cadre d'une demande d'autorisation d'exploiter, l'exploitant doit réaliser une étude de dangers.

Enfin, l'arrêté du 26 août 2011 modifié 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 prévoit un certain nombre de dispositions par rapport à l'implantation, la construction, l'exploitation et la prévention des risques. Ces prescriptions nationales sont applicables à tous les nouveaux parcs éoliens et, pour partie, aux installations existantes. Elles devront être prises en compte dans le cadre de l'étude de dangers.

J.1-3. Réglementation relative à l'étude de dangers

Selon l'article L. 512-1 du Code de l'environnement, l'étude de dangers expose les risques que peut présenter l'installation pour les intérêts visés à l'article L. 511-1 **en cas d'accident**, que la cause soit interne ou externe à l'installation. Les impacts de l'installation sur ces intérêts en fonctionnement normal sont traités dans l'étude d'impact sur l'environnement.

■ Article L. 512-1 du Code de l'environnement :

Sont soumises à autorisation préfectorale les installations qui présentent de graves dangers ou inconvénients pour les intérêts visés à l'article L. 511-1.

L'autorisation ne peut être accordée que si ces *dangers* ou inconvénients peuvent être prévenus par des mesures que spécifie l'arrêté préfectoral.

Le demandeur fournit une étude de dangers qui précise les risques auxquels l'installation peut exposer, directement ou indirectement, les intérêts visés à l'article L. 511-1 en cas d'accident, que la cause soit interne ou externe à l'installation.

Le contenu de l'étude de dangers doit être en relation avec l'importance des risques engendrés par l'installation. En tant que de besoin, cette étude donne lieu à une analyse de risques qui prend en compte la probabilité d'occurrence, la cinétique et la gravité des accidents potentiels selon une méthodologie qu'elle explicite.

Elle définit et justifie les mesures propres à réduire la probabilité et les effets de ces accidents.

La délivrance de l'autorisation, pour ces installations, peut être subordonnée notamment à leur éloignement des habitations, immeubles habituellement occupés par des tiers, établissements recevant du public, cours d'eau, voies de communication, captages d'eau, ou des zones destinées à l'habitation par des documents d'urbanisme opposables aux tiers. Elle prend en compte les capacités techniques et financières dont dispose le demandeur, à même de lui permettre de conduire son projet dans le respect des intérêts visés à l'article L. 511-1 et d'être en mesure de satisfaire aux obligations de l'article L. 512-6-1 lors de la cessation d'activité.

Les intérêts visés à l'article L. 511-1 sont la commodité du voisinage, la santé, la sécurité, la salubrité publiques, l'agriculture, la protection de la nature, de l'environnement et des paysages, l'utilisation rationnelle de l'énergie, la conservation des sites et des monuments ainsi que des éléments du patrimoine archéologique. Cependant, il convient de noter que l'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation [10] impose une évaluation des accidents majeurs sur les personnes uniquement et non sur la totalité des enjeux identifiés dans l'article L. 511-1. En cohérence avec cette réglementation et dans le but d'adopter une démarche proportionnée, l'évaluation des accidents majeurs dans l'étude de dangers s'intéressera prioritairement aux dommages sur les personnes. Pour les parcs éoliens, les atteintes à l'environnement (notamment le paysage), l'impact sur le fonctionnement des radars et les problématiques liées à la circulation aérienne feront l'objet d'une évaluation détaillée au sein de l'étude d'impact.

Ainsi, l'étude de dangers a donc pour objectif de **démontrer la maîtrise du risque par l'exploitant**. Elle comporte une analyse des risques qui présente les différents scénarios d'accidents majeurs susceptibles d'intervenir. Ces scénarios sont caractérisés en fonction de leur probabilité d'occurrence, de leur cinétique, de leur intensité et de la gravité des accidents potentiels. Elle justifie que le projet permet d'atteindre, dans des conditions économiquement acceptables, un niveau de risque aussi bas que possible, compte tenu de l'état des connaissances et des pratiques et de la vulnérabilité de l'environnement de l'installation.

Selon le **principe de proportionnalité**, le contenu de l'étude de dangers doit être en relation avec l'importance des risques engendrés par l'installation, compte tenu de son environnement et de sa vulnérabilité. Ce contenu est défini par l'article R. 512-9 du Code de l'environnement.

■ Article R. 512-9 du Code de l'environnement :

I. - L'étude de dangers mentionnée à l'article R. 512-6 justifie que le projet permet d'atteindre, dans des conditions économiquement acceptables, un niveau de risque aussi bas que possible, compte tenu de l'état des connaissances et des pratiques et de la vulnérabilité de l'environnement de l'installation.

Le contenu de l'étude de dangers doit être en relation avec l'importance des risques engendrés par l'installation, compte tenu de son environnement et de la vulnérabilité des intérêts mentionnés aux articles L. 211-1 et L. 511-1.

II. - Cette étude précise, notamment, la nature et l'organisation des moyens de secours dont le demandeur dispose ou dont il s'est assuré le concours en vue de combattre les effets d'un éventuel sinistre. Dans le cas des installations figurant sur la liste prévue à l'article L. 515-8², le demandeur doit fournir les éléments indispensables pour l'élaboration par les autorités publiques d'un plan particulier d'intervention.

L'étude comporte, notamment, un résumé non technique explicitant la probabilité, la cinétique et les zones d'effets des accidents potentiels, ainsi qu'une cartographie des zones de risques significatifs.

Le ministre chargé des installations classées peut préciser les critères techniques et méthodologiques à prendre en compte pour l'établissement des études de dangers, par arrêté pris dans les formes prévues à l'article L. 512-5. Pour certaines catégories d'installations impliquant l'utilisation, la fabrication ou le stockage de substances dangereuses, le ministre chargé des installations classées peut préciser, par arrêté pris sur le fondement de l'article L. 512-5, le contenu de l'étude de dangers portant, notamment, sur les mesures d'organisation et de gestion propres à réduire la probabilité et les effets d'un accident majeur.

III. - Dans le cas des installations figurant sur la liste prévue à l'article L. 515-8, l'étude de dangers est réexaminée et, si nécessaire, mise à jour au moins tous les cinq ans, sans préjudice de l'application des dispositions de l'article R. 512-31. Cette étude, mise à jour, est transmise au préfet.

Enfin, d'autres textes législatifs et réglementaires, concernant les installations classées soumises à autorisation, s'appliquent aux études de dangers, notamment en ce qui concerne les objectifs et la méthodologie à mettre en œuvre :

- **Loi n°2003-699 du 30 juillet 2003** relative à la prévention des risques technologiques et naturels et à la réparation des dommages
- **Décret n°2005-1170 du 13 septembre 2005** modifiant le décret n°77-1133 du 21 septembre 1977 pris pour application de la loi n°76-663 du 19 juillet 1976 relative aux installations classées pour la protection de l'environnement
- **Arrêté du 10 mai 2000** relatif à la prévention des accidents majeurs impliquant des substances ou des préparations dangereuses présentes dans certaines catégories d'installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation
- **Arrêté du 29 septembre 2005** modifiant l'arrêté du 10 mai 2000 relatif à la prévention des accidents majeurs impliquant des substances ou des préparations dangereuses présentes dans certaines catégories d'installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation
- **Circulaire du 10 mai 2010** récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 juillet 2003.

² Les installations soumises à la rubrique 2980 des installations classées (parcs éoliens) ne font pas partie de cette liste.

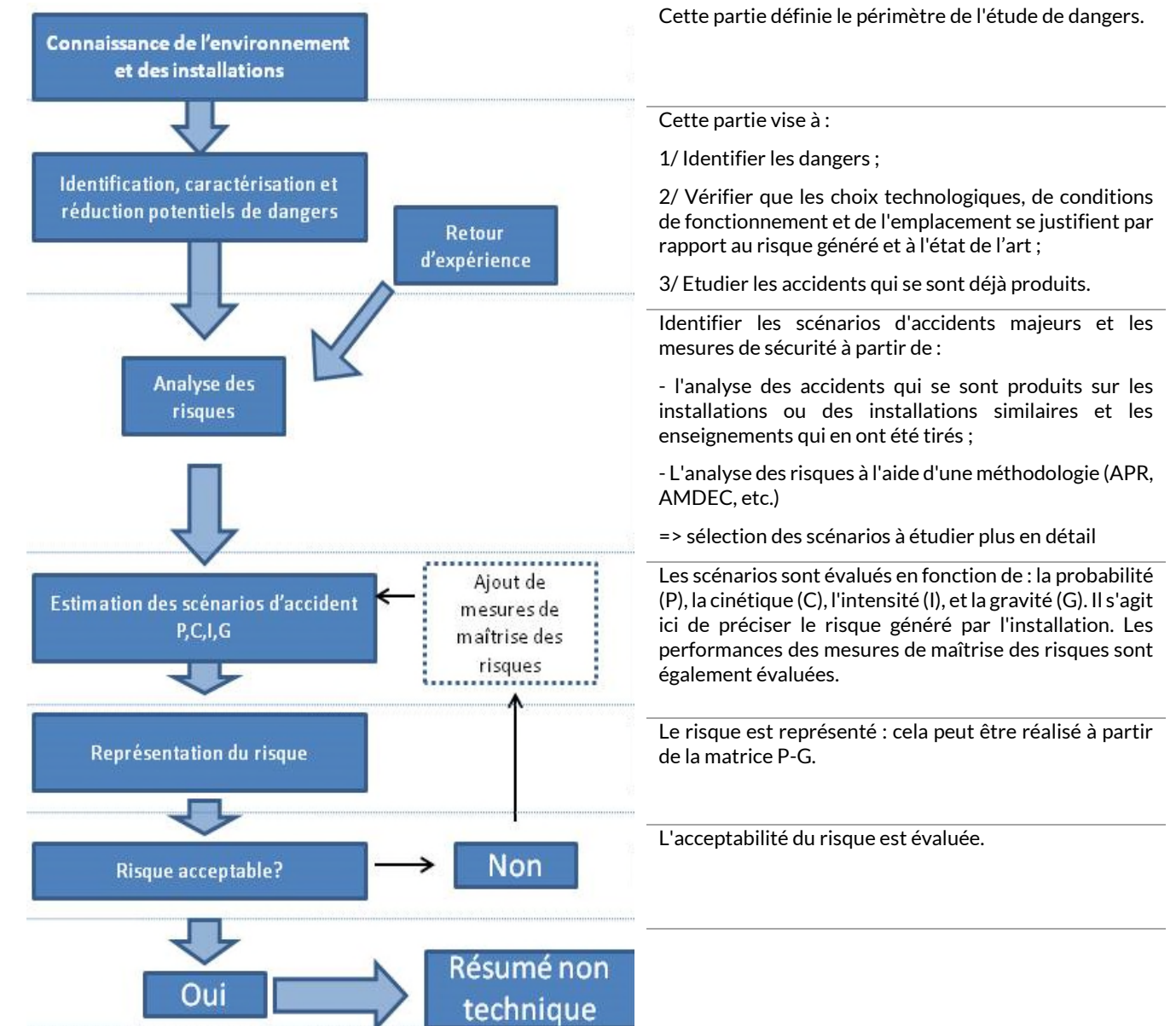
J.1-4. Démarche générale de l'étude de dangers

L'étude de dangers est élaborée selon une démarche d'analyse des risques, conformément à la réglementation en vigueur et aux recommandations de l'inspection des installations classées. Elles sont énumérées ici dans l'ordre dans lequel elles sont présentées au sein de l'étude de dangers du parc éolien.

- **Identifier les enjeux pour permettre une bonne caractérisation des conséquences des accidents** (présence et vulnérabilité de maisons, infrastructures, etc.). Cette étape s'appuie sur une description et caractérisation de l'environnement.
- **Connaître les équipements étudiés pour permettre une bonne compréhension des dangers potentiels qu'ils génèrent.** Cette étape s'appuie sur une description des installations et de leur fonctionnement.
- **Identifier les potentiels de danger.** Cette étape s'appuie sur une identification des éléments techniques et la recherche de leurs dangers. Suit une étape de réduction / justification des potentiels.
- **Connaître les accidents qui se sont produits sur le même type d'installation pour en tirer des enseignements** (séquences des événements, possibilité de prévenir ces accidents, etc.). Cette étape s'appuie sur un retour d'expérience (des accidents et incidents représentatifs).
- **Analyser les risques inhérents aux installations étudiées en vue d'identifier les scénarios d'accidents possibles** (qui se sont produits et qui pourraient se produire). Cette étape utilise notamment les outils d'analyses de risques classiques (tableaux d'Analyse Préliminaire des Risques par exemple).
- **Caractériser et classer les différents phénomènes et accidents en termes de probabilités, cinétique, intensité et gravité.** C'est l'étape détaillée des risques, avec mise en œuvre des outils de quantification en probabilité et en intensité / gravité.
- **Réduire le risque si nécessaire.** Cette étape s'appuie sur des critères d'acceptabilité du risque : si le risque est jugé inacceptable, des évolutions et mesures d'amélioration sont proposées par l'exploitant.
- **Représenter le risque.** Cette étape s'appuie sur une représentation cartographique.
- **Résumer l'étude de dangers.** Cette étape s'appuie sur un résumé non technique de l'étude des dangers.

Le graphique ci-dessous synthétise ces différentes étapes et leurs objectifs :

Figure 12 : démarche d'analyse des risques



Si la démarche de réduction du risque est considérée comme acceptable, une représentation cartographique et un résumé non-technique sont réalisés.

Les définitions des termes utilisés dans le présent guide sont présentées dans le glossaire en annexe. Elles sont notamment issues des arrêtés et circulaires consacrés aux études de dangers et aux installations classées en général.

