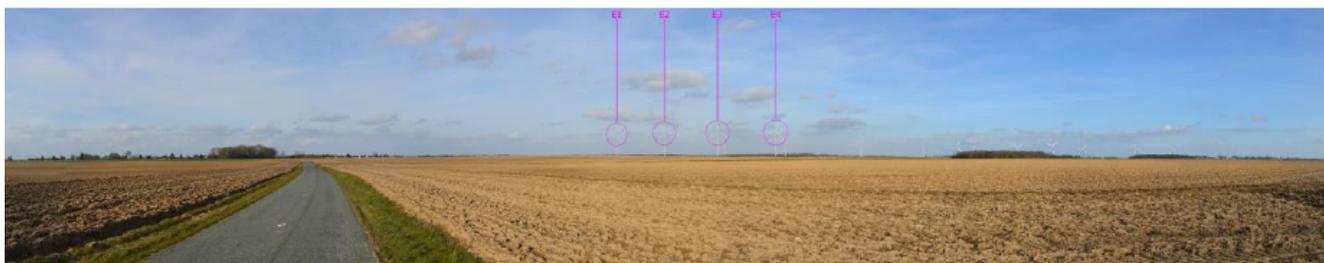




**PARC EOLIEN OISE 2**

10 Place de Catalogne - 75014 Paris  
N° d'identification : 841 366 974 R.C.S Paris  
Contact : y.el-hayani-taib@shell.com  
06.45.71.53.17

# ETUDE DE DANGERS ET SON RESUME NON TECHNIQUE (COMPLEMENTS)



## ***Projet éolien de la Cense***

*Commune de Saint-André-Farivillers*

*Communauté de Communes de l'Oise Picarde*

*Département de l'Oise, Région Hauts-de-France*

**Jun 2021**

**DOSSIER MIS A JOUR SUITE A LA DEMANDE DE COMPLEMENTS DU 05 MARS  
2020**

**Auteur** : Youssef EL HAYANI, Chef de projet éolien, EOLFI



## SOMMAIRE

I.1	INTRODUCTION .....	8
I.2	PRESENTATION DE L'ENVIRONNEMENT ET DE L'INSTALLATION .....	9
I.3	ANALYSE DES RISQUES .....	11
I.4	ANALYSE DU RETOUR D'EXPERIENCE .....	11
I.5	ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES .....	13
I.6	ETUDE DETAILLEE DES RISQUES .....	14
I.7	SYNTHESE DE L'ACCEPTABILITE DES RISQUES .....	17
I.8	CONCLUSION .....	22
II.1	OBJECTIF DE L'ETUDE DE DANGERS .....	24
II.2	CONTEXTE LEGISLATIF ET REGLEMENTAIRE .....	24
II.3	NOMENCLATURE DES INSTALLATIONS CLASSEES .....	25
III.1	RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS .....	26
III.2	LOCALISATION DU SITE .....	27
III.3	DEFINITION DE L'AIRE D'ETUDE .....	30
IV.1	ENVIRONNEMENT HUMAIN .....	32
IV.1.1	Zones urbanisées.....	32
IV.1.2	Etablissements recevant du public (ERP).....	32
IV.1.3	Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) et installations nucléaires de base. 32	
IV.1.4	Autres activités .....	33
IV.2	ENVIRONNEMENT NATUREL.....	34
IV.2.1	Contexte climatique .....	34
IV.2.2	Risques naturels.....	37
IV.3	ENVIRONNEMENT MATERIEL.....	42
IV.3.1	Voies de communication .....	42
IV.3.1	Réseaux publics et privés.....	42
IV.4	CARTOGRAPHIE DE SYNTHESE .....	43
IV.5	SYNTHESE DES CIBLES .....	48
V.1	CARACTERISTIQUES DE L'INSTALLATION .....	49
V.1.1	Caractéristiques générales d'un parc éolien .....	49
V.1.2	Activité de l'installation .....	51
V.1.3	Composition de l'installation .....	51
V.2	FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION .....	53
V.2.1	Principe de fonctionnement d'un aérogénérateur .....	53
V.2.2	Sécurité de l'installation .....	55
V.2.3	Opérations de maintenance de l'installation .....	58
V.2.4	Stockage et flux de produits dangereux .....	59
V.3	FONCTIONNEMENT DES RESEAUX DE L'INSTALLATION .....	59
V.3.1	Raccordement électrique.....	59
VI.1	POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX PRODUITS .....	61
VI.2	POTENTIELS DE DANGERS LIES AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION .....	62
VI.3	REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS A LA SOURCE .....	63
VI.3.1	Principales actions préventives .....	63
VI.3.2	Utilisation des meilleures techniques disponibles .....	64
VII.1	INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS EN FRANCE .....	65
VII.2	INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS A L'INTERNATIONAL .....	67
VII.3	SYNTHESE DES PHENOMENES DANGEREUX REDOUTES ISSUS DU RETOUR D'EXPERIENCE .....	69
VII.3.1	Analyse de l'évolution des accidents en France .....	69
VII.3.2	Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents.....	70
VII.4	LIMITES D'UTILISATION DE L'ACCIDENTOLOGIE.....	71
VIII.1	OBJECTIF DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES .....	71
VIII.2	RECENSEMENT DES EVENEMENTS INITIATEURS EXCLUS DE L'ANALYSE DES RISQUES .....	71
VIII.3	RECENSEMENT DES AGRESSIONS EXTERNES POTENTIELLES.....	72
VIII.3.1	Aggression externes liées aux activités humaines.....	72
VIII.3.2	Aggression externes liées aux phénomènes naturels.....	73

VIII.4	SCENARIOS ETUDIES DANS L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES.....	73
VIII.5	EFFETS DOMINOS.....	77
VIII.6	MISE EN PLACE DES MESURES DE SECURITE.....	78
VIII.7	CONCLUSION DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES.....	90
VIII.8	ARBRE PAPILLONS.....	91
IX.1	RAPPEL DES DEFINITIONS.....	95
IX.1.1	Cinétique.....	95
IX.1.2	Intensité.....	95
IX.1.3	Gravité.....	97
IX.1.4	Probabilité.....	98
IX.2	CARACTERISATION DES SCENARIOS RETENUS.....	99
IX.2.1	Effondrement de l'éolienne.....	99
IX.2.2	Chute de glace.....	102
IX.2.3	Chute d'éléments de l'éolienne.....	106
IX.2.4	Projection de pales ou de fragments de pales.....	110
IX.2.5	Projection de glace.....	115
IX.3	SYNTHESE DE L'ETUDE DETAILLEE DES RISQUES.....	119
IX.3.1	Tableaux de synthèse des scénarios étudiés.....	119
IX.3.2	Synthèse de l'acceptabilité des risques.....	120
IX.3.3	Cartographie des risques.....	121
	TERRAINS NON BATIS.....	127
	VOIES DE CIRCULATION.....	127
	Voies de circulation automobiles.....	127
	Voies ferroviaires.....	128
	Voies navigables.....	128
	Chemins et voies piétonnes.....	128
	LOGEMENTS.....	128
	ETABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC (ERP).....	128
	ZONES D'ACTIVITE.....	129
	SCENARIOS RELATIFS AUX RISQUES LIES A LA GLACE (G01 ET G02).....	144
	Scénario G01.....	144
	Scénario G02.....	144
	SCENARIOS RELATIFS AUX RISQUES D'INCENDIE (I01 A I07).....	144
	SCENARIOS RELATIFS AUX RISQUES DE FUITES (F01 A F02).....	145
	Scénario F01.....	145
	Scénario F02.....	146
	SCENARIOS RELATIFS AUX RISQUES DE CHUTE D'ELEMENTS (C01 A C03).....	146
	SCENARIOS RELATIFS AUX RISQUES DE PROJECTION DE PALES OU DE FRAGMENTS DE PALES (P01 A P06).....	146
	Scénario P01.....	146
	Scénario P02.....	146
	Scénarios P03.....	146
	SCENARIOS RELATIFS AUX RISQUES D'EFFONDREMENT DES EOLIENNES (E01 A E10).....	147

## Table des figures

Figure 1 : Schéma explicatif de l'EDD (Source : Guide technique INERIS) .....	8
Figure 2 : Plan du projet éolien de la Cense (Rayon de 500m autour des éoliennes) (Source : PARC EOLIEN OISE 2) .....	9
Figure 3 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur .....	10
Figure 4 : Retour d'expérience sur le parc éolien Français entre 2000 et 2011 .....	12
Figure 5 : Retour d'expérience sur le parc éolien Français entre 2012 et mars 2021 .....	12
Figure 6 : Evolutions conjointes des MW éoliens installés et du nombre d'incidents annuels en France entre 2001 et 2019 .....	13
Figure 7 : Carte des risques projet éolien de la Cense .....	18
Figure 8 : Synthèse des risques pour l'éolienne E1 .....	19
Figure 9 : Synthèse des risques pour l'éolienne E2 .....	20
Figure 10 : Synthèse des risques pour l'éolienne E3 .....	21
Figure 11 : Synthèse des risques pour l'éolienne E4 .....	22
Figure 12 : Situation géographique du projet éolien (source : PARC EOLIEN OISE 2) .....	27
Figure 13 : Situation géographique du site par rapport au département de l'Oise (source : PARC EOLIEN OISE 2) .....	28
Figure 14 : Localisation géographique des éoliennes du projet éolien de la Cense.....	29
Figure 15 : Définition du périmètre d'étude de danger du projet éolien de la Cense .....	31
Figure 16 : Localisation du mât de mesure (source : PARC EOLIEN OISE 2).....	34
Figure 17 : Fréquence et direction des vents (source : PARC EOLIEN OISE 2) .....	35
Figure 18 : Précipitations moyennes sur la période 1981-2010, à la station météorologique de Beauvais (Source : Météo-France) .....	36
Figure 19 : Températures mensuelles moyennes pour la période 1981-2010, au niveau de la station Météo-France de Beauvais .....	36
Figure 20 : Zonage sismique de l'ancienne région Picardie – Légende : Etoile rouge / Zone d'implantation potentielle (source : <i>planseisme.fr</i> , 2016) .....	37
Figure 21 : Recensement des cavités souterraines connues (Source : <i>Ora Environnement</i> ) .....	40
Figure 22 : Carte du risque de retrait-gonflement des argiles (Source : <i>Ora Environnement</i> ).....	41
Figure 23 : Cartographie de synthèse du périmètre d'étude du projet éolien de la Cense (source : PARC OISE 2) .....	43
Figure 24 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur .....	50
Figure 25 : Plan d'implantation du projet éolien de la Cense.....	52
Figure 26 : Raccordement électrique des installations .....	59
Figure 27 : Répartition par type d'accident en France entre 2000 et 2011.....	66
Figure 28 : Répartition par type d'accident en France entre 2012 et 2021.....	67
Figure 29 : Répartition des événements accidentels éoliens mondiaux entre 1980 et 2020 .....	68
Figure 30 : Causes des ruptures de pales dans le monde de 1980 à 2020 .....	68
Figure 31 : Causes des ruptures des incendies dans le monde de 1980 à 2020 .....	69
Figure 32 : Causes des ruptures des effondrements dans le monde de 1980 à 2020 .....	69
Figure 33 : Evolutions conjointes des MW éoliens installés et du nombre d'incidents annuels en France entre 2001 et 2019.....	70
Figure 34 : Arbre papillon des scénarios de projection et de chutes de bris de pales / d'éléments d'éolienne... 92	92
Figure 35 : Arbre papillon des scénarios de chutes et de projections de glace .....	93
Figure 36 : Arbre papillon associé aux scénarios d'effondrement d'éoliennes .....	94
Figure 37 : Synthèse des risques pour l'éolienne E1 .....	122
Figure 38 : Synthèse des risques pour l'éolienne E2 .....	123
Figure 39 : Synthèse des risques pour l'éolienne E3 .....	123
Figure 40 : Synthèse des risques pour l'éolienne E4 .....	124

## Table des tableaux

Tableau 1 : Synthèse des cibles présentes dans le périmètre d'étude (Source : PARC EOLIEN OISE 2) .....	9
<b>Tableau 2 : Caractéristiques du modèle d'éolienne Vestas V110 (Source : Vestas) .....</b>	<b>10</b>
Tableau 3 : Grille de criticité du scénario redouté (source : arrêté du 29 septembre 2005).....	15
Tableau 4 : Tableau de synthèse des risques et des paramètres associés pour le projet éolien de la Cense (Source : PARC EOLIEN OISE 2).....	16
Tableau 5 : Nomenclature ICPE pour l'éolien terrestre (source : décret n°2011-984 du 23 août 2011).....	25
Tableau 6 : Référence administrative PARC EOLIEN OISE 2.....	26
Tableau 7 : Référent du projet éolien de la Cense.....	26
Tableau 8 : Inventaires des arrêtés de catastrophe naturelle (source : prim.net, 2018) .....	38
Tableau 9 : Synthèse des cibles présentes dans le périmètre d'étude (Source : PARC EOLIEN OISE 2) .....	48
Tableau 10: Coordonnées géographiques des éoliennes et postes de livraison .....	51
Tableau 11 : Synthèse du fonctionnement des aérogénérateurs selon le tableau type de l'INERIS/SER/FEE adapté pour le modèle d'éolienne Vestas, 2012 (Source : Vestas) .....	54
Tableau 12 : Synthèse des standards respectés par les éléments du modèle d'éolienne Vestas (Source Vestas).....	56
Tableau 13: Dangers liés aux installations.....	62
Tableau 14: Liste des agressions externes liées aux activités humaines (Source : INERIS/SER/FEE, 2012).....	72
Tableau 15: Liste des agressions externes liées aux phénomènes naturels (Source : INERIS/SER/FEE, 2012) .....	73
Tableau 16: Analyse générique des risques (source : INERIS/SER/FEE, 2012).....	77
Tableau 17: Ensemble des fonctions de sécurité (Source : Vestas) .....	89
Tableau 18 : Scénarios exclus (Source : INERIS/SER/FEE, 2012) .....	90
Tableau 19 : Degré d'exposition (source : INERIS/SER/FEE, 2012) .....	96
Tableau 20 : Critères permettant d'apprécier les conséquences de l'événement .....	97
Tableau 21 : Grille de criticité du scénario redouté (Source : arrêté du 29 septembre 2005) .....	98
Tableau 22 : Niveau d'intensité pour le scénario d'effondrement de l'éolienne .....	99
Tableau 23 : Niveau de gravité pour le scénario d'effondrement de l'éolienne .....	100
Tableau 24 : Niveau de risque pour le scénario d'effondrement de l'éolienne.....	101
Tableau 25 : Matrice d'acceptabilité du phénomène d'effondrement de l'éolienne .....	102
Tableau 26 : Niveau d'intensité pour le scénario d'effondrement de l'éolienne .....	103
Tableau 27 : Niveau de gravité pour le scénario d'effondrement de l'éolienne .....	104
Tableau 28 : Niveau de risque pour le scénario de chute de glace.....	104
Tableau 29 : Matrice d'acceptabilité du phénomène de chute de glace .....	105
<b>Tableau 30 : Niveau d'intensité pour le scénario de chute d'éléments de l'éolienne .....</b>	<b>106</b>
Tableau 31 : Niveau de gravité pour le scénario de chute d'éléments de l'éolienne .....	107
Tableau 32 : Niveau de risque pour le scénario de chute d'éléments de l'éolienne.....	108
Tableau 33 : Matrice d'acceptabilité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne .....	109
Tableau 34 : Niveau d'intensité pour le scénario de projection de pale ou de fragment de pale .....	110
Tableau 35 : Niveau de gravité pour le scénario de projection de pale ou de fragment de pale .....	111
Tableau 36 : Niveau de risque pour le scénario de projection de pale ou fragment de pale .....	113
Tableau 37 : Matrice d'acceptabilité du phénomène de projection de pale ou fragment de pale.....	114
Tableau 38 : Niveau d'intensité pour le scénario de projection de glace.....	115
Tableau 39 : Niveau de gravité pour le scénario de projection de glace.....	116
Tableau 40 : Niveau de risque pour le scénario de projection de glace.....	117
Tableau 41 : Matrice d'acceptabilité du phénomène de projection de morceaux de glace .....	118
Tableau 42 : Tableau de synthèse des risques et des paramètres associés pour le projet éolien de la Cense ..	119
Tableau 43 : Matrice d'acceptabilité générale pour le projet éolien de la Cense.....	120

**NB :** Comme expliqué dans le dossier administratif de Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale (DDAE), la présente Etude de Danger et son Résumé Non Technique, sont réalisés avec le modèle d'éolienne Vestas V110 ayant une puissance unitaire de 2,2 MW, à 95 mètres de hauteur de nacelle pour l'ensemble des éoliennes du projet.

# I. RESUME NON TECHNIQUE

L'étude de dangers a pour rôle d'identifier les enjeux, les potentiels de dangers et les risques associés afin de déterminer et de mettre en œuvre les moyens pour réduire les impacts et la probabilité.

## I.1 INTRODUCTION

Le classement des éoliennes au titre d'Installation Classée pour la Protection de l'Environnement (ICPE), fixe un cadre réglementaire permettant une prise en compte des dangers qu'elles peuvent représenter. Soumis au régime de l'autorisation, les conditions de fonctionnement du parc éolien doivent être étudiées de manière à évaluer les risques que son exploitation peut représenter sur l'homme.

A ce titre, ce chapitre présente le résumé non technique de l'étude de danger relative au projet éolien de la Cense.

Le graphique ci-dessous synthétise les différentes étapes et objectifs de l'étude de dangers :

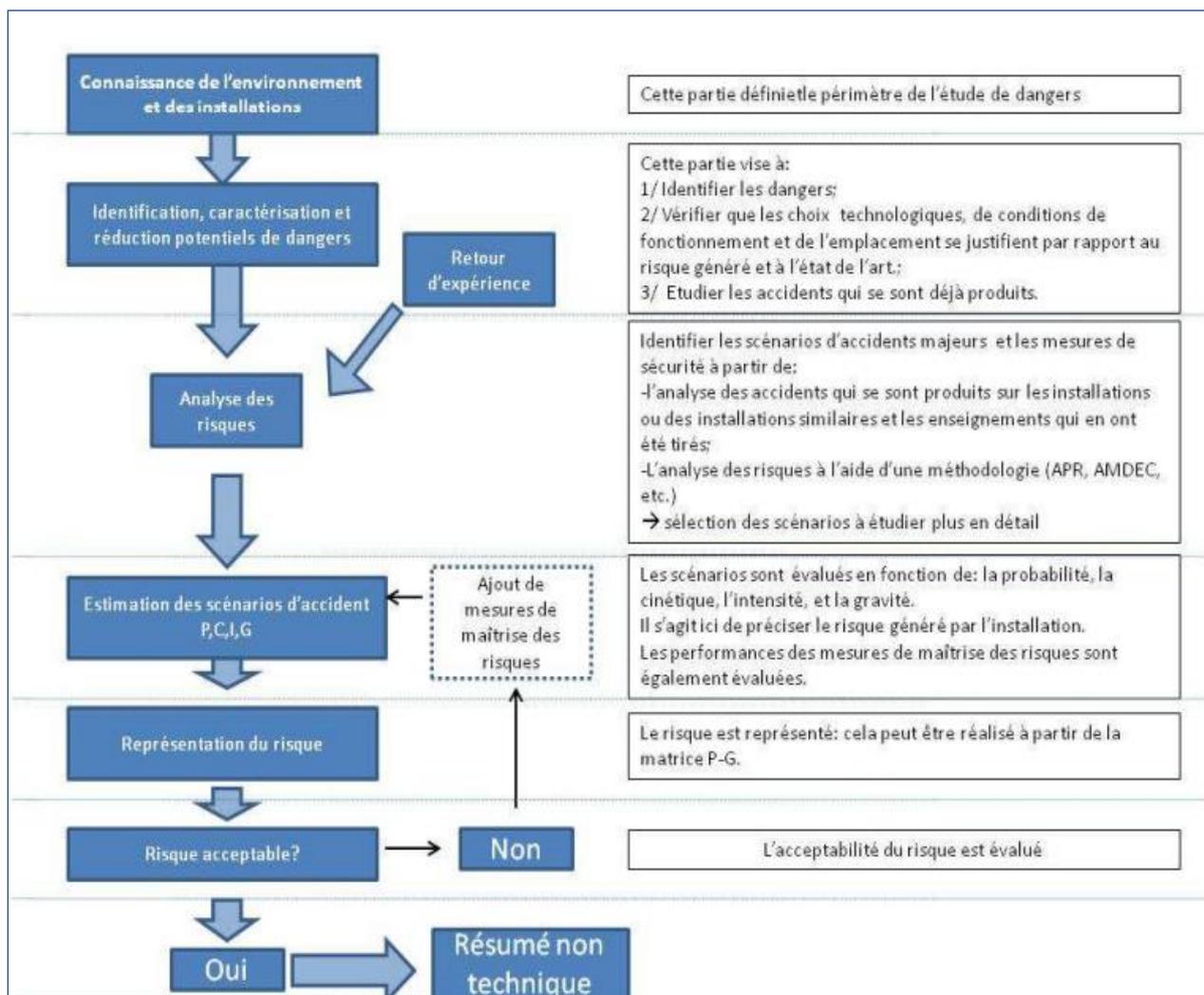


Figure 1 : Schéma explicatif de l'EDD (Source : Guide technique INERIS)

## I.2 PRESENTATION DE L'ENVIRONNEMENT ET DE L'INSTALLATION

Le projet éolien de la Cense, composé de 4 aérogénérateurs et de deux postes de livraison, est localisé sur la commune de Saint-André-Farivillers, dans le département de l'Oise (60), en région Hauts-de-France. La puissance maximale envisagée du parc est de 12 MW.

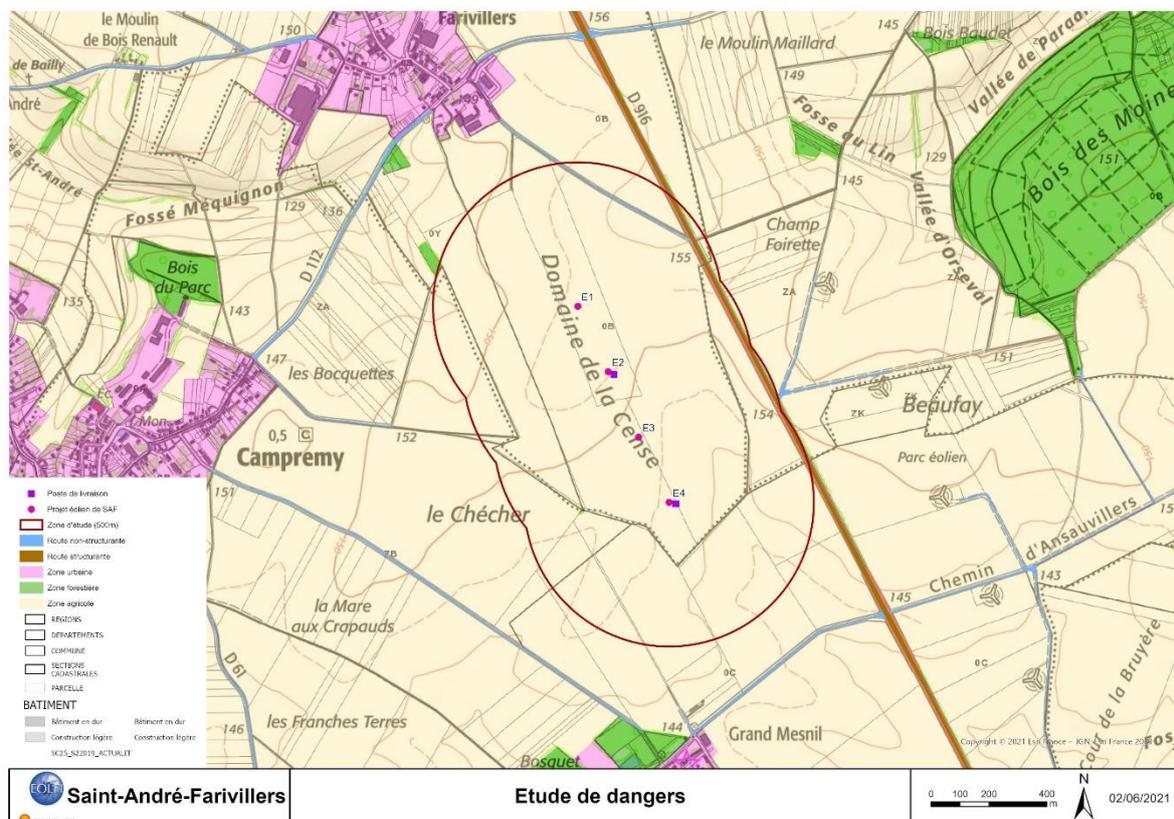


Figure 2 : Plan du projet éolien de la Cense (Rayon de 500m autour des éoliennes) (Source : PARC EOLIEN OISE 2)

Dans le périmètre d'étude, 4 types de cibles ont été identifiés et sont présentés dans le tableau.

Dénomination de la cible	Distance en (m) par rapport à la plus proche éolienne	Localisation par rapport à la plus proche éolienne
Terrain agricole	0	Les éoliennes sont implantées en terrains agricoles
Bois	490	A l'ouest de l'éolienne E1
Route non structurante	386	Au nord-ouest de l'éolienne E1
Route structurante	453	A l'est de l'éolienne E1

Tableau 1 : Synthèse des cibles présentes dans le périmètre d'étude (Source : PARC EOLIEN OISE 2)

Ces éoliennes de dernière génération sont composées d'un mât d'une hauteur maximale de 95 mètres pour les 4 aérogénérateurs. Ceux-ci sont surmontés d'une nacelle, et d'un rotor, constitué de 3 pales d'un rayon maximal de 55 m. Le projet éolien de la Cense, implanté sur des terrains agricoles, est constitué d'un réseau électrique inter-éolien enterré reliant ainsi les éoliennes aux postes de livraison.

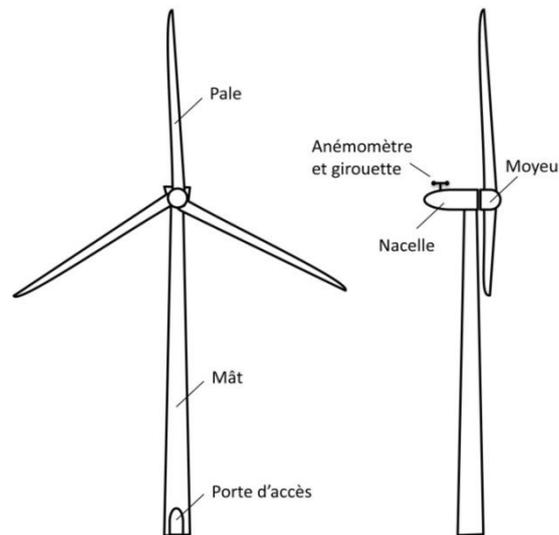


Figure 3 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur

La description technique de l'aérogénérateur retenu pour cette étude de danger est la suivante :

Modèle d'éolienne	Vestas 2.2MW V110
Puissance (MW)	2.2
Hauteur moyeu (m)	95
Longueur de pale (m)	55
Hauteur totale en bout de pale (m)	150
Largeur du mât à la base (m)	4
Largeur de la pale à la base (m)	2

Tableau 2 : Caractéristiques du modèle d'éolienne Vestats V110 (Source : Vestas)

### **I.3 ANALYSE DES RISQUES**

Le Syndicat des Energies Renouvelables (SER) et l'Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS) et France Energie Eolienne (FEE), ont établis conjointement une méthodologie d'analyse permettant d'appréhender les dangers liés à ces installations, dénommée « Analyse Préliminaire des Risques » (APR). Elle a pour objectif principal d'identifier les scénarios d'accidents majeurs ainsi que les mesures de sécurité les empêchant de se produire, ou permettant d'en limiter les effets. Cet objectif est atteint, par l'identification de tous les scénarios d'accidents potentiels pour une installation, basée sur un questionnement des causes et leurs conséquences possibles, ainsi que sur le retour d'expérience disponible. Au préalable, il convient d'identifier, la nature des cibles présentes dans la zone d'effet de chaque scénario, pour chaque éolienne.

### **I.4 ANALYSE DU RETOUR D'EXPERIENCE**

Il n'existe actuellement aucune base de données officielle recensant l'accidentologie dans la filière éolienne. Néanmoins, il a été possible d'analyser les informations collectées en France et dans le monde par plusieurs organismes divers (associations, organisations professionnelles, littérature spécialisée, etc.). Ces bases de données sont cependant très différentes tant en termes de structuration des données qu'en termes de détail de l'information.

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

Les retours d'expérience de la filière éolienne française et internationale permettent d'identifier les principaux accidents suivants :

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

### Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateur français entre 2000 et 2011

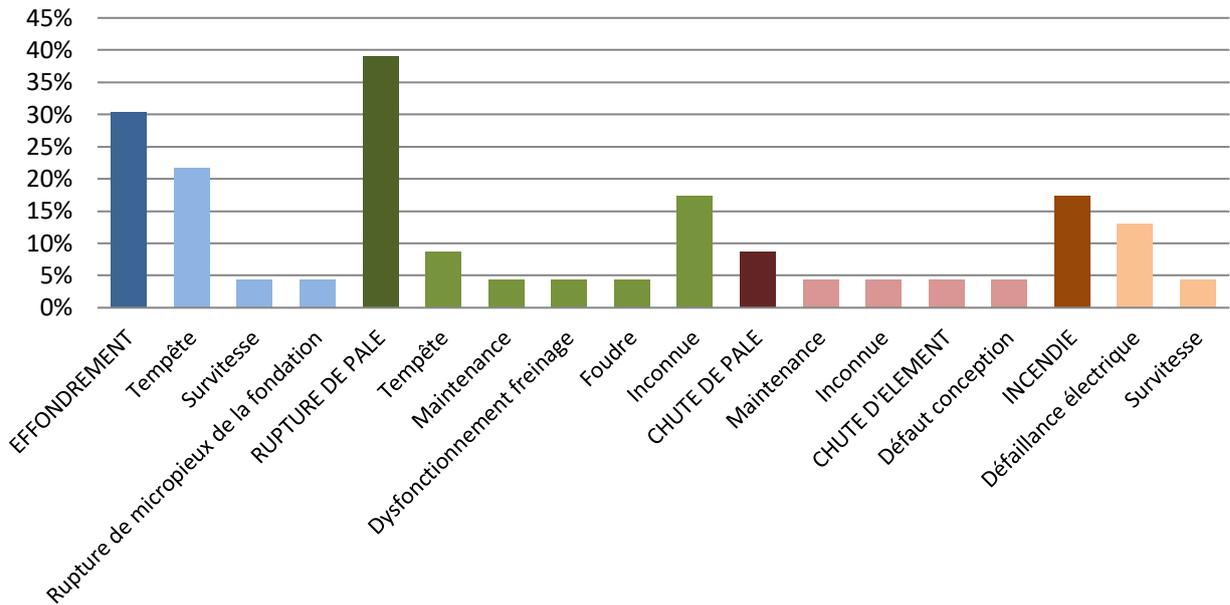


Figure 4 : Retour d'expérience sur le parc éolien Français entre 2000 et 2011

La base de données ARIA du Ministère du Développement Durable permet de recenser les incidents survenus depuis l'année 2012. Ces accidents sont listés précisément dans l'annexe n°2. Sur le même principe que le graphique précédent, le graphique suivant montre la répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateurs français entre 2012 et 2021

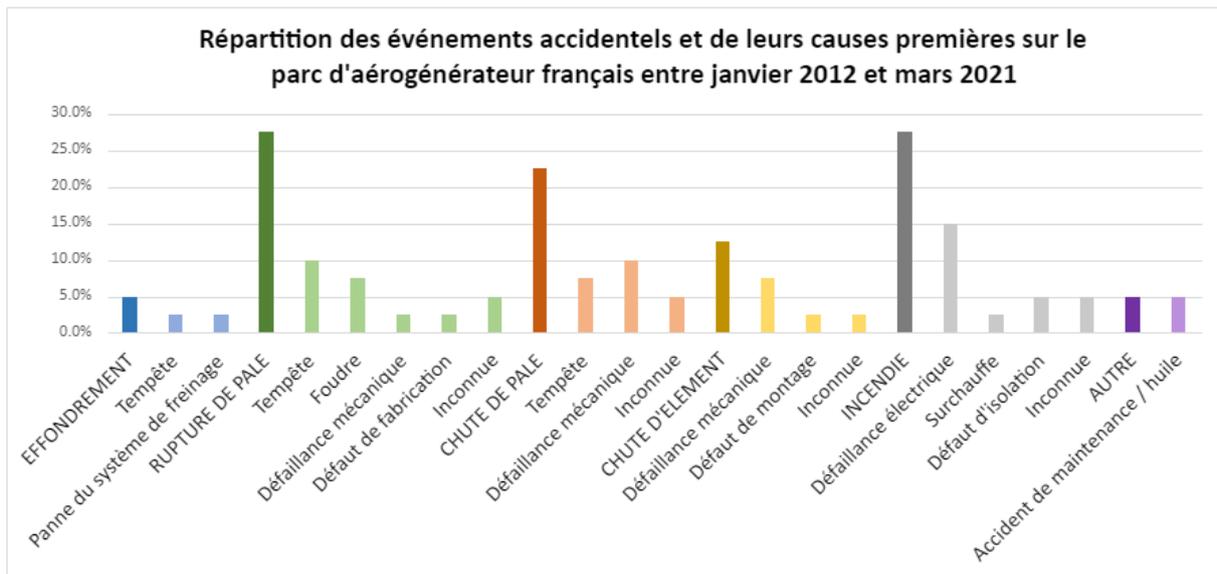


Figure 5 : Retour d'expérience sur le parc éolien Français entre 2012 et mars 2021

Même si la répartition des incidents en termes de pourcentage est différente que sur la période 2000-2011, les principaux accidents restent toujours l'effondrement, la rupture de pale, la chute de pale, la chute d'élément et l'incendie.

L'analyse de risques effectuée reste donc en adéquation avec les principaux incidents relevés sur la période 2012-2021.

Par ailleurs, la comparaison de l'évolution des phénomènes dangereux recensés et du nombre d'éoliennes installées (Figure 6) entre 2005 et 2011 montre que même si le nombre d'éoliennes installées augmente de façon importante, le nombre d'accidents est relativement constant. Cette tendance se justifie par un parc éolien assez récent, qui utilise majoritairement des éoliennes de nouvelles génération, équipées de technologies plus fiables et plus sûres. En revanche à partir de 2012, le nombre d'accidents augmente. L'augmentation des accidents à partir de cette année est expliquée par la durée de vie des parcs éoliens et aussi par leur nombre croissant (un doublement de 2013 à 2019).

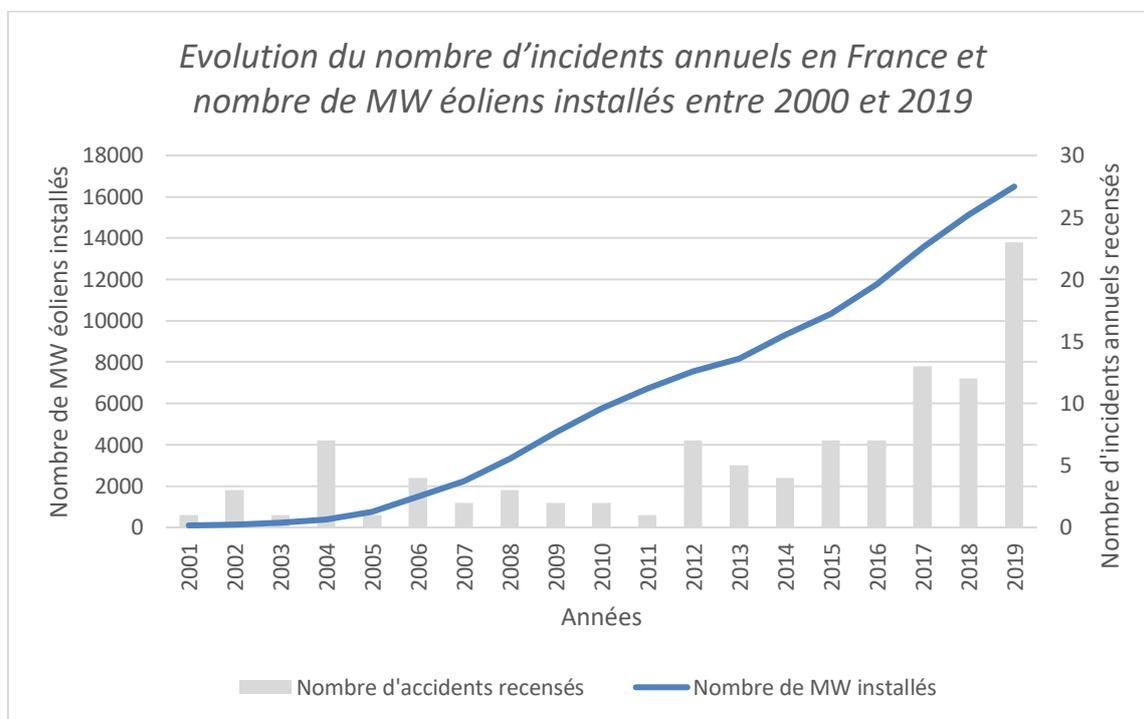


Figure 6 : Evolutions conjointes des MW éoliens installés et du nombre d'incidents annuels en France entre 2001 et 2019

## I.5 ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

Une analyse préliminaire des risques sous forme d'un tableau générique est réalisée permettant d'identifier de manière représentative les scénarios d'accident pouvant potentiellement se produire :

- Scénarios relatifs aux risques liés à la glace ;
- Scénarios relatifs aux risques d'incendie ;
- Scénarios relatifs aux risques de chute d'éléments ;
- Scénarios relatifs aux risques de projection de pales ou de fragments de pales ;
- Scénarios relatifs aux risques d'effondrement des éoliennes.

L'analyse est réalisée de la manière suivante :

- Une description des causes et de leur séquençage ;
- 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.

Dans le cas du projet éolien de la Cense, l'APR ne retient pas les risques naturels et les actes de malveillance, jugés respectivement faibles et limités au regard de la localisation du site. Seuls les cinq scénarios suivants sont importants et ont nécessité une étude détaillée des risques :

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

## I.6 ETUDE DETAILLEE 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.

Pour chaque scénario, plusieurs paramètres sont alors examinés :

- **L'intensité** : Prend en compte le degré d'exposition 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. Deux valeurs de référence ont été retenues :
  - Supérieur à 5% d'exposition : seuil d'exposition très forte
  - Compris entre 1 et 5% d'exposition ; seuil d'exposition forte
  - En dessous de 1% : seuil d'exposition modérée
- **La gravité** : Déterminée en fonction du nombre équivalent de personnes permanentes dans chacune des zones d'effet
- **La probabilité** : Déterminée en fonction de la bibliographie, du retour d'expérience et des définitions qualitatives de l'arrêté du 29 Septembre 2005.

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 :

Niveaux	Echelle qualitative	Echelle quantitative (probabilité annuelle)
<b>A</b>	<p style="text-align: center;"><b><i>Courant</i></b></p> <p>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.</p>	$P > 10^{-2}$
<b>B</b>	<p style="text-align: center;"><b><i>Probable</i></b></p> <p>S'est produit et/ou peut se produire pendant la durée de vie des installations.</p>	$10^{-3} < P \leq 10^{-2}$
<b>C</b>	<p style="text-align: center;"><b><i>Improbable</i></b></p> <p>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.</p>	$10^{-4} < P \leq 10^{-3}$
<b>D</b>	<p style="text-align: center;"><b><i>Rare</i></b></p> <p>S'est déjà produit mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement la probabilité.</p>	$10^{-5} < P \leq 10^{-4}$
<b>E</b>	<p style="text-align: center;"><b><i>Extrêmement rare</i></b></p> <p>Possible mais non rencontré au niveau mondial. N'est pas impossible au vu des connaissances actuelles.</p>	$P \leq 10^{-5}$

Tableau 3 : Grille de criticité du scénario redouté (source : arrêté du 29 septembre 2005)

Ainsi, le tableau suivant récapitule, pour chaque événement retenu, les paramètres de risques, la zone d'effet, la cinétique, l'intensité, la probabilité et la gravité.

E1 à E4					
Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité
Effondrement de l'éolienne	Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale (150 m)	Rapide	Exposition modérée	D (rare) (pour des éoliennes récentes) <sup>2</sup>	Modérée
Chute d'élément de l'éolienne	Zone de survol (55m)	Rapide	Exposition modérée	C (improbable)	Modérée
Chute de glace	Zone de survol (55m)	Rapide	Exposition modérée	A (courante)	Modérée
Projection de pale ou de fragment de pale	500 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	D (rare) (pour des éoliennes récentes) <sup>3</sup>	Modérée
Projection de glace	307,5 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	B (probable)	Modérée

Tableau 4 : Tableau de synthèse des risques et des paramètres associés pour le projet éolien de la Cense  
(Source : PARC EOLIEN OISE 2)

<sup>2</sup> Voir paragraphe IX.2.1

<sup>3</sup> Voir paragraphe IX.2.4

## I.7 SYNTHÈSE DE L'ACCEPTABILITÉ DES RISQUES

En s'appuyant sur les résultats précédents, la dernière étape de l'étude détaillée des risques consiste à déterminer l'acceptabilité des accidents potentiels pour chacun des phénomènes dangereux étudiés.

Les résultats obtenus lors de l'étude de dangers sont résumés dans cette matrice d'acceptabilité :

GRAVITÉ des Conséquences	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux	/	/	/	/	/
Catastrophique	/	/	/	/	/
Important	/	/	/	/	/
Sérieux	/	/	/	/	/
Modéré	/	<b>Effondrement de l'éolienne E1 à E4 Projection de pale ou de fragment de pale E1 à E4</b>	<b>Chute d'éléments de l'éolienne E1 à E4</b>	<b>Projection de morceaux de glace E1 à E4</b>	<b>Chute de glace E1 à E4</b>

Légende de la matrice :

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

**Au regard des matrices complétées, aucun événement accidentel redouté n'est situé dans les cases rouges, ce qui signifie qu'il n'existe aucun risque important et jugé inacceptable pour le projet éolien de la Cense.**

La carte de synthèse des risques ci-après présente pour chaque scénario :

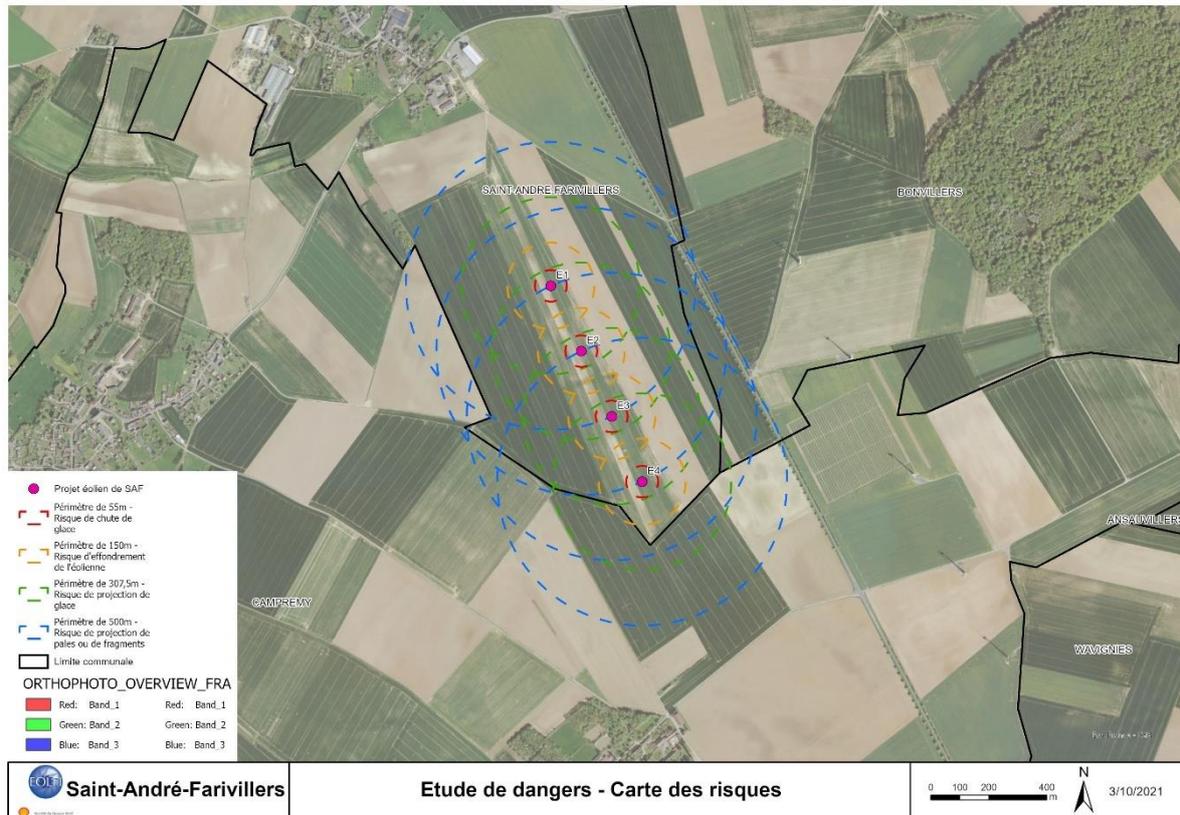


Figure 7 : Carte des risques projet éolien de la Cense

**Cartographies de synthèse par éolienne :**

Les cartes de synthèse ci-dessous sont proposées pour chaque aérogénérateur. Elles font apparaître les enjeux de l'étude détaillée des risques, l'intensité des différents phénomènes dangereux identifiés dans leurs zones d'effets, le nombre de personnes permanentes exposées et l'acceptabilité.

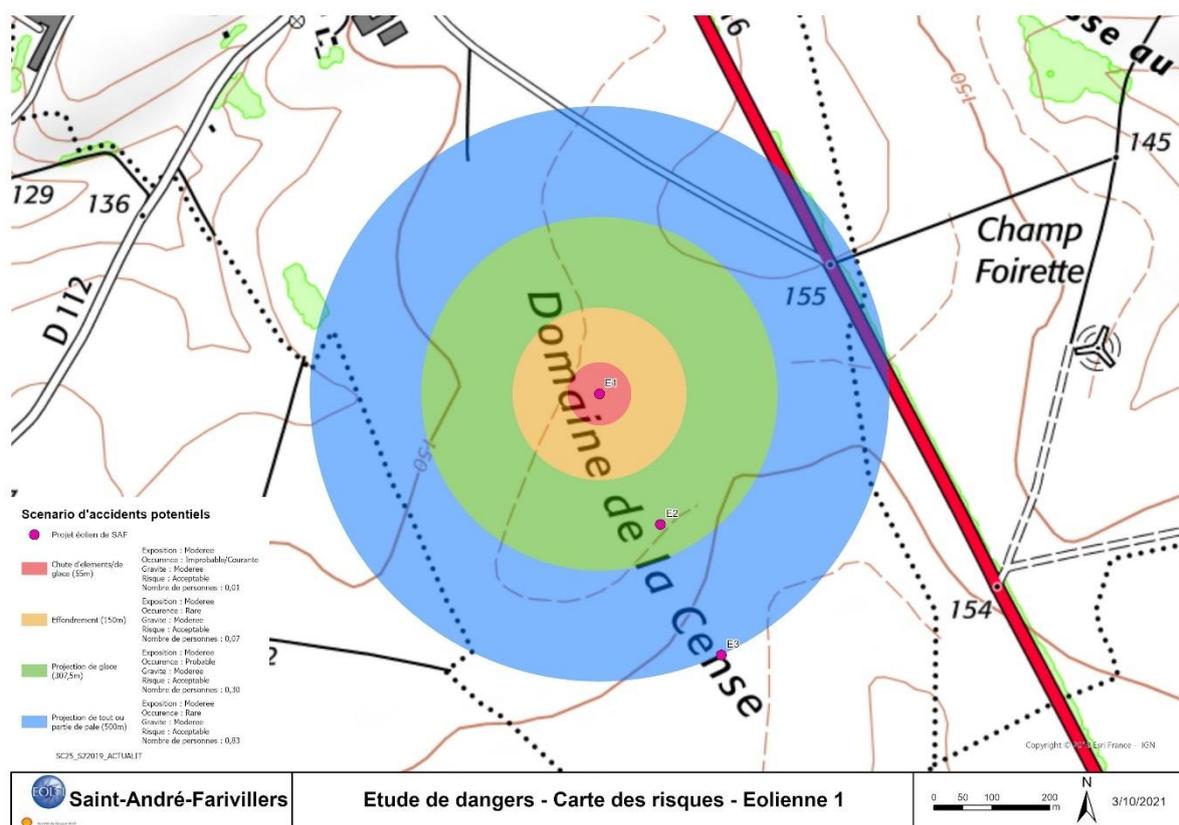


Figure 8 : Synthèse des risques pour l'éolienne E1

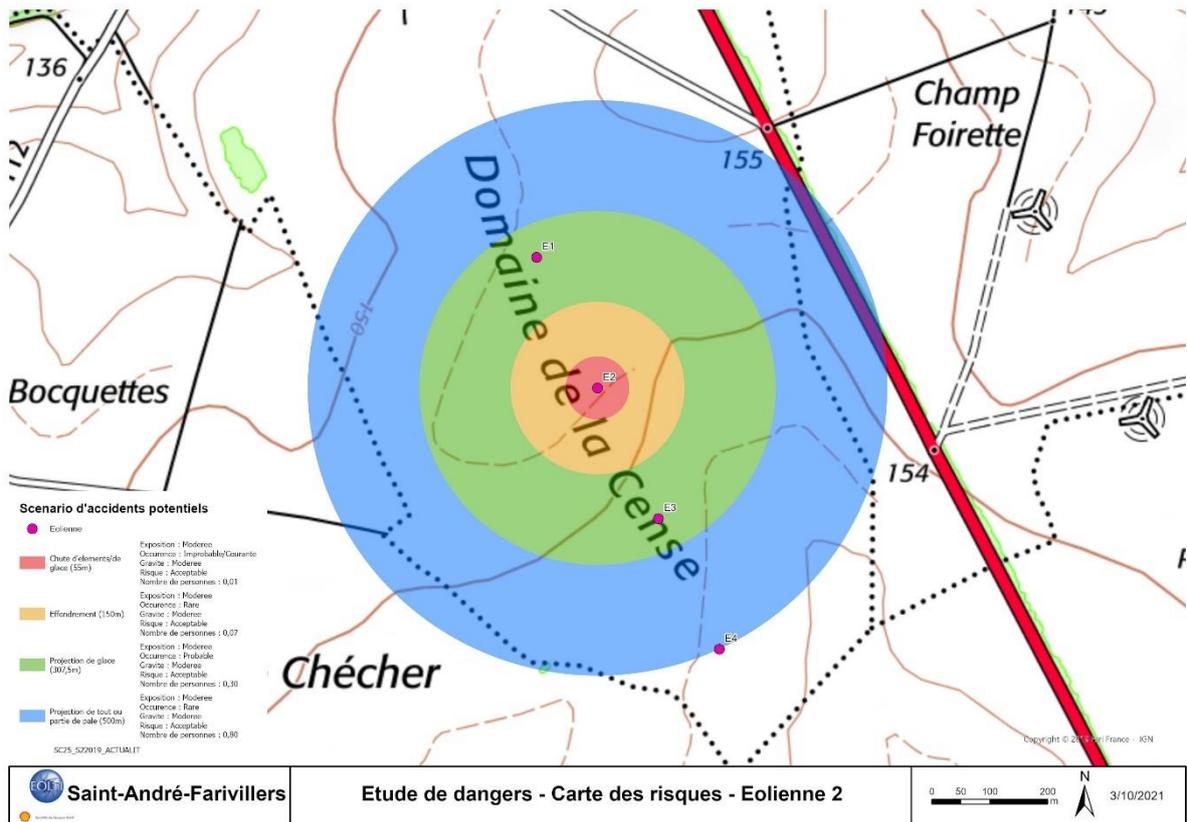


Figure 9 : Synthèse des risques pour l'éolienne E2

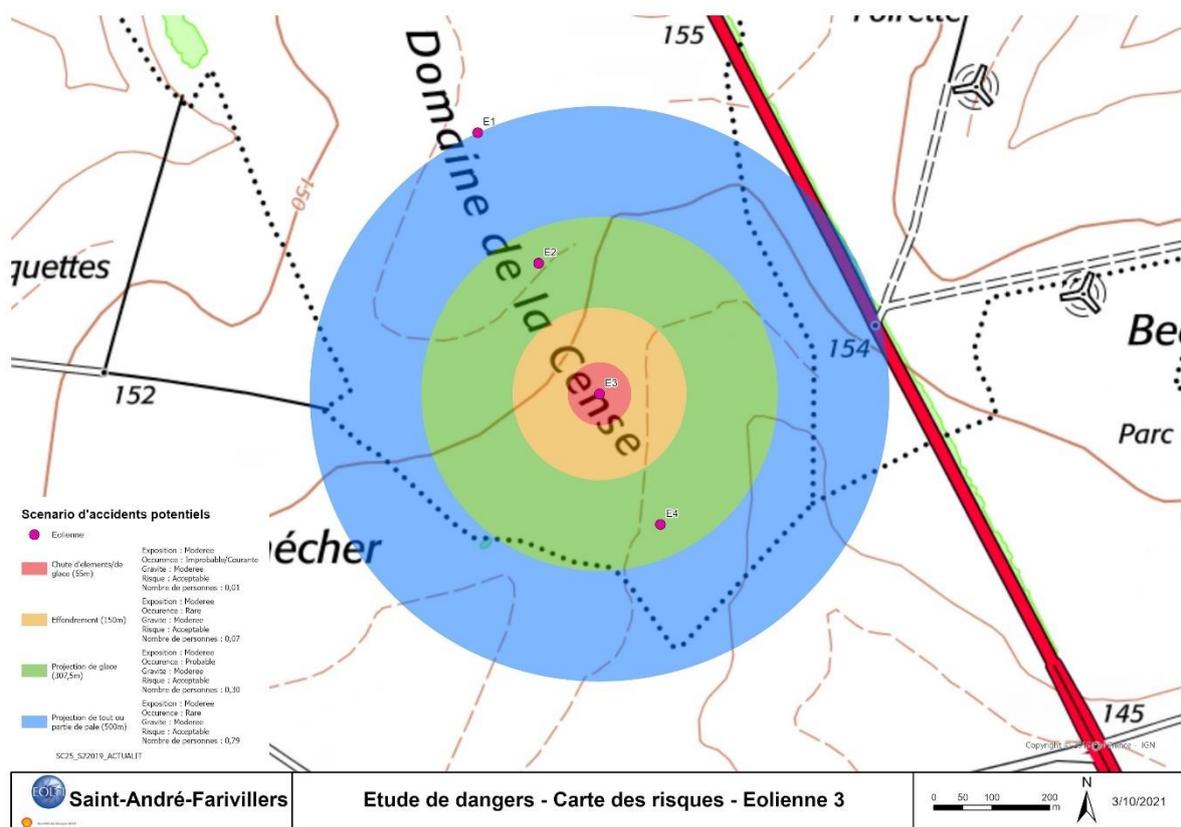


Figure 10 : Synthèse des risques pour l'éolienne E3

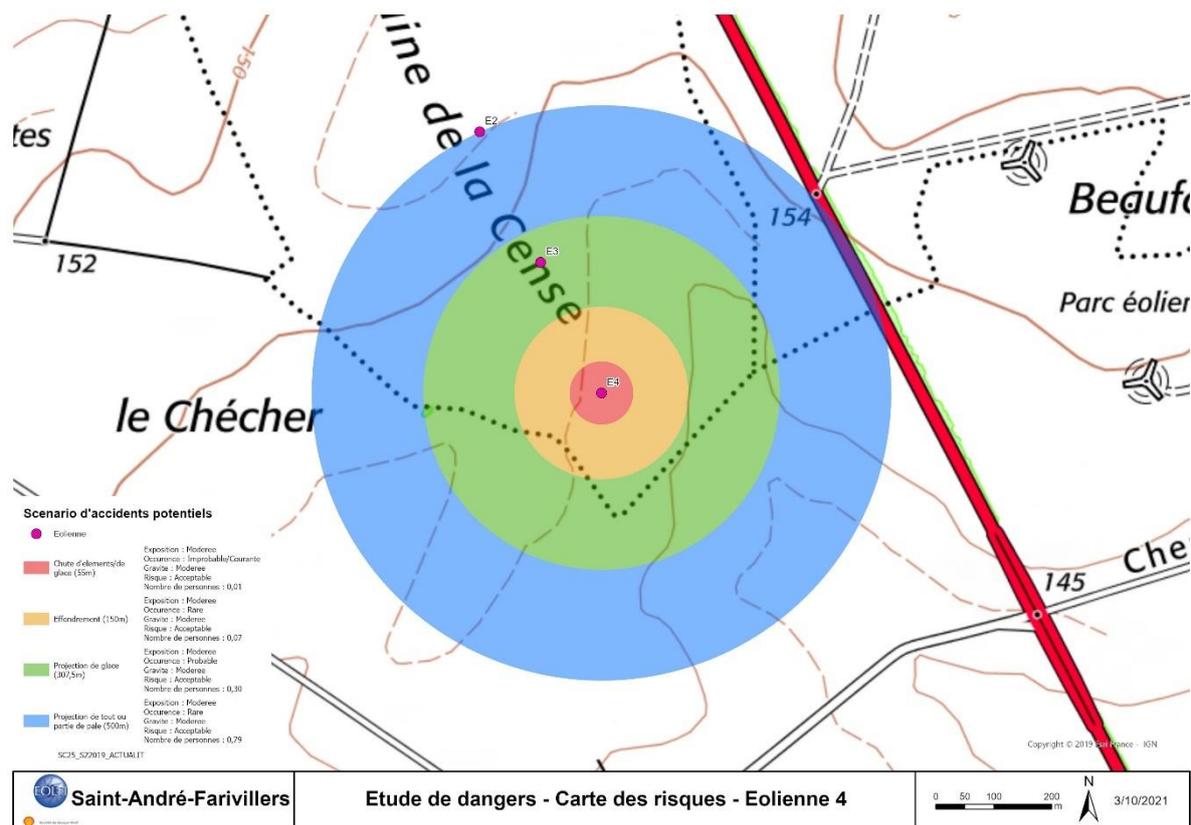


Figure 11 : Synthèse des risques pour l'éolienne E4

## 1.8 CONCLUSION

Cette étude de dangers a pour objectif de répondre aux exigences du classement des éoliennes à la nomenclature ICPE. Ce document est réalisé par la société PARC EOLIEN OISE 2, grâce au document générique produit par le groupe de travail SER - FEE - INERIS.

**Les principaux accidents majeurs identifiés** pour le projet éolien de la Cense sont ceux retenus par le guide de l'étude de danger réalisé par l'INERIS/SER/FEE à savoir :

- Le bris de pale,
- L'effondrement de l'éolienne,
- La chute d'éléments,
- La chute de glace,
- Projection de glace.

**La probabilité d'atteinte d'un enjeu** par un projectile est variable en fonction du scénario :

- [D] pour l'effondrement de l'éolienne ;
- [C] pour la chute d'éléments ;
- [A] pour la chute de glace ;
- [D] pour la projection d'un fragment de pale ;
- [B] pour la projection de glace.

Dans la zone de surplomb des éoliennes (**Rayon de 55 m**), là où s'observe les phénomènes de chute de glace et d'éléments, l'enjeu humain est défini à un maximum de 0,01 personne. Cette zone représente une gravité

modérée pour le phénomène de chute de glace et pour celui de chute d'éléments. Au vu de la probabilité d'occurrence de ces phénomènes, l'enjeu est jugé **acceptable** pour ces 2 scénarios.

Dans la zone d'effondrement de la machine (Rayon de 150 m) l'enjeu humain est évalué à un maximum de 0,07 personne, ce qui représente une gravité modérée. La probabilité d'occurrence étant faible (probabilité D), le niveau de risque est donc jugé **acceptable** pour ce scénario.

Dans la zone de projection de glace (Rayon de 307,5 m), l'enjeu humain est défini à 0,30 personne maximum, avec une gravité modérée. Le niveau de risque est donc jugé **acceptable**.

Dans la zone de projection de pale ou fragment de pale (Rayon de 500 m), l'enjeu humain est défini à 0,83 personne maximum. La probabilité d'occurrence de ce phénomène est faible et l'exposition est modérée. Le niveau de risque est donc jugé **acceptable**.

---

**Cette étude de dangers permet de conclure que le site du projet éolien de la Cense présente un niveau de risque acceptable.**

---

*A noter que des fonctions de sécurité (de type prévention, protection et intervention) seront également mises en place. En particulier, la maintenance, la surveillance des installations, la formation du personnel ainsi que les procédures de sécurité, d'entretien et de travail sont des éléments essentiels de la sécurité et du bon fonctionnement d'un parc éolien.*

## II. PREAMBULE

### II.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 Parc Eolien OISE 2 pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques du projet de parc éolien de la Cense, 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 projet de la Cense. 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.

Elle précise l'ensemble des mesures de maîtrise des risques mises en œuvre sur le projet éolien de la Cense, 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.

### II.2 CONTEXTE LEGISLATIF ET REGLEMENTAIRE

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. 512-1, 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'accident 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 R. 512-9 du Code de l'environnement :

- Description de l'environnement et du voisinage
- Description des installations et de leur fonctionnement
- Identification et caractérisation des potentiels de danger

- Estimation des conséquences de la concrétisation des dangers
- Réduction des potentiels de danger
- Enseignements tirés du retour d'expérience (des accidents et incidents représentatifs)
- Analyse préliminaire des risques
- Étude détaillée de réduction des risques
- Quantification et hiérarchisation des différents scénarios en termes de gravité, de probabilité et de cinétique de développement en tenant compte de l'efficacité des mesures de prévention et de protection
- Représentation cartographique
- Résumé non technique de l'étude des dangers.

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 précise le contenu attendu de l'étude de dangers et apporte des éléments d'appréciation des dangers pour les installations classées soumises à autorisation.

### II.3 NOMENCLATURE DES INSTALLATIONS CLASSEES

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 :

A. – Nomenclature des installations classées			
N°	DÉSIGNATION DE LA RUBRIQUE	A, E, D, S, C (1)	RAYON (2)
2980	Installation terrestre de production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent et regroupant un ou plusieurs aérogénérateurs :		
	1. Comprenant au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m.....	A	6
	2. Comprenant uniquement des aérogénérateurs dont le mât a 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 :		
	a) Supérieure ou égale à 20 MW.....	A	6
	b) Inférieure à 20 MW.....	D	

(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.

Tableau 5 : Nomenclature ICPE pour l'éolien terrestre (source : décret n°2011-984 du 23 août 2011)

Le projet éolien de la Cense comprend 4 aérogénérateurs 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.

### III. INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION

#### III.1 RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS

Le demandeur est la société PARC EOLIEN OISE 2.

<b>Raison sociale</b>	PARC EOLIEN OISE 2
<b>Siège social</b>	10 place de Catalogne 75014 Paris
<b>Forme juridique</b>	Société par actions simplifiée à associé unique
<b>N° SIRET</b>	841 366 974 R.C.S Paris
<b>Code NAF</b>	3511Z / Production d'électricité

Tableau 6 : Référence administrative PARC EOLIEN OISE 2

<b>Nom</b>	EL HAYANI
<b>Prénom</b>	Youssef
<b>Nationalité</b>	Française
<b>Qualité</b>	Chef de projet développement éolien

Tableau 7 : Référent du projet éolien de la Cense

La société PARC ÉOLIEN OISE 2 est dédiée au développement, à la construction et à l'exploitation du projet éolien de la Cense sur la commune de Saint-André-Farivillers, dans le département de l'Oise (60). L'actionnaire unique de cette entité juridique est la société EOLFI SAS, qui appartient au « Groupe EOLFI », considérée ci-après comme la maison mère et dont les capacités techniques et financières sont spécifiquement détaillées dans le Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale (DDAE).

Chiffres clés du groupe EOLFI :

- Plus d'une **soixantaine d'experts** dans le monde, dont 56 en France
- Environ **15 ans d'expérience** dans la production d'énergie renouvelable et le développement de projets
- Des bureaux à Paris, Marseille, Lorient et Taipei
- Membre de : France Energie Eolienne, Syndicat des Energies Renouvelables, Pôle Mer Méditerranée, Cluster Maritime Français, Capenergies, OFAEnR, Taiwan Wind Energy Association, Taiwan Wind Turbine Industry Association
- Environ **700 MW de projets éoliens en cours de développement** en France
- Environ 250 MW de projets photovoltaïques en cours de développement
- Environ 5 GW de projets éoliens en mer en cours de développement en France dont un projet pilote éolien flottant offshore de 24 MW au large des îles de Groix et Belle-Ile, lauréat en 2016 à l'Appel à Projets lancé par l'Etat français
- 2 GW de projets éoliens en mer en cours de développement à Taiwan
- **759 MW de projets éoliens mis en service** en France et aux Etats-Unis
- 145 MW de projets solaires mis en service en France
- De 2006 à 2018, gestionnaire et/ou conseiller d'un portefeuille d'actifs représentant une valeur globale d'environ un milliard d'euros, à travers sa filiale société de gestion EAM.

### III.2 LOCALISATION DU SITE

Le projet éolien de la Cense, composé de 4 aérogénérateurs, est localisé sur la commune de Saint-André-Farivillers, dans le département de l'Oise (60), en région Hauts-de-France (voir Figure 12).



Figure 12 : Situation géographique du projet éolien (source : PARC EOLIEN OISE 2)

Le projet est situé à une vingtaine de kilomètres au nord-est de Beauvais (voir Figure 13 : Situation géographique du site par rapport au département de l'Oise (source : PARC EOLIEN OISE 2)

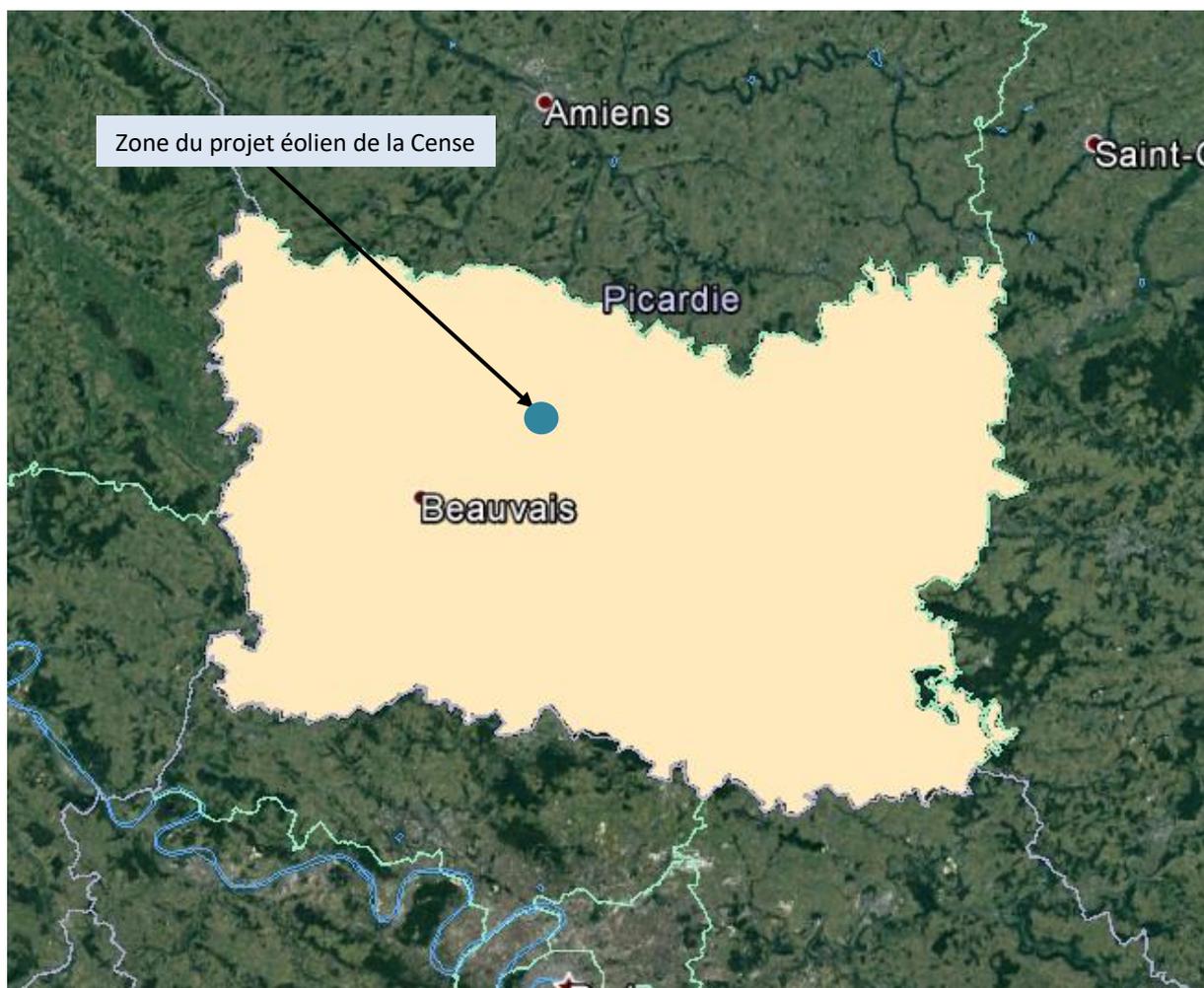


Figure 13 : Situation géographique du site par rapport au département de l'Oise (source : PARC EOLIEN OISE 2)

Localisation géographique des éoliennes du projet éolien de la Cense :

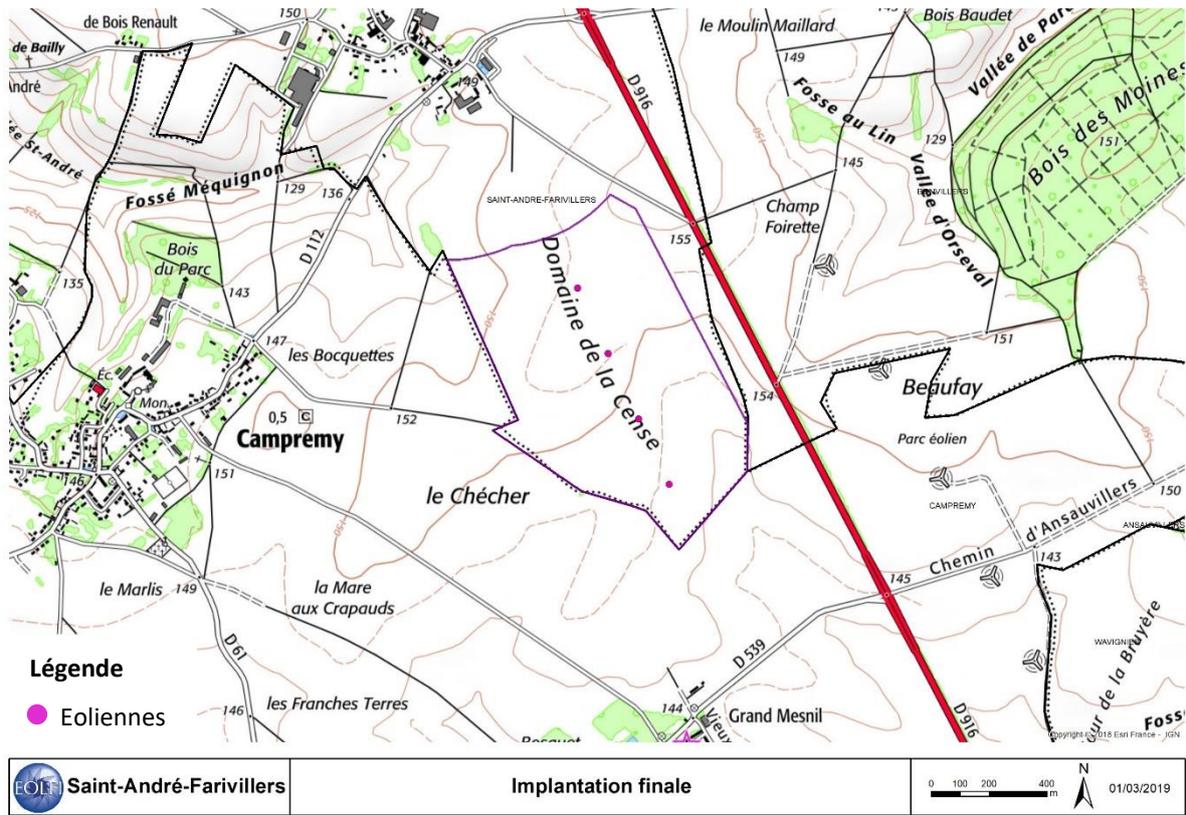


Figure 14 : Localisation géographique des éoliennes du projet éolien de la Cense

(Source : PARC EOLIEN OISE 2)

### III.3 DEFINITION DE L'AIRE D'ETUDE

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 par 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 (cf.