J.2 Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne

La détermination du nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) présentes dans chacune des zones d'effet se base sur la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers. Cette fiche permet de compter aussi simplement que possible, selon des règles forfaitaires, le nombre de personnes exposées dans chacune des zones d'effet des phénomènes dangereux identifiés.

Dans le cadre de l'étude de dangers des parcs éoliens, cette méthode permet tout d'abord, au stade de la description de l'environnement de l'installation (partie C.4), de comptabiliser les enjeux humains présents dans les ensembles homogènes (terrains non bâtis, voies de circulation, zones habitées, ERP, zones industrielles, commerces...) situés dans l'aire d'étude de l'éolienne considérée.

D'autre part, cette méthode permet ensuite de déterminer la gravité associée à chaque phénomène dangereux retenu dans l'étude détaillée des risques (partie H).

J.2-1. Terrains non bâtis

Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, forêts, friches, marais...) : compter 1 personne par tranche de 100 ha.

Terrains aménagés mais peu fréquentés (voies de circulation non structurantes, chemins agricoles, plateformes de stockage, vignes, jardins et zones horticoles, gares de triage...) : compter 1 personne par tranche de 10 hectares.

Terrains aménagés et potentiellement fréquentés ou très fréquentés (parkings, parcs et jardins publics, zones de baignades surveillées, terrains de sport (sans gradin néanmoins...)) : compter la capacité du terrain et a minima 10 personnes à l'hectare.

J.2-2. Voies de circulation

Les voies de circulation n'ont à être prises en considération que si elles sont empruntées par un nombre significatif de personnes. En effet, les voies de circulation non structurantes (< 2000 véhicules/jour) sont déjà comptées dans la catégorie des terrains aménagés mais peu fréquentés.

J.2-2a Voies de circulation automobiles

Dans le cas général, on comptera 0,4 personne permanente par kilomètre exposé par tranche de 100 véhicules/jour.

Exemple : 20 000 véhicules/jour sur une zone de 500 m = $0,4 \times 0,5 \times 20\,000/100 = 40$ personnes.

| Trafic (en véhicules/jour) | Linéaire de route compris dans la zone d'effet (en m) | | | | | | | | | |
|----------------------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|
| | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 |
| 2 000 | 0,8 | 1,6 | 2,4 | 3,2 | 4 | 4,8 | 5,6 | 6,4 | 7,2 | 8 |
| 3 000 | 1,2 | 2,4 | 3,6 | 4,8 | 6 | 7,2 | 8,4 | 9,6 | 10,8 | 12 |
| 4 000 | 1,6 | 3,2 | 4,8 | 6,4 | 8 | 9,6 | 11,2 | 12,8 | 14,4 | 16 |
| 5 000 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 |
| 7 500 | 3 | 6 | 9 | 12 | 15 | 18 | 21 | 24 | 27 | 30 |
| 10 000 | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 | 24 | 28 | 32 | 36 | 40 |
| 20 000 | 8 | 16 | 24 | 32 | 40 | 48 | 56 | 64 | 72 | 80 |
| 30 000 | 12 | 24 | 36 | 48 | 60 | 72 | 84 | 96 | 108 | 120 |
| 40 000 | 16 | 32 | 48 | 64 | 80 | 96 | 112 | 128 | 144 | 160 |
| 50 000 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 |
| 60 000 | 24 | 48 | 72 | 96 | 120 | 144 | 168 | 192 | 216 | 240 |
| 70 000 | 28 | 56 | 84 | 112 | 140 | 168 | 196 | 224 | 252 | 280 |
| 80 000 | 32 | 64 | 96 | 128 | 160 | 192 | 224 | 256 | 288 | 320 |
| 90 000 | 36 | 72 | 108 | 144 | 180 | 216 | 252 | 288 | 324 | 360 |
| 100 000 | 40 | 80 | 120 | 160 | 200 | 240 | 280 | 320 | 360 | 400 |

J.2-2b Voies ferroviaires

Train de voyageurs : compter 1 train équivalent à 100 véhicules (soit 0,4 personne exposée en permanence par kilomètre et par train), en comptant le nombre réel de trains circulant quotidiennement sur la voie.

J.2-2c Voies navigables

Compter 0,1 personne permanente par kilomètre exposé et par péniche/jour.

J.2-3. Chemins et voies piétonnes

Les chemins et voies piétonnes ne sont pas à prendre en compte, sauf pour les chemins de randonnée, car les personnes les fréquentant sont généralement déjà comptées comme habitants ou salariés exposés. Pour les chemins de promenade, de randonnée : compter 2 personnes pour 1 km par tranche de 100 promeneurs/jour en moyenne.

J.2-4. Logements

Pour les logements : compter la moyenne INSEE par logement (par défaut : 2,5 personnes), sauf si les données locales indiquent un autre chiffre.

J.2-5. Etablissements recevant du public (ERP)

Compter les ERP (bâtiments d'enseignement, de service public, de soins, de loisir, religieux, grands centres commerciaux etc.) en fonction de leur capacité d'accueil (au sens des catégories du code de la construction et de l'habitation), le cas échéant sans compter leurs routes d'accès (cf. paragraphe sur les voies de circulation automobile). Les commerces et ERP de catégorie 5 dont la capacité n'est pas définie peuvent être traités de la façon suivante :

- compter 10 personnes par magasin de détail de proximité (boulangerie et autre alimentation, presse et coiffeur) ;
- compter 15 personnes pour les tabacs, cafés, restaurants, supérettes et bureaux de poste.

Les chiffres précédents peuvent être remplacés par des chiffres issus du retour d'expérience local pour peu qu'ils restent représentatifs du maximum de personnes présentes et que la source du chiffre soit soigneusement justifiée.

Une distance d'éloignement de 500 m aux habitations est imposée par la loi. La présence d'habitations ou d'ERP ne se rencontrera que peu en pratique.

J.2-6. Zones d'activité

Zones d'activités (industries et autres activités ne recevant pas habituellement de public) : prendre le nombre de salariés (ou le nombre maximal de personnes présentes simultanément dans le cas de travail en équipes), le cas échéant sans compter leurs routes d'accès.

J.3 Tableau de l'accidentologie française

Le tableau ci-dessous a été établi par le groupe de travail constitué pour la réalisation du présent guide. Il recense l'ensemble des accidents et incidents connus en France concernant la filière éolienne entre 2000 et fin décembre 2020.

L'analyse de ces données est présentée dans la partie VI. de l'étude de dangers.

Légende. N.c. : Non communiqué

| Type d'accident | Date | Nom du parc | Département | Puissance (en MW) | Année de mise en service | Technologie récente | Description sommaire de l'accident et dégâts | Cause probable de l'accident | Source(s) de l'information |
|----------------------------|------------|-------------------------------------|---------------|-------------------|--------------------------|---------------------|---|--|---|
| Effondrement | nov-00 | Port la Nouvelle | Aude | 0,5 | 1993 | Non | Le mât d'une éolienne s'est plié lors d'une tempête suite à la perte d'une pale (coupure courant prolongée pendant 4 jours suite à la tempête) | Tempête avec foudre répétée | Rapport du CGM. Site Vent de Colère |
| Rupture de pale | 2001 | Sallèles-Limousis | Aude | 0,75 | 1998 | Non | Bris de pales en bois (avec inserts) | ? | Site Vent de Colère |
| Effondrement | 01/02/2002 | Wormhout | Nord | 0,4 | 1997 | Non | Bris d'hélice et mât plié | Tempête | Rapport du CGM. Site Vent du Bocage |
| Rupture de pale | 25/02/2002 | Sallèles-Limousis | Aude | 0,75 | 1998 | Non | Bris de pale en bois (avec inserts) sur une éolienne bipale | Tempête | Article de presse (La Dépêche du 26/03/2003) |
| Maintenance | 01/07/2002 | Port la Nouvelle - Sigean | Aude | 0,66 | 2000 | Oui | Grave électrisation avec brûlures d'un technicien | Lors de mesures pour cartériser la partie haute d'un transformateur 690V/20kV en tension. Le mètre utilisé par la victime, déroulé sur 1,46m, s'est soudainement plié et est entré dans la zone du transformateur, créant un arc électrique. | Rapport du CGM |
| Effondrement | 28/12/2002 | Névian - Grande Garrigue | Aude | 0,85 | 2002 | Oui | Effondrement d'une éolienne suite au dysfonctionnement du système de freinage | Tempête + dysfonctionnement du système de freinage | Rapport du CGM. Site Vent de Colère Article de presse (Midi Libre) |
| Rupture de pale | 05/11/2003 | Sallèles-Limousis | Aude | 0,75 | 1998 | Non | Bris de pales en bois (avec inserts) sur trois éoliennes. Morceaux de pales disséminés sur 100 m. | Dysfonctionnement du système de freinage | Rapport du CGM. Article de presse (Midi Libre du 15/11/2003) |
| Rupture de pale | 2004 | Escales-Conilhac | Aude | 0,75 | 2003 | Non | Bris de trois pales | | Site Vent de Colère |
| Effondrement | 01/01/2004 | Le Portel - Boulogne sur Mer | Pas de Calais | 0,75 | 2002 | Non | Cassure d'une pale, chute du mât et destruction totale. Une pale tombe sur la plage et les deux autres dérivent sur 8 km. | Tempête | Base de données ARIA. Rapport du CGM. Site Vent de Colère. Articles de presse (Windpower Monthly May 2004, La Voix du Nord du 02/01/2004) |
| Effondrement | 20/03/2004 | Loon Plage - Port de Dunkerque | Nord | 0,3 | 1996 | Non | Couchage du mât d'une des 9 éoliennes suite à l'arrachement de la fondation | Rupture de 3 des 4 micropieux de la fondation, erreur de calcul (facteur de 10) | Base de données ARIA. Rapport du CGM. Site Vent de Colère Articles de presse (La Voix du Nord du 20/03/2004 et du 21/03/2004) |
| Rupture de pale | 22/06/2004 | Pleyber-Christ - Site du Télégraphe | Finistère | 0,3 | 2001 | Non | Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5 m à 50 m, mât intact | Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage) | Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004) |
| Rupture de pale | 08/07/2004 | Pleyber-Christ - Site du Télégraphe | Finistère | 0,3 | 2001 | Non | Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5m à 50m, mat intact | Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage) | Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004) |
| Rupture de pale + incendie | 22/12/2004 | Montjoyer-Rochefort | Drôme | 0,75 | 2004 | Non | Bris des trois pales et début d'incendie sur une éolienne (survitesse de plus de 60 tr/min) | Survitesse due à une maintenance en cours, problème de régulation, et dysfonctionnement du système de freinage | Base de données ARIA. Article de presse (La Tribune du 30/12/2004). Site Vent de Colère |
| Rupture de pale | 2005 | Wormhout | Nord | 0,4 | 1997 | Non | Bris de pale | | Site Vent de Colère |
| Rupture de pale | 08/10/2006 | Pleyber-Christ - Site du Télégraphe | Finistère | 0,3 | 2004 | Non | Chute d'une pale de 20 m pesant 3 tonnes | Allongement des pales et retrait de sécurité (débridage), pas de REX suite aux précédents accidents sur le même parc | Site FED. Articles de presse (Ouest France). Journal FR3 |
| Incendie | 18/11/2006 | Roquetaillade | Aude | 0,66 | 2001 | Oui | Acte de malveillance: explosion de bonbonne de gaz au pied de 2 éoliennes. L'une d'entre elles a mis le feu en pieds de mat qui s'est propagé jusqu'à la nacelle. | Malveillance / incendie criminel | Communiqués de presse exploitant Articles de presse (La Dépêche, Midi Libre) |
| Effondrement | 03/12/2006 | Bondues | Nord | 0,08 | 1993 | Non | Sectionnement du mât puis effondrement d'une éolienne dans une zone industrielle | Tempête (vents mesurés à 137Kmh) | Article de presse (La Voix du Nord) |
| Rupture de pale | 31/12/2006 | Ally | Haute-Loire | 1,5 | 2005 | Oui | Chute de pale lors d'un chantier de maintenance visant à remplacer les rotors | Accident faisant suite à une opération de maintenance | Site Vent de Colère |
| Rupture de pale | mars-07 | Clitourps | Manche | 0,66 | 2005 | Oui | Rupture d'un morceau de pale de 4 m et éjection à environ 80 m de distance dans un champ | Cause non éclaircie | Site FED Interne exploitant |