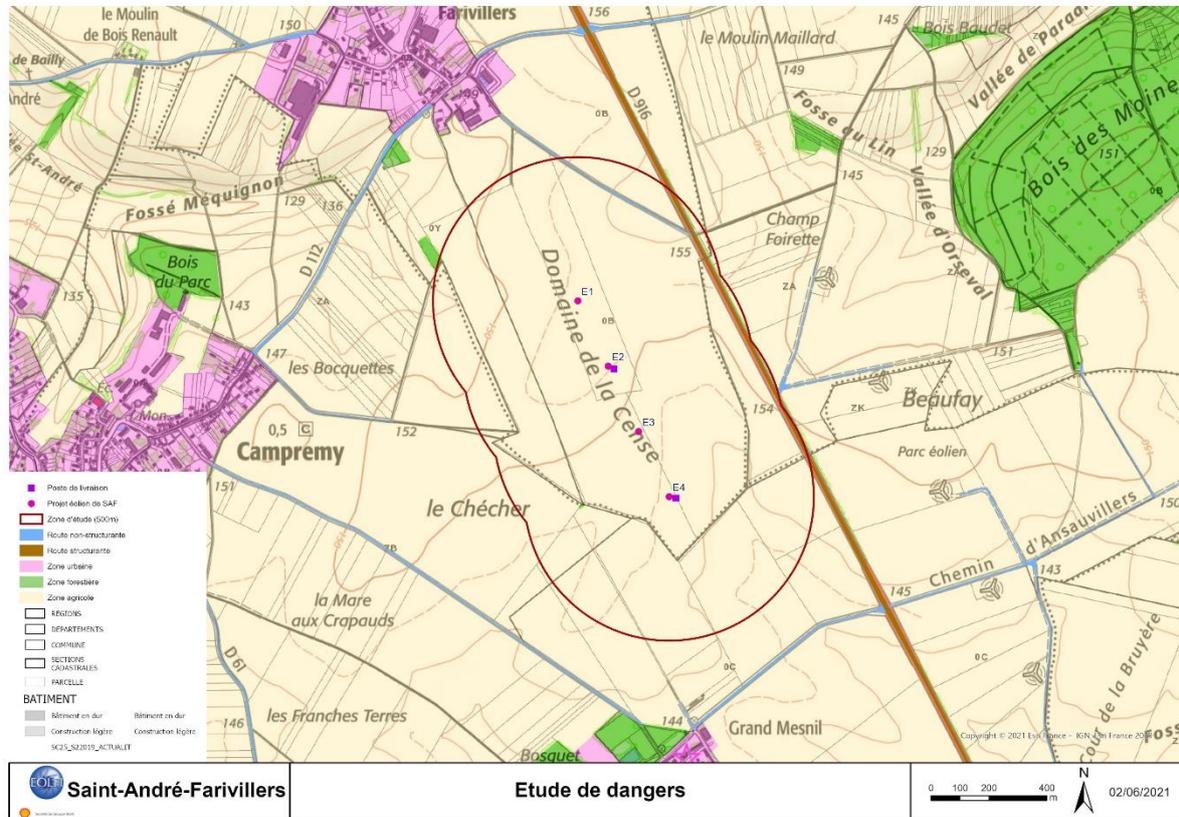


Figure 15). Cette distance équivaut à la distance d'effet retenue pour les phénomènes de projection, telle que définie au paragraphe IX.2.4.

La zone d'étude n'intègre pas les environs des postes de livraison, qui est néanmoins représenté sur la carte. Les expertises réalisées dans le cadre de la présente étude ont en effet montré l'absence d'effet à l'extérieur des postes de livraison pour chacun des phénomènes dangereux potentiels pouvant les affecter.

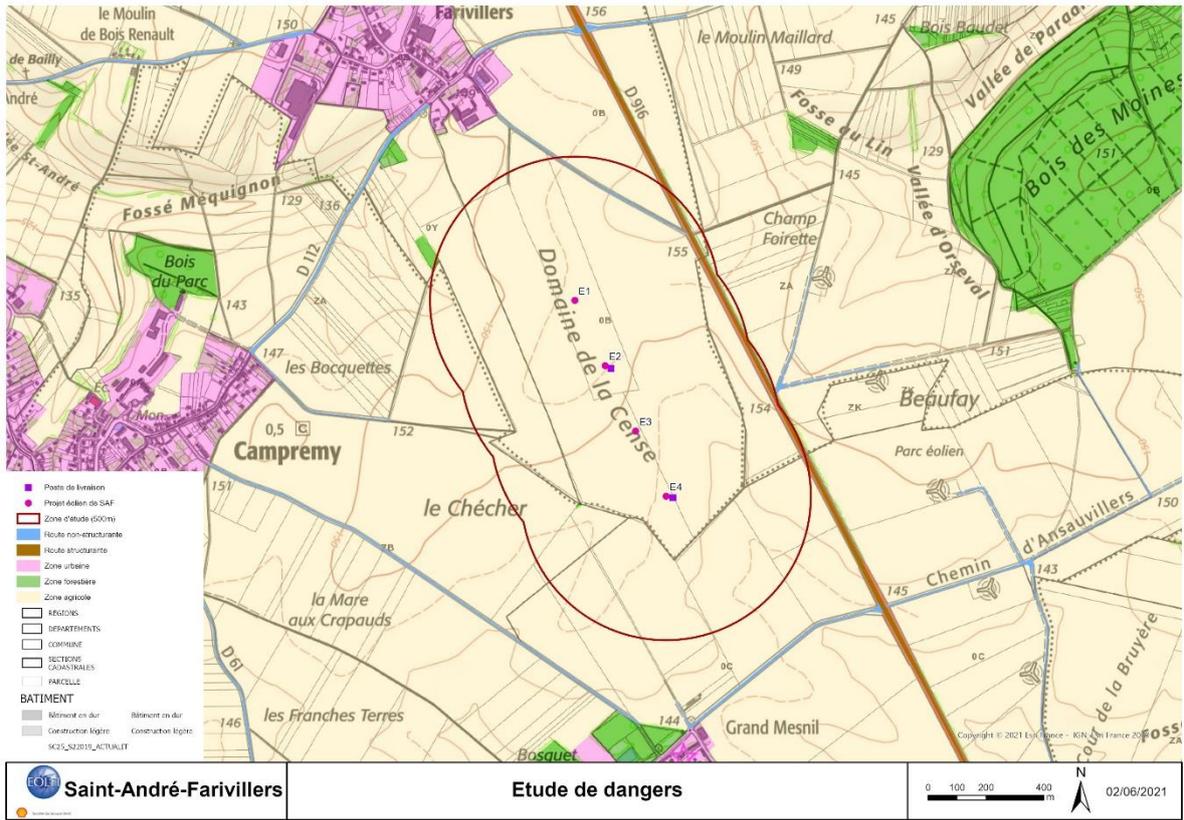


Figure 15 : Définition du périmètre d'étude de danger du projet éolien de la Cense

(Source : PARC EOLIEN OISE 2)

## IV. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION

Ce chapitre a pour objectif de décrire l'environnement dans la zone d'étude de l'installation, afin d'identifier les principaux intérêts à protéger (enjeux) et les facteurs de risque que peut représenter l'environnement vis-à-vis de l'installation (agresseurs potentiels).

### IV.1 ENVIRONNEMENT HUMAIN

L'aménagement d'un parc éolien est un projet ayant un impact sur l'environnement humain, c'est pourquoi il est important de s'intéresser aux populations situées près de la zone d'étude et qui seront directement concernées par ce projet d'un point de vue socio-économique.

La commune de Saint-André-Farivillers comporte **516 habitants** (Source : *Insee 2016*). Les communes de Campremy et Bonvillers, voisines de la zone d'implantation potentielle mais comprenant une faible partie de la zone d'étude de danger, comportent respectivement 497 et 210 habitants (Source : *Insee 2016*).

#### IV.1.1 ZONES URBANISEES

- **Distance aux habitations les plus proches**

*Suite aux prescriptions du Grenelle de l'environnement ainsi que l'Arrêté du 26 août 2011 soumettant les parcs éoliens à la réglementation ICPE, la distance minimum à respecter est une distance de recul de 500 mètres aux zones destinées à l'habitation.*

Pour ce projet l'habitation la plus proche se trouve à environ **760 mètres**. Cette contrainte est donc respectée.

- **Compatibilité de la zone avec l'accueil d'éoliennes**

La zone d'implantation potentielle est située intégralement sur la commune de Saint-André-Farivillers, en face du hameau de Farivillers, à la frontière avec Campremy et Bonvillers. Elle fait partie de la **Communauté de Communes de l'Oise Picarde**, créée le 1er janvier 2017 par la fusion de la Communauté de Communes des Vallées de la Brèche et de la Noye et de la Communauté de Communes de Crèvecœur-le-Grand. Un Schéma de Cohérence Territorial (SCOT) est en cours d'élaboration à l'échelle de cette communauté de communes.

La commune de Saint-André-Farivillers n'a pas de document d'urbanisme, elle est donc **soumise au RNU** (Règlement National de l'Urbanisme). La commune de Bonvillers dispose quant à elle d'un PLU (Plan Local d'Urbanisme) et la commune de Campremy est en train d'élaborer le sien. Le RNU autorise la construction d'éoliennes à plus de 500 m des habitations.

---

**Le développement de l'éolien est donc compatible au sein de la zone d'implantation potentielle.**

---

#### IV.1.2 ETABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC (ERP)

Que ce soit dans le périmètre d'étude ou à proximité du projet éolien de la Cense, aucun établissement recevant du public n'est à recenser.

#### IV.1.3 INSTALLATIONS CLASSEES POUR LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT (ICPE) ET INSTALLATIONS NUCLEAIRES DE BASE.

L'étude de dangers doit lister les établissements SEVESO et les installations nucléaires de base (INB) présents dans les limites de la zone d'étude :

- Distance par rapport aux éoliennes
- Régime de classement au titre des ICPE
- Principaux accidents potentiels liés à cette installation

- **Etablissement ICPE – hors éolien**

De même que pour les ERP, la zone de l'étude de dangers du projet éolien de la Cense (500 mètres autour des éoliennes) ne contient pas d'installation classée pour la protection de l'environnement. Aucun établissement classé ICPE n'est localisé sur la commune d'accueil du projet. Le site le plus proche appartient à la société EARL du Parc et est localisé à 1,1 km à l'Ouest de la zone d'implantation potentielle, sur la commune de Campremy.

- **Etablissement ICPE éolien**

Aucun autre établissement éolien n'est présent sur la zone d'étude de l'étude de dangers. Le parc en exploitation le plus proche est celui de Campremy/Bonvillers à 813 m de l'éolienne E2, comprenant 5 éoliennes.

- **Etablissements SEVESO**

Aucun établissement classé SEVESO n'intègre l'aire de l'étude de dangers. Le plus proche appartient à la société Bordage et est classé « Seuil Bas » ; il est situé à 15 km au sud-ouest de la zone d'implantation potentielle.

- **Installation nucléaire de base**

Aucun établissement nucléaire n'intègre les différentes aires d'étude du projet.

#### **IV.1.4 AUTRES ACTIVITES**

La commune de Saint-André-Farivillers accueille 45 établissements actifs. Parmi ceux-ci, 10 concernent l'agriculture, la sylviculture et la pêche, 6 concernent l'industrie, 9 la construction, 16 le commerce, les transports et les services divers, et enfin 4 les administrations publiques, enseignement, santé, action sociale. Les communes de Campremy et Bonvillers accueillent respectivement 22 et 13 bâtiments actifs.

La surface agricole représente 99 % de la zone d'étude. L'activité principale dans l'aire d'étude est donc l'agriculture.

Le périmètre d'étude comprend la route départementale 916, et est à proximité de deux autres routes départementales, la D539 et la D112.

## IV.2 ENVIRONNEMENT NATUREL

### IV.2.1 CONTEXTE CLIMATIQUE

L'étude de dangers doit préciser l'ensemble des informations nécessaires à l'appréciation des conditions climatiques et météorologiques du site :

- Températures (moyennes mensuelles, maximales et minimales, nombre de jours de gel, etc.)
- Précipitations (pluviométrie, nombre de jours de neige, nombre de jours de grêle, nombre de jours de brouillard, etc.)
- Vent (intensité, fréquence et direction des vents – rose des vents)

Le projet éolien de la Cense se situe dans le département de l'Oise, dont le climat est de type océanique dégradé, sous influence continentale (pluies régulières, températures douces). Les températures plus faibles du territoire par rapport au reste de la France entraînent une augmentation du nombre de jours de neige et de gel au niveau du site du projet.

Le projet se situe à une vingtaine de kilomètres de la station météorologique de Beauvais. Les valeurs mentionnées dans les paragraphes suivants correspondent aux relevés de cette station pour la période 1981-2010.

#### • Vent

D'après le Schéma Régional Climat Air Energie (SRCAE) de l'ancienne région Picardie, dans son volet lié à l'éolien, la zone d'implantation potentielle intègre une zone moyennement ventée. Les vitesses de vent sont estimées, à 45 m d'altitude, à 5,7 m/s. A noter que le gisement éolien identifié a été réalisé à l'échelle régionale.

Les caractéristiques suivantes ont été évaluées à l'aide d'un mât de mesures de vent installé sur la commune de Saint-André-Farivillers le 23 mai 2018 au sud-ouest du lieu-dit « Domaine de la Cense ».

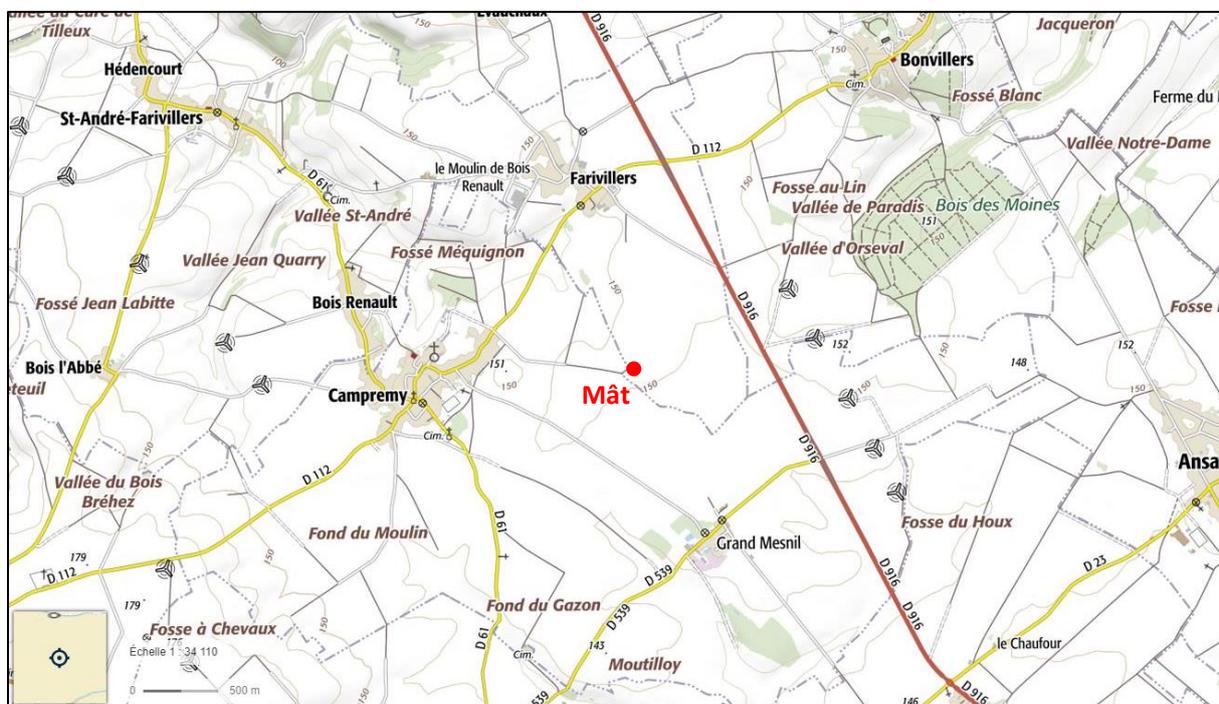


Figure 16 : Localisation du mât de mesure (source : PARC EOLIEN OISE 2)

Les résultats montrent :

- Un vent dominant d'orientation Sud-ouest,
- Vitesse moyenne mesurée à 45 m : 5,7 m/s,
- Vitesse maximale mesurée à 45 m : 23,5 m/s.

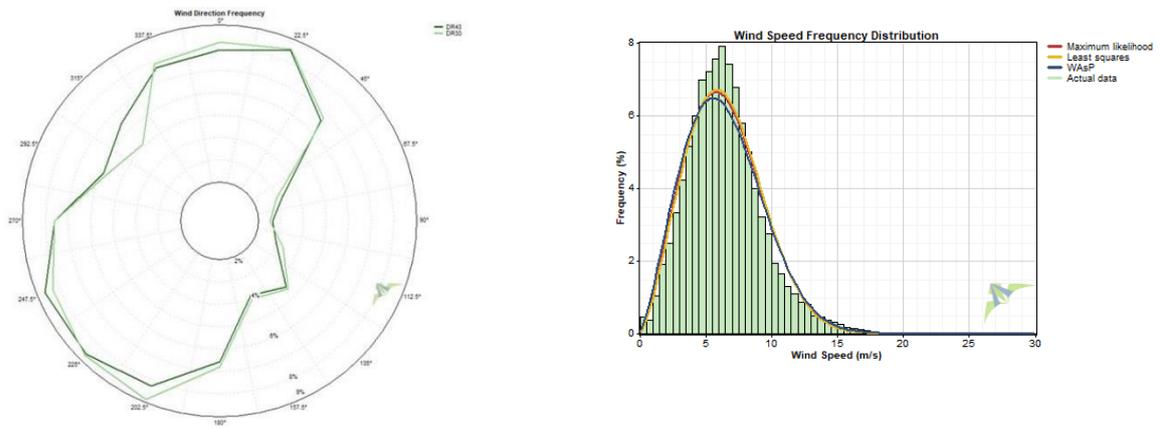


Figure 17 : Fréquence et direction des vents (source : PARC EOLIEN OISE 2)

Ces caractéristiques confirment les données et permettent d'établir avec certitude le potentiel éolien sur cette zone.

- **Précipitations**

Les précipitations sont réparties également toute l'année, sans tendance réelle de pics de précipitations d'un mois à l'autre. Le total annuel des précipitations est moyen, avec 673,3 mm annuel en moyenne pour la période 1981-2010. Cependant, le nombre de jours annuel de pluie (63 à Nice, 117 à Beauvais) confirme l'influence océanique du climat sur la zone d'implantation potentielle.

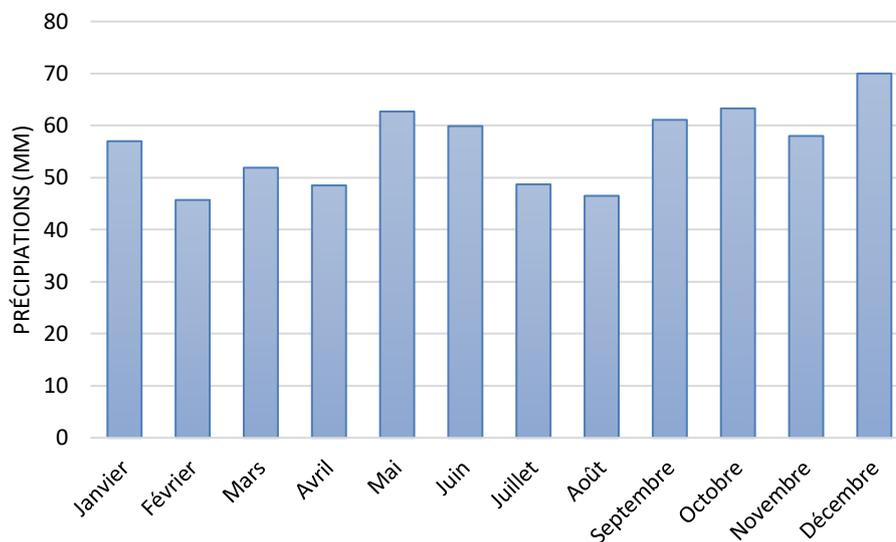


Figure 18 : Précipitations moyennes sur la période 1981-2010, à la station météorologique de Beauvais (Source : Météo-France)

- **Températures**

Le climat océanique dégradé se vérifie, puisque la température moyenne annuelle est de 10,3°C à la station de référence. L'amplitude thermique journalière moyenne varie de 5°C en hiver à 11 °C en été. On compte en moyenne 55,4 jours de gel par an, sur une période s'étalant d'octobre à mai.

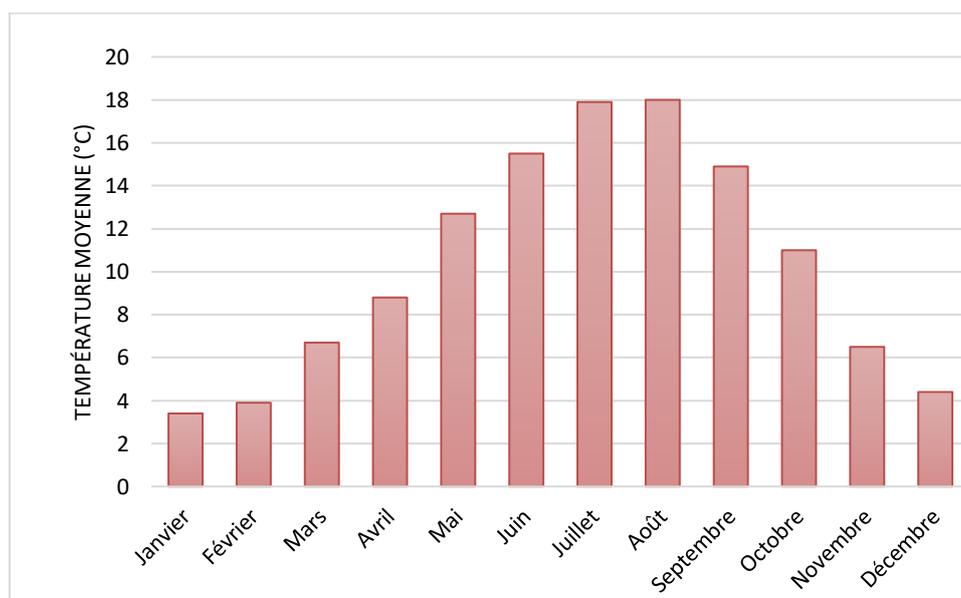


Figure 19 : Températures mensuelles moyennes pour la période 1981-2010, au niveau de la station Météo-France de Beauvais

---

**Ces caractéristiques climatologiques ne présentent pas d'inconvénients à l'implantation d'un parc éolien.**

---

## IV.2.2 RISQUES NATURELS

### • Sismicité

Un séisme est une fracturation brutale des roches en profondeur créant des failles dans le sol et parfois en surface, et se traduisant par des vibrations du sol transmises aux bâtiments. Les dégâts observés sont fonction de l'amplitude, de la durée et de la fréquence des vibrations. Le séisme est le risque naturel majeur qui cause le plus de dégâts.

Depuis le 22 octobre 2010, la France dispose d'un nouveau zonage sismique divisant le territoire national en cinq zones de sismicité croissante en fonction de la probabilité d'occurrence des séismes (*source : planseisme.fr*).

L'actuel zonage sismique classe les communes d'accueil du projet en zone de sismicité 1 (très faible). Il n'y a pas de prescription particulière pour les bâtiments à risque normal.

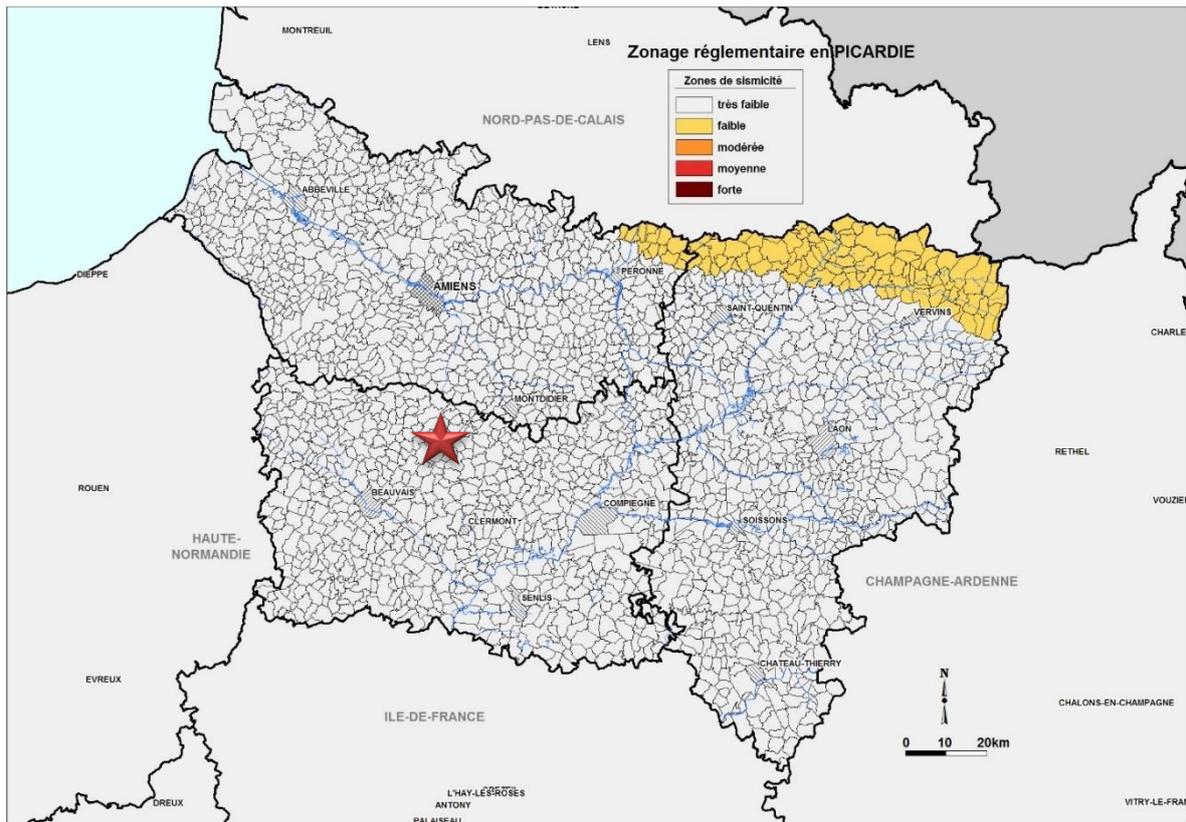


Figure 20 : Zonage sismique de l'ancienne région Picardie – Légende : Etoile rouge / Zone d'implantation potentielle (*source : planseisme.fr, 2016*)

---

**L'aléa séisme sur la zone du projet de la Cense est donc jugé comme très faible.**

---

### • Inondations

Une inondation est une submersion, rapide ou lente, d'une zone habituellement hors d'eau.

On distingue trois types d'inondations :

- La montée lente des eaux par débordement d'un cours d'eau ou remontée de la nappe phréatique ;
- La formation rapide de crues torrentielles consécutives à des averses violentes ;
- Le ruissellement pluvial renforcé par l'imperméabilisation des sols et les pratiques culturales limitant l'infiltration des précipitations.

La commune d'accueil du projet éolien et les communes comprenant une partie de la zone d'étude de dangers ont fait l'objet d'arrêtés de catastrophe naturelle pour cause de :

Commune	Nature de la catastrophe naturelle	Date de l'arrêté
Saint-André-Farivillers	Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	29/12/1999
	Inondations et coulées de boue	02/10/1985
	Inondations et coulées de boue	28/09/1993
Campremy	Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	29/12/1999
Bonvillers	Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	29/12/1999

Tableau 8 : Inventaires des arrêtés de catastrophe naturelle (source : prim.net, 2018)

Les communes d'accueil du projet n'intègrent aucun Territoire à Risque d'Inondation (TRI), Atlas des Zones Inondables (AZI), Programme d'Actions de Prévention des Inondations (PAPI) ou Plan de Prévention du Risque inondation (PPRi).

- Inondations par débordement de cours d'eau

Le DDRM de l'Oise n'identifie pas de risque de débordement de cours d'eau sur la commune de Saint-André-Farivillers.

---

**La zone d'étude de dangers n'est donc pas concernée par le risque d'inondation par débordement de cours d'eau.**

---

- Inondations par remontée de nappes phréatiques

Le BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières) fournit une carte de remontée des nappes, auxquelles la zone d'étude n'est pas sujette.

---

**La zone d'étude de dangers n'est donc pas concernée par le risque d'inondation par remontée de nappe.**

---

- **Tempêtes**

L'atmosphère est un mélange de divers gaz dont la vapeur d'eau, répartie en couches concentriques autour de la Terre. Trois paramètres principaux caractérisent l'état de l'atmosphère :

- **La pression** : les zones de basses pressions sont appelées **dépressions** celles où les pressions sont élevées, **anticyclones** ;
- **La température** ;
- **Le taux d'humidité** : une tempête correspond à l'évolution d'une perturbation atmosphérique ou dépression où se confrontent deux masses d'air aux caractéristiques bien distinctes (température – humidité).

Cette confrontation engendre un gradient de pression très élevé, à l'origine de vents violents et/ou de précipitations intenses. On parle de tempêtes pour des vents moyens supérieurs à 89 km/h (degré 10 de l'échelle de Beaufort qui en comporte 12). Les tempêtes d'hiver sont fréquentes en Europe, car les océans sont encore chauds et l'air polaire déjà froid. Venant de l'Atlantique, elles traversent généralement la France en trois jours, du Sud-Ouest au Nord-Est, leur vitesse de déplacement étant de l'ordre de 50 km/h.

En France, ce sont en moyenne, chaque année, quinze tempêtes qui affectent nos côtes, dont une à deux peuvent être qualifiées de « fortes » selon les critères utilisés par Météo-France. Bien que le risque de tempête intéresse plus spécialement le quart Nord-Ouest du territoire métropolitain et la façade atlantique dans sa totalité, les tempêtes survenues en décembre 1999 ont souligné qu'aucune partie du territoire n'est à l'abri du phénomène.

Le Dossier Départemental des Risques Majeurs de l'Oise détaille le risque de tempête, auquel sont soumises toutes les communes du département. Ce risque peut donc être considéré comme faible.

---

**La zone d'étude est soumise à un risque de tempête faible.**

---

- **Incendie**

Les feux de forêts sont des incendies qui se déclarent et se propagent sur une surface d'au moins un hectare de forêt, de lande, de maquis, ou de garrigue.

Pour se déclencher et progresser, le feu a besoin des trois conditions suivantes :

- **Une source de chaleur** (flamme, étincelle) : très souvent l'homme est à l'origine des feux de forêts par imprudence (travaux agricoles et forestiers, cigarettes, barbecue, dépôts d'ordures...), accident ou malveillance ;
- **Un apport d'oxygène** : le vent active la combustion ;  
**Un combustible** (végétation) : le risque de feu est lié à différents paramètres : sécheresse, état d'entretien de la forêt, composition des différentes strates de végétation, essences forestières constituant les peuplements, relief, etc.

Le département de l'Oise est localement considéré comme étant à risque vis-à-vis des feux de forêt, notamment à proximité des massifs forestiers (forêt de Compiègne et massif des Trois Forêts). La zone d'étude étant éloignée de ces massifs forestiers et ayant un faible taux de boisement, elle n'est pas considérée comme étant sensible à ce risque naturel.

---

**Le risque d'incendie apparaît donc comme étant très faible.**

---

- **Mouvements de terrain et aléa retrait-gonflement des argiles**

Les mouvements de terrain regroupent un ensemble de déplacements, plus ou moins brutaux, du sol ou du sous-sol, d'origine naturelle ou anthropique. Les volumes en jeux sont compris entre quelques mètres cubes et quelques millions de mètres cubes. Les déplacements peuvent être lents (quelques millimètres par an) ou très rapides (quelques centaines de mètres par jour).

- Relatif à la présence de cavités

Les communes de Saint-André-Farivillers et Campremy, bien que soumises au risque d'effondrement de cavités souterraines, n'ont fait l'objet d'aucun éboulement ou affaissement de terrain d'après le DDRM et aucun Plan de Prévention des Risques Mouvement de Terrain n'est adopté sur ces deux communes. La commune de Bonvillers, quant à elle, n'est pas recensée comme commune soumise au risque d'effondrement de cavités souterraines.

On dénombre plusieurs ouvrages civils, caves et carrières ainsi que des cavités indéterminées autour de la zone d'étude (Figure 21). Plusieurs cavités indéterminées sont recensées autour de l'aire d'étude, dont une proche de la zone d'implantation potentielle.