| | | | | | | | | | |
|-----------------|------------|-------------------------------|------------------|------|------|------|---|---|---|
| Chute d'élément | 11/10/2007 | Plouvien | Finistère | 1,3 | 2007 | Non | Chute d'un élément de la nacelle (trappe de visite de 50 cm de diamètre) | Défaut au niveau des charnières de la trappe de visite. Correctif appliqué et retrofit des boulons de charnières effectué sur toutes les machines en exploitation. | Article de presse (Le Télégramme) |
| Emballlement | mars-08 | Dinéault | Finistère | 0,3 | 2002 | Non | Emballlement de l'éolienne mais pas de bris de pale | Tempête + système de freinage hors service (boulon manquant) | Base de données ARIA |
| Collision avion | avr-08 | Plouguin | Finistère | 2 | 2004 | Non | Léger choc entre l'aile d'un bimoteur Beechcraftch (liaison Ouessant-Brest) et une pale d'éolienne à l'arrêt. Perte d'une pièce de protection au bout d'aile. Mise à l'arrêt de la machine pour inspection. | Mauvaise météo, conditions de vol difficiles (sous le plafond des 1000m imposé par le survol de la zone) et faute de pilotage (altitude trop basse) | Articles de presse (Le Télégramme, Le Post) |
| Rupture de pale | 19/07/2008 | Erize-la-Brûlée - Voie Sacrée | Meuse | 2 | 2007 | Oui | Chute de pale et projection de morceaux de pale suite à un coup de foudre | Foudre + défaut de pale | Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain 22/07/2008) |
| Incendie | 28/08/2008 | Vauvillers | Somme | 2 | 2006 | Oui | Incendie de la nacelle | Problème au niveau d'éléments électroniques | Dépêche AFP 28/08/2008 |
| Rupture de pale | 26/12/2008 | Raival - Voie Sacrée | Meuse | 2 | 2007 | Oui | Chute de pale | | Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain) |
| Maintenance | 26/01/2009 | Clastres | Aisne | 2,75 | 2004 | Oui | Accident électrique ayant entraîné la brûlure de deux agents de maintenance | Accident électrique (explosion d'un convertisseur) | Base de données ARIA |
| Rupture de pale | 08/06/2009 | Bollène | Vaucluse | 2,3 | 2009 | Oui | Bout de pale d'une éolienne ouvert | Coup de foudre sur la pale | Interne exploitant |
| Incendie | 21/10/2009 | Froidfond - Espinassière | Vendée | 2 | 2006 | Oui | Incendie de la nacelle | Court-circuit dans transformateur sec embarqué en nacelle ? | Article de presse (Ouest-France) Communiqué de presse exploitant Site FED |
| Incendie | 30/10/2009 | Freyssenet | Ardèche | 2 | 2005 | Oui | Incendie de la nacelle | Court-circuit faisant suite à une opération de maintenance (problème sur une armoire électrique) | Base de données ARIA Site FED |
| Maintenance | 20/04/2010 | Toufflers | Nord | 0,15 | 1993 | Non | Décès d'un technicien au cours d'une opération de maintenance | Crise cardiaque | Article de presse (La Voix du Nord 20/04/2010) |
| Effondrement | 30/05/2010 | Port la Nouvelle | Aude | 0,2 | 1991 | Non | Effondrement d'une éolienne | Le rotor avait été endommagé par l'effet d'une survitesse. La dernière pale (entière) a pris le vent créant un balourd. Le sommet de la tour a plié et est venu buter contre la base entraînant la chute de l'ensemble. | Interne exploitant |
| Incendie | 19/09/2010 | Montjoyer-Rochefort | Drôme | 0,75 | 2004 | Non | Emballlement de deux éoliennes et incendie des nacelles. | Maintenance en cours, problème de régulation, freinage impossible, évacuation du personnel, survitesse de +/- 60 tr/min | Articles de presse Communiqué de presse SER-FEE |
| Maintenance | 15/12/2010 | Pouillé-les-Côteaux | Loire Atlantique | 2,3 | 2010 | Oui | Chute de 3 m d'un technicien de maintenance à l'intérieur de l'éolienne. L'homme de 22 ans a été secouru par le GRIMP de Nantes. Aucune fracture ni blessure grave. | | Interne SER-FEE |
| Transport | 31/05/2011 | Mesvres | Saône-et-Loire | - | - | - | Collision entre un train régional et un convoi exceptionnel transportant une pale d'éolienne, au niveau d'un passage à niveau. Aucun blessé | | Article de presse (Le Bien Public 01/06/2011) |
| Rupture de pale | 14/12/2011 | Non communiqué | N.c. | 2,5 | 2003 | Oui | Pale endommagée par la foudre. Fragments retrouvés par l'exploitant agricole à une distance n'excédant pas 300 m. | Foudre | Interne exploitant |
| Incendie | 03/01/2012 | Non communiqué | N.c. | 2,3 | 2006 | Oui | Départ de feu en pied de tour. Acte de vandalisme : la porte de l'éolienne a été découpée pour y introduire des pneus et de l'huile que l'on a essayé d'incendier. Le feu ne s'est pas propagé, dégâts très limités et restreints au pied de la tour. | Malveillance / incendie criminel | Interne exploitant |
| Rupture de pale | 05/01/2012 | Widehem | N.c. | 0,75 | 2000 | Non | Bris de pales, dont des fragments ont été projetés jusqu'à 380 m. Aucun blessé et aucun dégât matériel (en dehors de l'éolienne). | Tempête + panne d'électricité | Article de presse (La Voix du Nord 06/01/2012) Vidéo DailyMotion Interne exploitant |
| Maintenance | 06/02/2012 | Lehaucourt | Ainse | N.c. | N.c. | N.c. | au cours d'une opération de maintenance dans la nacelle d'une éolienne de 100 m de hauteur, un arc électrique (690 V) blesse deux sous-traitants, l'un gravement (brûlures aux mains et au visage) et l'autre légèrement (brûlures aux mains). Les victimes portaient leurs EPI lors des faits. Un accident similaire s'était produit en 2009 (ARIA 35814). | Non communiqué | Base de données ARIA |
| Rupture de pale | 11/04/2012 | SIGEAN | Aude | N.c. | N.c. | N.c. | Une éolienne se met en arrêt automatique suite à l'apparition d'un défaut à 10 h. Des agents de maintenance la réarment à 12h14. Un défaut de vibration apparaît 11 minutes plus tard. Sur place, les techniciens constatent la présence d'un impact sur le mât et la projection à 20 m d'un débris de pale long de 15 m. | foudre | Base de données ARIA |
| Chute de pale | 18/05/2012 | Chemin d'Ablis | Eure-et-Loir | 52 | 2008 | Oui | Chute d'une pale au pied d'une éolienne en plein champ | Corrosion | Base de données ARIA |
| Effondrement | 30/05/2012 | PORT-LA-NOUVELLE | Aude | 0,2 | 1991 | Non | Les rafales de vent à 130 km/h observées durant la nuit ont provoqué l'effondrement de la tour en treillis de 30 m de haut. Construit en 1991, l'aérogénérateur de 200 kW faisait partie des premières installations de ce type en France. Il était à l'arrêt pour réparations au moment des faits. Le site, ouvert au public, est sécurisé. | Tempête | Base de données ARIA |

| | | | | | | | | | |
|-----------------------------|------------|---------------------------|--------------|------|------|------|--|--|----------------------|
| Projection d'élément | 01/11/2012 | VIEILLESPESE | Cantal | 2,5 | 2011 | N.c. | Un élément de 400 g constitutif d'une pale d'éolienne est projeté à 70 m du mât, à l'intérieur de la parcelle clôturée du parc de 4 aérogénérateurs de 2,5 MW mis en service en 2011. | Non communiqué | Base de données ARIA |
| Incendie | 05/11/2012 | SIGEAN | Aude | 0,66 | N.c. | N.c. | Le feu s'est déclaré dans l'armoire électrique en pied d'éolienne. Un dysfonctionnement de disjoncteur situé sur l'éolienne a entraîné la propagation de courants de court-circuit faisant fondre les câbles et entraînant un départ d'incendie dans la nacelle. Un dysfonctionnement du frein de l'éolienne à la suite de la perte des dispositifs de pilotage résultant de l'incendie en pied pourrait avoir agi comme circonstance aggravante. | défaillance électrique | Base de données ARIA |
| Chute de pale | 06/03/2013 | CONILHAC-DE-LA-MONTAGNE | Aude | N.c. | N.c. | N.c. | A la suite d'un défaut de vibration détecté à 19h05, une éolienne se met automatiquement à l'arrêt. Sur place le lendemain à 9 h, des techniciens du constructeur trouvent au sol l'une des 3 pales qui s'est décrochée avant de percuter le mât. L'éolienne est mise en sécurité (2 pales restantes mises en drapeau, blocage du rotor, inspection du moyeu). Un périmètre de sécurité de 30 m est établi au pied de l'éolienne et la municipalité interdit l'accès à la zone. L'accident est déclaré à l'inspection des installations classées 48 h plus tard. L'une des pales de cette éolienne avait déjà connu un problème de fixation en novembre 2011. Les fixations de cette pale au moyeu avaient été remplacées et le serrage des vis des 2 autres avait été contrôlé en avril 2012. La veille du défaut de vibration, la machine s'était arrêtée après la détection d'un échauffement du frein et d'une vitesse de rotation excessive de la génératrice. Un technicien l'avait remise en service le matin même de l'accident sans avoir constaté de défaut. | Non communiqué | Base de données ARIA |
| Incendie | 17/03/2013 | EUVY | Marne | N.c. | 2011 | N.c. | Des usagers de la N4 signalent vers 15h30 un feu dans la nacelle d'une éolienne. L'exploitant arrête 7 des 17 aérogénérateurs du parc. Un périmètre de sécurité de 150 m est mis en place. Le sinistre émet une importante fumée. Une des pales tombe au sol, une autre menace de tomber. Des pompiers spécialisés dans l'intervention en milieux périlleux éteignent le feu en 1 h. 450 l d'huile de boîte de vitesse s'écoulent, conduisant l'exploitant à faire réaliser une étude de pollution des sols. Le parc, mis en service en 2011, avait déjà connu un incendie quelques mois plus tôt selon la presse. | défaillance électrique | Base de données ARIA |
| Déchirure de pale | 20/06/2013 | LABASTIDE-SUR-BESORGUES | Ardèche | N.c. | N.c. | N.c. | Un impact de foudre endommage vers 15h30 une éolienne : une pale est déchirée sur 6 m de longueur, le boîtier basse tension et le parafoudre en tête d'installation au poste de livraison sont détruits. Des installations du réseau électrique et téléphonique sont également endommagées. | foudre | Base de données ARIA |
| Maintenance | 01/07/2013 | CAMBON-ET-SALVERGUES | Hérault | N.c. | N.c. | N.c. | un opérateur est blessé par la projection d'une partie amovible de l'équipement sur lequel il intervient. L'intervention porte sur l'appoint en azote d'un accumulateur sous pression. Suite à cet accident l'exploitant modifie ses procédures de maintenance et renforce la formation des techniciens sur les aspects risques. Pour l'heure, il suspend les opérations de remplissage des accumulateurs dans les hubs d'éolienne et fait réaliser cette opération en atelier. Une modification des accumulateurs est également envisagée pour utiliser des modèles avec vanne intégrée. | défaillances organisationnelles | Base de données ARIA |
| Perte d'huile | 03/08/2013 | MOREAC | Morbihan | N.c. | N.c. | N.c. | Une nacelle élévatrice utilisée pour une intervention de maintenance sur une éolienne perd 270 l d'huile hydraulique. Le produit pollue le sol sur 80 m². 25 t de terres polluées sont excavées et envoyées en filière spécialisée. | incident de maintenance | Base de données ARIA |
| Incendie | 09/01/2014 | ANTHENY | Ardennes | N.c. | N.c. | N.c. | incendie de la nacelle (rotor intact) | incident électrique | Base de données ARIA |
| Chute de pale | 20/01/2014 | Sigean | Aude | N.c. | N.c. | N.c. | Arrêt automatique à la suite d'un défaut « vibration ». Chute d'une pale de 20 m au pied du mât | Non communiqué | Base de données ARIA |
| Chute de pale | 14/11/2014 | SAINT-CIRGUES-EN-MONTAGNE | Ardèche | N.c. | N.c. | N.c. | La pale d'une éolienne chute lors d'un orage. Des rafales de vent atteignent les 130 km/h. L'élément principal chute au pied de l'éolienne, mais certains débris sont projetés à 150 m. | Tempête | Base de données ARIA |
| Chute de pale | 05/12/2014 | FITOU | Aude | N.c. | N.c. | N.c. | L'extrémité d'une pale d'une éolienne est au sol. Il s'agit d'une des 2 parties de l'aéofrein de la pale. Cette partie, en fibre de verre, mesure 3 m de long. Elle est retrouvée à 80 m du mât. La seconde partie de l'aéofrein constitue sa partie mécanique interne. Ces éléments-là sont encore en place sur la pale. | Non communiqué En première approche, l'exploitant attribue l'incident à une défaillance matérielle ou à un décollage sur les plaques en fibre de verre. | Base de données ARIA |
| Incendie | 29/01/2015 | REMIGNY | Aines | N.c. | N.c. | Oui | A 6h25 un feu se déclare dans une éolienne. Celle-ci est automatiquement mise à l'arrêt sur alarme du détecteur de fumée. Sur place à 7h30, des employés constatent la présence de flammes et de fumée. Les 1 500 l d'eau utilisés pour le nettoyage sont pompés. L'éolienne n'était pas encore en exploitation, mais en phase de test. | Incident électrique. Un défaut d'isolation au niveau des connexions des conducteurs de puissance serait à l'origine du sinistre. Le câble mis en cause assure la jonction entre la base et le haut de la tour. Ce défaut aurait provoqué un arc électrique entre 2 phases ce qui aurait initié l'incendie. | Base de données ARIA |
| Incendie | 06/02/2015 | LUSSERAY | Deux-Sèvres | N.c. | N.c. | N.c. | Vers 15h30, un feu se déclare dans une éolienne, au niveau d'une armoire électrique où interviennent 2 techniciens. Ces derniers éteignent l'incendie avec 2 extincteurs. L'éolienne est hors service le temps des réparations. | Incident électrique | Base de données ARIA |
| Incendie | 24/08/2015 | SANTILLY | Eure-et-Loir | N.c. | N.c. | N.c. | Un feu se déclare vers 13h30 sur le moteur d'une éolienne situé à 90 m de hauteur. | Non communiqué | Base de données ARIA |
| Chute des pales et du rotor | 10/11/2015 | MENIL-LA-HORGNE | Meuse | N.c. | N.c. | N.c. | Vers 22h30, les 3 pales et le rotor d'une éolienne, dont la nacelle se situe à 85 m de haut, chutent au sol. Le transformateur électrique, à son pied, est endommagé. De l'huile s'en écoule mais reste confinée dans la rétention. Le centre de supervision à distance du parc constate la perte de communication avec l'éolienne. Il la découple du réseau. Le lendemain, les agents de maintenance constatent sur place la rupture du rotor. Ils sécurisent la zone. Les 6 autres éoliennes du parc sont mises à l'arrêt. Les débris, disséminés sur 4000 m², sont ramassés. | Selon l'exploitant, les premières constatations indiqueraient une défaillance de l'arbre lent, qui assure la jonction entre le rotor et la multiplicatrice. Elle trouverait son origine dans un défaut de fabrication de la pièce. Une non-conformité dans le processus de moulage de cette pièce de fonderie en acier est suspectée. Un défaut métallurgique, de type inclusion de laitier, aurait fragilisé la pièce et conduit à sa rupture par fatigue. Les contrôles réalisés sur les autres éoliennes du parc ont mis en | Base de données ARIA |

| | | | | | | | | | |
|---|------------|--------------------|---------------|------|------|------|--|--|----------------------|
| | | | | | | | | évidence que ce type de défaut était présent sur un des autres arbres lents, au même niveau que celui accidenté. | |
| Rupture de l'aérovein d'une pale | 07/02/2016 | CONILHAC-CORBIERES | Aude | N.c. | N.c. | N.c. | Vers 11h30, l'aérovein d'une des 3 pales d'une éolienne se rompt et chute au sol. L'exploitant procède à l'arrêt de l'ensemble du parc éolien à distance. Les secours sécurisent les lieux. | Les premières investigations indiqueraient qu'un point d'attache du système mécanique de commande de l'aérovein (système à câble) se serait rompu, ce qui aurait actionné l'ouverture de l'aérovein. Du fait des fortes charges présentes sur le rotor, l'axe en carbone qui maintient l'aérovein à la pale et/ou le point d'ancrage de cet axe, se serait alors rompu. Une campagne de contrôle des pales, aéroveins et de la chaîne de sécurité de chaque éolienne est réalisée. | Base de données ARIA |
| Chute des pales | 08/02/2016 | DINEAULT | Finistère | 0,3 | 1999 | non | Lors d'une tempête, des vents à 160 km/h endommagent une éolienne : une pale chute au sol, une autre se déchire. La pale rompue est retrouvée à 40 m du pied du mat. Dans les 2 cas, les manchons des pales sont restés arrimés au moyeu. L'exploitant met en sécurité les 4 éoliennes du parc. Les secours établissent un périmètre de sécurité de 350 m. | Tempête | Base de données ARIA |
| Chute des pales | 07/03/2016 | CALANHEL | Côtes d'Armor | 0,8 | N.c. | N.c. | Vers 18 h, une des pales d'une éolienne se rompt et chute à 5 m du pied du mât. La turbine s'arrête automatiquement. Le mât est endommagé dans sa partie haute, causé par un choc avec la pale, sans présenter de risque de chute. Les gros débris composés de matériaux composites et d'éléments mécaniques métalliques, ont été projetés sur 50 m, | A l'origine, une rupture du système d'orientation. L'inspection des éléments mécaniques au sol et du rotor permet d'envisager une défaillance du système d'orientation de la pale. Celle-ci aurait entraîné la rupture de la couronne extérieure du roulement à bille puis la libération de la couronne intérieure solidaire de la pale. L'éolienne avait fait l'objet d'une maintenance complète en septembre 2015. Son roulement ne présentait pas d'usure anormale. Cependant, une série d'alarmes était survenue le matin de l'événement. Une panne sur un groupe hydraulique avait nécessité l'intervention des équipes de maintenance. Après réparation, l'éolienne avait été redémarrée vers 14 h. | Base de données ARIA |
| Incendie | 10/08/2016 | HESCAMPS | Somme | 1 | 2008 | N.c. | Vers 15 h, un feu se déclare dans la partie haute d'une éolienne, au niveau du rotor (70m). | Une défaillance électrique serait à l'origine du départ de feu. | Base de données ARIA |
| Incendie | 18/08/2016 | DARGIES | Oise | 2 | 2014 | N.c. | Un technicien de maintenance d'un parc éolien constate vers 9 h qu'une éolienne ne tourne plus. Il découvre que de la fumée s'échappe de la tête de l'aérogénérateur, à 80 m de haut. | Une défaillance électrique serait à l'origine de l'incendie. L'armoire électrique ou le pupitre de commande en serait le point de départ. | Base de données ARIA |
| Rupture des pales d'une éolienne | 12/01/2017 | TUCHAN | Aude | 0,6 | 2002 | N.c. | Vers 4 h, au cours d'un épisode de vents violents, les 3 pales d'une éolienne chutent au sol. L'exploitant collecte les morceaux de fibre de carbone répartis autour du mat de 40 m de l'éolienne. Des impacts sur le mat sont visibles. L'éolienne, de 600 kW mise en service en 2002, était à l'arrêt pour maintenance suite à la casse totale de son arbre lent quelques jours auparavant. Cette rupture a eu pour conséquence le désaccouplement du rotor avec le multiplicateur, donc de rendre inopérant le frein mécanique. Bien que mise en position de sécurité (parallèle au vent et aérovein des pales activé), les vents à 25 m/s ont provoqué la rupture des pales à cause d'une vitesse de rotation excessive. | Après expertise, l'exploitant conclut que la cause la plus probable de la casse de l'arbre lent est un endommagement du roulement avant sur lequel l'arbre est posé. Cette défaillance aurait induite une contrainte importante en flexion sur la partie arrière, à l'entrée dans le multiplicateur, provoquant sa rupture. Aucune faiblesse n'est identifiée dans la structure de la matière de l'arbre. Les contrôles réalisés sur les autres installations de son parc ne détectent pas d'anomalie. | Base de données ARIA |
| Chute d'une pale d'une éolienne | 18/01/2017 | NURLU | Somme | N.c. | N.c. | N.c. | Une pale d'éolienne est tombée au sol et s'est brisée en plusieurs morceaux. Les 2/3 de la pale sont brisés, mais son armature est toujours en place. L'essentiel des débris se situe à moins de 90 m du mât. Les débris les plus lourds sont à moins de 27 m. | Selon la presse, la tempête survenue quelques jours auparavant pourrait être à l'origine de la chute. | Base de données ARIA |
| Rupture d'une pale | 27/02/2017 | LAVALLEE | Meuse | 2 | 2011 | N.c. | Lors d'un orage, la pointe d'une pale d'éolienne se rompt. L'extrémité, de 7 à 10 m, est retrouvée au sol, en 3 morceaux, à 200 m de l'éolienne. L'ensemble du parc éolien, qui compte 4 éoliennes de 2 MW et 80 m de haut, est mis à l'arrêt. Les débris sont ramassés et traités par une société spécialisée, pour expertise. Un orage violent s'est abattu sur la zone de 18 h à 18h30. À 18h07, l'alarme "vent fort" de l'éolienne voisine s'est déclenchée. L'alarme "capteur de vibration" de l'éolienne endommagée s'est déclenchée à la même heure. À 18h10, le réseau électrique a été coupé, provoquant la perte de liaison avec le parc éolien. | Déclenchement d'un violent orage qui, malgré la mise à l'arrêt de la machine, a entraîné la rupture de l'extrémité d'une pale. | Base de données ARIA |
| Rupture d'une pale et chute de morceaux de pale | 27/02/2017 | TRAYES | Deux-Sèvres | N.c. | N.c. | N.c. | Vers 22 h, le système d'exploitation d'un parc éolien émet des alarmes portant sur l'éolienne n°4 : mise à l'arrêt de l'éolienne et incohérence entre les vitesses de rotation du rotor et de l'arbre de la génératrice électrique. Le lendemain matin, l'exploitant constate sur place que les 7 derniers mètres d'une pale de 44 m, se sont désolidarisés. Plusieurs fragments de la pale sont projetés jusqu'à 150 m du mât, haut lui-même de 78 m. L'exploitant place les 5 éoliennes en position de sécurité et initie des expertises. Il collecte les débris et sécurise le site. | L'exploitant envisage les facteurs suivants, seuls ou combinés, comme cause du bris de pale : défaut au niveau du bord d'attaque de la pale ; impact de la foudre ; fortes rafales de vent. À l'issue des contrôles sur les 4 autres éoliennes du parc, 2 d'entre elles sont remises en service. Des défauts sont découverts sur les 2 autres : les plans de collages entre la poutre structurelle interne (le spar) et les demi-coques aérodynamiques (blade shells) présentent par endroits d'importantes zones de décohésion ; des fissurations, portant atteinte aux structures des coques aérodynamiques et des plans de collages des bords d'attaque et bords de fuite des pales, sont présentes ; des collecteurs de foudre (diverter strip) sont manquants ou endommagés à la pointe de certaines pales. L'exploitant s'engage à réaliser les réparations nécessaires avant la remise en service de ces 2 éoliennes. | Base de données ARIA |
| Incendie | 06/06/2017 | ALLONNES | Eure-et-Loir | N.c. | 2014 | N.c. | Vers 18 h, un feu se déclare dans la nacelle d'une éolienne. La nacelle et le rotor sont totalement calcinés. Une partie des pales ainsi que le haut du mât ont été touchés par l'incendie. Des éléments sont tombés au sol. | En première hypothèse, l'exploitant indique qu'un défaut des condensateurs du boîtier électrique, situé dans la | Base de données ARIA |

| | | | | | | | | | |
|---|------------|---------------------|----------------|-----|------|-----|--|---|----------------------|
| | | | | | | | Des coulures d'hydrocarbures sont constatées sur le mât. Les dégâts sont de nature à compromettre la stabilité mécanique du mât, de la nacelle, des pales et du rotor de l'éolienne. | nacelle, pourrait être à l'origine du sinistre. Il exclut la piste d'un impact de foudre. | |
| Chute d'une pale d'éolienne due à la foudre | 08/06/2017 | AUSSAC-VADALLE | Charente | N.c | 2010 | N.c | Durant la nuit lors d'un orage, une partie d'une pale d'une éolienne chute au sol. Le lendemain matin, l'exploitant arrête les 4 éoliennes de son parc. Il collecte les débris tombés dans une zone de 50 à 100 m du mât et met en place un balisage. Il avertit l'exploitant agricole propriétaire du champ où est installée l'éolienne. | L'expertise réalisée par le fabricant de la pale conclut qu'un impact de foudre est à l'origine de sa rupture. Survenu à 35 cm de l'extrémité, il a entraîné la rupture du bord de fuite, puis une déchirure du fragment. Le dispositif de protection contre la foudre ne montre pas de défaut. | Base de données ARIA |
| Chute d'une pale d'éolienne | 24/06/2017 | CONCHY-SUR-CANCHE | Pas-de-Calais | N.c | N.c | N.c | Vers 23h30, une pale d'une éolienne se brise au niveau de sa jonction avec le rotor dans un parc éolien. La pale chute à la verticale, au pied du mât. Les quelques débris projetés sont présents dans un rayon de 20 m. Le vent était faible au moment de l'événement. | Non communiqué | Base de données ARIA |
| Chute d'un aérofrein d'une éolienne | 17/07/2017 | FECAMP | Seine-Maritime | N.c | N.c | N.c | Vers 23h30, un aérofrein se détache d'une pale d'éolienne dans un parc éolien. Le lendemain matin, un agent de maintenance découvre l'équipement au pied du mât de 49 m. La clôture du site est endommagée. | L'exploitant conclut que le desserrage d'une vis anti-rotation a provoqué la chute de l'aérofrein. Un problème de montage, ou des vibrations en fonctionnement, en serait à l'origine. Il étudie l'opportunité d'augmenter la fréquence d'inspection des mécanismes de fixation des aérofreins ou leur modification, notamment pour fiabiliser l'action de la vis anti-rotation. | Base de données ARIA |
| Bris d'une pale d'éolienne | 05/08/2017 | PRIEZ | Aisne | N.c | N.c | N.c | Vers 3 h une pale d'éolienne se brise en son milieu et tombe au sol. Les débris sont retrouvés par l'exploitant au pied du mât le matin. Il en sécurise l'accès et fait surveiller la zone. L'inspection des installations classées demande la mise à l'arrêt de tous les aérogénérateurs du parc dans l'attente de la compréhension de l'événement. | Non communiqué | Base de données ARIA |
| Chute du carénage d'une éolienne | 08/11/2017 | ROMAN | Eure | N.c | N.c | N.c | En fin d'après-midi, le carénage de la pointe de la nacelle d'une éolienne tombe au sol dans un parc éolien. Cette pièce, en matériaux composites, mesure 2 m de diamètre et pèse plusieurs dizaines de kg. Elle supporte une armoire électrique. Les agents de maintenance, avertis par une alarme "arrêt automatique turbine" à 17h30, se rendent sur place le lendemain matin. Ils sécurisent l'accès à la zone et préviennent l'exploitant agricole de la parcelle. L'ensemble du parc éolien est mis à l'arrêt. | L'exploitant conclut que la chute du carénage est due à un défaut d'assemblage de ses boulonnages. La procédure n'aurait pas été respectée lors du montage des turbines. La tête de chaque boulon doit reposer sur 2 rondelles (l'une en vinyle, l'autre métallique) permettant de répartir les efforts. Il s'avère que les rondelles métalliques étaient absentes. Les contraintes étaient donc mal réparties et la fibre de verre s'est arrachée autour des rondelles vinyles. L'exploitant procède au contrôle des carénages des autres aérogénérateurs du parc. Aucun défaut n'est découvert. Il intègre la vérification des boulonnages de fixation du carénage à son plan d'inspection hebdomadaire. L'exploitation du parc éolien reprend le lundi 13. Le carénage accidenté est remplacé. | Base de données ARIA |
| Chute d'une éolienne lors d'une tempête | 01/01/2018 | BOUIN | Vendée | 2,5 | 2003 | N.c | En début de matinée lors d'une tempête, le mât d'une éolienne de 60 m de haut se brise en 2. Les 55 m supérieurs de l'éolienne chutent au sol. Des débris s'éparpillent sur une surface assez importante. Le rotor est enfoncé dans le sol. Les pompiers mettent en place un périmètre de sécurité. L'exploitant arrête les 7 autres éoliennes du parc et met en place un gardiennage. | L'exploitant réalise une expertise de l'éolienne mise en service en 2003, conjointement avec son fabricant. 3 jours avant l'accident, alors que le vent souffle à plus de 40 m/s, le contrôle de l'orientation des 3 pales de l'éolienne est perdu. Le système de contrôle des pales stoppe automatiquement la turbine. Les conditions météorologiques ne permettant pas d'intervention directe sur l'aérogénérateur, la situation est diagnostiquée à distance. À la suite d'une erreur d'interprétation des données, un opérateur place l'éolienne dans une position qui entraîne une augmentation rapide de la vitesse du rotor, dépassant la limite de sécurité. Les dispositifs de protection contre la survitesse s'activent, mais la machine ne s'arrête pas à cause d'une usure anormale des blocs de frein du système d'orientation des pales. Les charges mécaniques exercées sur le mât excèdent alors largement les limites de conception de l'éolienne, qui s'effondre. Les investigations de l'exploitant lui permettent de découvrir que le protocole des inspections de maintenance ne couvrait pas la liaison mécanique entre le moteur et les freins. L'usure de cet équipement n'a pas été détectée lors des contrôles annuels. Les autres éoliennes du site redémarrent après des vérifications spécifiques et le remplacement de leurs blocs de frein du système d'orientation des pales. | Base de données ARIA |
| Chute d'une pale d'éolienne | 04/01/2018 | NIXEVILLE-BLERCOURT | Meuse | 2 | N.c | N.c | Dans un parc éolien, l'extrémité d'une pale d'une éolienne de 2 MW se rompt lors d'un épisode venteux. Un morceau de 20 m chute au sol. L'exploitant sécurise la zone. Les morceaux les plus éloignés sont ramassés à 200 m. Un gardiennage est mis en place 24 h/24. | Episode venteux | Base de données ARIA |
| Chute de l'aérofrein d'une pale d'éolienne | 06/02/2018 | CONILHAC-CORBIERES | Aude | N.c | N.c | N.c | Vers 11h30, l'aérofrein d'une pale d'éolienne chute au sol dans un parc éolien. L'équipe technique présente sur site arrête l'aérogénérateur. La zone est sécurisée, les débris ramassés. | À la suite d'un défaut sur l'électronique de puissance, l'éolienne est passée en arrêt automatique par sollicitation du freinage aérodynamique. Lors de l'ouverture de l'aérofrein en bout de pale, son axe de fixation en carbone s'est rompu provoquant sa chute. | Base de données ARIA |