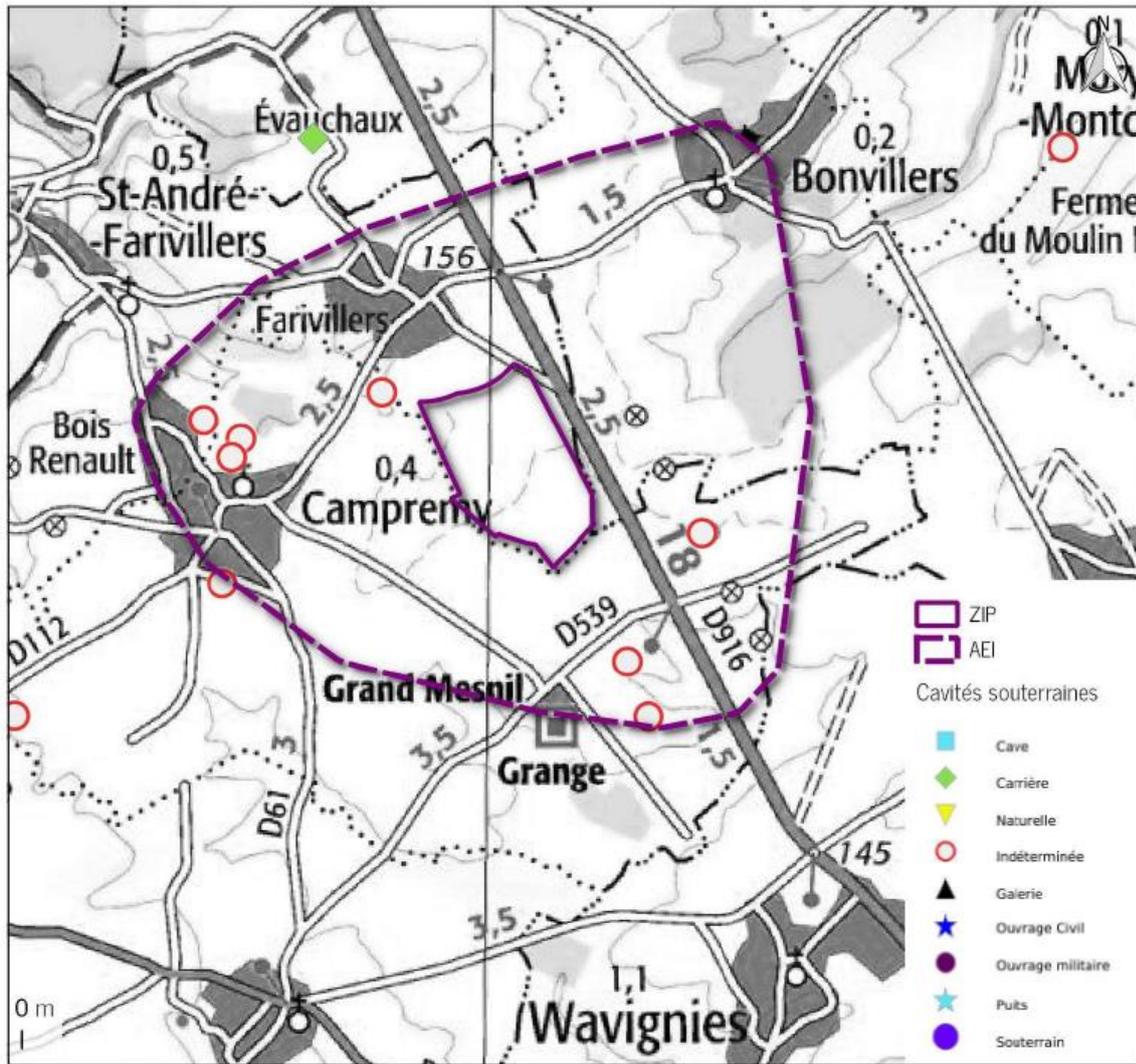


Figure 21 : Recensement des cavités souterraines connues (Source : Ora Environnement)

Aucune cavité souterraine n'est recensée au sein même de la zone d'étude. De plus la commune de Saint-André-Farivillers n'est soumise à un Plan de Prévention des Risques Mouvements de Terrain.

- Relatif à l'aléa retrait-gonflement des argiles

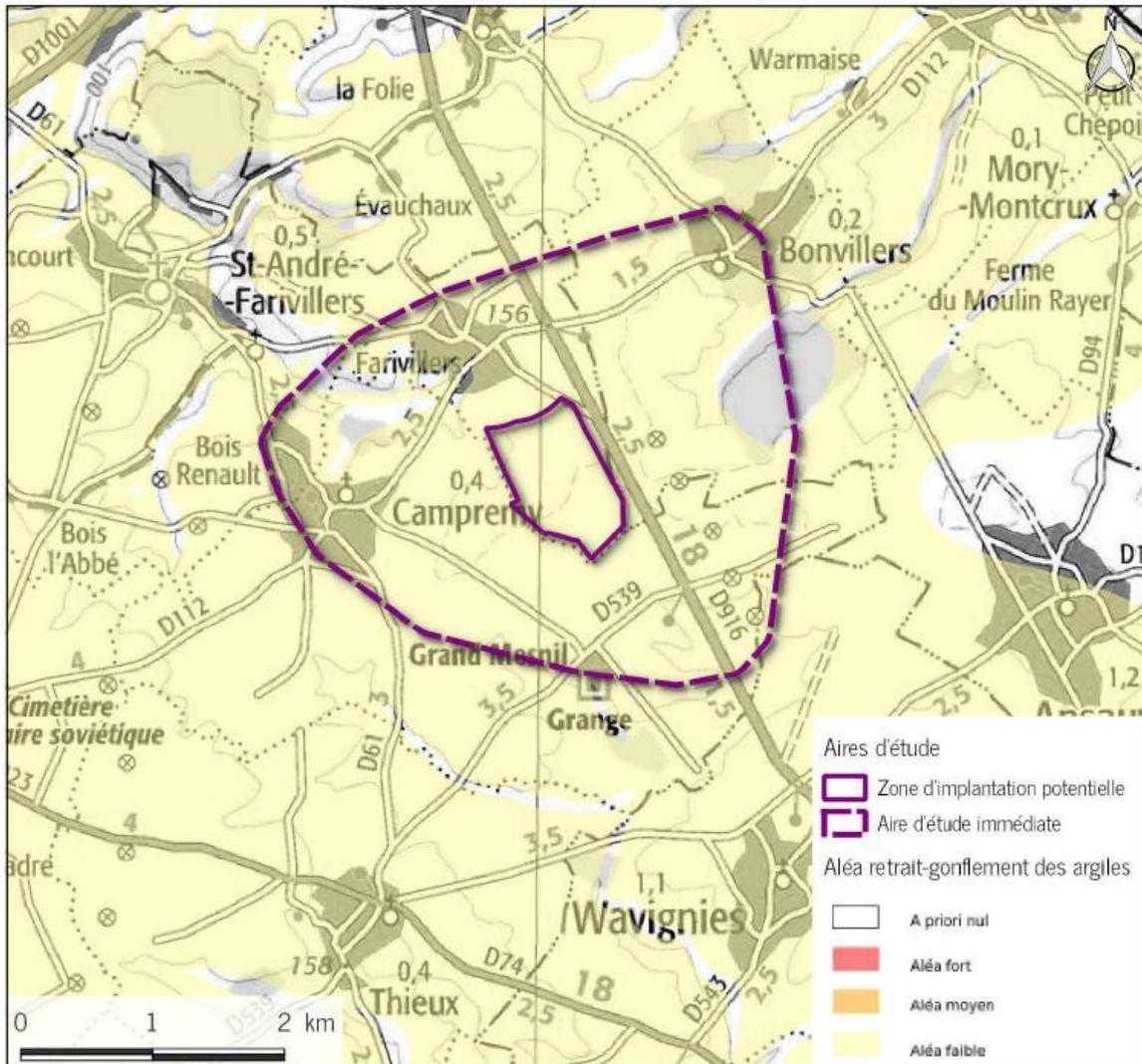


Figure 22 : Carte du risque de retrait-gonflement des argiles (Source : Ora Environnement)

---

**L'aléa retrait-gonflement des argiles sur la zone d'étude est considéré comme un enjeu faible.**

---

L'ensemble de ces points sera **confirmé ou infirmé par la réalisation de sondages lors de la phase de travaux.**

- **Impact sur les risques naturels en phase de chantier**

La construction d'un parc éolien n'a pas d'impact sur les risques naturels. En effet, le chantier n'est pas de nature à augmenter la sismicité d'un territoire, ou sa sensibilité au risque d'inondation. Il ne crée pas non plus de mouvements de terrains ni de feu de forêts.

---

**Aucun impact n'est donc attendu sur les risques naturels en phase de chantier.**

---

- **Conclusion**

Comme détaillé précédemment, le parc éolien de la Cense aura un impact résiduel faible sur le réseau hydrographique (imperméabilisation des sols). Aucun impact n'est donc attendu sur le risque d'inondation. Concernant le risque de mouvements de terrain, les risques d'affaissement des terrains sont nuls pour ce type d'infrastructure. De plus, aucune cavité n'est recensée au niveau des éoliennes et l'aléa retrait-gonflement des argiles est faible. L'impact du projet sur le risque de mouvement de terrain est donc nul.

---

**Le parc éolien de la Cense n'aura donc pas d'impact sur les risques naturels.**

---

## IV.3 ENVIRONNEMENT MATERIEL

### IV.3.1 VOIES DE COMMUNICATION

Une seule route départementale sillonne la zone d'étude de dangers. Il s'agit de la route départementale 916, située à l'est de la zone d'implantation potentielle. D'après le comptage routier de l'Oise réalisé en 2017, cette route reliant Breteuil à Saint-Just-en-Chaussée est classée à grande circulation, avec 7 000 à 15 000 véhicules par jour en moyenne. Deux autres routes départementales sont proches de la zone d'étude de danger, la RD112, au nord-ouest, et la RD539, au sud-est, avec respectivement moins de 500 et entre 500 et 1200 véhicules par jour.

De plus, un fin maillage de routes départementales locales, de voies communales et de chemins ruraux et d'exploitation permet de desservir tous les villages environnants. Certaines de ces voies traversent la zone d'étude, desservant ainsi les parcelles agricoles.

**La zone d'implantation potentielle est bien desservie par un réseau routier dense.**

- **Définition du trafic**

*Une infrastructure routière est qualifiée de structurante lorsque son trafic est supérieur à 2 000 véhicules par jour.*

*Remarque :* Le Conseil Départemental de l'Oise ne réalise pas de comptage routier pour les voies communales et les chemins ruraux et d'exploitation, leur trafic étant estimé bien en-deçà de 2 000 véhicules par jour.

**Ainsi, seule la route départementale 916 est une infrastructure routière structurante traversant la zone à l'est de la zone d'étude.**

- **Eloignement des éoliennes**

L'article 41 du règlement de voirie départementale entré en vigueur le 4 mai 2016 stipule que :

*« La distance de retrait entre une éolienne et l'axe de chaussée est égale d'au moins deux fois la hauteur de l'éolienne (mât + pale) mesurée en bout de pale en position horizontale ».*

*Remarque :* Aucune réglementation spécifique n'existe par rapport aux routes et aux voies communales.

**Une distance égale à deux fois la hauteur totale des éoliennes envisagée sera donc respectée entre ces dernières et les axes de chaussée de la route départementale.**

---

**L'enjeu concernant cette thématique est donc faible.**

---

### IV.3.1 RESEAUX PUBLICS ET PRIVÉS

- **Réseau électrique et téléphonique**

Aucune ligne, aérienne ou souterraine, appartenant au réseau public de transport d'énergie électrique ne traverse la zone d'étude. Cependant, Enedis signale qu'une ligne HTA traverse la zone d'implantation potentielle, sur sa partie ouest. Il est prévu, dans le cadre du projet, **d'enterrer la partie de la ligne** qui traverse la zone d'implantation potentielle.

Un faisceau hertzien France Telecom traverse la Zone d'Implantation Potentielle. **L'enjeu est modéré, le faisceau étant potentiellement source de nuisances et de risque pour la santé. Toutefois, la distance préconisée par rapport à ce faisceau a été respectée.**

- **Réseau de transport de gaz**

Aucune conduite de gaz n'est recensée au sein de la Zone d'Implantation Potentielle du projet.

## IV.4 CARTOGRAPHIE DE SYNTHÈSE

En conclusion de ce chapitre de l'étude de dangers, une cartographie lisible pour chaque aérogénérateur permet d'identifier géographiquement les enjeux à protéger dans la zone d'étude :

- Le nombre de personnes exposées par secteur (champs, routes, habitations...),
- La localisation des biens, infrastructures et autres établissements.

La méthode de comptage des enjeux humains dans chaque secteur est présentée en annexe 1. Elle se base sur la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers.

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 par éolienne. Suivant les scénarios qui seront traités dans la suite de cette étude de dangers, différents rayons d'impact seront étudiés. Afin de mieux appréhender ces différentes zones, les figures et tableaux ci-après présentent pour chaque rayon une cartographie de synthèse par éolienne, ainsi que les pourcentages et nombre de personne équivalente par type de cible. Toutes ces figures sont basées sur le même modèle.

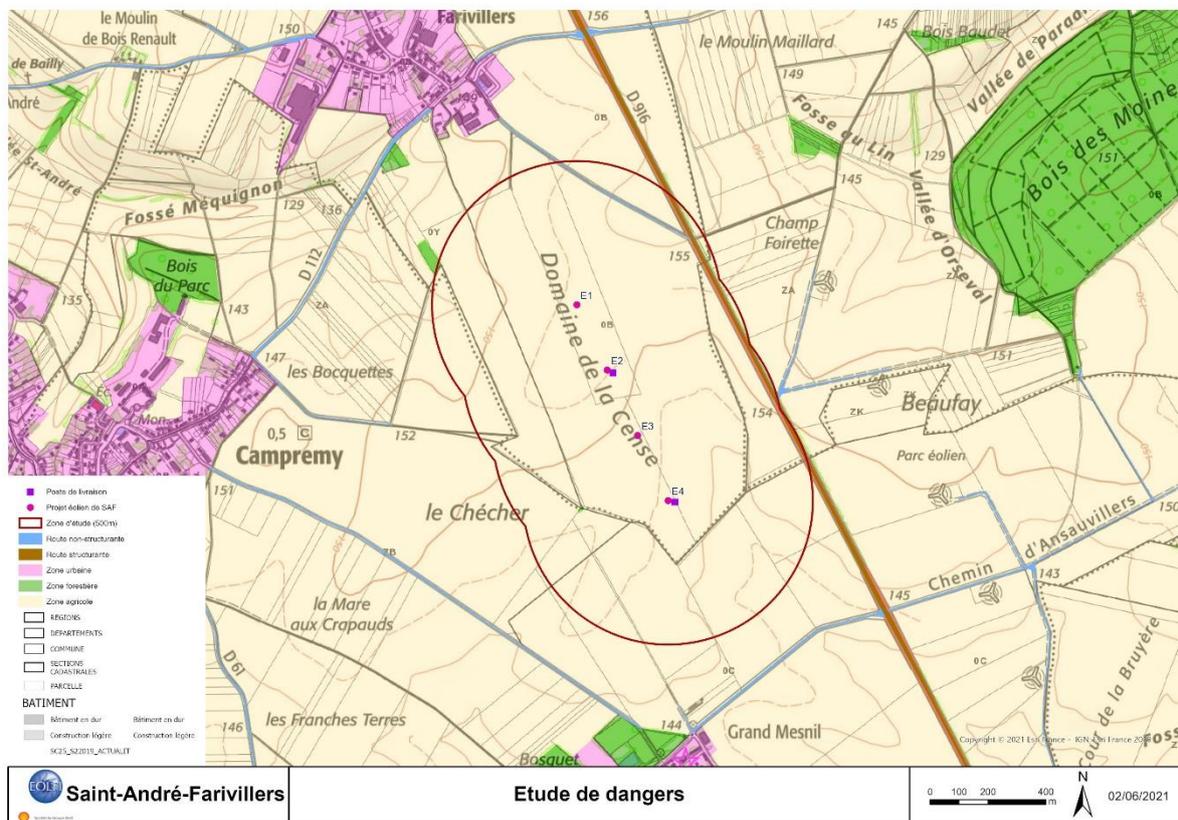
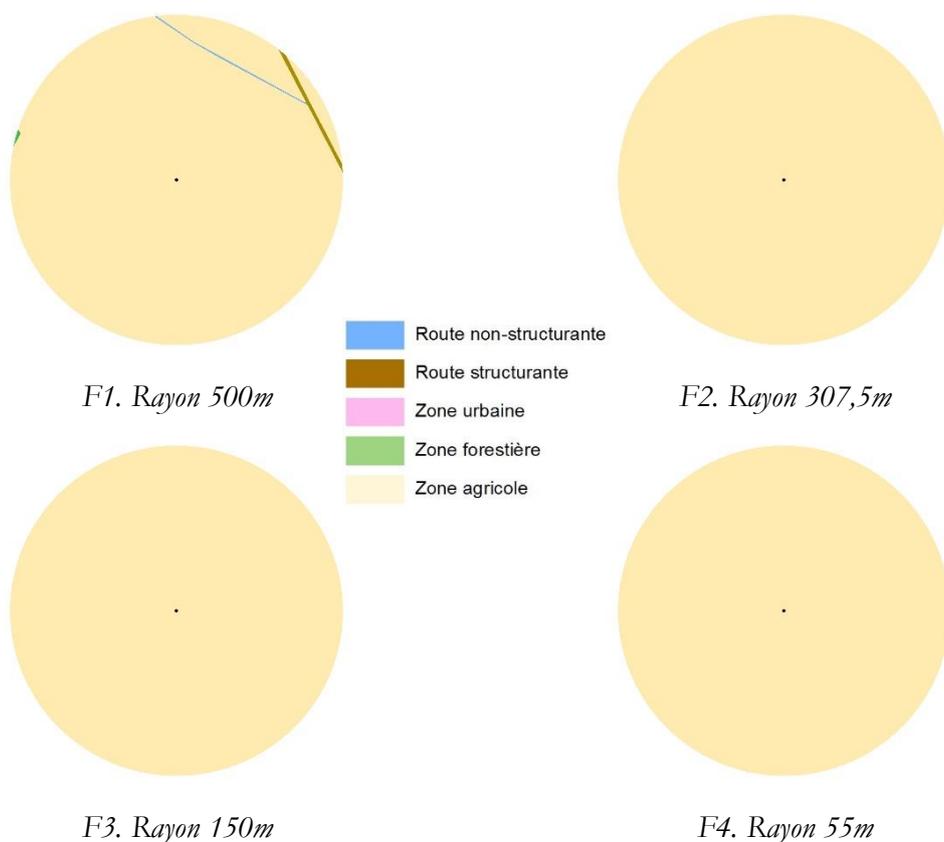
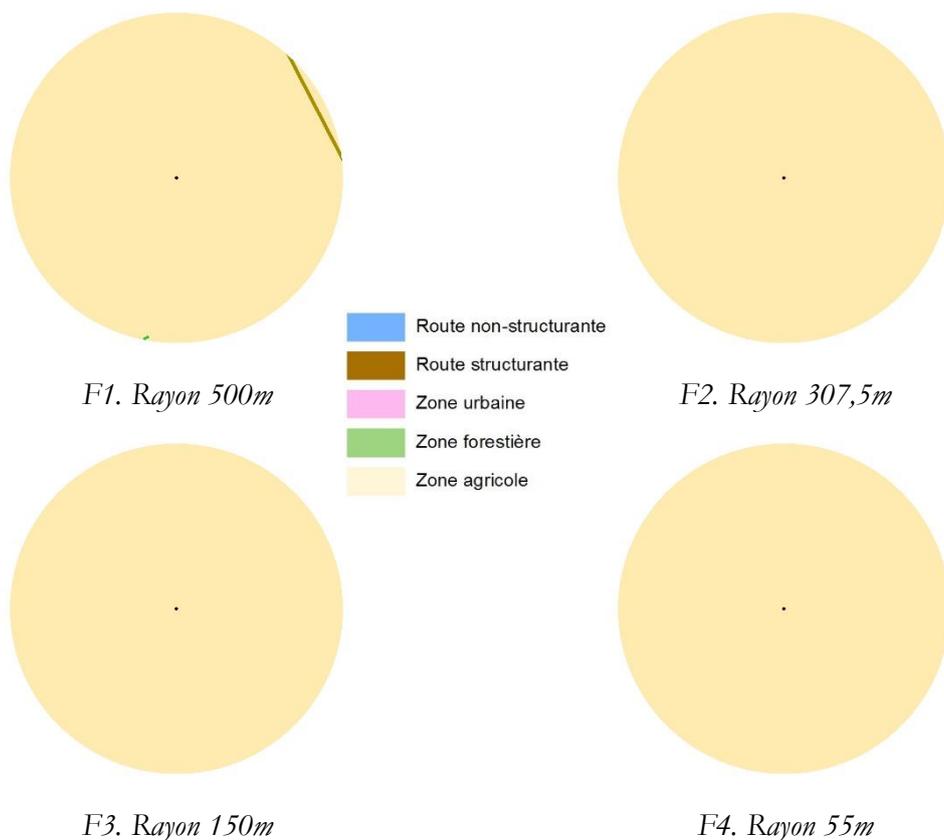


Figure 23 : Cartographie de synthèse du périmètre d'étude du projet éolien de la Cense (source : PARC OISE 2)

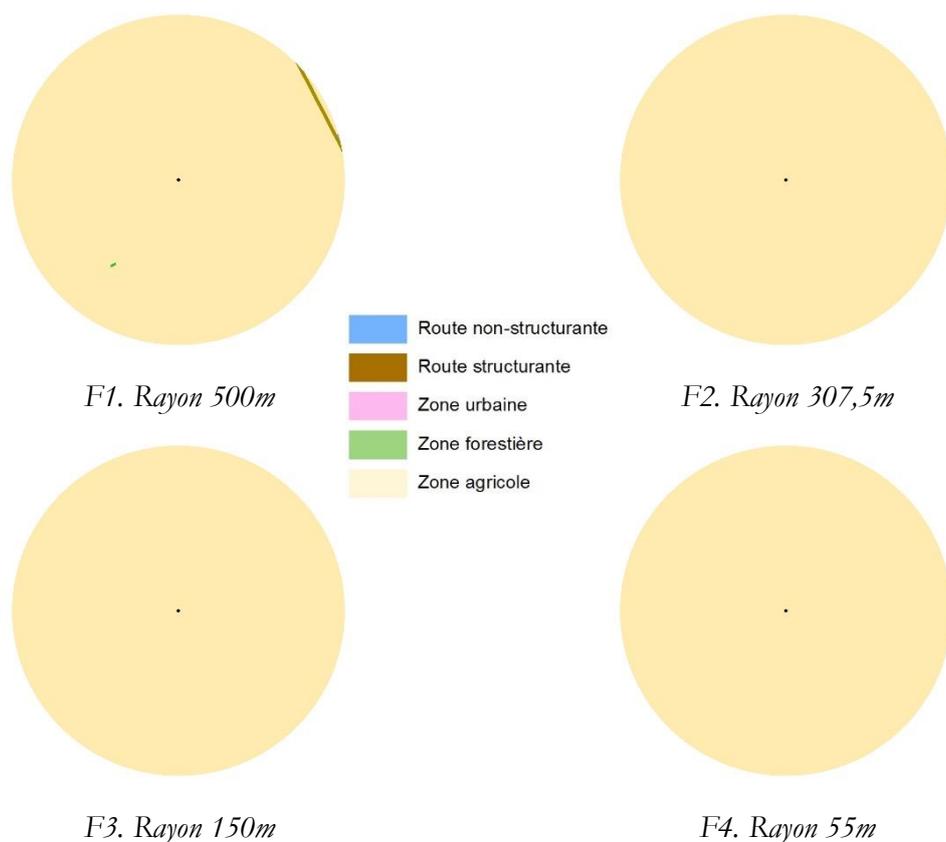
Eolienne1\_ E1



	Rayon d'étude (m)			
Eolienne 1_E1	500	307.5	150	55
<b>Agriculture</b>				
Surface (en m <sup>2</sup> )	778564.40	297056.16	70685.29	9503.15
% Surfacique	99.13%	100.00%	100.00%	100.00%
Equivalent personne	0.78	0.30	0.07	0.01
<b>Forêt</b>				
Surface (en m <sup>2</sup> )	297.66	0.00	0.00	0.00
% Surfacique	0.04%	0.00%	0.00%	0.00%
Equivalent personne	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Route non structurante</b>				
Surface (en m <sup>2</sup> )	2342.46	0.00	0.00	0.00
% Surfacique	0.30%	0.00%	0.00%	0.00%
Equivalent personne	0.02	0.00	0.00	0.00
<b>Chemin de randonnée</b>				
Linéaire (en m)	0.00	0.00	0.00	0.00
Equivalent personne	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Route structurante</b>				
Linéaire (en m)	0.42	0.00	0.00	0.00
Equivalent personne	0.03	0.00	0.00	0.00
<b>Total</b>				
Equivalent personne total	0.83	0.30	0.07	0.01

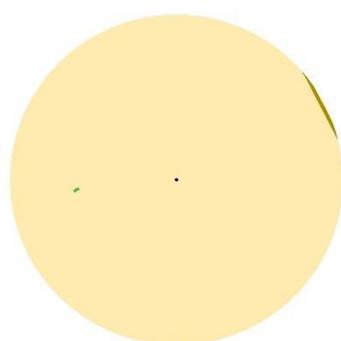


	Rayon d'étude (m)			
Eolienne 2 _E2	500	307.5	150	55
<b>Agriculture</b>				
Surface (en m <sup>2</sup> )	781671.44	297056.39	70685.20	9503.14
% Surfacique	99.53%	100.00%	100.00%	100.00%
Equivalent personne	0.78	0.30	0.07	0.01
<b>Forêt</b>				
Surface (en m <sup>2</sup> )	144.75	7.81	0.00	0.00
% Surfacique	0.02%	0.00%	0.00%	0.00%
Equivalent personne	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Route non structurante</b>				
Surface (en m <sup>2</sup> )	0.00	0.00	0.00	0.00
% Surfacique	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Equivalent personne	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Chemin de randonnée</b>				
Linéaire (en m)	0.00	0.00	0.00	0.00
Equivalent personne	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Route structurante</b>				
Linéaire (en m)	0.37	0.00	0.00	0.00
Equivalent personne	0.02	0.00	0.00	0.00
<b>Total</b>				
Equivalent personne total	0.80	0.30	0.07	0.01

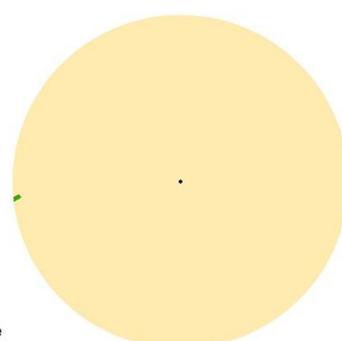


	Rayon d'étude (m)			
Eolienne 3 _E3	500	307.5	150	55
<b>Agriculture</b>				
Surface (en m <sup>2</sup> )	782250.54	297056.33	70685.35	9503.10
% Surfacique	99.60%	100.00%	100.00%	100.00%
Equivalent personne	0.78	0.30	0.07	0.01
<b>Forêt</b>				
Surface (en m <sup>2</sup> )	144.75	7.81	0.00	0.00
% Surfacique	0.02%	0.00%	0.00%	0.00%
Equivalent personne	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Route non structurante</b>				
Surface (en m <sup>2</sup> )	49.16	0.00	0.00	0.00
% Surfacique	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%
Equivalent personne	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Chemin de randonnée</b>				
Linéaire (en m)	0.00	0.00	0.00	0.00
Equivalent personne	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Route structurante</b>				
Linéaire (en m)	0.15	0.00	0.00	0.00
Equivalent personne	0.01	0.00	0.00	0.00
<b>Total</b>				
Equivalent personne total	0.79	0.30	0.07	0.01

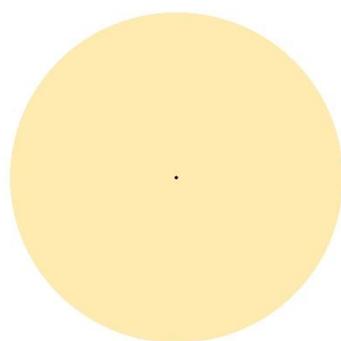
Eolienne4\_ E4



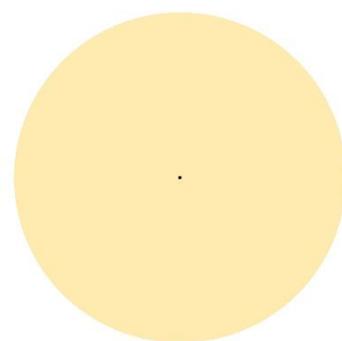
F1. Rayon 500m



F2. Rayon 307,5m



F3. Rayon 150m



F4. Rayon 55m



Eolienne 4 _E4	Rayon d'étude (m)			
	500	307.5	150	55
<b>Agriculture</b>				
Surface (en m <sup>2</sup> )	783249.69	296944.69	70685.27	9503.12
% Surfacing	99.73%	99.96%	100.00%	100.00%
Equivalent personne	0.78	0.30	0.07	0.01
<b>Forêt</b>				
Surface (en m <sup>2</sup> )	144.75	111.41	0.00	0.00
% Surfacing	0.02%	0.04%	0.00%	0.00%
Equivalent personne	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Route non structurante</b>				
Surface (en m <sup>2</sup> )	0.00	0.00	0.00	0.00
% Surfacing	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Equivalent personne	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Chemin de randonnée</b>				
Linéaire (en m)	0.00	0.00	0.00	0.00
Equivalent personne	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Route structurante</b>				
Linéaire (en m)	0.10	0.00	0.00	0.00
Equivalent personne	0.01	0.00	0.00	0.00
<b>Total</b>				
Equivalent personne total	0.79	0.30	0.07	0.01

#### IV.5 SYNTHÈSE DES CIBLES

Dans le périmètre d'étude, 4 types de cibles ont été identifiés et sont présentés dans le tableau.

Dénomination de la cible	Distance en (m) par rapport à la plus proche éolienne	Localisation par rapport à la plus proche éolienne
Terrain agricole	0	Les éoliennes sont implantées en terrains agricoles
Bois	490	A l'ouest de l'éolienne E1
Route non structurante	386	Au nord-ouest de l'éolienne E1
Route structurante	453	A l'est de l'éolienne E1

Tableau 9 : Synthèse des cibles présentes dans le périmètre d'étude (Source : PARC EOLIEN OISE 2)

## V. 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 IV), au regard notamment de la sensibilité de l'environnement décrit précédemment.

### V.1 CARACTERISTIQUES DE L'INSTALLATION

#### V.1.1 CARACTERISTIQUES GENERALES D'UN PARC EOLIEN

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 (cf. schéma du raccordement électrique au paragraphe V.3.1) :

- Plusieurs éoliennes fixées sur une fondation adaptée, accompagnée d'une aire stabilisée appelée « plateforme » ou « aire de grutage »
- Un réseau de câbles électriques enterrés permettant d'évacuer l'électricité produite par chaque éolienne vers le ou les poste(s) de livraison électrique (appelé « réseau inter-éolien »)
- Un ou plusieurs poste(s) 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)
- Un réseau de câbles enterrés permettant d'évacuer l'électricité regroupée au(x) poste(s) 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
- Éventuellement des éléments annexes type mât de mesure de vent, aire d'accueil du public, aire de stationnement, etc.

#### V.1.1.1 ELEMENTS CONSTITUTIFS D'UN AEROGENERATEUR

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

Les aérogénérateurs se composent de trois principaux éléments :

- **Le rotor** qui est composé de trois pales construites en matériaux composites et réunies au niveau du moyeu. Il se prolonge dans la nacelle pour constituer l'arbre lent.
- **Le mât** est généralement composé de 3 à 4 tronçons en acier ou 15 à 20 anneaux de béton surmonté d'un ou plusieurs tronçons en acier. Dans la plupart des éoliennes, il abrite le transformateur qui permet d'élever la tension électrique de l'éolienne au niveau de celle du réseau électrique.
- **La nacelle** abrite plusieurs éléments fonctionnels :
  - Le générateur qui transforme l'énergie de rotation du rotor en énergie électrique ;
  - Le multiplicateur ;
  - Le système de freinage mécanique ;
  - Le système d'orientation de la nacelle qui place le rotor face au vent pour une production optimale d'énergie ;
  - Les outils de mesure du vent (anémomètre, girouette) ;
  - Le balisage diurne et nocturne nécessaire à la sécurité aéronautique.

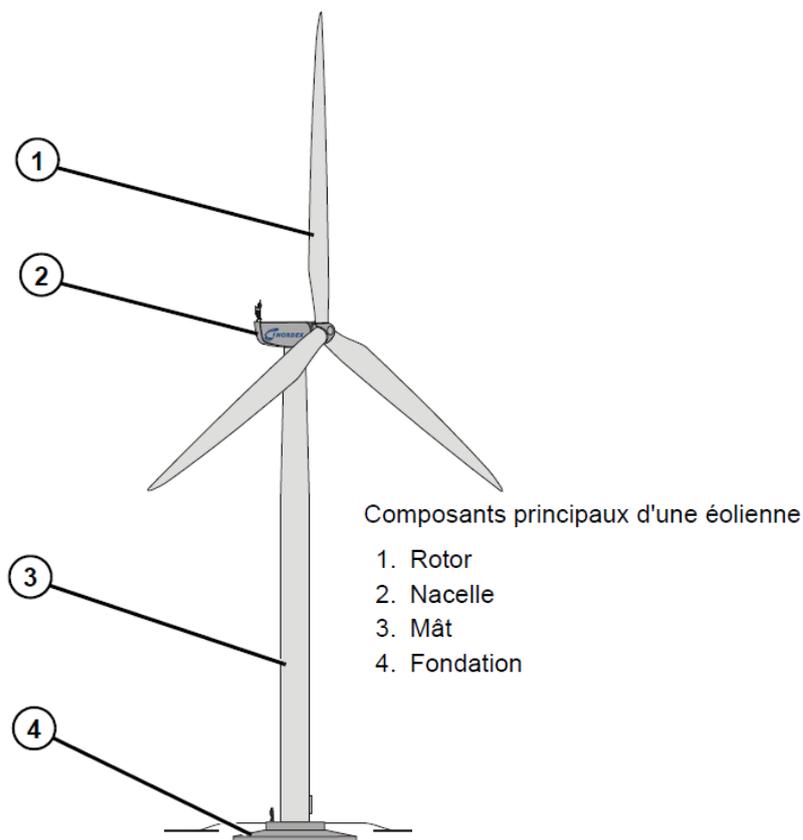


Figure 24 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur

#### V.1.1.2 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.

#### V.1.1.3 CHEMINS D'ACCES

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 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 de 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).

### V.1.2 ACTIVITE DE L'INSTALLATION

L'activité principale du projet éolien de la Cense est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent avec une hauteur (mât + pale) de 150 m. Cette installation est donc soumise à la rubrique 2980 des installations classées pour la protection de l'environnement.

### V.1.3 COMPOSITION DE L'INSTALLATION

Le projet éolien de la Cense est composé de 4 aérogénérateurs et de 2 postes de livraison.