| | | | | | | | | Un accident similaire est survenu sur ce parc 2 ans auparavant. | |
|---|-------------|------------------|------------------|------|------|------|--|--|---|
| Incendie | 01/06/2018 | MARSANNE | Drôme | N.c. | N.c. | N.c. | Vers 2h30, un feu se déclare au pied d'une éolienne dans un parc composé de 7 aérogénérateurs. L'incendie se propage jusqu'à sa nacelle. Les pompiers placent des lances en prévention de l'extension du sinistre à la végétation car des morceaux incandescents chutent au sol. Ils maîtrisent l'incendie. La nacelle est entièrement brûlée ainsi que la base des pales mais celles-ci restent en place. Une deuxième éolienne fait également l'objet d'un départ de feu, mais celui-ci est resté confiné à sa base. | La gendarmerie conclut que l'origine de l'événement est criminelle : les portes d'accès aux éoliennes impliquées ont été fracturées et du combustible est découvert. L'exploitant estime les dégâts à 2 M€. | Base de données ARIA |
| Incendie | 05/06/2018 | AUMELAS | Hérault | N.c. | N.c. | N.c. | Un feu se déclare vers 18h45 dans la nacelle d'une éolienne de 70 m de haut. 10 minutes plus tard, l'exploitant découple à distance le parc éolien du réseau électrique. Des éléments de l'éolienne en feu chutent au sol. Les flammes se propagent en partie basse de l'aérogénérateur. Les pompiers laissent l'incendie se terminer sous surveillance mais placent des lances en prévention d'une propagation du sinistre à la végétation. La nacelle de l'aérogénérateur est presque totalement détruite. 50m ² de végétation ont brûlé. | Selon la presse, un dysfonctionnement électrique serait à l'origine de l'incendie. | Base de données ARIA |
| Chute des extrémités de deux pales d'une éolienne | 04/07/2018 | PORT-LA-NOUVELLE | Aude | N.c. | N.c. | N.c. | Vers 18 h, une avarie est constatée sur 2 des pales d'une éolienne : leurs extrémités se sont disloquées. Des éléments ont été projetés à 150 m du mât après s'être décrochées. L'exploitant met en place un périmètre de sécurité. L'aérogénérateur est mis en position de sécurité. Un gardiennage permanent est mis en œuvre le temps de l'évacuation de tous les débris (jusqu'au 08/07 20 h). | Non communiqué | Base de données ARIA |
| Incendie | 28/09/2018 | SAUVETERRE | Tarn | N.c. | N.c. | N.c. | Un incendie s'est déclaré au parc éolien situé près du col de Salettes à la limite des départements du Tarn, de l'Aude et de l'Hérault. Dans cette zone difficile d'accès et fortement boisée, les sapeurs-pompiers ont rapidement engagé de nombreux moyens ainsi qu'une cinquantaine de soldats du feu venus des centres de secours de Labastide-Rouairoux, Mazamet, Castres, Labruguière, Brassac, Sorèze, de l'Aude, de l'Hérault et du PC mobile de Saint-Juéry. Près de trois hectares ont été détruits mais plusieurs sapeurs-pompiers équipés de quatre véhicules étaient toujours sur place en fin d'après-midi et prévoyaient d'y rester toute la nuit afin d'éviter tout redépart de feu. | Selon les premières constatations effectuées par les gendarmes du PSIG de Saint-Amans, de la BR de Castres et de l'identification criminelle, un problème électrique dans le moteur d'une des éoliennes perché à 70 mètres de hauteur aurait provoqué cet incendie. | Article de presse (La Dépêche du 28/09/2018) |
| Effondrement d'une éolienne | 6-7/11/2018 | LA MARDELLE | Loiret | 3 | 2010 | N.c. | Cette éolienne culminant à 90 mètres de hauteur et pesant 50 tonnes s'est effondrée dans la nuit du mardi 6 au mercredi 7 novembre 2018, dans un champ situé entre Guigneville et Charmont-en-Beauce, au nord de Pithiviers (Loiret). Sa chute n'a fait aucun blessé, ni endommagé les 15 autres éoliennes du parc de la Mardelle, exploité par l'entreprise EDP Renewables. Une distance de sécurité de 500 mètres est en effet requise entre chaque éolienne, rappelle la République du Centre, qui précise que l'alerte a été donnée ce mercredi matin par des habitants de Guigneville. | "Le système de freinage aérodynamique de l'éolienne, régulant la rotation du rotor, ne s'est pas enclenché et a ainsi entraîné une rotation trop rapide des pales, explique EDPR dans un communiqué, sans préciser les raisons de cette panne. Ce fonctionnement anormal a généré une surcharge sur la structure provoquant la chute de la machine". Pour résumer, l'éolienne s'est emballée. Météo France n'avait pourtant relevé aucun épisode de vent violent sur cette zone à ce moment-là. | Articles de presse (France 3 - Centre-Val de Loire du 20/12/2018 et La Nouvelle République du 07/11/2018) |
| Chute de pale | 19/11/2018 | OLLEZY | Aisne | N.c. | N.c. | N.c. | Dans la matinée de ce lundi 19 novembre, une pale d'éolienne s'est décrochée pour une raison indéterminée à Ollezy, un village situé à une vingtaine de kilomètres de Saint-Quentin à la frontière de la Somme. Pour sécuriser les lieux, un périmètre de sécurité a été installé et une société de gardiennage devrait être mobilisée pour éviter toute intrusion sur le site. | Non communiqué | Article de presse (L'Aisne du 19/11/2018) |
| Incendie | 2-3/01/2019 | LA LIMOUZINIÈRE | Loire-Atlantique | N.c. | N.c. | N.c. | Vers minuit, un feu se déclare au niveau de la nacelle d'une éolienne de 78 m de haut. De nombreux débris enflammés tombent au sol. Un feu se déclare au pied de l'aérogénérateur. La nacelle de l'éolienne est détruite ainsi que le base des 3 pales. Des traces d'huile hydraulique sont présentes jusqu'à 100 m du pied du mât. | Une avarie sur la génératrice de l'éolienne semble à l'origine de l'incendie. Celle-ci avait été bridée à 50 % de sa puissance depuis une quinzaine de jours à la suite de la détection d'une usure de roulement par le système de surveillance vibratoire. Une intervention de maintenance, effectuée le 28/12, avait mis fin à ces vibrations caractéristiques d'un défaut de roulement. Cependant, des signes de défilage avaient fait leur apparition. Selon l'exploitant, l'analyse du système de surveillance mettrait en évidence un phénomène harmonique à la fréquence de rotation de la génératrice. | Base de données ARIA Article de presse (actu.fr du 4/01/2019) |
| Effondrement | 23/01/2019 | BOUTAVENT | Oise | 1,2 | 2011 | N.c. | Pliage d'un mât d'une éolienne | Mercredi 23 janvier, en début d'après-midi, le mât en acier d'une éolienne, située entre les communes de Campeaux et Boutavent, s'est cassé après un emballement des pales et une défaillance du système de ralentissement. Selon l'exploitant, l'absence de passage en position de sécurité des pales est dû à une chute de tension au niveau des batteries pilotant la rotation des pales en cas de coupure de l'alimentation électrique. | Base de données ARIA Article de presse (Courrier Picard du 24/01/2019) |
| Chute de pale | 30/01/2019 | ROQUETAILLA DE | Aude | N.c. | N.c. | N.c. | Vers 13 h, une pale d'une éolienne se rompt et chute au sol. | Non communiqué | Base de données ARIA Article de presse (20 minutes du 19/02/2019) |
| Incendie | 20/01/2019 | ROUSSAS | Drôme | N.c. | N.c. | N.c. | Dans la nuit, un feu se déclare sur 2 éoliennes d'un parc composé de 12 aérogénérateurs. Les éoliennes sont lourdement endommagées. | Acte de malveillance | Base de données ARIA |
| Chute de pale | 17/01/2019 | BAMBIDERSTR OFF | Moselle | N.c. | N.c. | N.c. | Vers 15 h dans un parc éolien, une pale d'éolienne se rompt. 2 morceaux chutent au sol, l'un de 5 m (coque) et l'autre de 28 m (fibre de verre). Ce dernier est projeté à 100 m de l'éolienne. | Un défaut d'adhérence (manque de matière) entre la coque en fibre de verre et le cœur de la pale serait à l'origine de cette rupture. | Base de données ARIA |
| Chute d'aérofrenes en bout de pale d'une éolienne | 04/09/2019 | ESCALES | Aude | N.c. | N.c. | N.c. | A 19h38, l'arrêt d'urgence d'une éolienne se déclenche sans cause identifiée. L'arrêt de l'éolienne est anormalement brutal si bien que deux aérofrenes se | Non communiqué | Base de données ARIA |

| | | | | | | | détachent d'une des pales de l'éolienne, l'un étant retrouvé à 5 m du pied de l'éolienne, l'autre à 65 m. | | |
|--|------------|----------------------------|----------|------|------|------|--|--|----------------------|
| Impact de foudre sur une pale d'éolienne | 03/07/2019 | SIGEAN | Aude | N.c. | N.c. | N.c. | A 18 h, une éolienne d'un parc s'arrête automatiquement à la suite d'une alarme vibration provoquée par un impact de foudre. Le lendemain, à 10 h, l'exploitant constate un impact sur le milieu de la pale et une ouverture du bout de pale sur 2 m. | Foudre | Base de données ARIA |
| Chute d'un bout de pale d'une éolienne | 27/06/2019 | CHARLY-SUR-MARNE | Aisne | N.c. | N.c. | N.c. | Vers 9 h, deux techniciens intervenant sur une éolienne pour maintenance constatent qu'une pale d'une autre éolienne présente un angle anormal. Ils demandent au centre de maintenance l'arrêt à distance de cette éolienne. Vers 9h30, lors de la mise à l'arrêt, le bout de la pale abîmée est projeté en 2 morceaux, l'un à 15 m de l'éolienne, l'autre à 100 m dans l'enceinte du parc éolien. Chaque morceau correspond à une face de la pale. À la demande des techniciens, l'éolienne est arrêtée à distance. | Après expertise de la pale, il est constaté un contact inadéquat de la coque côté extrados et des bords avec l'adhésif du longeron. | Base de données ARIA |
| Feu de moteur d'éolienne | 25/06/2019 | AMBON | Morbihan | N.c. | N.c. | N.c. | Vers 15h45, lors d'une opération de maintenance au niveau du système d'orientation des pales d'une éolienne, un feu se déclare au niveau de la nacelle de cette éolienne. Voyant des étincelles, les techniciens alertent les secours. Le parc est mis à l'arrêt. Des éléments structurels de l'éolienne chutent au sol. L'incendie est maîtrisé vers 18h50. | maintenance en cours suite à la suite d'une remontée d'alarme concernant le blocage des freins d'orientation de la nacelle | Base de données ARIA |
| Incendie sur une éolienne | 18/06/2019 | QUESNOY-SUR-AIRAINES | Somme | N.c. | N.c. | N.c. | Vers 17 h, un feu se déclare sur une éolienne. Les équipes de maintenance du site maîtrisent l'incendie. Les pompiers alertés par le parc éolien réalisent des contrôles thermiques pour confirmer l'extinction. | Maintenance en cours court-circuit sur un condensateur | Base de données ARIA |
| Eolienne touchée par la foudre | 02/04/2019 | EQUANCOURT | Somme | N.c. | N.c. | N.c. | L'impact de foudre a endommagé le revêtement de la pale, proche de la base, sur 5 000 cm ² . Le lendemain matin, un expert de la société de fabrication et maintenance de l'éolienne inspecte l'équipement et la pale endommagée. Il estime qu'il n'y a pas de risque d'aggravation des dégâts ni de chute de composants tant que l'éolienne reste à l'arrêt avec les pales mises en drapeau. Une autre inspection les jours suivants permet de confirmer qu'aucune autre des éoliennes n'a été touchée par la foudre. La pale est déposée pour la réparer. | Foudre | Base de données ARIA |
| Fissurations sur des roulements de pales d'éoliennes | 12/02/2019 | AUTECHAUX | Doubs | N.c. | N.c. | N.c. | A la suite d'une fissuration constatée sur une bague extérieure de roulement de pale d'une éolienne d'un parc éolien de même technologie hors de France, l'exploitant réalise des inspections de cette pièce sur 3 de ses parcs éoliens comprenant 43 éoliennes. Ces contrôles mettent en évidence 6 fissurations sur des roulements de pale, positionnés entre la base de la pale et le moyeu. Ces roulements permettent la rotation de la pale sur elle-même pour les orienter face au vent et lancer, ajuster ou stopper la production. Les 6 fissures sont précisément localisées au niveau des goupilles coniques et trous de remplissage du roulement utilisés lors de l'assemblage des billes de roulement pendant la fabrication de la pièce. Sur les 6 fissures, 5 sont partielles (bague extérieure fissurée sur une partie seulement de sa section transversale) et 1 complète (bague extérieure fissurée sur l'ensemble de sa section transversale). | L'origine des fissurations serait un défaut d'alésage qui, sous contrainte, conduirait à une fissuration par fatigue de la bague au niveau d'une zone d'amorçage propice constituée par les trous d'introduction des billes dans les roulements. | Base de données ARIA |
| Chute d'une pale d'éolienne | 30/01/2019 | ROQUETAILLA-DE-ET-CONILHAC | Aude | N.c. | N.c. | N.c. | Vers 13 h, une pale d'une éolienne se rompt et chute au sol. Plusieurs vis provenant du moyeu à roulement de la pale sont retrouvées au sol. L'exploitant ne constate pas de dommage structurel sur le reste de l'éolienne. Le mat est intact, ainsi que les fondations. Certaines des vis retrouvées au sol présentent des ruptures franches, des éléments distinctifs de fatigue et des traces de corrosion. | Cette corrosion pourrait avoir été engendrée par une précharge insuffisante lors du serrage. | Base de données ARIA |
| Chute d'éléments | 28/11/2019 | HANGEST-EN-SANTERRE | 80 | N.c. | N.c. | N.c. | Dans un parc éolien, le capot se situant à l'extrémité de la nacelle d'une éolienne se décroche et tombe au sol. L'éolienne concernée ainsi que l'ensemble du parc sont mis à l'arrêt. L'exploitant et l'opérateur de maintenance inspectent l'éolienne et l'ensemble du parc. | N.c. | Base de données ARIA |
| Chute de pale | 09/12/2019 | LA FORET-DE-TE SSE | 16 | N.c. | N.c. | N.c. | A 18 h, un riverain constate la chute d'un bout de pale d'environ 7 m d'une des 12 éoliennes du parc. L'éolienne concernée s'arrête. L'exploitant met en sécurité les 11 autres éoliennes. Un périmètre de sécurité de 150 m et une surveillance sont mis en place pour interdire l'accès au public. La pale s'est brisée en 3 morceaux principaux (2 points de rupture à environ 16,5 m et 47 m de la racine de la pale). Des débris solides (fibres de verre, fibres de carbone, PVC) ont été projetés sur 2 parcelles agricoles aux alentours. Un morceau de 30 m initialement resté accroché à la racine de la pale tombe 48h plus tard suite aux forts vents. Le ramassage des débris ainsi que le bâchage des 2 plus gros morceaux de pale au sol afin d'éviter l'éparpillement de nouveaux débris sont réalisés. | L'exploitant recherche les causes de cette rupture sachant qu'aucun emballement du rotor n'a été détecté dans les secondes qui ont précédé l'incident. Le lot de fabrication de la pale sinistrée est identifié par le constructeur. Les contrôles réalisés le lendemain du sinistre sur l'ensemble des 11 autres éoliennes n'identifient pas de dommage, d'imperfection ou de trace de foudroiement. La dernière inspection du constructeur réalisée par drone 8 mois plus tôt n'avait révélé aucun défaut. | Base de données ARIA |
| Incendie | 16/12/2019 | POINVILLE | 28 | N.c. | N.c. | N.c. | Vers 12h30, un feu sans flamme se déclare sur une éolienne d'un parc éolien. A 13h10, de la fumée blanche est constatée. Les pompiers mettent en place un périmètre de sécurité et surveillent l'équipement. A 15h54, il n'y a plus de fumée, les pompiers inspectent la machine en pied et quittent le site vers 17 h. Aucune destruction extérieure, chute d'élément ou fuite de fluide n'est à déplorer. Seules les gaines protectrices des câbles de puissance ont brûlé sur 10 m de long. | L'expert en assurance suppose une combustion sans flamme et estime la température atteinte en nacelle en dessous de 100 °C. L'exploitant inspecte toutes les autres éoliennes du même type. Il transmet l'information au fabricant et à la filiale. | Base de données ARIA |
| Incendie | 17/12/2019 | AMBONVILLE | 52 | N.c. | N.c. | N.c. | A 14h20, un feu se déclare en partie basse d'une éolienne. Les pompiers interviennent à l'aide d'un extincteur à poudre. | Défaillance électrique | Base de données ARIA |
| Rupture d'une pale d'éolienne lors du passage d'une tempête | 09/02/2020 | BEAUREVOIR | 2 | N.c. | N.c. | N.c. | Dans la nuit, une pale d'une éolienne se brise lors du passage de la tempête Ciara. L'exploitant se rend sur place pour sécuriser la zone. L'éolienne était à l'arrêt, pour une opération de maintenance, au moment de la tempête. L'exploitant place la pale endommagée en position basse, ôte les débris qui peuvent se détacher et met à l'arrêt les autres machines du parc. Des débris de pales en fibre de verre sont projetés dans les champs jusqu'à plusieurs centaines de mètres en raison des vents importants au moment de la rupture. Certains débris traversent une route | -. Vent | Base de données ARIA |

| | | | | | | | départementale. D'après l'exploitant, les conditions météorologiques durant le week-end sont à l'origine de la rupture de la pale. | | |
|---|------------|----------------------|----|------|------|------|---|--|----------------------|
| Incendie sur une éolienne | 29/02/2020 | BOISBERGUES | 80 | N.c. | N.c. | N.c. | Vers 13h25, un feu se déclare au niveau du moteur d'une éolienne. L'électricité est coupée et l'éolienne est mise à l'arrêt. Un technicien et le groupe d'intervention en milieu périlleux des pompiers sont sur place. Le feu est resté sur le mât sans atteindre les pâles. L'éolienne est hors-service. L'incendie est probablement dû à une fuite d'huile. | - | Base de données ARIA |
| Incendie d'une nacelle d'une éolienne | 24/03/2020 | FLAVIN | 12 | N.c. | N.c. | N.c. | A 9h40, un feu se déclare au niveau de la nacelle d'une éolienne. Un riverain alerte les pompiers qui préviennent l'exploitant. A 9h42, l'exploitant perd la communication avec l'éolienne. La caméra du site confirme l'incendie. Le disjoncteur est ouvert à distance. Les pompiers mettent en place un périmètre de sécurité. A 12 h, l'incendie est terminé. Les 4 autres éoliennes sont arrêtées. Dès le lendemain, l'exploitant met en place un gardiennage par une société extérieure et une surveillance permanente à distance via une caméra. Il analyse les systèmes de surveillance du fonctionnement de l'éolienne pour identifier l'origine de l'incendie et définir les mesures à mettre en oeuvre. L'éolienne était en fonctionnement normal et les conditions météorologiques peu contraignantes au moment de l'incident. Des coulures d'huiles sont visibles sur la partie supérieure du mât mais aucune pollution du sol n'est constatée. L'incendie est limité à la nacelle et au rotor. | - | Base de données ARIA |
| Rupture d'une pale sur une éolienne | 26/02/2020 | THEIL-RABIER | 16 | N.c. | N.c. | N.c. | Une pale d'éolienne se rompt sur un parc comportant 12 éoliennes. L'éolienne s'arrête en sécurité et le reste des machines du parc sont mises à l'arrêt à distance par l'exploitant. Le morceau principal reste accroché à la base de la pale. Des fragments de fibre sont retrouvés au sol au pied de la machine. L'exploitant fait intervenir le constructeur pour réaliser une expertise. Le lot de fabrication de la pale sinistrée est identifié par le constructeur. L'hypothèse de rupture est liée à un défaut interne de la pale. Une pale d'une autre éolienne s'est brisée sur le même site 2 mois auparavant, provoquant l'arrêt du parc pendant près d'un mois (ARIA 54810). Le contrôle visuel réalisé à la suite de cet événement sur l'ensemble du parc n'avait rien révélé sur la pale impliquée. | - | Base de données ARIA |
| Chute d'un joint de pale d'une éolienne | 22/01/2020 | SAINT-SEINE-L'ABBAYE | 21 | N.c. | N.c. | N.c. | Au cours d'une patrouille de routine à 11 h, un gendarme trouve un joint de pale au pied d'une éolienne. Il contacte l'exploitant par le numéro d'urgence. L'entreprise de maintenance se rend sur place pour récupérer l'équipement. L'incident est sans conséquence, le joint permet principalement de diminuer les turbulences au niveau du rotor. Ce joint de pale avait glissé sur le premier mètre de la pale 2 semaines plus tôt et une intervention était prévue la semaine de l'évènement. L'évènement est causé par une défaillance du collier de serrage sous dimensionné par rapport aux contraintes dans le temps. Le joint de pale se compose de trois parties distinctes. Chaque partie est boulonnée à la plaque d'à coté afin d'englober tout le tour de la pale. L'ensemble est fixé par un collier métallique autour de la pale et des colliers auto-serrant en plastique. Le collier métallique englobant la pale a "travaillé" avec le temps et n'a plus rempli son rôle de serrage. L'exploitant précise que l'évènement peut être lié aux conditions de vent élevées lors de la rupture. L'exploitant programme une intervention pour remettre en place le joint de pale avec une nouvelle fixation et renforce l'information des techniciens sur la vérification du serrage des fixations lors des maintenances périodiques. Il améliore également le délai d'intervention lors de la détection de glissement des joints. | Organisation du travail et encadrement, Choix des équipements et procédés, Organisation des contrôles | Base de données ARIA |
| Pliure d'une éolienne | 30/04/2020 | PLOUARZEL | 29 | N.c. | 2001 | Non | Une pale de 20 m de long d'une des 5 éoliennes d'un parc éolien présente une pliure. De forts craquements sont audibles à 300 m de l'éolienne. Une partie de 1,5 m chute au sol. Un technicien sur place pour une intervention constate l'avarie vers 11h20. Le responsable d'exploitation et une équipe arrêtent et mettent en sécurité les 5 éoliennes du parc. Un gardiennage 24h/24 et un périmètre de sécurité de 50 à 60 m sont mis en place. Le périmètre est renforcé par un arrêté municipal qui interdit l'accès au chemin rural. Quatre jours après le constat, l'exploitant bloque mécaniquement le rotor afin de réduire les efforts mécaniques sur les structures mobiles de l'éolienne. Les travaux de réparation de la pale endommagée nécessitent l'installation d'une plateforme pour grue. Elle est mise en place 13 jours après l'incident. L'exploitant organise des vérifications avant de pouvoir remettre en service le parc. Les mesures de sécurité doivent être maintenues tant que la pale n'est pas démontée. | La pale endommagée présente une détérioration à mi-longueur. Des traces de choc sur le mât sont visibles, la pale a probablement heurté plusieurs fois le mât avant de se briser. Des débris de fibres de verre et de colle sont présents dans un rayon de 60 m autour de l'éolienne. L'exploitant collecte ces déchets. Le système de surveillance de l'éolienne n'a pas détecté les chocs de la pale sur le mât, ni de déséquilibre dans la rotation des pâles. L'exploitant confirme que l'éolienne, âgée de 20 ans, n'est pas dotée de dispositif de balourd. D'après les premiers éléments d'analyse de l'exploitant, l'éventualité d'un impact de foudre n'est pas écartée, ou d'une mauvaise orientation des pâles, qui a pu entraîner un défaut généralisé. L'inspection des installations classées avance l'hypothèse de coups de vents à répétition dans la zone d'implantation, dont la vitesse serait supérieure à celle à l'origine du dimensionnement de l'éolienne, et qui auraient pu avoir fatigué prématurément les pâles. | Base de données ARIA |
| Chute au sol d'une pale complète d'éolienne | 27/06/2020 | PLEMET | 22 | | | | Un samedi, vers 10 h, une pale de 10 t se détache du rotor d'une éolienne dans un parc éolien composé de 8 machines. L'exploitant reçoit des alarmes sur son système de sécurité. Un passant alerte la gendarmerie qui sécurise la zone et interdit l'accès à l'éolienne. L'ensemble du parc est mis à l'arrêt. Sur place vers 13 h, l'exploitant poursuit la mise en sécurité du site. Un gardiennage est mis en place à partir de 20 h pour une durée d'une semaine et poursuivi si nécessaire. L'exploitant réalise, 2 jours après la chute, une inspection visuelle par drone de l'ensemble de l'éolienne et des champs alentours. Des débris de pale (plastique, résine, carbone, fibre de verre, bois, composite...) | La pale a glissé le long des tiges métalliques qui la relient au rotor. Une perte d'adhérence entre les inserts métalliques de liaison du pied de la pale au moyeu du rotor a conduit à la chute de la pale. Cette déviation avait été identifiée par le constructeur en 2018 sur un lot spécifique de pâles identifiées par leur numéro de série. Des critères d'acceptation du défaut ont été définis et le constructeur a mis en place des contrôles réguliers par ultrasons afin de vérifier ces critères sur le lot de pâles | Base de données ARIA |

sont retrouvés au sol dans un rayon de 40 m. Une partie des cultures (maïs) du champ attenant a été endommagée. Une société spécialisée collecte et traite les déchets.

concernés. Le dernier contrôle effectué 2 mois avant l'incident, sur la pale, n'a pas mis en évidence de dégradations. L'analyse des conditions météorologiques sur le secteur du parc le jour de l'incident montre que la rupture d'adhérence est survenue de manière prématurée à la suite de l'accumulation de phénomènes de charge : vents violents, rafales, turbulences, changement de mode de production dû au bridage acoustique.