Le tableau suivant indique les coordonnées géographiques des aérogénérateurs et des postes de livraison (Système de coordonnées utilisé : WGS 84 Degrés/Minutes/Secondes) :

Numéro de l'éolienne	Latitude	Longitude	Altitude au sol (en m)	Altitude cumulée (en m)
E1	49°34'30.69" N	2°20'1.81" E	154.648	304.648
E2	49°34'23.38" N	2°20'7.13" E	152.426	302.426
E3	49°34'16.06" N	2°20'12.46" E	149.411	299.411
E4	49°34'8.75" N	2°20'17.78" E	148.421	298.421
PDL1	49°34'23.05"N	2°20'7.89"E	152.29	155.11
PDL2	49°34'8.75"N	2°20'18.77"E	148.27	151.09

Tableau 10: Coordonnées géographiques des éoliennes et postes de livraison

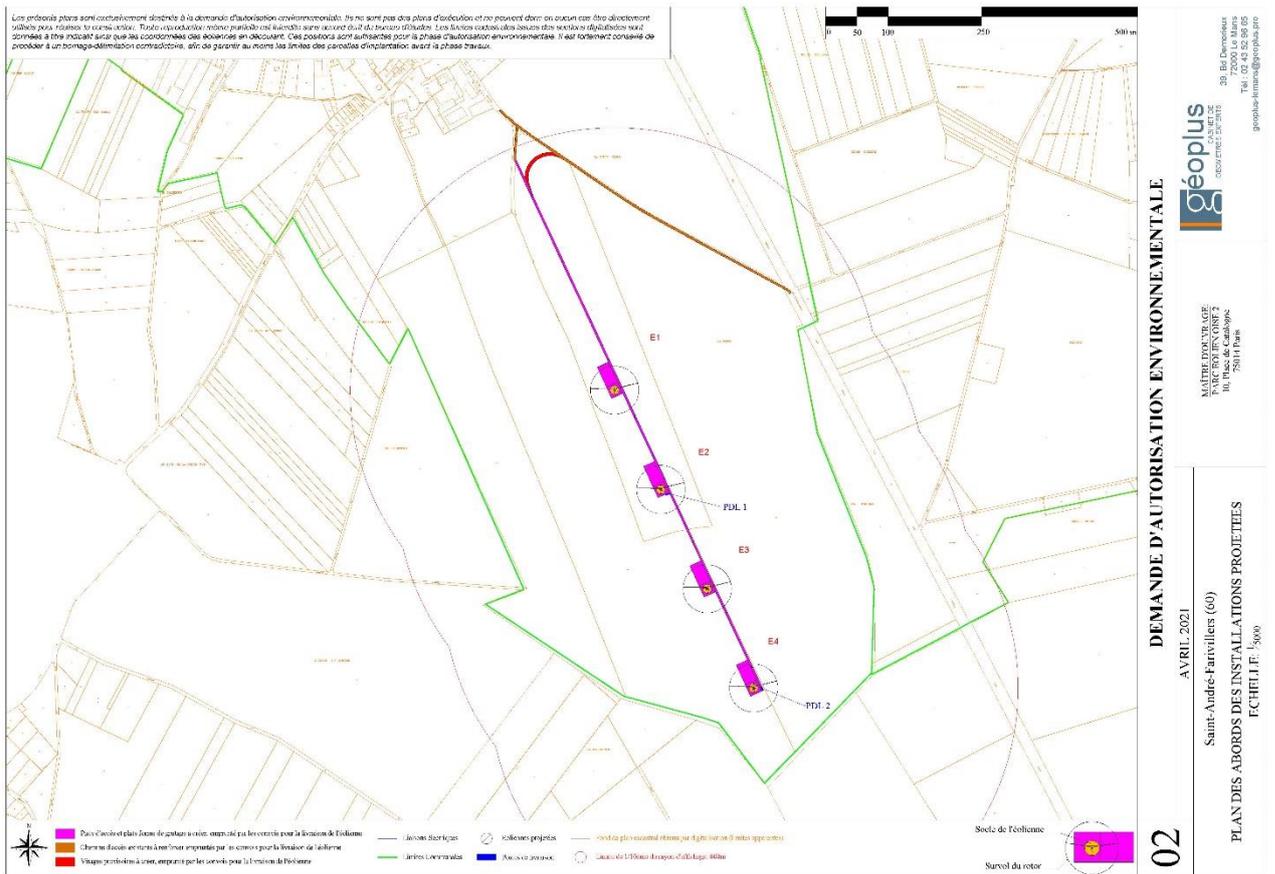


Figure 25 : Plan d'implantation du projet éolien de la Cense

## V.2 FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

### V.2.1 PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UN AEROGENERATEUR

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 et c'est seulement à partir de 12 km/h 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 5 et 20 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 45 km/h à hauteur de nacelle, l'éolienne fournit sa puissance maximale. Cette puissance est dite « nominale ».

Pour un aérogénérateur de 3.4 MW par exemple, la production électrique atteint 3 400 kW dès que le vent atteint environ 45 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 90 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.

Le tableau ci-dessous résume les caractéristiques de l'éolienne Vestas V110, qui est l'éolienne utilisée dans le cadre de cette étude de dangers

<i>Élément de l'installation</i>	<i>Fonction</i>	<i>Caractéristiques</i>
<b>Fondation</b>	<i>Ancrer et stabiliser l'éolienne dans le sol</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En béton armé ;</li> <li>• <u>Dimension</u> : Design adapté en fonction des études géotechniques et hydrogéologiques réalisées avant la construction.</li> </ul>
<b>Mât</b>	<i>Supporter la nacelle et le rotor</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cylindrique/conique tubulaire en acier et hybride ;</li> <li>• <u>Protection contre la corrosion</u> : Revêtement multicouche résine-époxy ;</li> <li>• <u>Fixation du pied du mât</u> : Cage d'ancrage noyée dans le béton de fondation.</li> </ul>
<b>Nacelle</b>	<i>Supporter le rotor Abriter le dispositif de conversion de l'énergie mécanique en électricité (génératrice, etc.) ainsi que les dispositifs de contrôle et de sécurité</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Matériel en fibre de verre, acier</li> <li>• <u>Un arbre en rotation</u>, entraîné par les pâles ;</li> <li>• <u>La génératrice</u> : Technologie asynchrone avec « cage rotor », 4 à 6 pôles. Fréquence de 0 à 100 Hz.</li> <li>• <u>Multiplication</u> : Technologies engrenage planétaire.</li> <li>• <u>Puissance nominale</u> : 3500 kW</li> </ul>
<b>Rotor / pâles</b>	<i>Capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 par machine ;</li> <li>• <u>Longueur</u> : 55 m ;</li> <li>• <u>Surface balayée</u> : 10 751 m<sup>2</sup> ;</li> <li>• Constituée en sandwich de polyépoxyde à fibres de carbone et SMT (Solid Metal Tip), protection contre la foudre intégrée ;</li> <li>• <u>Contrôle de vitesse</u> : Variable via microprocesseur ;</li> <li>• <u>Contrôle de survitesse</u> : Pitch de type hydraulique indépendant sur chaque pôle ;</li> <li>• <u>Orientation active des pales face au vent.</u></li> </ul>
<b>Transformateur</b>	<i>Elever la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A l'intérieur de la nacelle et protégé ;</li> <li>• Tension de 20 kV à la sortie et fréquence 50Hz/60 Hz.</li> </ul>
<b>Poste de livraison</b>	<i>Adapter les caractéristiques du courant électrique à l'interface entre le réseau privé et le réseau public</i>	Equipé de différentes cellules électriques et automates qui permettent la connexion et la déconnexion du parc éolien au réseau 20kV.

Tableau 11 : Synthèse du fonctionnement des aérogénérateurs selon le tableau type de l'INERIS/SER/FEE adapté pour le modèle d'éolienne Vestas, 2012 (Source : Vestas)

## V.2.2 SECURITE DE L'INSTALLATION

### V.2.2.1 REGLES DE CONCEPTION ET SYSTEME QUALITE

La liste des codes et standards appliqués pour la construction des éoliennes Vestas, présentée ci-après, n'est pas exhaustive (il y a en effet des centaines de standards applicables). Seuls les principaux standards sont présentés ci-dessous.

La norme IEC61400-1 intitulée « 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. Tous les aérogénérateurs font l'objet d'une certification de type selon le référentiel IEC 61400-1. Ainsi, la nacelle, le nez, les fondations et la tour répondent au standard : IEC61400-1. Les pales respectent le standard IEC61400-1 ; 12 ; 23.

La génératrice est construite suivant le standard IEC60034 code 1, IEC 60034 code II et IEC 60034 code XII

La conception du multiplicateur répond aux règles fixées par la norme ISO81400-4.

La protection foudre et mise à la terre de l'éolienne répond aux exigences des normes IEC 61400-24 Ed1 (de juin 2010) et IEC 62305 code I et III (de janvier 2006) et appartient à la Classe de Protection Foudre I.

Les niveaux acoustiques répondent au standard IEC 61400-11

Les éoliennes Vestas répondent aux réglementations qui concernent les ondes électromagnétiques, notamment la Directive 2004/108/EC du 15 décembre 2004

L'aérogénérateur dans son intégralité est conforme à la Directive dite Machine 2006/42/CE du 17 mai 2006. A fortiori, l'équipement électrique interne en respecte les dispositions.

Les éoliennes Vestas sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air. Le traitement anticorrosion des éoliennes répond à la norme ISO 12944.

Les divers types de éoliennes envisagées sur le projet éolien du Bel-Hérault, font l'objet d'évaluations de conformité (tant lors de la conception que lors de la construction), de certifications (de type certifications CE) par un organisme agréé et de déclarations de conformité aux standards et directives applicables (voir en Annexe 6).

Le tableau ci-dessous résume les caractéristiques de l'éolienne Vestas V110, qui est l'éolienne utilisée dans le cadre de cette étude de dangers

Élément de l'installation	Fonction	Standards : Normes et Certifications
Engrenage planétaire ou gearbox	Quand le nombre de pôles est limité, une gearbox est nécessaire	<ul style="list-style-type: none"> <li>ISO 81400-4</li> </ul>
Mât	Supporter la nacelle et le rotor	<ul style="list-style-type: none"> <li>IEC 61400-1 Edition 3</li> <li>Eurocode 3</li> </ul>
Nacelle	Supporter le rotor Abriter le dispositif de conversion de l'énergie mécanique en électricité (génératrice, etc.) ainsi que les dispositifs de contrôle et de sécurité	<ul style="list-style-type: none"> <li>IEC 61400-1 Edition 3</li> <li>EN 50308</li> </ul>
Rotor / pâles	Capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice	<ul style="list-style-type: none"> <li>DNV-OS-J102</li> <li>IEC 1024-1</li> <li>IEC 60721-2-4</li> <li>IEC 61400 (Part 1, 12 and 23) IEC WT 01 IEC</li> <li>DEFU R25</li> <li>ISO 2813</li> <li>DS/EN ISO 12944-2</li> </ul>
Transformateur	Elever la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau	<ul style="list-style-type: none"> <li>IEC 60076-11</li> <li>IEC 60076-16</li> <li>CENELEC HD637 S1</li> </ul>
Sûreté de la machine	Equipements de sécurité vis-à-vis du système de contrôle et du système électrique de la machine	<ul style="list-style-type: none"> <li>IEC 13849-1</li> <li>IEC 60204-1</li> </ul>
Générateur	Transformer l'énergie mécanique du vent et des pâles en électricité	<ul style="list-style-type: none"> <li>IEC 60034</li> </ul>
Sécurité anti-foudre	Protéger la machine des éclairs lors des orages	<ul style="list-style-type: none"> <li>IEC 62305-1: 2006</li> <li>IEC 62305-3: 2006</li> <li>IEC 62305-4: 2006</li> <li>IEC/TR 61400-24:2010</li> </ul>

Tableau 12 : Synthèse des standards respectés par les éléments du modèle d'éolienne Vestas (Source Vestas)

#### V.2.2.2 CONFORMITE AUX PRESCRIPTIONS DE L'ARRETE MINISTERIEL

L'installation 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 ainsi qu'aux principales normes et certifications applicables à l'installation.

Cela concerne notamment :

- L'éloignement de 500 mètres de toute construction à usage d'habitation, de tout immeuble habité ou de toute zone destinée à l'habitation telle que définie dans les documents d'urbanisme opposables en vigueur en janvier 2021 et de 300 mètres d'une installation nucléaire,
- L'implantation de façon à ne pas perturber de manière significative le fonctionnement des radars et des aides à la navigation utilisés dans le cadre des missions de sécurité de la navigation aérienne et de sécurité météorologique des personnes et des biens,
- La présence d'une voie d'accès carrossable entretenue permettant l'intervention des services d'incendie et de secours,
- Le respect des normes suivantes : norme NF EN 61 400-1 (version de juin 2006) ou CEI 61 400-1 (version de 2005) ou toute norme équivalente en vigueur dans l'Union européenne,
- L'installation conforme aux dispositions de l'article R. 111-38 du code de la construction et de l'habitation,
- Le respect des normes suivantes : norme IEC 61 400-24 (version de juin 2010), normes NFC 15-100 (version compilée de 2008), NFC 13-100 (version de 2001) et NFC 13-200 (version de 2009),
- L'installation conforme aux dispositions de la directive du 17 mai 2006 susvisée qui leur sont applicables,
- Le balisage de l'installation conformément 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,
- Le maintien fermé à clé des accès à l'intérieur de chaque aérogénérateur, du poste de transformation, de raccordement ou de livraison, afin d'empêcher les personnes non autorisées d'accéder aux équipements,
- L'affichage visible des prescriptions à observer par les tiers 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,
- La réalisation d'essais d'arrêt permettant de s'assurer du fonctionnement correct de l'ensemble des équipements avant la mise en service industrielle des aérogénérateurs,
- L'interdiction d'entreposage à l'intérieur de l'aérogénérateur de matériaux combustibles ou inflammables,

#### V.2.2.3 *GESTION A DISTANCE DU FONCTIONNEMENT DES EOLIENNES*

Les éoliennes sont des équipements de production d'énergie qui sont disposés à l'écart des zones urbanisées et qui ne nécessitent pas de présence permanente de personnel. Bien que certaines opérations nécessitent des interventions sur site, les éoliennes Vestas sont surveillées et pilotées à distance.

Pour cela, les installations Vestas sont équipées d'un système SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) qui permet le pilotage à distance à partir des informations fournies par les capteurs. Les parcs éoliens sont ainsi reliés à des centres de télésurveillance permettant le diagnostic et l'analyse de leur performance en permanence, ainsi que certaines actions à distance.

Le système de commande est installé à la fois dans la nacelle et dans la base de la tour. Les deux systèmes peuvent être actionnés par leur propre affichage.

Ce dispositif assure la transmission de l'alerte en temps réel en cas de panne ou de simple dysfonctionnement.

Il permet également de relancer aussitôt les éoliennes si les paramètres requis sont validés et les alarmes traitées. C'est notamment le cas lors des arrêts de l'éolienne par le système normal de commande (en cas de vent faible, de vent fort, de température extérieure trop élevée ou trop basse, de perte du réseau public,...).

Par contre, en cas d'arrêt lié à un déclenchement de capteur de sécurité (déclenchement VOG, déclenchement détecteur d'arc électrique, température haute, pression basse huile, ...), une intervention humaine sur l'éolienne est nécessaire pour examiner l'origine du défaut avant de pouvoir relancer un démarrage.

En cas d'intervention, des équipes de techniciens sont réparties sur le territoire afin de pouvoir réagir rapidement. Les interventions sont toujours réalisées par une équipe d'au moins deux personnes.

Afin d'assurer la sécurité des équipes intervenantes, un dispositif de prise de commande locale de l'éolienne est disposé en partie basse de la tour. Ainsi, lors des interventions sur l'éolienne, les opérateurs basculent ce dispositif sur « commande locale » ce qui interdit toute action pilotée à distance.

Toute intervention dans le rotor n'est réalisée qu'après le blocage mécanique de celui-ci.

Des dispositifs de consignation électrique sont répartis sur l'ensemble des éléments électriques afin de pouvoir isoler certaines parties et protéger ainsi le personnel intervenant.

#### ❖ FORMATION DES PERSONNELS

Les personnels intervenant sur les éoliennes, tant pour leur montage, que pour leur maintenance, sont des personnels Vestas, formés au poste de travail et informés des risques présentés par l'activité.

Toutes les interventions (pour montage, maintenance, contrôles) font l'objet de procédures qui définissent les tâches à réaliser, les équipements d'intervention à utiliser et les mesures à mettre en place pour limiter les risques d'accident. Des check-lists sont établies afin d'assurer la traçabilité des opérations effectuées.

### V.2.3 OPERATIONS DE MAINTENANCE DE L'INSTALLATION

Les opérations de maintenance préventives préconisées par Vestas sont détaillées dans des manuels dédiés.

Le suivi de ces préconisations est impératif car leur respect conditionne le maintien opérationnel de l'éolienne et de ses fonctions de sécurité.

Le manuel de maintenance de chaque aérogénérateur est par ailleurs dûment établi et validé dans le cadre de sa certification-type.

Ces opérations incluent des contrôles visuels, vérification de serrages, graissages, changement d'huile, vérification de niveaux, test des systèmes de sécurité, remplacement des charbons des collecteurs, mesures de niveau d'isolement électrique, etc... qui sont semestriels ou annuels.

Des essais d'arrêt, d'arrêt d'urgence et de simulation de survitesse sont réalisés lors de mise en service de l'aérogénérateur ainsi que lors des opérations de maintenance préventive (dont la périodicité n'excède pas 1 an).

Le contrôle visuel et de serrage des brides de fixations, des brides de mât, de la fixation des pâles et un contrôle visuel du mât font partie des opérations de maintenance préventive de l'aérogénérateur. Ils sont consignés et répertoriés dans les protocoles de maintenance, mis à disposition des exploitants. Ces contrôles interviennent 3 mois, puis un an après la mise en service de l'aérogénérateur, puis avec une périodicité inférieure à un an pour le contrôle visuel et de serrage. De même, le contrôle des systèmes instrumentés de sécurité est effectué lors de chaque maintenance préventive, d'une périodicité inférieure à un an. Le serrage des brides de fixations et du mât est réalisé tous les deux ans sur un échantillon tournant permettant la révision complète à terme des serrages de chaque vis de toutes les brides.

Ces opérations sont détaillées et regroupées par ensemble fonctionnel de l'aérogénérateur : ils constituent une check-list suivie par les équipes de maintenance, dûment renseignée, signée, et mise à la disposition des exploitants au terme de chaque opération de maintenance.

A titre d'exemple, ci-après : rubriques de la notice Hygiène et Sécurité d'un aérogénérateur Vestas :

#### ➤ Au montage des éoliennes Vestas

1. Accès au chantier
2. Base de vie – zone de stockage
3. Conditions climatiques
4. Travail en hauteur, travail de nuit, manipulation de substances chimiques, EPI
5. Déchargement des éléments de l'éolienne
6. Préparation de la nacelle, du rotor et des pales
7. Montage de la tour, de la nacelle, du rotor et des pales
8. Serrage des boulons, outils avec systèmes hydrauliques
9. Montage des câbles électriques
10. Mise en service de la machine

➤ Pendant la maintenance des éoliennes Vestas

1. Risques de chute (même niveau ou niveaux différents)
2. Risques de coup / heurts
3. Risque de chute d'objet
4. Risque électrique
5. Risque hydraulique
6. Utilisation d'outils
7. Risque d'incendie
8. Risque chimique
9. Isolement et communication
10. Manutention
11. Conditions météorologiques
12. Formation

#### V.2.4 STOCKAGE ET FLUX DE PRODUITS DANGEREUX

Conformément à l'article 16 de l'arrêté du 26 août 2011, aucun matériel inflammable ou combustible ne sera stocké dans les éoliennes du projet de la Cense.

### V.3 FONCTIONNEMENT DES RESEAUX DE L'INSTALLATION

#### V.3.1 RACCORDEMENT ELECTRIQUE

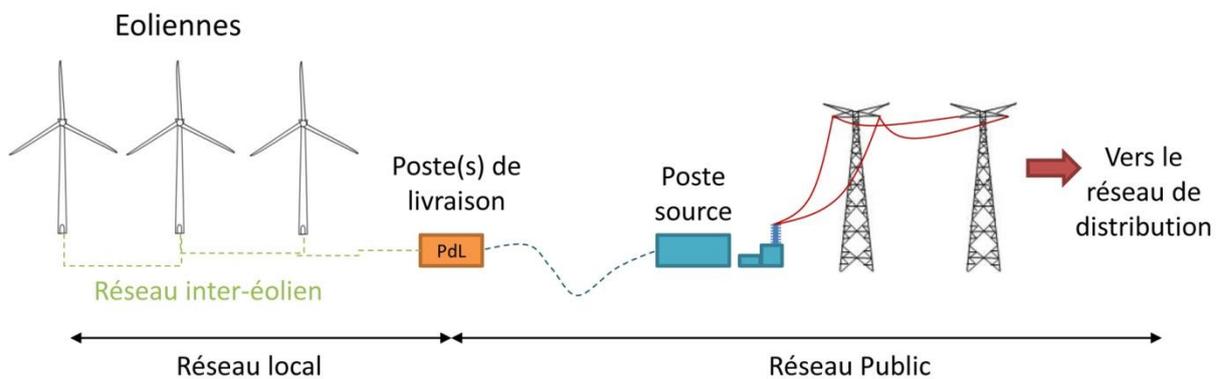


Figure 26 : Raccordement électrique des installations

#### ❖ Réseau inter-éolien

Le réseau inter-éolien permet de relier le transformateur, intégré ou non dans le mât de chaque éolienne<sup>4</sup>, au point de raccordement avec le réseau public. 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 minimale de 80 cm.

#### ❖ **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. 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). Le projet éolien de la Cense comprend 3 postes de livraison.

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.

#### ❖ **Réseau électrique externe**

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

#### ❖ **Autres réseaux**

Le projet éolien de la Cense 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.

---

<sup>4</sup> Si le transformateur n'est pas intégré au mât de l'éolienne, il est situé à l'extérieur du mât, à proximité immédiate, dans un local fermé.

## VI. 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.

### VI.1 POTENTIELS DE DANGERS LIES 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.

**Une liste précise de ces produits sera établie au moment de la mise en service de l'installation.**

**La liste précise est la suivante :**

Les substances ou produits chimiques mis en œuvre dans l'installation sont limités. Les seuls produits présents en phase d'exploitation des turbines Vestas sont :

- L'huile hydraulique (circuit haute pression) dont la quantité présente est de l'ordre de 250 litres est l'huile Texaco Rando WM 32 ;
- L'huile de lubrification du multiplicateur dont la quantité présente est de l'ordre de 400 litres est l'huile Mobil Gear SHC XMP 320 ;
- L'eau glycolée (mélange d'eau et d'éthylène glycol), qui est utilisée comme liquide de refroidissement, dont le volume total de la boucle est d'environ 400 litres) ;
- Les graisses pour les roulements et systèmes d'entraînements ;
- L'hexafluorure de soufre (SF<sub>6</sub>), qui est le gaz utilisé comme milieu isolant pour les cellules de protection électrique. La quantité présente varie entre 1,5 kg et 2,2 kg suivant le nombre de caissons composant la cellule.

D'autres produits peuvent être utilisés lors des phases de maintenance (lubrifiants, décapants, produits de nettoyage), mais toujours en faibles quantités (quelques litres au plus).

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

Les risques associés aux différents produits concernant le site du projet éolien du Bel-Hérault sont :

**L'incendie :** Des produits combustibles sont présents sur 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.

## VI.2 POTENTIELS DE DANGERS LIES AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

Les dangers liés au fonctionnement du projet éolien de la Cense 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 :

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

Tableau 13: Dangers liés aux installations

## VI.3 REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS A LA SOURCE

### VI.3.1 PRINCIPALES ACTIONS PREVENTIVES

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.

#### VI.3.1.1 REDUCTION DES DANGERS LIES AUX PRODUITS

Comme précédemment indiqué, les produits présents dans une éolienne sont des lubrifiants. Il est à noter que l'huile du multiplicateur est remplacée régulièrement (tous les 3 ans ou après analyse d'huile). L'huile usagée est récupérée par un véhicule de pompage spécialisé directement dans le multiplicateur. L'huile neuve est injectée de la même manière.

L'huile récupérée est ensuite transportée :

- directement en centre de traitement de filiales de filtrage / retraitement / élimination agréées au regard de la réglementation applicable ou
- directement dans le centre de maintenance en vue de sa prise en charge et de son filtrage / retraitement / élimination selon des filiales agréées au regard de la réglementation applicable

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.

L'ensemble des substances et produits utilisés répondent aux exigences de la Directive Européenne relative à la classification, l'emballage et l'étiquetage des substances dangereuses (Directive 67/548/CEE du Conseil, du 27 juin 1967, concernant le rapprochement des dispositions législatives, réglementaires et administratives relatives à la classification, l'emballage et l'étiquetage des substances dangereuses ; modifiée par le nouveau règlement (CE) N° 1272/2008 et la création de l'Agence Européenne des produits chimiques).

Aucune substance ou produit utilisé par Vestas ne sont classifiés comme CMR (Cancérogène, Mutagène, Reprotoxique) au sens de l'article R4411-1 et suivants du code du travail.

Des Equipements de Protection Individuels appropriés sont mis à disposition par l'employeur afin de protéger les opérateurs contre les risques chimiques générés par l'utilisation de certains produits.

Les dangers représentés par l'utilisation de certains produits ainsi que les mesures de prévention associées sont détaillées dans des instructions à usage interne ainsi que dans les plans de prévention des risques qui sont présents en machine et dont les opérateurs prennent connaissance avant toute intervention.

Pour quelque opération de maintenance que ce soit, l'ensemble des produits entrants sont utilisés durant les maintenances

→ Les excédents sont systématiquement remportés par les équipes en fin de journée (que la maintenance soit terminée ou non) afin d'être stockés dans les centres de façon appropriée en vue de leur élimination selon la réglementation

→ Les pièces défectueuses remplacées sont également remportées par les équipes afin d'être stockés dans les centres de façon appropriée en vue de leur élimination selon la réglementation

→ Les déchets dangereux (chiffons souillés, contenants vides ...) générés lors des maintenances sont systématiquement remportés par les équipes en fin de journée afin d'être stockés dans les centres de façon appropriée en vue de leur élimination selon la réglementation

Par ailleurs, un nettoyage minutieux de la machine est opéré après chaque maintenance afin de s'assurer qu'aucun produit / déchet ne reste dans la machine lors du départ des équipes.

Par ailleurs, à des fins de performance, sécurité, fiabilité mais également propreté, Vestas s'appuie sur une technologie à pitch électrique, ce qui réduit considérablement la quantité de fluides localisés dans les parties tournantes de l'éolienne.

#### VI.3.1.2 REDUCTION DES DANGERS LIES AUX INSTALLATIONS

En outre, les mesures générales de prévention limitant les risques d'accident sur le projet éolien de la Cense sont les suivantes :

- 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 seront 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.

#### VI.3.2 UTILISATION DES MEILLEURES TECHNIQUES DISPONIBLES

La directive 2010/75/UE relative aux émissions industrielles, appelée directive IED, a pour objectif de parvenir à un niveau élevé de protection de l'environnement grâce à une prévention et à une réduction intégrées de la pollution provenant d'un large éventail d'activités industrielles et agricoles.

---

**Les installations éoliennes, ne consommant pas de matières premières et ne rejetant aucune émission dans l'atmosphère, ne sont pas soumises à cette directive.**

---

## VII. ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE

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.

Il n'existe actuellement aucune base de données officielle recensant l'accidentologie dans la filière éolienne de manière exhaustive. Néanmoins, il a été possible d'analyser les informations collectées en France et dans le monde par plusieurs organismes divers (associations, organisations professionnelles, littérature spécialisée, etc...). Ces bases de données sont cependant très différentes tant en termes de structuration des données qu'en terme de détail de l'information.

L'analyse des retours d'expérience vise donc ici à faire émerger des typologies d'accident rencontrés tant au niveau national qu'international. Ces typologies apportent un éclairage sur les scénarios les plus rencontrés. Par ailleurs, d'autres informations sont également utilisées dans la partie IX pour l'analyse détaillée des risques.

### VII.1 INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS EN FRANCE

Un inventaire des incidents et accidents en France a été réalisé afin d'identifier les principaux phénomènes dangereux potentiels pouvant affecter le projet éolien de la Cense. Cet inventaire se base tout d'abord sur le retour d'expérience de la filière éolienne tel que présenté dans le guide technique de conduite de l'étude de dangers (mars 2012).

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.

Dans l'état actuel, la base de données élaborée par le groupe de travail de SER/FEE ayant élaboré le guide technique d'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens apparaît comme représentative des incidents majeurs ayant affecté le parc éolien français entre 2000 et début 2012. L'ensemble de ces sources permet d'arriver à un inventaire aussi complet que possible des incidents survenus en France. Un total de 37 incidents a pu être recensé entre 2000 et début 2012 (voir tableau détaillé en annexe). Ce tableau de travail a été validé par les membres du groupe de travail précédemment mentionné.

Il apparaît dans ce recensement que les aérogénérateurs accidentés sont principalement des modèles anciens ne bénéficiant généralement pas des dernières avancées technologiques.

Le graphique suivant montre la répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateur français entre 2000 et 2011. Cette synthèse exclut les accidents du travail (maintenance, chantier de construction, etc.) et les événements qui n'ont pas conduit à des effets sur les zones autour des aérogénérateurs. Dans ce graphique sont présentés :

- La répartition des **événements** *effondrement, rupture de pale, chute de pale, chute d'éléments et incendie*, par rapport à la totalité des accidents observés en France. Elle est représentée par des histogrammes de couleur foncée ;

- La répartition des **causes premières** pour chacun des événements décrits ci-dessus. Celle-ci est donnée par rapport à la totalité des accidents observés en France. Elles sont représentées par des histogrammes de couleur claire.

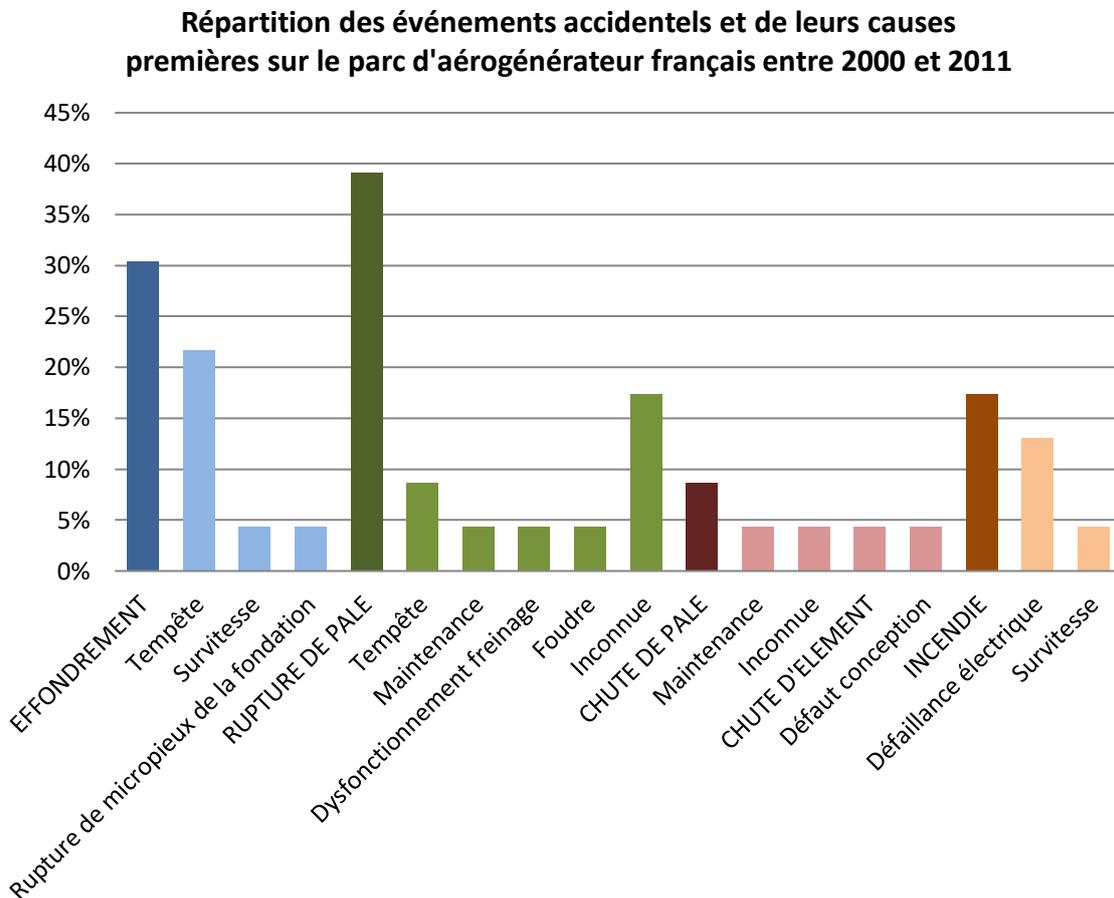


Figure 27 : Répartition par type d'accident en France entre 2000 et 2011

Par ordre d'importance, les accidents les plus recensés sont les ruptures de pale, les effondrements, les incendies, les chutes de pale et les chutes des autres éléments de l'éolienne. La principale cause de ces accidents est les tempêtes.

De plus, la base de données ARIA<sup>5</sup> du Ministère du Développement Durable permet également de recenser les incidents survenus depuis l'année 2012. Sur le même principe que la Figure 27, le graphique suivant montre la répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateurs français entre 2012 et 2021.

<sup>5</sup> <https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/>

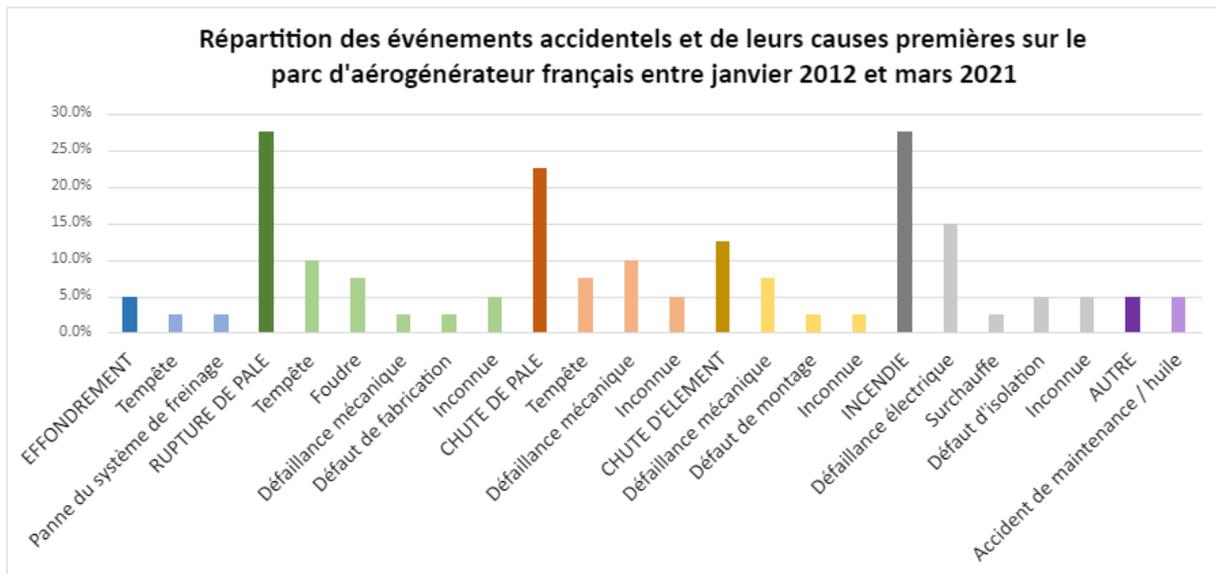


Figure 28 : Répartition par type d'accident en France entre 2012 et 2021

Même si la répartition des incidents en termes de pourcentage est différente que sur la période 2000-2011, en particulier la diminution des cas d'effondrement, les principaux accidents restent toujours l'effondrement, la rupture de pale, la chute de pale, la chute d'élément et l'incendie.

L'analyse de risques effectuée reste donc en adéquation avec les principaux incidents relevés sur la période 2012-2021.

## VII.2 INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS A 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.

Un inventaire des incidents et accidents à l'international a également été réalisé.

La synthèse ci-dessous provient de l'analyse de la base de données réalisée par l'association Caithness Wind Information Forum (CWIF) <sup>(6)</sup>. Sur les 2872 accidents décrits dans leur base de données, seuls 152 sont considérés comme des « accidents fatals ». Les autres concernant plutôt des accidents du travail, des presque-accidents, des incidents, etc. L'analyse des causes des accidents prend en compte uniquement des accidents des types effondrement, rupture de pale et incendie. En effet ces accidents sont les principaux dans le domaine de l'énergie éolienne.

Le graphique suivant montre la répartition des événements ci-dessus par rapport à la totalité des accidents analysés mondialement entre 2000 et 2020. Les ruptures de pales ont la plus forte occurrence sur la période considérée.

<sup>6</sup> [www.caithnesswindfarms.co.uk](http://www.caithnesswindfarms.co.uk)

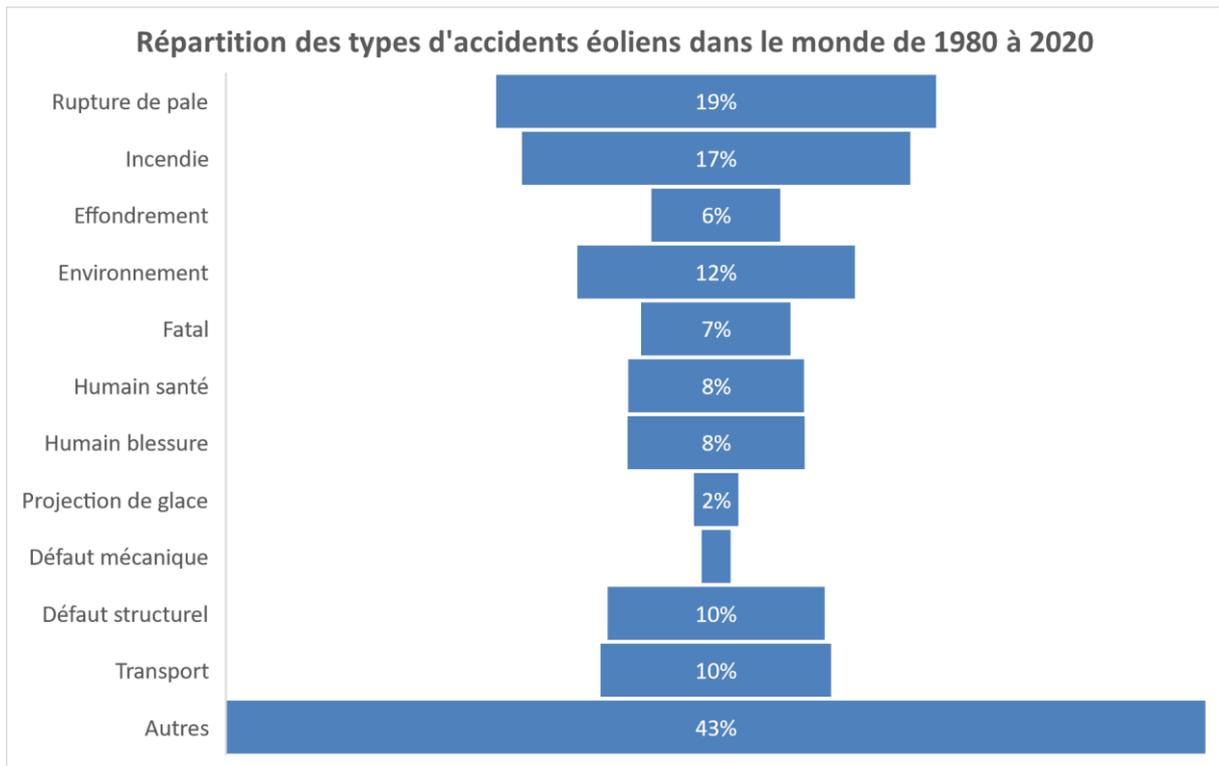


Figure 29 : Répartition des événements accidentels éoliens mondiaux entre 1980 et 2020

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).

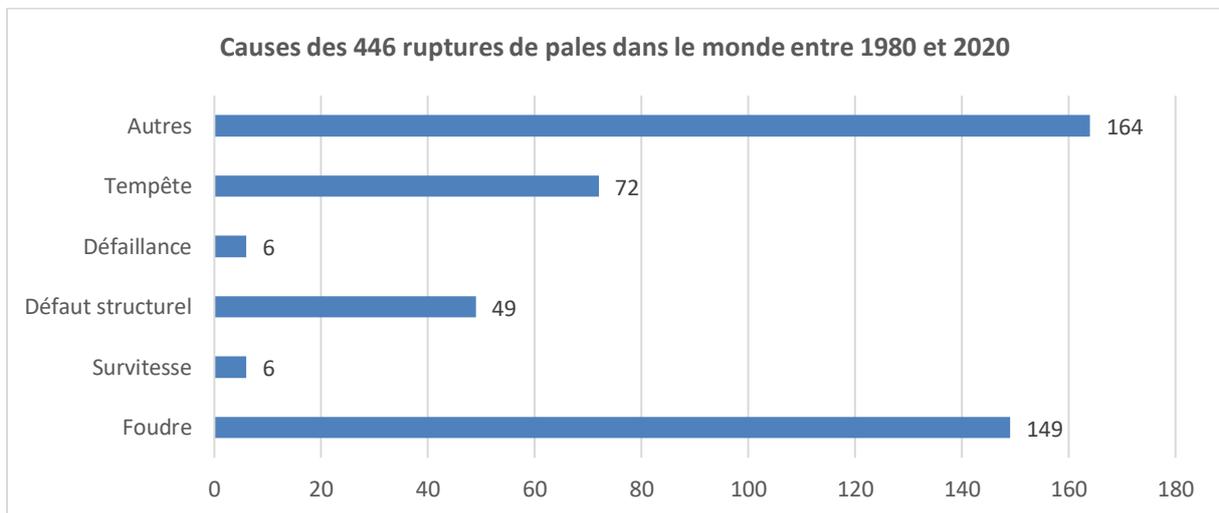


Figure 30 : Causes des ruptures de pales dans le monde de 1980 à 2020

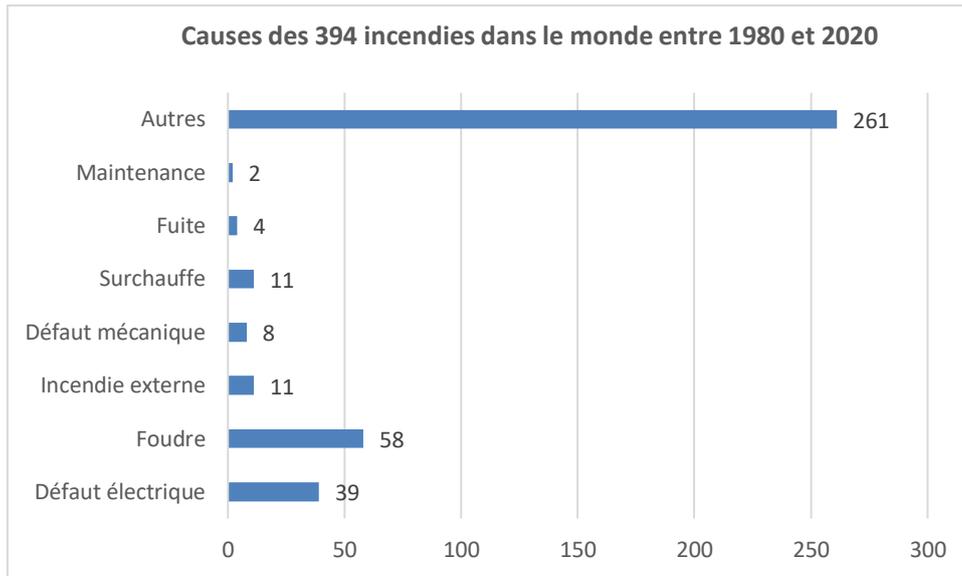


Figure 31 : Causes des ruptures des incendies dans le monde de 1980 à 2020

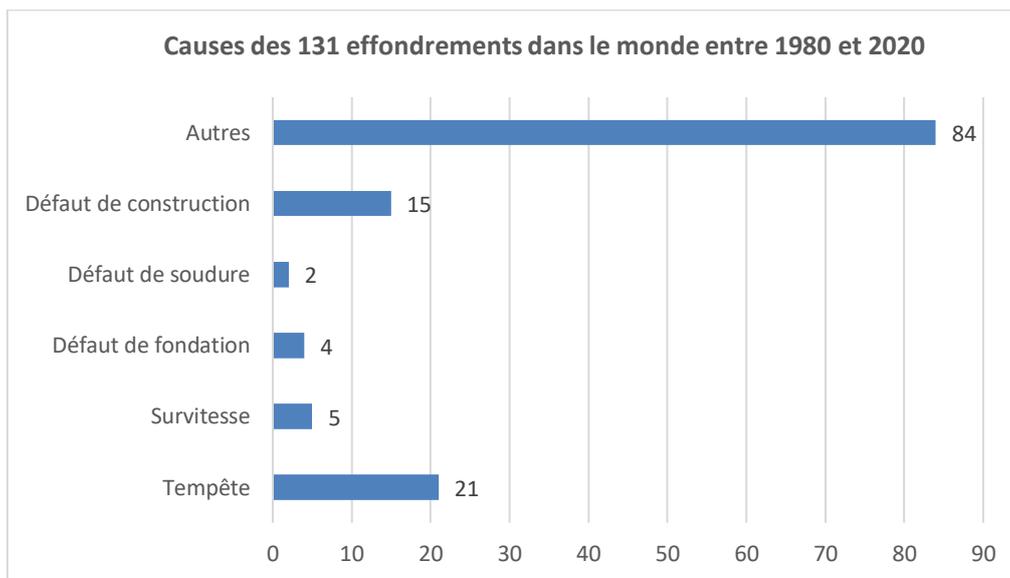


Figure 32 : Causes des ruptures des effondrements dans le monde de 1980 à 2020

Tout comme pour le retour d'expérience français, ce retour d'expérience montre l'importance des causes « tempête » et « foudre » dans les accidents. Ces événements restent néanmoins des événements extrêmes à occurrence faible.

### VII.3 SYNTHÈSE DES PHÉNOMÈNES DANGEREUX REDOUTES ISSUS DU RETOUR D'EXPÉRIENCE

#### VII.3.1 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 du nombre d'éoliennes installées.

La figure ci-dessous 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. L'augmentation des accidents à partir de 2012 est expliquée par la durée de vie des parcs éoliens et aussi par leur nombre croissant (un doublement de 2013 à 2019).

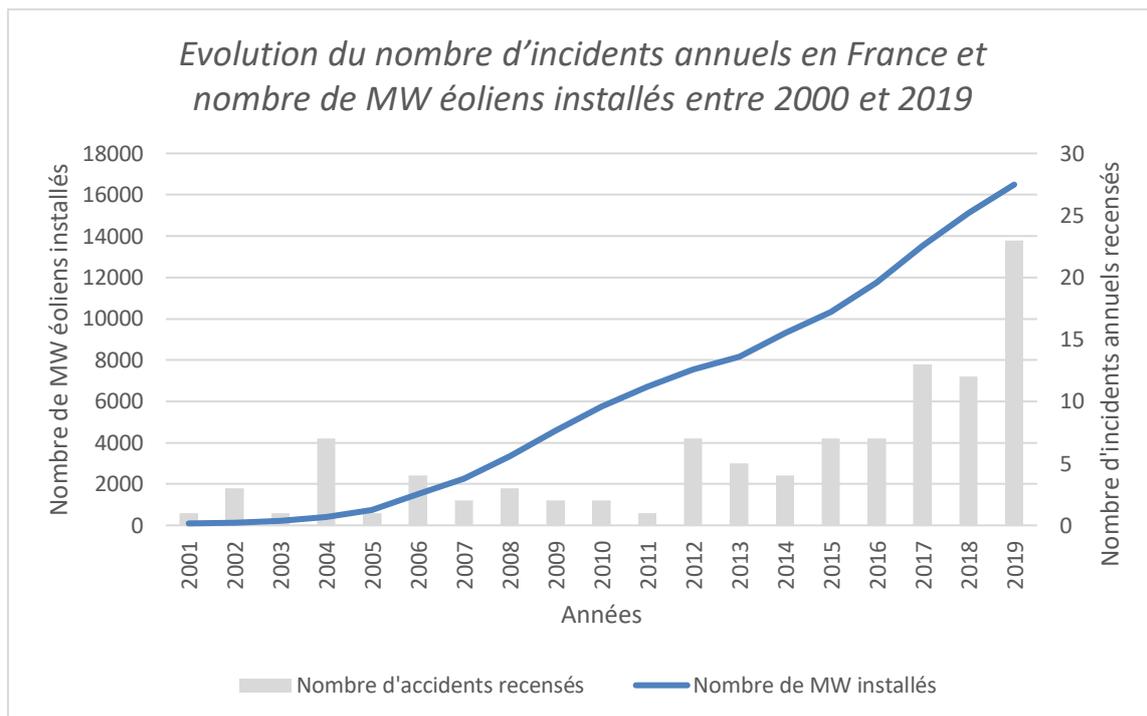


Figure 33 : Evolutions conjointes des MW éoliens installés et du nombre d'incidents annuels en France entre 2001 et 2019

On note bien l'essor de la filière française à partir de 2005, alors que le nombre d'accidents reste relativement constant jusqu'à 2011. Les chiffres de 2012 à 2019 montrent une progression toujours importante du nombre d'éoliennes installées en France avec un nombre d'accident annuel qui reste inférieur à 13 (sauf 2019). La raison de cette augmentation est la progression du nombre d'éoliennes avec un doublement de 2013 à 2019.

### VII.3.2 ANALYSE DES TYPOLOGIES D'ACCIDENTS LES PLUS FREQUENTS

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

- Ruptures de pale
- Chute de pale ou d'éléments de l'éolienne
- Incendie
- Effondrement

## VII.4 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 a 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.

## VIII. ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

### VIII.1 OBJECTIF DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

L'analyse des risques a pour objectif principal d'identifier les scénarios d'accident 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 potentiels 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'accident majeurs – ces derniers pouvant avoir des conséquences sur les personnes.

### VIII.2 RECENSEMENT DES EVENEMENTS INITIATEURS EXCLUS DE L'ANALYSE DES RISQUES

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.

### VIII.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.

Les tableaux suivants constituent une synthèse des agressions externes identifiées par le groupe de travail à l'origine du présent guide.

#### VIII.3.1 AGRESSION EXTERNES LIEES AUX ACTIVITES HUMAINES

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

Infrastructure	Voies de circulation	Aérodrome	Ligne THT	Autres aérogénérateurs
Fonction	Transport	Transport aérien	Transport d'électricité	Production d'électricité
Événement redouté	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Chute d'aéronef	Rupture de câble	Accident générant des projections d'éléments
Danger potentiel	Energie cinétique des véhicules et flux thermiques	Energie cinétique de l'aéronef, flux thermique	Arc électrique, surtensions	Energie cinétique des éléments projetés
Périmètre		2000 m	150 m	500 m
Distance par rapport au mât des éoliennes	E1	386 m	Aucun aérodrome n'est situé dans un périmètre de 2 km.  La zone est située à 21 km de l'aéroport le plus proche (Beauvais-Tillé).	Aucune ligne THT n'est située à moins de 150 m des éoliennes.  Une ligne HTA est située à 220m de la plus proche éolienne mais va être enterrée.
	E2	465 m		
	E3	475 m		
	E4	485 m		
Aucun parc éolien n'est en fonctionnement au sein de l'aire d'étude de danger (500 mètres autour des éoliennes).				

Tableau 14: Liste des agressions externes liées aux activités humaines (Source : INERIS/SER/FEE, 2012)

Il est à noter que toutes les éoliennes respectent une distance aux routes départementales supérieure à deux hauteurs de chute, soit 300m minimum. Ces préconisations ont été adoptées suite à des échanges réalisés avec le conseil départemental de l'Oise.

### VIII.3.2 AGRESSIONS EXTERNES LIEES AUX PHENOMENES NATURELS

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

Agression externe	Intensité
Vents et tempête	On dénombre 54 jours/an en moyenne avec des rafales de vent supérieures à 58 km/h, et 2 jours/an en moyenne avec des rafales de vents supérieures à 100 km/h.  <b>Le Dossier Départemental des Risques Majeurs de l'Oise détaille le risque de tempête, auquel sont soumises toutes les communes du département. Le choix des machines sera adapté aux régimes de vent du site, l'enjeu peut donc être considéré comme modéré.</b>
Foudre	Pour définir l'activité orageuse d'un secteur, il est fait référence à la densité de foudroiement qui correspond au nombre d'impact foudre par an et par km <sup>2</sup> dans une région.  <b>On dénombre en moyenne 18 jours d'orage à Beauvais, contre une vingtaine en moyenne en France. L'enjeu est donc faible.</b>
Glissement de sols/ affaissement miniers	La zone d'implantation potentielle ne présente pas de cavités connues, et l'aléa retrait/gonflement des argiles est faible.  <b>L'enjeu glissement de terrain et affaiblissements miniers est donc faible.</b>

Tableau 15: Liste des agressions externes liées aux phénomènes naturels (Source : INERIS/SER/FEE, 2012)

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 (voir page 94)

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.

---

**La construction du parc n'a pas d'impact sur les risques naturels. En effet, le chantier n'est pas de nature à augmenter la sismicité d'un territoire, ou sa sensibilité au risque d'inondation. Il ne crée pas non plus de mouvements de terrains ni de feu de forêts.**

---

### VIII.4 SCENARIOS ETUDIES DANS L'ANALYSE PRELIMINAIRE 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 VI.1), 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 proposition d'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 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).

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
<b>G01</b>	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
<b>G02</b>	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
<b>I01</b>	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
<b>I02</b>	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
<b>I03</b>	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
<b>I04</b>	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

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
I05	Conditions climatiques humides	Sur tension	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	Sur tension	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
F01	Fuite système de lubrification Fuite convertisseur Fuite transformateur	Écoulement 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	Écoulement	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
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
P01	Survitesse	Contraintes trop importante sur les pales	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la sur vitesse (N°4)	Impact sur cible	2

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
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
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	Actions de prévention mises en œuvre dans le cadre du plan de prévention (N°13)	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 les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort (N°12)  Dans les zones cycloniques, mettre en place un système de prévision cyclonique et équiper les éoliennes d'un dispositif	Projection/chute fragments et chute mât	2

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
				d'abattage et d'arrimage au sol (N°13)		
E09	Fatigue	Défaillance mât	Effondrement éolienne	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	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

Tableau 16: Analyse générique des risques (source : INERIS/SER/FEE, 2012)

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 3 du présent guide.**

## VIII.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 générique présenté 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, le guide de l'étude de dangers réalisé par l'INERIS/SER/FEE suggère de limiter l'évaluation de la probabilité d'impact d'un élément de l'aérogénérateur sur une autre installation ICPE (et donc d'une autre éolienne) que lorsque celle-ci se situe dans un rayon de 100 mètres.

**Or, sur la zone d'étude du projet éolien de la Cense, la distance minimum entre deux éoliennes est systématiquement supérieure à 100 mètres, l'effet dominos éoliennes/éoliennes n'est donc pas pris en compte dans cette étude.**

Concernant l'effet domino éoliennes/poste de livraison, les expertises réalisées dans le cadre de la présente étude (par INERIS/SER/FEE) ont montré l'absence d'effet à l'extérieur des postes de livraison pour chacun des phénomènes dangereux potentiels pouvant l'affecter.

---

Dans ce cadre, l'effet dominos éoliennes/poste de livraison n'est pas pris en compte dans cette étude.

---

## VIII.6 MISE EN PLACE DES MESURES DE SECURITE

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 projet éolien de la Cense. 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 »). Dans le cadre des études de dangers éoliennes, il est recommandé de mesurer cette indépendance à travers les questions suivantes :
  - Est-ce que la mesure de sécurité décrite a pour unique but d'agir pour la sécurité ? Il s'agit en effet ici de distinguer ces dernières de celles qui ont un rôle dans la sécurité mais aussi dans l'exploitation de l'aérogénérateur.
  - Cette mesure est-elle indépendante des autres mesures intervenant sur le scénario ?
- **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. Il s'agit ici de vérifier que la mesure de maîtrise des risques agira « à temps » pour prévenir ou pour limiter les accidents majeurs. Dans le cadre d'une étude de dangers éolienne, l'estimation de ce temps de réponse peut être simplifiée et se contenter d'une estimation d'un temps de réponse maximum qui doit être atteint. Néanmoins, et pour rappel, la réglementation impose les temps de réponse suivants :
  - Une mesure de maîtrise des risques remplissant la fonction de sécurité « limiter les conséquences d'un incendie » doit permettre de détecter un incendie et de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes ;
  - Une seconde mesure maîtrise des risques remplissant la fonction de sécurité « limiter les conséquences d'un incendie » doit permettre de détecter un incendie et de mettre en œuvre une procédure d'arrêt d'urgence dans un délai de 60 minutes.
- **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. Il s'agit de vérifier qu'une mesure de sécurité est bien dimensionnée pour remplir la fonction qui lui a été assigné.

- **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.

Les fonctions de sécurité suivantes sont décrites pour l'éolienne type **Vestas V110 2,2 MW**. Les éléments concernant La Leitwind L101 et la Enercon E103, MW figurent en annexe 6.

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	Ce système Vestas déduit la formation de glace sur les pales à partir des données de température et de rendement de l'éolienne (l'accumulation de glace alourdit les pales et diminue le rendement de la turbine). Une configuration du système SCADA permet d'alerter les opérateurs par un message type « Ice Climate ». Une mise à l'arrêt est ensuite effectuée de manière automatique ou manuelle, selon le type de contrat. Les procédures de redémarrage sont définies par l'exploitant.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Mise à l'arrêt de la turbine < 1 min		
Efficacité	100 %		
Tests	NA		
Maintenance	Surveillance via la maintenance prédictive		

Fonction de sécurité	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	N° de la fonction de sécurité	2
Mesures de sécurité	Panneautage en pied de machine Eloignement des zones habitées et fréquentées		
Description	Mise en place de panneaux informant de la possible formation de glace en pied de machines (conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011).		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %. On considérera 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	<p>Sondes de température sur pièces mécaniques</p> <p>Suivant les niveaux d'alarme et les capteurs, la machine peut être bridée ou mise à l'arrêt jusqu'à refroidissement.</p> <p>Le redémarrage peut être effectué à distance, si les seuils de température sont au-dessous des seuils d'alarme.</p>		
Description	<p>Des sondes de température sont mises en place sur les équipements ayant de fortes variations de température au cours de leur fonctionnement (paliers et roulements des machines tournantes, enroulements du générateur et du transformateur). Ces sondes ont des seuils hauts qui, une fois dépassés, conduisent à une alarme et à une mise à l'arrêt du rotor.</p>		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	<p>Temps de détection de l'ordre de la seconde</p> <p>Mise en pause de la turbine &lt; 1 min</p>		
Efficacité	100 %		
Tests	Surveillance via la maintenance prédictive, avec détection de la déviation de températures de chaque capteur.		
Maintenance	<p>Surveillance via la maintenance prédictive, avec détection de la déviation de température de chaque capteur (comparaison avec les données des autres éoliennes du parc).</p> <p>Remplacement de la sonde de température en cas de dysfonctionnement de l'équipement.</p> <p>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.</p>		

Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	4
Mesures de sécurité	<p>Détection de survitesse et système de freinage.</p> <p>Eléments du système de protection contre la survitesse conformes aux normes IEC 61508 (SIL 2) et EN 954-1</p>		
Description	<p>Systèmes de coupure s'enclenchant en cas de dépassement des seuils de vitesse prédéfinis, indépendamment du système de contrôle commande.</p> <p>NB : Le système de freinage est constitué d'un frein aérodynamique principal (mise en drapeau des pales) et / ou d'un frein mécanique auxiliaire.</p>		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	<p>Temps de détection &lt; 1 minute</p> <p>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.</p>		
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 15 de l'arrêté du 26 août 2011.		
Maintenance	<p>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 (notamment de l'usure du frein et de pression du circuit de freinage d'urgence.)</p> <p>Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.</p>		

Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	4-b
<b>Mesures de sécurité</b>	Détection de survitesse du générateur		
<b>Description</b>	Les vitesses de rotation du générateur et de l'arbre lent sont mesurées et analysées en permanence par le système de contrôle. Cette mesure redondante permet de limiter les défaillances liées à un seul capteur. En cas de discordance des mesures, l'éolienne est mise à l'arrêt. Si la vitesse de rotation est supérieure à la vitesse d'alarme, l'éolienne est considérée comme étant en survitesse et est donc mise à l'arrêt.		
<b>Indépendance</b>	Oui		
<b>Temps de réponse</b>	Temps de détection de l'ordre de la seconde  Mise en pause de la turbine < 1 min  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.		
<b>Efficacité</b>	100 %		
<b>Tests</b>	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 15 de l'arrêté du 26 août 2011. Tests à chaque maintenance préventive (tous les ans).		
<b>Maintenance</b>	Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	4-c
<b>Mesures de sécurité</b>	Vestas Overspeed Guard (VOG)		
<b>Description</b>	En complément aux capteurs de mesure de vitesse, un système instrumenté de sécurité est présent (automate totalement indépendant de l'automate de conduite utilisé pour la fonction 4-b), et dispose d'un capteur de vitesse de rotation disposé sur l'arbre lent. Le dépassement d'une vitesse de 17 tours par minute sur l'arbre lent conduit à la mise à l'arrêt de la machine par mise en drapeau des pales (cette mise en drapeau est assurée par le circuit hydraulique avec l'assistance complémentaire des accumulateurs disposés sur les vérins).  En cas d'arrêt par survitesse (déclenchement du VOG), l'éolienne ne peut pas être redémarrée à distance. Il est nécessaire de venir acquitter localement le défaut et d'effectuer un contrôle de la machine avant de relancer l'éolienne.		
<b>Indépendance</b>	Oui		
<b>Temps de réponse</b>	Temps de détection < 1 min  Le couplage du système de détection de survitesse au système SCADA permet l'envoi en temps réel d'alertes par SMS et par courriel, selon les instructions de l'exploitant. L'exploitant sera ainsi 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 à l'article 23 de l'arrêté du 26 août 2011.		
<b>Efficacité</b>	100 %		
<b>Tests</b>	Lors de la mise en service de l'aérogénérateur, une série de tests (arrêts simples, d'urgence et de survitesse) est réalisée afin de s'assurer du fonctionnement et de la sécurité de l'éolienne conformément à l'article 15 de l'arrêté du 26 août 2011.		
<b>Maintenance</b>	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis tous les ans suivant les manuels de maintenance Vestas. Ces vérifications sont consignées dans le document IRF Vestas.  Maintenance conforme aux dispositions des articles 15 et 18 de l'arrêté du 26 août 2011.		

Fonction de sécurité	Prévenir les courts-circuits	N° de la fonction de sécurité	5
<b>Mesures de sécurité</b>	Détecteur d'arc avec coupure électrique (salle transformateur et armoires électriques).		
<b>Description</b>	<p>Outre les protections traditionnelles contre les surintensités et les surtensions, les armoires électriques disposées dans les nacelles Vestas (qui abritent les divers jeux de barres), sont équipées de détecteurs d'arc électrique. Ce système de capteurs photosensibles a pour objectif de détecter toute formation d'un arc électrique (caractéristique d'un début d'amorçage) qui pourrait conduire à des phénomènes de fusion de conducteurs et de début d'incendie.</p> <p>Le fonctionnement de ces détecteurs commande le déclenchement de la cellule HT située en pied de mât, conduisant ainsi à la mise hors tension de la machine.</p> <p>La remise sous tension puis le recouplage de la machine ne peuvent être faits qu'après inspection visuelle des éléments HT de la nacelle, puis du réarmement du détecteur d'arc et de l'acquiescement manuel du défaut.</p>		
<b>Indépendance</b>	Oui		
<b>Temps de réponse</b>	<p>50 millisecondes</p> <p>Le couplage du système de détection d'arc électrique avec le système SCADA permet l'envoi en temps réel d'alertes par SMS et par courriel, selon les instructions de l'exploitant.</p>		
<b>Efficacité</b>	100 %		
<b>Tests</b>	Test des détecteurs d'arc à la mise en service puis tous les ans.		
<b>Maintenance</b>	<p>Les installations électriques font l'objet d'un contrôle avant la mise en service industrielle du parc éolien, puis annuellement conformément à l'article 10 de l'arrêté du 26 août 2011. Ce contrôle donne lieu à un rapport, dit rapport de vérification annuel, réalisé par un organisme agréé.</p> <p>Des vérifications de tous les équipements électriques ainsi que des mesures d'isolement et de serrage des câbles sont intégrés dans le manuel de maintenance préventive Vestas.</p>		

Fonction de sécurité	Prévenir les effets de la foudre	N° de la fonction de sécurité	6
<b>Mesures de sécurité</b>	Système de protection contre la foudre conçu pour répondre à la classe de protection I de la norme internationale IEC 61400.		
<b>Description</b>	<p>Compte tenu de leur situation et des matériaux de construction, les pales sont les éléments les plus sensibles à la foudre. Des pastilles métalliques en acier inoxydable permettant de capter les courants de foudre sont disposées à intervalles réguliers sur les deux faces des pales. Elles sont reliées entre elles par une tresse en cuivre, interne à la pale. Le pied de pale est muni d'une plaque métallique en acier inoxydable, sur une partie de son pourtour, raccordée à la tresse de cuivre. Un dispositif métallique flexible (nommé LCTU – Lightning Current Transfer Unit) assure la continuité électrique entre la pale et le châssis métallique de la nacelle (il s'agit d'un système de contact glissant comportant deux points de contact par pale). Ce châssis est relié électriquement à la tour, elle-même reliée au réseau de terre disposé en fond de fouille.</p> <p>En cas de coup de foudre sur une pale, le courant de foudre est ainsi évacué vers la terre via la fondation et des prises profondes.</p>		
<b>Indépendance</b>	Oui		
<b>Temps de réponse</b>	Immédiat, dispositif passif		
<b>Efficacité</b>	100 %		
<b>Tests</b>	Avant la première mise en route de l'éolienne, une mesure de mise à la terre est effectuée.		
<b>Maintenance</b>	Contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre inclus dans les opérations de maintenance, conformément à l'article 9 de l'arrêté du 26 août 2011.		