J.4 Scénarios génériques issus de l'analyse préliminaire des risques

Cette partie apporte un certain nombre de précisions par rapport à chacun des scénarios étudiés par le groupe de travail technique dans le cadre de l'analyse préliminaire des risques.

Le tableau générique issu de l'analyse préliminaire des risques est présenté dans la partie G.4. de la trame type de l'étude de dangers. Il peut être considéré comme représentatif des scénarios d'accident pouvant potentiellement se produire sur les éoliennes et pourra par conséquent être repris à l'identique dans les études de dangers.

La numérotation des scénarios ci-dessous reprend celle utilisée dans le tableau de l'analyse préliminaire des risques, avec un regroupement des scénarios par thématique, en fonction des typologies d'événement redoutés centraux identifiés grâce au retour d'expérience par le groupe de travail précédemment cité (« G » pour les scénarios concernant la glace, « I » pour ceux concernant l'incendie, « F » pour ceux concernant les fuites, « C » pour ceux concernant la chute d'éléments de l'éolienne, « P » pour ceux concernant les risques de projection, « E » pour ceux concernant les risques d'effondrement).

J.4-1. Scénarios relatifs aux risques liés à la glace (G01 et G02)

■ Scénario G01

En cas de formation de glace, les systèmes de préventions intégrés stopperont le rotor. La chute de ces éléments interviendra donc dans l'aire surplombée par le rotor, le déport induit par le vent étant négligeable.

Plusieurs procédures/systèmes permettront de détecter la formation de glace :

- Système de détection de glace
- Arrêt préventif en cas de déséquilibre du rotor
- Arrêt préventif en cas de givrage de l'anémomètre.

■ Scénario G02

La projection de glace depuis une éolienne en mouvement interviendra lors d'éventuels redémarrage de la machine encore « glacée », ou en cas de formation de glace sur le rotor en mouvement simultanément à une défaillance des systèmes de détection de givre et de balourd.

Aux faibles vitesses de vents (vitesse de démarrage ou « cut in »), les projections resteront limitées au surplomb de l'éolienne. A vitesse de rotation nominale, les éventuelles projections seront susceptibles d'atteindre des distances supérieures au surplomb de la machine.

J.4-2. Scénarios relatifs aux risques d'incendie (I01 à I07)

Les éventuels incendies interviendront dans le cas ou plusieurs conditions seraient réunies (Ex : Foudre + défaillance du système parafoudre = Incendie).

Le moyen de prévention des incendies consiste en un contrôle périodique des installations.

Dans l'analyse préliminaire des risques seulement quelques exemples vous sont fournis. La méthodologie suivante pourra aider à déterminer l'ensemble des scénarios devant être regardé :

- Découper l'installation en plusieurs parties : rotor, nacelle, mât, fondation et poste de livraison ;
- Déterminer à l'aide de mot clé les différentes causes (cause 1, cause 2) d'incendie possibles.

L'incendie peut aussi être provoqué par l'échauffement des pièces mécaniques en cas d'emballement du rotor (survitesse). Plusieurs moyens sont mis en place en matière de prévention :

- Concernant le défaut de conception et fabrication : Contrôle qualité
- Concernant le non-respect des instructions de montage et/ou de maintenance : Formation du personnel intervenant, Contrôle qualité (inspections)

- Concernant les causes externes dues à l'environnement : Mise en place de solutions techniques visant à réduire l'impact. Suivant les constructeurs, certains dispositifs sont de série ou en option. Le choix des options est effectué par l'exploitant en fonction des caractéristiques du site.

L'emballement peut notamment intervenir lors de pertes d'utilités. Ces pertes d'utilités peuvent être la conséquence de deux phénomènes :

- Perte de réseau électrique : l'alimentation électrique de l'installation est nécessaire pour assurer le fonctionnement des éoliennes (orientation, appareils de mesures et de contrôle, balisage, ...) ;

Perte de communication : le système de communication entre le parc éolien et le superviseur à distance du parc peut être interrompu pendant une certaine durée.

Concernant la perte du réseau électrique, celle-ci peut être la conséquence d'un défaut sur le réseau d'alimentation du parc éolien au niveau du poste source. En fonction de leurs caractéristiques techniques, le comportement des éoliennes face à une perte d'utilité peut être différent (fonction du constructeur). Cependant, deux systèmes sont couramment rencontrés :

- Déclenchement au niveau du rotor du code de freinage d'urgence, entraînant l'arrêt des éoliennes ;
- Basculement automatique de l'alimentation principale sur l'alimentation de secours (batteries) pour arrêter les aérogénérateurs et assurer la communication vers le superviseur.

Concernant la perte de communication entre le parc éolien et le superviseur à distance, celle-ci n'entraîne pas d'action particulière en cas de perte de la communication pendant une courte durée.

En revanche, en cas de perte de communication pendant une longue durée, le superviseur du parc éolien concerné dispose de plusieurs alternatives dont deux principales :

- Mise en place d'un réseau de communication alternatif temporaire (faisceau hertzien, agent technique local...);
- Mise en place d'un système autonome d'arrêt à distance du parc par le superviseur.

J.4-3. Scénarios relatifs aux risques de fuites (F01 à F02)

Les fuites éventuelles interviendront en cas d'erreur humaine ou de défaillance matérielle.

Une attention particulière est à porter aux mesures préventives des parcs présents dans des zones protégées au niveau environnemental, notamment en cas de présence de périmètres de protection de captages d'eau potable (identifiés comme enjeux dans le descriptif de l'environnement de l'installation). Dans ce dernier cas, un hydrogéologue agréé devra se prononcer sur les mesures à prendre en compte pour préserver la ressource en eau, tant au niveau de l'étude d'impact que de l'étude de danger. Plusieurs mesures pourront être mises en place (photographie du fond de fouille des fondations pour montrer que la nappe phréatique n'a pas été atteinte, comblement des failles karstiques par des billes d'argile, utilisation de graisses végétales pour les engins, ...).

■ Scénario F01

En cas de rupture de flexible, perçage d'un contenant ..., il peut y avoir une fuite d'huile ou de graisse ... alors que l'éolienne est en fonctionnement. Les produits peuvent alors s'écouler hors de la nacelle, couler le long du mât et s'infiltrer dans le sol environnant l'éolienne.

Plusieurs procédures/actions permettront d'empêcher l'écoulement de ces produits dangereux :

- Vérification des niveaux d'huile lors des opérations de maintenance
- Détection des fuites potentielles par les opérateurs lors des maintenances
- Procédure de gestion des situations d'urgence

Deux événements peuvent être aggravants :

- Ecoulement de ces produits le long des pales de l'éolienne, surtout si celle-ci est en fonctionnement. Les produits seront alors projetés aux alentours.
- Présence d'une forte pluie qui dispersa rapidement les produits dans le sol.

■ Scénario FO2

Lors d'une maintenance, les opérateurs peuvent accidentellement renverser un bidon d'huile, une bouteille de solvant, un sac de graisse ... Ces produits dangereux pour l'environnement peuvent s'échapper de l'éolienne ou être renversés hors de cette dernière et infiltrer les sols environnants.

Plusieurs procédures/actions permettront d'empêcher le renversement et l'écoulement de ces produits :

- Kits anti-pollution associés à une procédure de gestion des situations d'urgence
- Sensibilisation des opérateurs aux bons gestes d'utilisation des produits

Ce scénario est à adapter en fonction des produits utilisés.

Événement aggravant : fortes pluies qui disperseront rapidement les produits dans le sol.

J.4-4. Scénarios relatifs aux risques de chute d'éléments (Co1 à Co3)

Les scénarios de chutes concernent les éléments d'assemblage des aérogénérateurs : ces chutes sont déclenchées par la dégradation d'éléments (corrosion, fissures, ...) ou des défauts de maintenance (erreur humaine).

Les chutes sont limitées à un périmètre correspondant à l'aire de survol.

J.4-5. Scénarios relatifs aux risques de projection de pales ou de fragments de pales (Po1 à Po6)

Les événements principaux susceptibles de conduire à la rupture totale ou partielle de la pale sont liés à 3 types de facteurs pouvant intervenir indépendamment ou conjointement :

- Défaut de conception et de fabrication
- Non-respect des instructions de montage et/ou de maintenance
- Causes externes dues à l'environnement : glace, tempête, foudre...

Si la rupture totale ou partielle de la pale intervient lorsque l'éolienne est à l'arrêt on considère que la zone d'effet sera limitée au surplomb de l'éolienne

L'emballage de l'éolienne constitue un facteur aggravant en cas de projection de tout ou partie d'une pale. Cet emballage peut notamment être provoqué par la perte d'utilité décrite au 2.2 de la présente partie C (scénarios incendies).

■ Scénario Po1

En cas de défaillance du système d'arrêt automatique de l'éolienne en cas de survitesse, les contraintes importantes exercées sur la pale (vent trop fort) pourraient engendrer la casse de la pale et sa projection.

■ Scénario Po2

Les contraintes exercées sur les pales - contraintes mécaniques (vents violents, variation de la répartition de la masse due à la formation de givre...), conditions climatiques (averses violentes de grêle, foudre...) - peuvent entraîner la dégradation de l'état de surface et à terme l'apparition de fissures sur la pale.

Prévention : Maintenance préventive (inspections régulières des pales, réparations si nécessaire)

Facteur aggravant : Infiltration d'eau et formation de glace dans une fissure, vents violents, emballage de l'éolienne

■ Scénarios Po3

Un mauvais serrage de base ou le desserrage avec le temps des goujons des pales pourrait amener au décrochage total ou partiel de la pale, dans le cas de pale en plusieurs tronçons.

J.4-6. Scénarios relatifs aux risques d'effondrement des éoliennes (E01 à E10)

Les événements pouvant conduire à l'effondrement de l'éolienne sont liés à 3 types de facteurs pouvant intervenir indépendamment ou conjointement :

- Erreur de dimensionnement de la fondation : Contrôle qualité, respect des spécifications techniques du constructeur de l'éolienne, étude de sol, contrôle technique de construction ;

Non-respect des instructions de montage et/ou de maintenance : Formation du personnel intervenant

- Causes externes dues à l'environnement : séisme, ...

J.5 Probabilité d'atteinte et Risque individuel

Le risque individuel encouru par un nouvel arrivant dans la zone d'effet d'un phénomène de projection ou de chute est appréhendé en utilisant la probabilité de l'atteinte par l'élément chutant ou projeté de la zone fréquentée par le nouvel arrivant. Cette probabilité est appelée probabilité d'accident.

Cette probabilité d'accident est le produit de plusieurs probabilités :

$$P_{\text{accident}} = P_{\text{ERC}} \times P_{\text{orientation}} \times P_{\text{rotation}} \times P_{\text{atteinte}} \times P_{\text{présence}}$$

P_{ERC} = probabilité que l'événement redouté central (défaillance) se produise = probabilité de départ

$P_{\text{orientation}}$ = probabilité que l'éolienne soit orientée de manière à projeter un élément lors d'une défaillance dans la direction d'un point donné (en fonction des conditions de vent notamment)

P_{rotation} = probabilité que l'éolienne soit en rotation au moment où l'événement redouté se produit (en fonction de la vitesse du vent notamment)

P_{atteinte} = probabilité d'atteinte d'un point donné autour de l'éolienne (sachant que l'éolienne est orientée de manière à projeter un élément en direction de ce point et qu'elle est en rotation)

$P_{\text{présence}}$ = probabilité de présence d'un enjeu donné au point d'impact sachant que l'élément est projeté en ce point donné

Par souci de simplification, la probabilité d'accident sera calculée en multipliant la borne supérieure de la classe de probabilité de l'événement redouté central par le degré d'exposition. Celui-ci est défini comme le ratio entre la surface de l'objet chutant ou projeté et la zone d'effet du phénomène.