Fonction de sécurité	Protection et intervention incendie	N° de la fonction de sécurité	7
<b>Mesures de sécurité</b>	<p>1. Sondes de température sur pièces mécaniques.            Suivant les niveaux d'alarme et les capteurs, la machine peut être bridée ou mise à l'arrêt jusqu'à refroidissement.</p> <p>Le redémarrage peut être effectué à distance, si les seuils de température sont au-dessous des seuils d'alarme.</p> <p>Systeme de détection incendie</p>		
<b>Description</b>	<p>1. Des sondes de température sont mises en place sur les équipements ayant de fortes variations de température au cours de leur fonctionnement (paliers et roulements des machines tournantes, enroulements du générateur et du transformateur). Ces sondes ont des seuils hauts qui, une fois dépassés, conduisent à une alarme et à une mise à l'arrêt du rotor.</p> <p>2. Les éoliennes sont équipées par défaut d'un système autonome de détection composé de plusieurs capteurs de fumée et de chaleur disposés aux possibles points d'échauffements tels que :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La chambre du transformateur</li> <li>- Le générateur</li> <li>- La cellule haute tension</li> <li>- Le convertisseur</li> <li>- Les armoires électriques principales</li> <li>- Le système de freinage.</li> </ul> <p>En cas de détection, une sirène est déclenchée, l'éolienne est mise à l'arrêt en « emergency stop » et isolement électrique par ouverture de la cellule en pied de mât. De façon concomitante un message d'alarme est envoyé au centre de télésurveillance via le système de contrôle commande.</p> <p>Le système de détection incendie est alimenté par le réseau secours (UPS).</p> <p>Vis-à-vis de la protection incendie, deux extincteurs sont présents dans la nacelle et un extincteur est disponible en pied de tour (utilisables par le personnel sur un départ de feu).</p>		
<b>Indépendance</b>	Oui		
<b>Temps de réponse</b>	<p>Temps de détection de l'ordre de la seconde.</p> <p>Le couplage des éléments de détection de fumée au système SCADA permet l'envoi en temps réel d'alertes par SMS et par courriel, selon les instructions de l'exploitant.</p> <p>L'exploitant sera ainsi 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 à l'article 23 de l'arrêté du 26 août 2011.</p>		
<b>Efficacité</b>	100%		
<b>Tests</b>	Test des détecteurs de fumée à la mise en service puis tous les ans.		
<b>Maintenance</b>	<p>Contrôle tous les ans du système de détection incendie pour être conforme à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2012</p> <p>Le matériel incendie (extincteurs) est contrôlé périodiquement par un organisme spécialisé.</p> <p>Maintenance prédictive sur les capteurs de température.</p>		

Fonction de sécurité	Prévention et rétention des fuites	N° de la fonction de sécurité	8
<b>Mesures de sécurité</b>	1. Détecteurs de niveau d'huile et capteurs de pression 2. Capteur de niveau du circuit de refroidissement (niveau bas alarmé avec arrêt après temporisation) 3. Procédure d'urgence 4. Kit antipollution 5. Bacs de rétention		
<b>Description</b>	<p>1. Le circuit hydraulique est équipé de capteurs de pression (une mesure de pression dans le bloc hydraulique de chaque pale) permettant de s'assurer de son bon fonctionnement. Toute baisse de pression au-dessous d'un seuil préalablement déterminé, conduit au déclenchement de l'arrêt du rotor (mise en drapeau des pales). Afin de pouvoir assurer la manœuvre des pales en cas de perte du groupe de mise en pression ou en cas de fuite sur le circuit, chaque bloc hydraulique (situé au plus près du vérin de pale) est équipé d'un accumulateur hydropneumatique (pressurisé à l'azote) qui permet la mise en drapeau de la pale.</p> <p>La pression du circuit de lubrification du multiplicateur fait également l'objet d'un contrôle, asservissant le fonctionnement de l'éolienne.</p> <p>Les niveaux d'huile sont surveillés d'une part au niveau du multiplicateur et d'autre part au niveau du groupe hydraulique. L'atteinte du niveau bas sur le multiplicateur ou sur le groupe hydraulique, déclenche une alarme et conduit à la mise à l'arrêt du rotor.</p> <p>2. Le circuit de refroidissement (eau glycolée) est équipé d'un capteur de niveau bas, qui en cas de déclenchement conduit à l'arrêt de l'éolienne.</p> <p>3. Les opérations de vidange font l'objet de procédures spécifiques. 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. Une procédure Vestas en cas de pollution accidentelle du sol est communiquée au personnel intervenant dans les aérogénérateurs.</p> <p>4. En cas de fuite, les véhicules de maintenance Vestas sont équipés de kits de dépollution composés de grandes feuilles absorbantes. Ces kits d'intervention d'urgence permettent :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• De contenir et arrêter la propagation de la pollution ;</li> <li>• D'absorber jusqu'à 20 litres de déversements accidentels de liquides (huile, eau, alcools ...) et produits chimiques (acides, bases, solvants ...) ;</li> <li>• De récupérer les déchets absorbés.</li> </ul> <p>Si ces kits de dépollution s'avèrent insuffisants, Vestas se charge de faire intervenir une société spécialisée qui récupérera et traitera la terre souillée via les filières adéquates.</p> <p>5. Des bacs de rétention empêchent l'huile ou la graisse de couler le long du mât et de s'infiltrer dans le sol. Les principaux bacs de rétention sont équipés de capteurs de niveau d'huile afin d'informer les équipes de maintenance via les alertes cas de fuite importante. De plus, la plateforme supérieure de la tour a les bords relevés et a les jointures étanches entre plaques d'acier. Cette plateforme fait office de bac de rétention de secours en cas de fuite importante dans la nacelle.</p>		
<b>Indépendance</b>	Oui		

<b>Temps de réponse</b>	<p>Temps de détection de l'ordre de la seconde</p> <p>Mise en pause de la turbine &lt; 1 min</p>
<b>Efficacité</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Détecteurs de niveau d'huile et capteurs de pression</li> <li>2. Capteur de niveau du circuit de refroidissement (niveau bas alarmé avec arrêt après temporisation)</li> <li>3. Procédure d'urgence</li> <li>4. Kit antipollution</li> <li>5. Bacs de rétention</li> </ol>
<b>Tests</b>	<p>5. Le circuit hydraulique est équipé de capteurs de pression (une mesure de pression dans le bloc hydraulique de chaque pale) permettant de s'assurer de son bon fonctionnement. Toute baisse de pression au-dessous d'un seuil préalablement déterminé, conduit au déclenchement de l'arrêt du rotor (mise en drapeau des pales). Afin de pouvoir assurer la manœuvre des pales en cas de perte du groupe de mise en pression ou en cas de fuite sur le circuit, chaque bloc hydraulique (situé au plus près du vérin de pale) est équipé d'un accumulateur hydropneumatique (pressurisé à l'azote) qui permet la mise en drapeau de la pale.</p> <p>La pression du circuit de lubrification du multiplicateur fait également l'objet d'un contrôle, asservissant le fonctionnement de l'éolienne.</p> <p>Les niveaux d'huile sont surveillés d'une part au niveau du multiplicateur et d'autre part au niveau du groupe hydraulique. L'atteinte du niveau bas sur le multiplicateur ou sur le groupe hydraulique, déclenche une alarme et conduit à la mise à l'arrêt du rotor.</p> <p>6. Le circuit de refroidissement (eau glycolée) est équipé d'un capteur de niveau bas, qui en cas de déclenchement conduit à l'arrêt de l'éolienne.</p> <p>7. Les opérations de vidange font l'objet de procédures spécifiques. 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>Une procédure Vestas en cas de pollution accidentelle du sol est communiquée au personnel intervenant dans les aérogénérateurs.</p> <p>8. En cas de fuite, les véhicules de maintenance Vestas sont équipés de kits de dépollution composés de grandes feuilles absorbantes. Ces kits d'intervention d'urgence permettent :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• De contenir et arrêter la propagation de la pollution ;</li> <li>• D'absorber jusqu'à 20 litres de déversements accidentels de liquides (huile, eau, alcools ...) et produits chimiques (acides, bases, solvants ...) ;</li> <li>• De récupérer les déchets absorbés.</li> </ul> <p>Si ces kits de dépollution s'avèrent insuffisants, Vestas se charge de faire intervenir une société spécialisée qui récupérera et traitera la terre souillée via les filières adéquates.</p> <p>5. Des bacs de rétention empêchent l'huile ou la graisse de couler le long du mât et de s'infiltrer dans le sol. Les principaux bacs de rétention sont équipés de capteurs de niveau d'huile afin d'informer les équipes de maintenance via les alertes cas de fuite importante. De plus, la plateforme supérieure de la tour a les bords relevés et a les jointures étanches entre plaques d'acier. Cette plateforme fait office de bac de rétention de secours en cas de fuite importante dans la nacelle.</p>
<b>Maintenance</b>	Oui

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
<b>Mesures de sécurité</b>	Contrôles réguliers des fondations et des différents assemblages de structure (ex : brides, joints, etc.) Procédures et contrôle qualité		
<b>Description</b>	<p>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.</p> <p>Vestas remet à chacun de ses clients, un document « Type certificate » qui atteste de la conformité de l'éolienne fournie au standard IEC 61400-1 (édition 2005). Ainsi la nacelle, le moyeu, les fondations et la tour répondent aux standards IEC 61 400-1. Les pales respectent le standard IEC 61 400 -1 ; 12 ; 23.</p> <p>De plus, des organismes compétents externes, mandatés par l'exploitant du parc, produisent des rapports attestant de la conformité de nos turbines à la fin de la phase d'installation.</p> <p>L'article R111-38 du code de la construction et de l'habitation fait référence au contrôle technique de construction. Il est obligatoire, à la charge de l'exploitant et réalisé par des organismes agréés par l'État. Ce contrôle assure la solidité des ouvrages ainsi que la sécurité des biens et des personnes.</p> <p>Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223.</p>		
<b>Indépendance</b>	Oui		
<b>Temps de réponse</b>	NA		
<b>Efficacité</b>	100%		
<b>Tests</b>	NA		
<b>Maintenance</b>	Le plan de maintenance Vestas prévoit le contrôle des brides de fixation, des brides de mât, des fixations des pales et le contrôle visuel du mât trois mois puis un an après la mise en service industrielle puis tous les trois ans, conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011.		

Fonction de sécurité	Prévenir les erreurs de maintenance	N° de la fonction de sécurité	10
Mesures de sécurité	Procédure de maintenance.		
Description	Préconisation du manuel de maintenance Formation du personnel		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100%		
Tests	Traçabilité : rapport de service		
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	1. Procédure de contrôle des équipements lors des maintenances planifiées. 2. Suivi de données mesurées par les capteurs et sondes présentes dans les éoliennes Vestas		
Description	1. Ce point est détaillé dans le chapitre dédié aux maintenances planifiées. 2. L'intégralité des données mesurées par les capteurs et sondes présentes dans les éoliennes Vestas est suivie et enregistrée dans une base de données unique. Ces données sont traitées par des algorithmes en permanence afin de détecter, au plus tôt, les dégradations des équipements. Lorsqu'elle est nécessaire, une inspection de l'équipement soupçonné de se dégrader est planifiée. Les algorithmes de détection et de génération d'alarmes sont en amélioration continue.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Entre 12 heures et 6 mois selon le type de dégradation		
Efficacité	NA		
Tests	Traçabilité : rapport de service		
Maintenance	NA		

Fonction de sécurité	Prévenir la dégradation de l'état des équipements	N° de la fonction de sécurité	12
<b>Mesures de sécurité</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents</li> <li>2. Mise à l'arrêt sur détection de vent fort et freinage aérodynamique par le système de contrôle</li> </ol>		
<b>Description</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. En France, la classification de vents des éoliennes fait référence à la norme « IEC 61400-1 ». Les éoliennes Vestas sont dimensionnées pour chacune de ces classes. Il est donc important de faire correspondre la classe du site avec la classe de la turbine</li> <li>2. Les éoliennes sont mises à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale de 22.5 m/s pour la V126. Cet arrêt est réalisé par le frein aérodynamique de l'éolienne avec mise en drapeau des pales. Cette mise en drapeau est effectuée par le système d'orientation des pales « Vestas Pitch System ».</li> </ol>		
<b>Indépendance</b>	Oui		
<b>Temps de réponse</b>	Temps de détection de l'ordre de la seconde. Mise drapeau des pales < 1 min		
<b>Efficacité</b>	100%		
<b>Tests</b>	Pitch system testé tous les ans lors des maintenances préventives.		
<b>Maintenance</b>	Tous les ans.		

Tableau 17: Ensemble des fonctions de sécurité (Source : Vestas)

L'ensemble des procédures de maintenance et des contrôles d'efficacité des systèmes sera conforme à l'arrêté du 26 août 2011.

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.

## VIII.7 CONCLUSION DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE 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, quatre catégories de scénarios sont a priori exclues de l'étude détaillée, en raison de leur faible intensité :

Nom du scénario exclu	Justification
Incendie de l'éolienne (effets thermiques)	<p>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<sup>2</sup> 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 encadre déjà largement la sécurité des installations. Ces effets ne sont donc pas étudiés dans l'étude détaillée des risques.</p> <p>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.</p>
Incendie du poste de livraison ou du transformateur	<p>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 [9] et impose le respect des normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200)</p>
Infiltration d'huile dans le sol	<p>En cas d'infiltration d'huiles dans le sol, les volumes de substances libérées dans le sol restent mineurs.</p> <p>Ce scénario peut ne pas être détaillé dans le chapitre de l'étude détaillée des risques sauf en cas d'implantation dans un périmètre de protection rapprochée d'une nappe phréatique.</p>

Tableau 18 : Scenarios exclus (Source : INERIS/SER/FEE, 2012)

Les cinq catégories de scénarios étudiées dans l'étude détaillée des risques pour le projet éolien de la Cense 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.

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.

## VIII.8 ARBRE PAPILLONS

La représentation retenue est appelée « arbre papillon », croisement entre « l'arbre de défaillances » et « l'arbre d'événements ». Ce choix de représentation est motivé par le fait que « l'arbre papillon » offre une représentation lisible permettant l'application d'un traitement probabiliste.

La représentation sous forme arborescente offre ainsi la possibilité de fixer schématiquement ce qui contribue à l'occurrence d'un événement (arbre de défaillances) et ce que cet événement, une fois réalisé, peut occasionner en termes de phénomène dangereux (arbre d'événements).

Dans cette représentation, pour un même événement redouté central, chaque chemin conduisant d'une défaillance d'origine (événement indésirable ou courant) jusqu'à l'apparition de dommages au niveau des cibles (effets majeurs) désigne un scénario d'accident particulier.

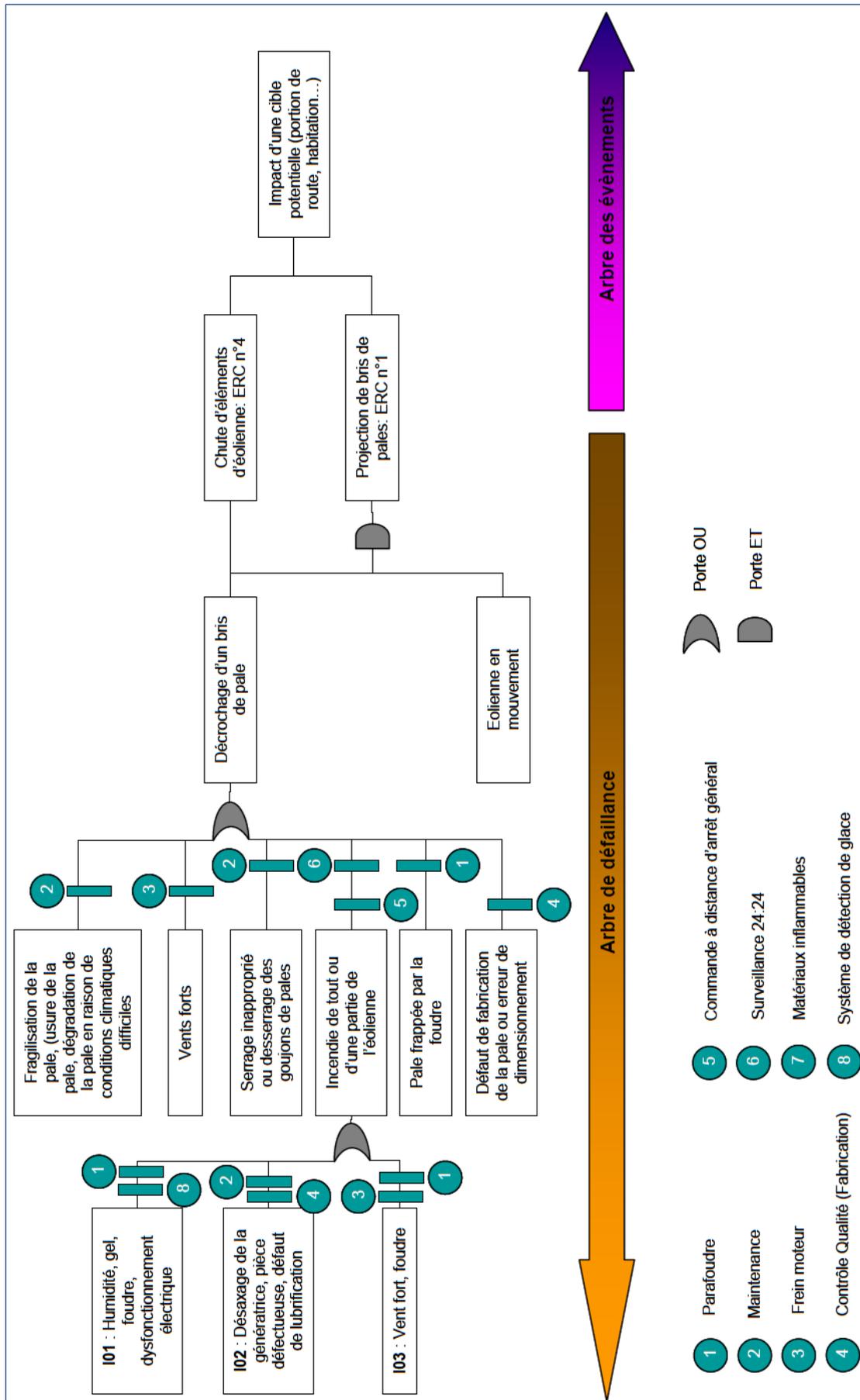


Figure 34 : Arbre papillon des scénarios de projection et de chutes de bris de pales / d'éléments d'éolienne

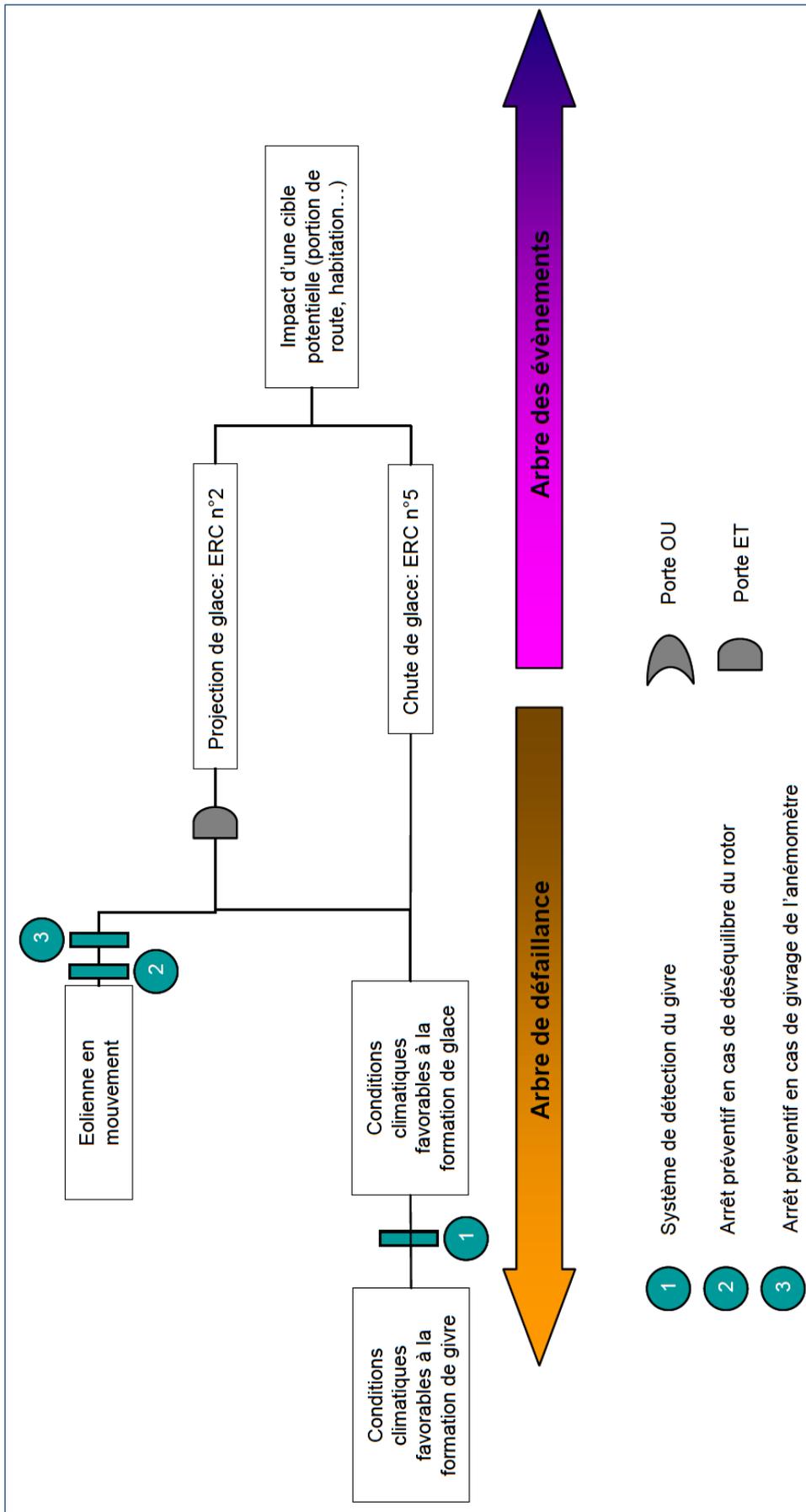


Figure 35 : Arbre papillon des scénarios de chutes et de projections de glace

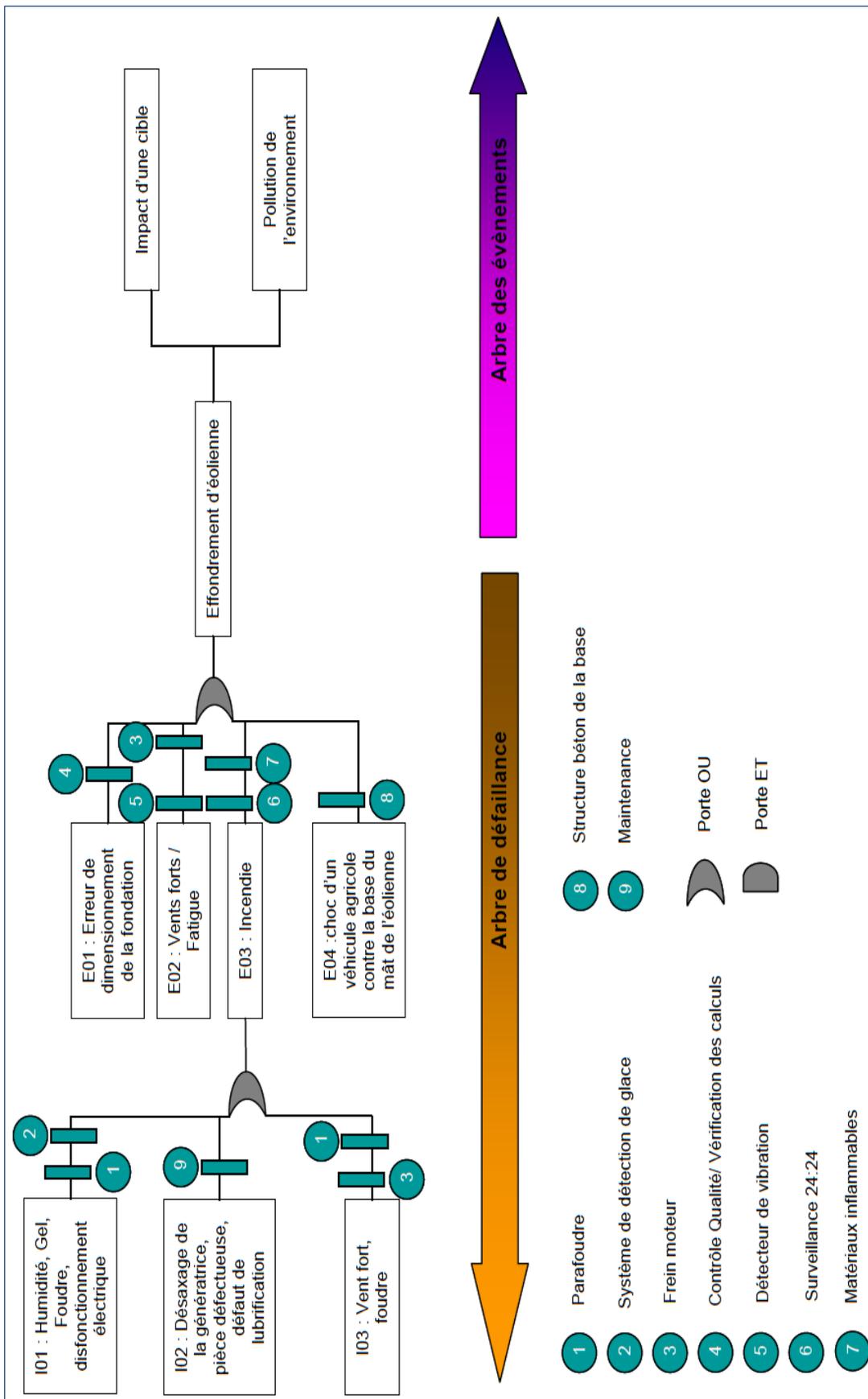


Figure 36 : Arbre papillon associé aux scénarios d'effondrement d'éoliennes

## IX. ETUDE DETAILLEE 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.

### IX.1 RAPPEL DES DEFINITIONS

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 toxique.

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 en 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.

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.

#### IX.1.1 CINETIQUE

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.

*Remarque* : Les cas de cinétique lente sont assez peu fréquents dans le cadre des installations classées. Il faut pour cela que le déroulement du phénomène dangereux soit suffisamment connu et mesurable pour pouvoir mettre en place un plan d'organisation des secours adapté (exemple : phénomène de « boil over » dans le cas des dépôts d'hydrocarbures).

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.

#### IX.1.2 INTENSITE

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 : seuil 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.

<b>Intensité</b>	<b>Degré d'exposition</b>
Exposition très forte	Supérieur à 5 %
Exposition forte	Compris entre 1 % et 5 %
Exposition modérée	Inférieur à 1 %

Tableau 19 : Degré d'exposition (source : INERIS/SER/FEE, 2012)

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

### IX.1.3 GRAVITE

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.

<b>Intensité</b> <b>Gravité</b>	<b>Zone d'effet d'un événement accidentel engendrant une exposition très forte</b>	<b>Zone d'effet d'un événement accidentel engendrant une exposition forte</b>	<b>Zone d'effet d'un événement accidentel engendrant une exposition modérée</b>
<b>« Désastreux »</b>	Plus de 10 personnes exposées	Plus de 100 personnes exposées	Plus de 1000 personnes exposées
<b>« Catastrophique »</b>	Moins de 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées	Entre 100 et 1000 personnes exposées
<b>« Important »</b>	Au plus 1 personne exposée	Entre 1 et 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées
<b>« Sérieux »</b>	Aucune personne exposée	Au plus 1 personne exposée	Moins de 10 personnes exposées
<b>« Modéré »</b>	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 »

Tableau 20 : Critères permettant d'apprécier les conséquences de l'événement

La détermination du nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) présentes dans chacune des zones d'effet est effectuée à l'aide de la méthode présentée en annexe 1. 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. Cette fiche permet de compter aussi simplement que possible, selon des règles forfaitaires, le nombre de personnes exposées.

Ainsi, pour chaque phénomène dangereux identifié, il conviendra de comptabiliser l'ensemble des personnes présentes dans la zone d'effet correspondante. Dans chaque zone couverte par les effets d'un phénomène dangereux issu de l'analyse de risque, on identifiera les ensembles homogènes (ERP, zones habitées, zones industrielles, commerces, voies de circulation, terrains non bâtis...) et on en déterminera la surface (pour les terrains non bâtis, les zones d'habitat) et/ou la longueur (pour les voies de circulation).

#### IX.1.4 PROBABILITE

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 :

Niveaux	Echelle qualitative	Echelle quantitative (probabilité annuelle)
<b>A</b>	<b><i>Courant</i></b> 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.	$P > 10^{-2}$
<b>B</b>	<b><i>Probable</i></b> S'est produit et/ou peut se produire pendant la durée de vie des installations.	$10^{-3} < P \leq 10^{-2}$
<b>C</b>	<b><i>Improbable</i></b> 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.	$10^{-4} < P \leq 10^{-3}$
<b>D</b>	<b><i>Rare</i></b> S'est déjà produit mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement la probabilité.	$10^{-5} < P \leq 10^{-4}$
<b>E</b>	<b><i>Extrêmement rare</i></b> Possible mais non rencontré au niveau mondial. N'est pas impossible au vu des connaissances actuelles.	$P \leq 10^{-5}$

Tableau 21 : Grille de criticité du scénario redouté (Source : arrêté du 29 septembre 2005)

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 :

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

$P_{\text{ERC}}$  = 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)

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

$P_{\text{atteinte}}$  = 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 ( $P_{\text{accident}}$ ) à la probabilité de l'événement redouté central ( $P_{\text{ERC}}$ ) a été retenue.

## IX.2 CARACTERISATION DES SCENARIOS RETENUS

### IX.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, soit 150 m dans le cas du projet éolien de la Cense.

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 projet éolien de la Cense. R est la longueur de pale (R = 55 m), H la hauteur du mât (H = 95 m), L la largeur du mât (L = 4 m) et LB la largeur de la base de la pale (LB = 2 m).

Effondrement de l'éolienne			
(dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale soit 150 m)			
Zone d'impact en $m^2$	Zone d'effet du phénomène étudié en $m^2$	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$ZI = H \cdot L + 3 \cdot R \cdot LB / 2$	$ZE = \pi \times (H + R)^2$	$d = ZI / ZE$	
545,000	70685,835	0,7710%	Exposition modérée
		(< 1%)	

Tableau 22 : Niveau d'intensité pour le scénario d'effondrement de l'éolienne

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

#### ❖ Gravité

En fonction de ces intensités et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe IX.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 1000 personnes exposées → « Désastreux »
- Entre 100 et 1000 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 et la gravité associée :

<b>Effondrement de l'éolienne</b> <b>(dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale soit 150 m)</b>		
<i>Eolienne</i>	<i>Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)</i>	<i>Gravité</i>
Eolienne 1 (E1)	0,07	Modéré
Eolienne 2 (E2)	0,07	Modéré
Eolienne 3 (E3)	0,07	Modéré
Eolienne 4 (E4)	0,07	Modéré

Tableau 23 : Niveau de gravité pour le scénario d'effondrement de l'éolienne

#### ❖ Probabilité

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

<b>Source</b>	<b>Fréquence</b>	<b>Justification</b>
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<sup>7</sup>, soit une probabilité de  $4,47 \times 10^{-4}$  par éolienne et par an.

<sup>7</sup> 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 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 2011.

De manière générale, le respect des prescriptions de l'arrêté du 26 août 2011 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 pourra conclure à l'acceptabilité de ce phénomène si moins de 1000 personnes sont exposées. Dans le cas où plus de mille personnes sont exposées dans la zone d'effet d'un aérogénérateur, l'exploitant pourra démontrer que des mesures de sécurité supplémentaires sont mises en place. Il est également rappelé que la bonne pratique est de préserver une distance d'isolement égale à deux hauteurs totales d'éolienne entre l'aérogénérateur et les routes départementales dans l'Oise.

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

<b>Effondrement de l'éolienne</b> <b>(dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale soit 150 m)</b>		
<i>Eolienne</i>	<i>Gravité</i>	<i>Niveau de risque</i>
Eolienne 1 (E1)	Modéré	<b>Acceptable</b>
Eolienne 2 (E2)	Modéré	<b>Acceptable</b>
Eolienne 3 (E3)	Modéré	<b>Acceptable</b>
Eolienne 4 (E4)	Modéré	<b>Acceptable</b>

Tableau 24 : Niveau de risque pour le scénario d'effondrement de l'éolienne

**Ainsi, pour le projet éolien de la Cense, le phénomène d'effondrement des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.**

### ❖ Criticité

Les résultats obtenus pour les scénarios de l'effondrement d'une éolienne sont synthétisés sous forme d'une matrice de criticité présentée ci-dessous :

GRAVITÉ des conséquences	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux	Orange	Rouge	Rouge	Rouge	Rouge
Catastrophique	Orange	Orange	Rouge	Rouge	Rouge
Important	Orange	Orange	Orange	Rouge	Rouge
Sérieux	Vert	Vert	Orange	Orange	Rouge
Modéré	Vert	<b>E1 à E4</b>	Vert	Vert	Orange

#### Légende de la matrice :

Niveau de risque	Couleur	Acceptabilité
Risque très faible	Vert	acceptable
Risque faible	Orange	acceptable
Risque important	Rouge	non acceptable

Tableau 25 : Matrice d'acceptabilité du phénomène d'effondrement de l'éolienne

**On peut donc conclure que, pour le projet éolien de la Cense, le phénomène d'effondrement des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.**

### IX.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 concerné par moins d'un jour de formation de glace par an. Certains secteurs du territoire comme les zones côtières affichent des moyennes qui varient 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 rotor autour du mât de l'éolienne. Pour le projet éolien de la Cense, la zone d'effet a donc un rayon de 61 mètres. 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 projet éolien de la Cense.  $Z_I$  est la zone d'impact,  $Z_E$  est la zone d'effet, ( $D = 110$  m),  $SG$  est la surface du morceau de glace majorant ( $SG = 1$  m<sup>2</sup>).

Chute de glace			
(dans un rayon inférieur ou égal à $D/2 = 55$ m)			
Zone d'impact en m <sup>2</sup>	Zone d'effet du phénomène étudié en m <sup>2</sup>	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = SG$	$Z_E = \pi \times R^2$	$d = Z_I / Z_E$	Exposition modérée
1	9503,318	0,0105%	
		(< 1 %)	

Tableau 26 : Niveau d'intensité pour le scénario d'effondrement de l'éolienne

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 1000 personnes exposées → « Désastreux »
- Entre 100 et 1000 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 :

Chute de glace		
(dans un rayon inférieur ou égal à $D/2 = 55$ m)		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
Eolienne 1 (E1)	0,01	Modéré
Eolienne 2 (E2)	0,01	Modéré
Eolienne 3 (E3)	0,01	Modéré
Eolienne 4 (E4)	0,01	Modéré

Tableau 27 : Niveau de gravité pour le scénario d’effondrement de l’éolienne

❖ **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.

Dans le cas contraire, l’exploitant devra démontrer que des mesures de sécurité supplémentaires sont mises en place afin d’améliorer l’acceptabilité de ce risque.

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

<b>Chute de glace</b>		
<b>(dans un rayon inférieur ou égal à <math>D/2 = 55</math> m)</b>		
<i>Eolienne</i>	<i>Gravité</i>	<i>Niveau de risque</i>
Eolienne 1 (E1)	Modéré	<b>Acceptable</b>
Eolienne 2 (E2)	Modéré	<b>Acceptable</b>
Eolienne 3 (E3)	Modéré	<b>Acceptable</b>
Eolienne 4 (E4)	Modéré	<b>Acceptable</b>

Tableau 28 : Niveau de risque pour le scénario de chute de glace

**Ainsi, pour le projet éolien de la Cense, 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 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, c’est-à-dire en amont de la zone d’effet de ce phénomène. Cette mesure permettra de réduire les risques pour les personnes potentiellement présentes sur le site lors des épisodes de grand froid.

❖ **Criticité**

Les résultats obtenus pour les scénarios de chutes de glace sont synthétisés sous forme d'une matrice de criticité présentée ci-dessous :

GRAVITÉ des Conséquences	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux					
Modéré					<b>E1 à E4</b>

Légende de la matrice

Niveau de risque	Couleur	Acceptabilité
Risque très faible		acceptable
Risque faible		acceptable
Risque important		non acceptable

Tableau 29 : Matrice d'acceptabilité du phénomène de chute de glace

---

**Ainsi, pour le projet éolien de la Cense, le phénomène de chute de glace des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.**

---

### IX.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, c'est-à-dire une zone d'effet correspondant à un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor autour du mât de l'éolienne en projection verticale. Pour le projet éolien de la Cense, la zone d'effet a donc un rayon de 55 mètres.

#### ❖ 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 projet éolien de la Cense.  $d$  est le degré d'exposition,  $Z_I$  la zone d'impact,  $Z_E$  la zone d'effet,  $D$  la longueur du rotor autour du mât de l'éolienne en projection verticale ( $D = 110$  m) et  $LB$  la largeur de la base de la pale ( $LB = 2$  m).

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à $D/2 = 55$ m)			
Zone d'impact en $m^2$	Zone d'effet du phénomène étudié en $m^2$	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = R * LB / 2$  55,000	$Z_E = \pi * R^2$  9503,318	$d = Z_I / Z_E$  0,5787%  (<1 %)	Exposition modérée

Tableau 30 : Niveau d'intensité pour le scénario de chute d'éléments de l'éolienne

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 IX.1.3), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute d'élément de l'éolienne, dans la zone de survol de l'éolienne :

- Plus de 1000 personnes exposées → « Désastreux »
- Entre 100 et 1000 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 :

<b>Chute d'éléments de l'éolienne</b> <b>(dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = 55 m)</b>		
<i>Eolienne</i>	<i>Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)</i>	<i>Gravité</i>
Eolienne 1 (E1)	0,01	<b>Modéré</b>
Eolienne 2 (E2)	0,01	<b>Modéré</b>
Eolienne 3 (E3)	0,01	<b>Modéré</b>
Eolienne 4 (E4)	0,01	<b>Modéré</b>

Tableau 31 : Niveau de gravité pour le scénario de chute d'éléments de l'éolienne

#### ❖ 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).

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.

Dans le cas contraire, l'exploitant devra démontrer que des mesures de sécurité supplémentaires sont mises en place afin d'améliorer l'acceptabilité de ce risque.