Le tableau ci-dessous récapitule les probabilités d'atteinte en fonction de l'événement redouté central :

| Évènement redouté central | Borne supérieure de la classe de probabilité de l'ERC (pour les éoliennes récentes) | Degré d'exposition | Probabilité d'atteinte |
|--------------------------------------|---|--------------------|------------------------|
| Effondrement | 10-4 | 10-2 | 10-6 (E) |
| Chute de glace | 1 | 5*10-2 | 5 10-2 (A) |
| Chute d'éléments | 10-3 | 1,8*10-2 | 1,8 10-5 (D) |
| Projection de tout ou partie de pale | 10-4 | 10-2 | 10-6 (E) |
| Projection de morceaux de glace | 10-2 | 1,8*10-6 | 1,8 10-8 (E) |

Les seuls ERC pour lesquels la probabilité d'atteinte n'est pas de classe E sont ceux qui concernent les phénomènes de chutes de glace ou d'éléments dont la zone d'effet est limitée à la zone de survol des pales et où des panneaux sont mis en place pour alerter le public de ces risques.

De plus, les zones de survol sont comprises dans l'emprise des baux signés par l'exploitant avec le propriétaire du terrain ou à défaut dans l'emprise des autorisations de survol si la zone de survol s'étend sur plusieurs parcelles. La zone de survol ne peut donc pas faire l'objet de constructions nouvelles pendant l'exploitation de l'éolienne.

J.6 Glossaire

■ Evaluation des risques

Les définitions ci-dessous sont reprises de la circulaire du 10 mai 2010. Ces définitions sont couramment utilisées dans le domaine de l'évaluation des risques en France.

Accident : Événement non désiré, tel qu'une émission de substance toxique, un incendie ou une explosion résultant de développements incontrôlés survenus au cours de l'exploitation d'un établissement qui entraîne des conséquences/ dommages vis à vis des personnes, des biens ou de l'environnement et de l'entreprise en général. C'est la réalisation d'un phénomène dangereux, combinée à la présence d'enjeux vulnérables exposés aux effets de ce phénomène.

Cinétique : Vitesse d'enchaînement des événements constituant une séquence accidentelle, de l'événement initiateur aux conséquences sur les éléments vulnérables (cf. art. 5 à 8 de l'arrêté du 29 septembre 2005). Dans le tableau APR proposé, la cinétique peut être lente ou rapide. Dans le cas d'une cinétique lente, les enjeux ont le temps d'être mis à l'abri. La cinétique est rapide dans le cas contraire.

Danger : Cette notion définit une propriété intrinsèque à une substance (butane, chlore...), à un système technique (mise sous pression d'un gaz...), à une disposition (élévation d'une charge...), à un organisme (microbes), etc., de nature à entraîner un dommage sur un « élément vulnérable » (sont ainsi rattachées à la notion de « danger » les notions d'inflammabilité ou d'explosivité, de toxicité, de caractère infectieux, etc. inhérentes à un produit et celle d'énergie disponible [pneumatique ou potentielle] qui caractérisent le danger).

Efficacité (pour une mesure de maîtrise des risques) ou capacité de réalisation : Capacité à remplir la mission/fonction de sécurité qui lui est confiée pendant une durée donnée et dans son contexte d'utilisation. En général, cette efficacité s'exprime en pourcentage d'accomplissement de la fonction définie. Ce pourcentage peut varier pendant la durée de sollicitation de la mesure de maîtrise des risques. Cette efficacité est évaluée par rapport aux principes de dimensionnement adapté et de résistance aux contraintes spécifiques.

Événement initiateur : Événement, courant ou anormal, interne ou externe au système, situé en amont de l'événement redouté central dans l'enchaînement causal et qui constitue une cause directe dans les cas simples ou une combinaison d'événements à l'origine de cette cause directe.

Événement redouté central : Événement conventionnellement défini, dans le cadre d'une analyse de risque, au centre de l'enchaînement accidentel. Généralement, il s'agit d'une perte de confinement pour les fluides et d'une perte d'intégrité physique pour les solides. Les événements situés en amont sont conventionnellement appelés « phase pré-accidentelle » et les événements situés en aval « phase post-accidentelle ».

Fonction de sécurité : Fonction ayant pour but la réduction de la probabilité d'occurrence et/ou des effets et conséquences d'un événement non souhaité dans un système. Les principales actions assurées par les fonctions de sécurité en matière d'accidents majeurs dans les installations classées sont : empêcher, éviter, détecter, contrôler, limiter. Les fonctions de sécurité identifiées peuvent être assurées à partir d'éléments techniques de sécurité, de procédures organisationnelles (activités humaines), ou plus généralement par la combinaison des deux.

Gravité : On distingue l'intensité des effets d'un phénomène dangereux de la gravité des conséquences découlant de l'exposition d'enjeux de vulnérabilités données à ces effets.

La gravité des conséquences potentielles prévisibles sur les personnes, prises parmi les intérêts visés à l'article L. 511-1 du code de l'environnement, résulte de la combinaison en un point de l'espace de l'intensité des effets d'un phénomène dangereux et de la vulnérabilité des enjeux potentiellement exposés.

Indépendance d'une mesure de maîtrise des risques : Faculté d'une mesure, de par sa conception, son exploitation et son environnement, à ne pas dépendre du fonctionnement d'autres éléments et notamment d'une part d'autres mesures de maîtrise des risques, et d'autre part, du système de conduite de l'installation, afin d'éviter les modes communs de défaillance ou de limiter leur fréquence d'occurrence.

Intensité des effets d'un phénomène dangereux : Mesure physique de l'intensité du phénomène (thermique, toxique, surpression, projections). Parfois appelée gravité potentielle du phénomène dangereux (mais cette expression est source d'erreur). Les échelles d'évaluation de l'intensité se réfèrent à des seuils d'effets moyens conventionnels sur des types d'éléments vulnérables [ou enjeux] tels que « homme », « structures ». Elles sont définies, pour les installations classées, dans l'arrêté du 29/09/2005. L'intensité ne tient pas compte de l'existence ou non d'enjeux exposés. Elle est cartographiée sous la forme de zones d'effets pour les différents seuils.

Mesure de maîtrise des risques (ou barrière de sécurité) : Ensemble d'éléments techniques et/ou organisationnels nécessaires et suffisants pour assurer une fonction de sécurité. On distingue parfois :

- les mesures (ou barrières) de prévention : mesures visant à éviter ou limiter la probabilité d'un événement indésirable, en amont du phénomène dangereux
- les mesures (ou barrières) de limitation : mesures visant à limiter l'intensité des effets d'un phénomène dangereux
- les mesures (ou barrières) de protection : mesures visant à limiter les conséquences sur les enjeux potentiels par diminution de la vulnérabilité.

Phénomène dangereux : Libération d'énergie ou de substance produisant des effets, au sens de l'arrêté du 29 septembre 2005, susceptibles d'infliger un dommage à des enjeux (ou éléments vulnérables) vivantes ou matérielles, sans préjuger l'existence de ces dernières. C'est une « Source potentielle de dommages »

Potentiel de danger (ou « source de danger », ou « élément dangereux », ou « élément porteur de danger ») : Système (naturel ou créé par l'homme) ou disposition adoptée et comportant un (ou plusieurs) « danger(s) » ; dans le domaine des risques technologiques, un « potentiel de danger » correspond à un ensemble technique nécessaire au fonctionnement du processus envisagé.

Prévention : Mesures visant à prévenir un risque en réduisant la probabilité d'occurrence d'un phénomène dangereux.

Protection : Mesures visant à limiter l'étendue ou/et la gravité des conséquences d'un accident sur les éléments vulnérables, sans modifier la probabilité d'occurrence du phénomène dangereux correspondant.

Probabilité d'occurrence : Au sens de l'article L. 512-1 du code de l'environnement, la probabilité d'occurrence d'un accident est assimilée à sa fréquence d'occurrence future estimée sur l'installation considérée. Elle est en général différente de la fréquence historique et peut s'écarter, pour une installation donnée, de la probabilité d'occurrence moyenne évaluée sur un ensemble d'installations similaires.

Attention aux confusions possibles :

1. Assimilation entre probabilité d'un accident et celle du phénomène dangereux correspondant, la première intégrant déjà la probabilité conditionnelle d'exposition des enjeux. L'assimilation sous-entend que les enjeux sont effectivement exposés, ce qui n'est pas toujours le cas, notamment si la cinétique permet une mise à l'abri ;
2. Probabilité d'occurrence d'un accident x sur un site donné et probabilité d'occurrence de l'accident x, en moyenne, dans l'une des N installations du même type (approche statistique).

Réduction du risque : Actions entreprises en vue de diminuer la probabilité, les conséquences négatives (ou dommages), associés à un risque, ou les deux. [FD ISO/CEI Guide 73]. Cela peut être fait par le biais de chacune des trois composantes du risque, la probabilité, l'intensité et la vulnérabilité :

- Réduction de la probabilité : par amélioration de la prévention, par exemple par ajout ou fiabilisation des mesures de sécurité
- Réduction de l'intensité : par action sur l'élément porteur de danger (ou potentiel de danger), par exemple substitution par une substance moins dangereuse, réduction des vitesses de rotation, etc.
- réduction des dangers : la réduction de l'intensité peut également être accomplie par des mesures de limitation

La réduction de la probabilité et/ou de l'intensité correspond à une réduction du risque « à la source ».

- Réduction de la vulnérabilité : par éloignement ou protection des éléments vulnérables (par exemple par la maîtrise de l'urbanisation, ou par des plans d'urgence).

Risque : « Combinaison de la probabilité d'un événement et de ses conséquences » (ISO/CEI 73), « Combinaison de la probabilité d'un dommage et de sa gravité » (ISO/CEI 51).

Scénario d'accident (majeur) : Enchaînement d'événements conduisant d'un événement initiateur à un accident (majeur), dont la séquence et les liens logiques découlent de l'analyse de risque. En général, plusieurs scénarios peuvent mener à un même phénomène dangereux pouvant conduire à un accident (majeur) : on dénombre autant de scénarios qu'il existe de combinaisons possibles d'événements y aboutissant. Les scénarios d'accident obtenus dépendent du choix des méthodes d'analyse de risque utilisées et des éléments disponibles.

Temps de réponse (pour une mesure de maîtrise des risques) : Intervalle de temps requis entre la sollicitation et l'exécution de la mission/fonction de sécurité. Ce temps de réponse est inclus dans la cinétique de mise en œuvre d'une fonction de sécurité, cette dernière devant être en adéquation [significativement plus courte] avec la cinétique du phénomène qu'elle doit maîtriser.

■ Termes spécifiques aux éoliennes

Les définitions suivantes sont issues de l'arrêté du 26 août 2011 modifié 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 :

Aérogénérateur : Dispositif mécanique destiné à convertir l'énergie du vent en électricité, composé des principaux éléments suivants : un mât, une nacelle, le rotor auquel sont fixées les pales, ainsi que, le cas échéant, un transformateur

Mise en service industrielle : phase d'exploitation suivant la période d'essais et correspondant à la première fois que l'installation produit de l'électricité injectée sur le réseau de distribution.

Point de raccordement : point de connexion de l'installation au réseau électrique. Il peut s'agir entre autres d'un poste de livraison ou d'un poste de raccordement. Il constitue la limite entre le réseau électrique interne et externe.

Survitesse : Vitesse de rotation des parties tournantes (rotor constitué du moyeu et des pales ainsi que la ligne d'arbre jusqu'à la génératrice) supérieure à la valeur maximale indiquée par le constructeur.

■ Sigles

Enfin, quelques sigles utiles employés dans le présent document sont listés et explicités ci-dessous :

ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement

SER : Syndicat des Energies Renouvelables

FEE : France Energie Eolienne

INERIS : Institut National de l'Environnement industriel et des RISques

EDD : Etude de dangers

APR : Analyse Préliminaire des Risques

ERP : Etablissement Recevant du Public

J.7 Bibliographie et références utilisées

- [1] L'évaluation des fréquences et des probabilités à partir des données de retour d'expérience (ref DRA-11-117406-04648A), INERIS, 2011
- [2] NF EN 61400-1 Eoliennes – Partie 1 : Exigences de conception, Juin 2006
- [3] Wind Turbine Accident data to 31 March 2011, Caithness Windfarm Information Forum
- [4] Site Specific Hazard Assessment for a wind farm project – Case study – Germanischer Lloyd, Windtest Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH, 2010/08/24
- [5] Guide for Risk-Based Zoning of wind Turbines, Energy research centre of the Netherlands (ECN), H. Braam, G.J. van Mulekom, R.W. Smit, 2005
- [6] Specification of minimum distances, Dr-ing. Veenker ingenieuresgesellschaft, 2004
- [7] Permitting setback requirements for wind turbine in California, California Energy Commission – Public Interest Energy Research Program, 2006
- [8] Oméga 10 : Evaluation des barrières techniques de sécurité, INERIS, 2005
- [9] Arrêté du 26 août 2011 modifié au 22 juin 2020 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
- [10] Arrêté du 29 Septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation
- [11] Circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 Juillet 2003
- [12] Bilan des déplacements en Val-de-Marne, édition 2009, Conseil Général du Val-de-Marne
- [13] Arrêté du 29 Septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation
- [14] Alpine test site Güttsch : monitoring of a wind turbine under icing conditions- R. Cattin et al.
- [15] Wind energy production in cold climate (WECO), Final report - Bengt Tammelin et al. – Finnish Meteorological Institute, Helsinki, 2000
- [16] Rapport sur la sécurité des installations éoliennes, Conseil Général des Mines - Guillet R., Leteurtois J.-P. - juillet 2004
- [17] Risk analysis of ice throw from wind turbines, Seifert H., Westerhellweg A., Kröning J. - DEWI, avril 2003
- [18] Wind energy in the BSR: impacts and causes of icing on wind turbines, Narvik University College, novembre 2005