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

<b>Chute d'éléments de l'éolienne</b> <b>(dans un rayon inférieur ou égal à <math>D/2 = 55m</math>)</b>		
<i>Eolienne</i>	<i>Gravité</i>	<i>Niveau de risque</i>
Eolienne 1 (E1)	Modéré	<b>Acceptable</b>
Eolienne 2 (E2)	Modéré	<b>Acceptable</b>
Eolienne 3 (E3)	Modéré	<b>Acceptable</b>
Eolienne 4 (E4)	Modéré	<b>Acceptable</b>

Tableau 32 : Niveau de risque pour le scénario de chute d'éléments de l'éolienne

**Ainsi, pour le projet éolien de la Cense, le phénomène de chute d'éléments des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.**

❖ **Criticité**

Les résultats obtenus pour les scénarios de chutes d'éléments de l'éolienne sont synthétisés sous forme d'une matrice de criticité présentée ci-dessous :

GRAVITÉ des Conséquences	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux					
Modéré			<b>E1 à E4</b>		

Légende de la matrice

Niveau de risque	Couleur	Acceptabilité
Risque très faible		acceptable
Risque faible		acceptable
Risque important		non acceptable

Tableau 33 : Matrice d'acceptabilité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne

---

**On peut donc conclure que, pour le projet éolien de la Cense, le phénomène de chute d'éléments de l'éolienne est acceptable.**

---

## IX.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 :

- 1300 m rapporté pour un accident à Hundhammerfjellet en Norvège le 20/01/2006
- 1000 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 chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du projet éolien de la Cense.  $d$  est le degré d'exposition,  $Z_i$  la zone d'impact,  $Z_e$  la zone d'effet prenant en compte  $R_e$  égale au rayon d'effet de 500 mètres,  $R$  la longueur de pale ( $R = 55$  m) et  $LB$  la largeur de la base de la pale ( $LB = 2$  m).

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)			
Zone d'impact en $m^2$	Zone d'effet du phénomène étudié en $m^2$	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_i = R \cdot LB / 2$	$Z_e = \pi \times R \times e^2$	$d = Z_i / Z_e$	Exposition modérée
55,000	785398,163	0,0070% ( < 1 % )	

Tableau 34 : Niveau d'intensité pour le scénario de projection de pale ou de fragment de pale

### ❖ Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues du paragraphe IX.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 1000 personnes exposées → « Désastreux »
- Entre 100 et 1000 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 :

<b>Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)</b>		
<i>Eolienne</i>	<i>Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)</i>	<i>Gravité</i>
Eolienne 1 (E1)	0,83	<b>Modéré</b>
Eolienne 2 (E2)	0,80	<b>Modéré</b>
Eolienne 3 (E3)	0,79	<b>Modéré</b>
Eolienne 4 (E4)	0,79	<b>Modéré</b>

Tableau 35 : Niveau de gravité pour le scénario de projection de pale ou de fragment de pale

## ❖ Probabilité

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

Source	Fréquence	Justification
Site specific hazard assessment for a wind farm project [4]	$1 \times 10^{-6}$	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 ».

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 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 1000 dans la zone d'effet.

Si le nombre de personnes permanentes (ou équivalent) est supérieur à ces chiffres, l'exploitant peut engager une étude supplémentaire pour déterminer le risque d'atteinte de l'enjeu à l'origine de ce niveau de gravité et vérifier l'acceptabilité du risque.

Le cas échéant, des mesures de sécurité supplémentaires pourront être mises en place pour améliorer l'acceptabilité du risque.

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

<b>Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)</b>		
<i>Eolienne</i>	<i>Gravité</i>	<i>Niveau de risque</i>
Eolienne 1 (E1)	Modéré	<b>Acceptable</b>
Eolienne 2 (E2)	Modéré	<b>Acceptable</b>
Eolienne 3 (E3)	Modéré	<b>Acceptable</b>
Eolienne 4 (E4)	Modéré	<b>Acceptable</b>

Tableau 36 : Niveau de risque pour le scénario de projection de pale ou fragment de pale

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

❖ **Criticité**

Les résultats obtenus pour les scénarios de projection de pale ou de fragment de pale sont synthétisés sous forme d'une matrice de criticité présentée ci-dessous :

GRAVITÉ des Conséquences	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux					
Modéré		<b>E1 à E4</b>			

Légende de la matrice :

Niveau de risque	Couleur	Acceptabilité
Risque très faible		acceptable
Risque faible		acceptable
Risque important		non acceptable

Tableau 37 : Matrice d'acceptabilité du phénomène de projection de pale ou fragment de pale

---

**On peut donc conclure que, pour le projet éolien de la Cense, le phénomène de projection de pale ou de fragment de pale est acceptable.**

---

## IX.2.5 PROJECTION 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 :

$$\text{Distance d'effet} = 1,5 \times (\text{hauteur de moyeu} + \text{diamètre de rotor})$$

Cette distance de projection est jugée conservatrice dans des études postérieures (voir Annexe 6 - [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 m<sup>2</sup>) 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 projet éolien de la Cense.  $d$  est le degré d'exposition,  $Z_i$  la zone d'impact,  $Z_e$  la zone d'effet,  $R$  la longueur de pale ( $R = 55$  m),  $H$  la hauteur au moyeu ( $H = 95$  m) et  $SG$  la surface majorante d'un morceau de glace.

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de $R_{PG} = 1,5 \times (H+2R)$ autour de l'éolienne)			
Zone d'impact en m <sup>2</sup>	Zone d'effet du phénomène étudié en m <sup>2</sup>	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_i = SG$  1	$Z_e = \pi \times (1,5 \times (H+2R))^2$  297 057,220	$d = Z_i / Z_e$  0,0003%  ( < 1 % )	Exposition modérée

Tableau 38 : Niveau d'intensité pour le scénario de projection de glace

### ❖ Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues du paragraphe IX.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 1000 personnes exposées → « Désastreux »
- Entre 100 et 1000 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 est important de noter, qu'il a été observé dans la littérature disponible (voir Annexe 6 - [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.

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 :

<b>Projection de morceaux de glace</b> <b>zone de 307,5 m autour les éoliennes E1 à E4</b>		
<i>Eolienne</i>	<i>Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)</i>	<i>Gravité</i>
Eolienne 1 (E1)	0,30	<b>Modéré</b>
Eolienne 2 (E2)	0,30	<b>Modéré</b>
Eolienne 3 (E3)	0,30	<b>Modéré</b>
Eolienne 4 (E4)	0,30	<b>Modéré</b>

Tableau 39 : Niveau de gravité pour le scénario de projection de glace

#### ❖ Probabilité

Au regard de la difficulté d'établir un retour d'expérience précis sur cet événement et considérant des éléments suivants :

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

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

#### ❖ Acceptabilité

Le risque de projection pour chaque aérogénérateur est évalué comme acceptable dans le cas d'un niveau de gravité « modéré ». 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 projet éolien de la Cense, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

<b>Projection de morceaux de glace</b> <b>(zone de 307,5 m autour de l'éolienne)</b>			
<i>Eolienne</i>	<i>Gravité</i>	<i>Présence de système d'arrêt en cas de détection ou déduction</i>	<i>Niveau de risque</i>
Eolienne 1 (E1)	Modéré	Oui	<b>Acceptable</b>
Eolienne 2 (E2)	Modéré	Oui	<b>Acceptable</b>
Eolienne 3 (E3)	Modéré	Oui	<b>Acceptable</b>
Eolienne 4 (E4)	Modéré	Oui	<b>Acceptable</b>

Tableau 40 : Niveau de risque pour le scénario de projection de glace

**Ainsi, pour le projet éolien de la Cense, le phénomène de projection de glace constitue un risque acceptable pour les personnes.**

❖ **Criticité**

Les résultats obtenus pour les scénarios de projection de morceaux de glace sont synthétisés sous forme d'une matrice de criticité présentée ci-dessous :

GRAVITÉ des Conséquences	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux					
Modéré				<b>E1 à E4</b>	

Légende de la matrice

Niveau de risque	Couleur	Acceptabilité
Risque très faible		acceptable
Risque faible		acceptable
Risque important		non acceptable

Tableau 41 : Matrice d'acceptabilité du phénomène de projection de morceaux de glace

---

**Ainsi, pour le projet éolien de la Cense, le phénomène de projection de morceaux de glace constitue un risque acceptable pour les personnes.**

---

### IX.3 SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE DÉTAILLÉE DES RISQUES

#### IX.3.1 TABLEAUX DE SYNTHÈSE DES SCÉNARIOS ETUDIÉS

Les tableaux suivants récapitulent, pour chaque événement redouté central retenu, les paramètres de risques : la cinétique, l'intensité, la gravité et la probabilité.

E1 à E4					
Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité
Effondrement de l'éolienne	Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale (150 m)	Rapide	Exposition modérée	D (rare) (pour des éoliennes récentes) <sup>8</sup>	Modérée
Chute d'élément de l'éolienne	Zone de survol (55m)	Rapide	Exposition modérée	C (improbable)	Modérée
Chute de glace	Zone de survol (55m)	Rapide	Exposition modérée	A (courante)	Modérée
Projection de pale ou de fragment de pale	500 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	D (rare) (pour des éoliennes récentes) <sup>9</sup>	Modérée
Projection de glace	307,5 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	B (probable)	Modérée

Tableau 42 : Tableau de synthèse des risques et des paramètres associés pour le projet éolien de la Cense

<sup>8</sup> Voir paragraphe IX.2.1

<sup>9</sup> Voir paragraphe IX.2.4

### IX.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.

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.

GRAVITÉ des Conséquences	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux	/	/	/	/	/
Catastrophique	/	/	/	/	/
Important	/	/	/	/	/
Sérieux	/	/	/	/	/
Modéré	/	<b>Effondrement de l'éolienne E1 à E4</b> <b>Projection de pale ou de fragment de pale E1 à E4</b>	<b>Chute d'éléments de l'éolienne E1 à E4</b>	<b>Projection de morceaux de glace E1 à E4</b>	<b>Chute de glace E1 à E4</b>

#### Légende de la matrice :

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

Tableau 43 : Matrice d'acceptabilité générale pour le projet éolien de la Cense

Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée que pour le projet de projet éolien de la Cense :

- Aucun accident n'apparaît dans les cases rouges de la matrice, ce qui signifie qu'il n'existe aucun « risque important » et « non acceptable » ;
- Les risques d'effondrement, de projection de pales et de glace, et de chutes d'éléments apparaissent dans les cases vertes synonymes de « risques très faibles » et « acceptables » ;
- Le risque de chute de glace apparaît dans une case jaune synonyme de risque « faible » et « acceptable ».

---

**Tous les phénomènes accidentels redoutés comportent donc un niveau de risque acceptable.**

---

### IX.3.3 CARTOGRAPHIE DES RISQUES

A l'issue de la démarche d'analyse des risques, une carte de synthèse des risques doit être proposée par les exploitants 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

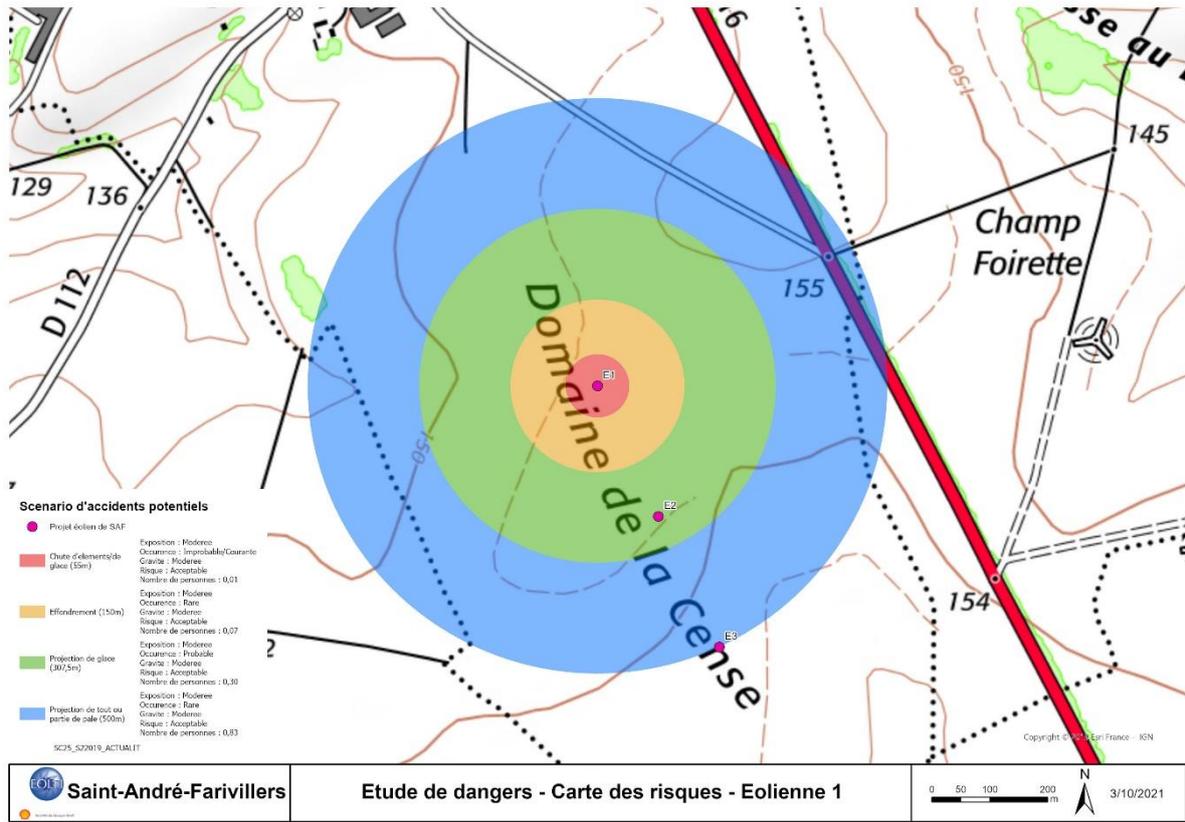


Figure 37 : Synthèse des risques pour l'éolienne E1

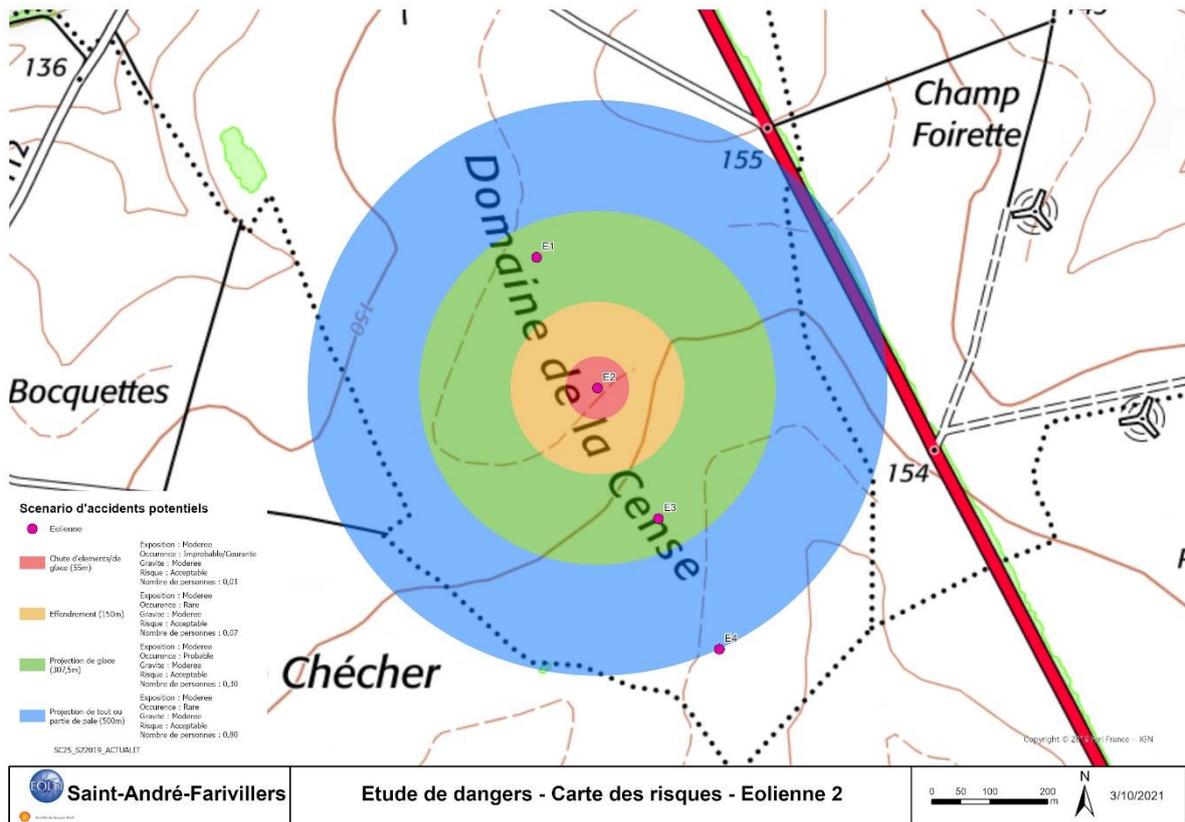


Figure 38 : Synthèse des risques pour l'éolienne E2

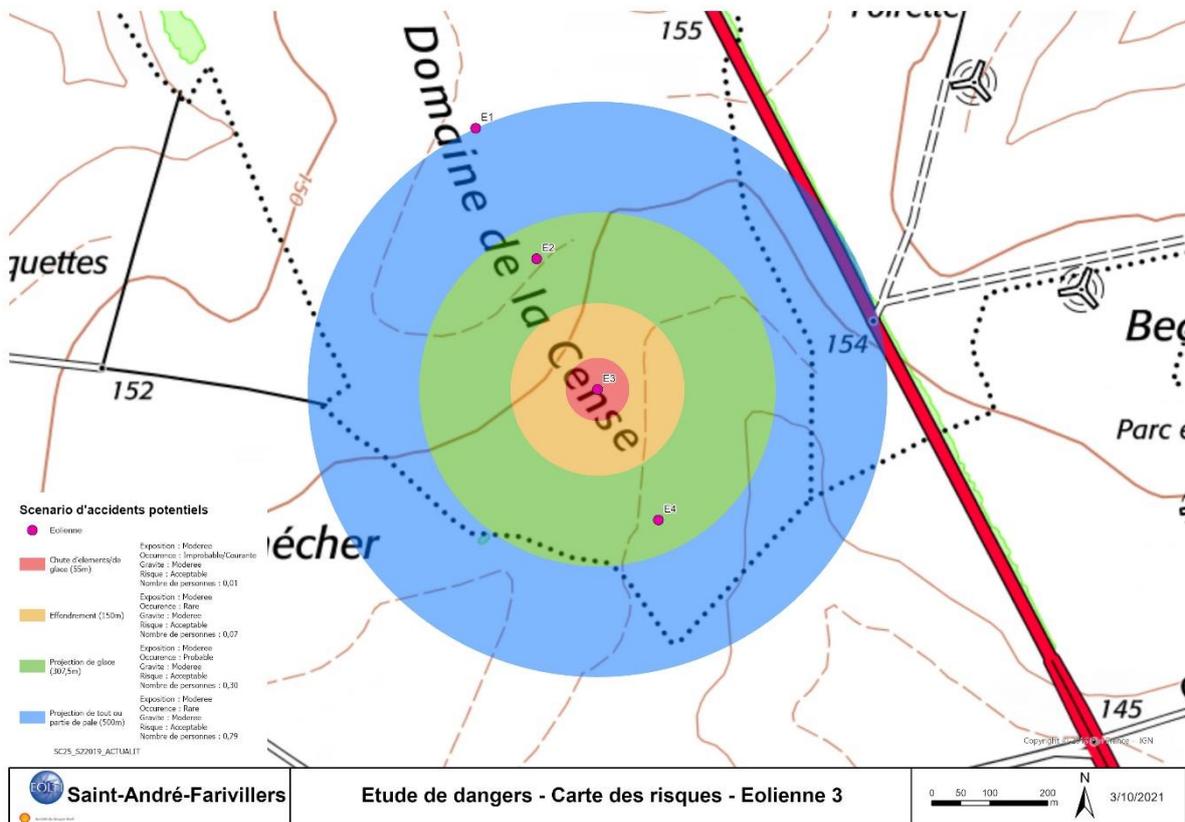


Figure 39 : Synthèse des risques pour l'éolienne E3

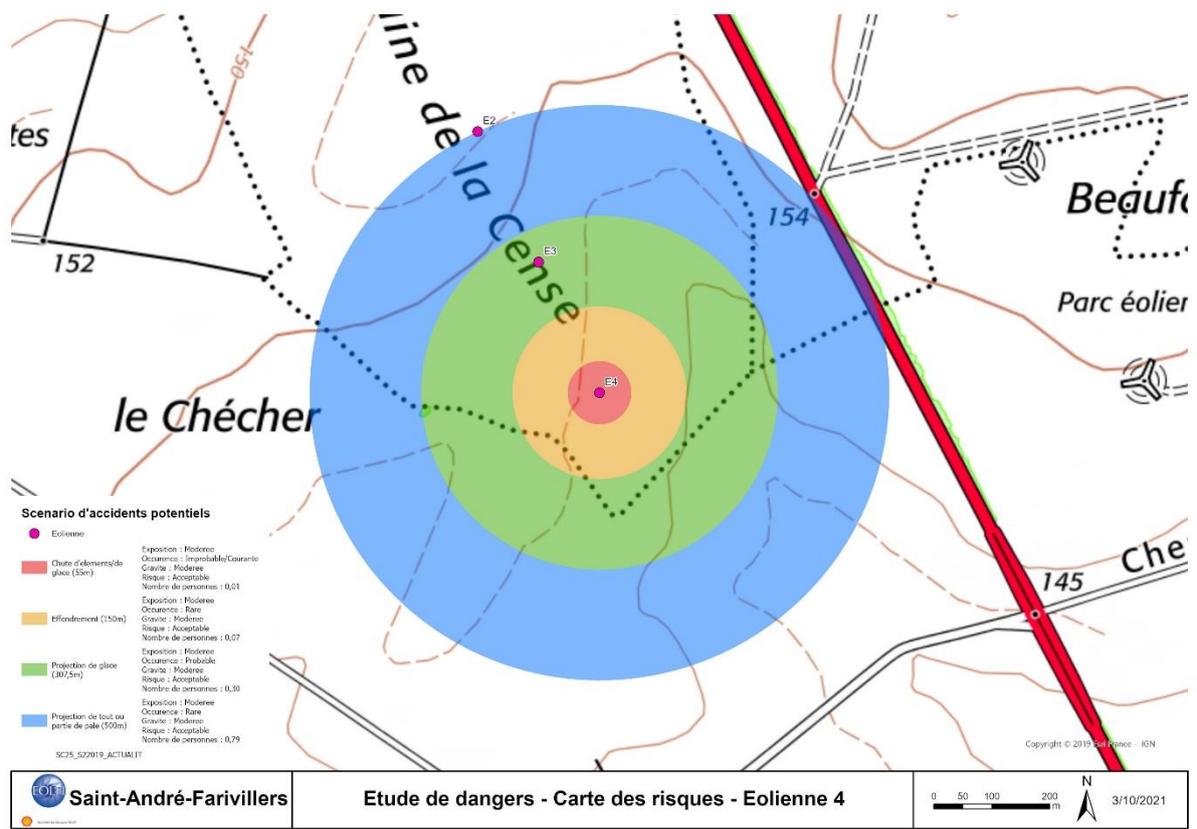


Figure 40 : Synthèse des risques pour l'éolienne E4

## X. CONCLUSION

Cette étude de dangers a pour objectif de répondre aux exigences du classement des éoliennes à la nomenclature ICPE. Ce document est réalisé par la société PARC EOLIEN OISE 2, grâce au document générique produit par le groupe de travail SER - FEE - INERIS.

**Les principaux accidents majeurs identifiés** pour le projet éolien de la Cense sont ceux retenus par le guide de l'étude de danger réalisé par l'INERIS/SER/FEE à savoir :

- Le bris de pale,
- L'effondrement de l'éolienne,
- La chute d'éléments,
- La chute de glace,
- Projection de glace.

**La probabilité** d'atteinte d'un enjeu par un projectile est variable en fonction du scénario :

- [D] pour l'effondrement de l'éolienne ;
- [C] pour la chute d'éléments ;
- [A] pour la chute de glace ;
- [D] pour la projection d'un fragment de pale ;
- [B] pour la projection de glace.

Dans la zone de surplomb des éoliennes (**Rayon de 55 m**), là où s'observe les phénomènes de chute de glace et d'éléments, l'enjeu humain est défini à un maximum de 0,01 personne. Cette zone représente une gravité modérée pour le phénomène de chute de glace et pour celui de chute d'éléments. Au vu de la probabilité d'occurrence de ces phénomènes, l'enjeu est jugé **acceptable** pour ces 2 scénarios.

Dans la zone d'effondrement de la machine (**Rayon de 150 m**) l'enjeu humain est évalué à un maximum de 0,07 personne, ce qui représente une gravité modérée. La probabilité d'occurrence étant faible (probabilité D), le niveau de risque est donc jugé **acceptable** pour ce scénario.

Dans la zone de projection de glace (**Rayon de 307,5 m**), l'enjeu humain est défini à 0,30 personne maximum, avec une gravité modérée. Le niveau de risque est donc jugé **acceptable**.

Dans la zone de projection de pale ou fragment de pale (**Rayon de 500 m**), l'enjeu humain est défini à 0,83 personne maximum. La probabilité d'occurrence de ce phénomène est faible et l'exposition est modérée. Le niveau de risque est donc jugé **acceptable**.

**Les principales mesures de maîtrise des risques** mises en place pour prévenir ou limiter les conséquences de ces accidents majeurs sont :

- Des barrières de prévention avec :
  - ✓ Des balisages des éoliennes ;
  - ✓ Des détecteurs de feux ;
  - ✓ Des détecteurs de survitesse ;
  - ✓ Un système anti foudre ;
  - ✓ Des protections contre la glace
  - ✓ Des protections contre l'échauffement des pièces mécaniques ;
  - ✓ Des protections contre les courts-circuits ;
  - ✓ Des protections contre la pollution environnementale.
- Une maintenance préventive et vérification :
  - ✓ Planning de maintenance préventive ;
  - ✓ Maintenance des installations électriques ;
  - ✓ Vérifications électrique, incendie, annuelle par un organisme agréé.
- Un personnel formé ;
- Des machines certifiées ;

L'ensemble des scénarios étudiés est en zone de risques intermédiaires, pour laquelle les mesures de sécurité sont jugées suffisantes et la maîtrise des risques concernés est assurée et démontrée par l'exploitant (contrôles appropriés pour éviter tout écart dans le temps).

Pour rappel, un résumé non technique a été élaboré afin de résumer les principaux résultats obtenus d'une manière compréhensible par tous et est présent en première partie de cette étude de dangers.

**Les mesures de maîtrise des risques mises en place sur l'installation sont suffisantes pour garantir un risque acceptable pour chacun des phénomènes dangereux retenus dans l'étude détaillée.**

---

**En conclusion, le projet de la Cense 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 actuelles. Les risques résiduels sont acceptables, ce qui confirme la sûreté du projet éolien de la Cense.**

---

## **ANNEXE 1 – METHODE DE COMPTAGE DES PERSONNES POUR LA DETERMINATION DE LA GRAVITE POTENTIELLE D'UN ACCIDENT A PROXIMITE D'UNE EOLIENNE**

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 III.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 VIII).

### **TERRAINS NON BATIS**

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.

### **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 véhicule/jour) sont déjà comptées dans la catégorie des terrains aménagés mais peu fréquentés.

#### **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.*

Nombre de personnes exposées sur voies de communication structurantes en fonction du linéaire et du trafic											
		Linéaire de route compris dans la zone d'effet (en m)									
		100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
Trafic (en véhicules/jour)	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	

### 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.

### VOIES NAVIGABLES

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

### CHEMINS ET VOIES PIETONNES

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.

### LOGEMENTS

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

### 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 rencontreront peu en pratique.

## **ZONES D'ACTIVITE**

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.

## ANNEXE 2 – TABLEAU DE L'ACCIDENTOLOGIE FRANÇAISE

Le tableau ci-dessous a été établi par le groupe de travail constitué pour la réalisation du présent guide, complété par les données disponibles après 2012. Il recense l'ensemble des accidents et incidents connus en France concernant la filière éolienne entre 2000 et début 2019. L'analyse de ces données est présentée dans la partie VII de la trame type de l'étude de dangers.

Type d'accident	Date	Nom/localisation 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	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Effondrement	Novembre 2000	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)	Inconnue	Site Vent de Colère	Information peu précise
Effondrement	01/02/2002	Wormhout	Nord	0,4	1997	Non	Bris d'hélice et mât plié	Tempête	Rapport du CGM Site Vent du Bocage	-
Maintenance	01/07/2002	Port la Nouvelle – Sigean	Aude	0,66	2000	Non	Grave électrisation avec brûlures d'un technicien	Lors de mesures pour caractériser 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	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Effondrement	28/12/2002	Névian - Grande Garrigue	Aude	0,85	2002	Non	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	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)	Information peu précise

Type d'accident	Date	Nom/localisation 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	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
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)	-
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 de Quesnoy-sur-Airaines	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 de Quesnoy-sur-Airaines	Finistère	0,3	2001	Non	Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5m à 50m, 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)	Incident identique à celui s'étant produit 15 jours auparavant
Rupture de pale	2004	Escales-Conilhac	Aude	0,75	2003	Non	Bris de trois pales	Inconnue	Site Vent de Colère	Information peu précise
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 (sur vitesse 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	Inconnue	Site Vent de Colère	Information peu précise

Type d'accident	Date	Nom/localisation 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	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Rupture de pale	08/10/2006	Pleyber-Christ - Site de Quesnoy-sur-Airaines	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	Non	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	Non	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	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident pendant la phase chantier)
Rupture de pale	03/2007	Clitourps	Manche	0,66	2005	Non	Rupture d'un morceau de pale de 4 m et éjection à environ 80 m de distance dans un champ	Inconnue	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)	-
Emballement	03/2008	Dinéault	Finistère	0,3	2002	Non	Emballement de l'éolienne mais pas de bris de pale	Tempête + système de freinage hors service (boulon manquant)	Base de données ARIA	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (événement unique et sans répercussion potentielle sur les personnes)

Type d'accident	Date	Nom/localisation 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	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Collision avion	04/2008	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)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident aéronautique)
Rupture de pale	19/07/2008	Erize-la-Brûlée - Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Non	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	Non	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	Non	Chute de pale	Inconnue	Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain)	-
Maintenance	26/01/2009	Clastres	Aisne	2,75	2004	Non	Accident électrique ayant entraîné la brûlure de deux agents de maintenance	Accident électrique (explosion d'un convertisseur)	Base de données ARIA	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
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	Non utilisable dans les chutes ou les projections (la pale est restée accrochée)
Incendie	21/10/2009	Froidfond - Espinassière	Vendée	2	2006	Non	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	Non	Incendie de la nacelle	Court-circuit faisant suite à une opération de maintenance (problème sur une armoire électrique)	Base de données ARIA Site FED Article de presse (Le Dauphiné)	-

Type d'accident	Date	Nom/localisation 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	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
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)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
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	Emballement 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.	Inconnue	Interne SER-FEE	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
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	Inconnue	Article de presse (Le Bien Public 01/06/2011)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident de transport hors site éolien)

Type d'accident	Date	Nom/localisation 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	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Rupture de pale	14/12/2011	Non communiqué	Non communiqué	2,5	2003	Non	Pale endommagée par la foudre. Fragments retrouvés par l'exploitant agricole à une distance n'excédant pas 300 m.	Foudre	Interne exploitant	Information peu précise sur la distance d'effet
Incendie	03/01/2012	Non communiqué	Non communiqué	2,3	2006	Non	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	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (pas de propagation de l'incendie)
Rupture de pale	05/01/2012	Widehem	Pas-de-Calais	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	ARIA n° 41578	-
Maintenance	06/02/2012	Lehaucourt	Aisne	2	2008	Non	Accident électrique ayant entraîné la brûlure de deux agents de maintenance	Accident électrique (arc électrique)	ARIA n°41628	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Rupture de pale	11/04/2012	Sigean	Aude	Entre 0,2 et 0,66	1991	Non	Présence d'un impact sur le mât. Projection à 20m d'un débris de pale long de 15m.	Foudre	ARIA n°43841	-

Type d'accident	Date	Nom/localisation 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	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Chute de pale	18/05/2012	Fresnay-L'Evêque	Eure-et-Loir	2	2008	Non	Chute d'une pale.	Corrosion dans les trous d'alésages traversant une des bagues du roulement reliant pale et hub.	ARIA n°42919	-
Chute d'un élément d'une pale	1/11/2012	Vieillespesse	Cantal	2,5	2011	Oui	Un élément de 400g constitutif d'une pale éolienne est projeté à 70m du mât, à l'intérieur de la parcelle clôturée du parc de 4 éoliennes.	Inconnue	ARIA n°43120	-
Incendie	05/11/2012	Sigean	Aude	0,66	1991	Non	Feu d'éolienne, enflammant 80m2 de garrigue environnante. Le feu a entraîné la chute d'une pale.	Dysfonctionnement de disjoncteur situé sur l'éolienne a entraîné la propagation des courants de court-circuit faisant fondre les câbles et entraînant un départ d'incendie dans la nacelle.	ARIA n°43228	-
Chute de pale	06/03/2013	Conilhac-de-la-montagne	Aude	0,85	2008	Non	Chute d'une pale de l'éolienne.	Inconnue	ARIA n°43576	-
Incendie	17/03/2013	Fère-Champenoise-Euvy-Corroy	Marne	2,5	2011	Oui	Rotor de l'éolienne qui prend feu à la suite d'une probable surchauffe. Une pale de l'engin est tombée à terre.	Surchauffe	ARIA n°4360	-

Type d'accident	Date	Nom/localisation 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	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Rupture de pale	20/06/2013	Labastide-sur-Besorgues	Ardèche	0,9	2009	Oui	Une pale est déchirée sur 6m de longueur, le boîtier basse tension et le parafoudre en tête d'installation au poste de livraison sont détruits.	Foudre conduisant à une montée en pression de l'air intérieur	ARIA n°45016	-
Maintenance	01/07/2013	Cambon-et-Salvergues	Hérault	1,6	2006	Non	Dévisage de la vanne d'isolement dans le hub d'une éolienne, contenant du gaz sous pression blessant un technicien de maintenance.	Défaillances organisationnelles.	ARIA n°44150	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Incendie	09/01/2014	Antheny	Champagne-Ardenne	2,5	2013	Oui	Feu se déclarant au niveau de la partie moteur d'une éolienne. Nacelle détruite, rotor intact.	Incident électrique	ARIA n°44831	-
Chute de pale	20/01/2014	Sigean	Aude	Entre 0,2 et 0,66	1991	Non	Chute de pale liée à la rupture d'une pièce à la base de la pale.	Usure prématurée	ARIA n°44870	
Chute de pale	14/11/2014	Saint-Cirgues-en-Montagne	Ardèche	2,05	2011	Oui	Chute d'une pale lors d'un orage où les rafales de vents ont atteint 130 km/h. Débris projetés à 150m.	Orage, vent violent (130 km/h).	ARIA n°45960	-

Type d'accident	Date	Nom/localisation 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	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Rupture de pale	05/12/2014	Fitou	Aude	1,3	2002	Non	L'extrémité d'une pale est découverte au sol, à 80m du mât. Cette partie mesure 3m de long.	Défaillance matérielle ou décollage sur les plaques en fibre de verre.	ARIA n°46030	-
Incendie	29/01/2015	Remigny	Aisne	2,3	2015	Oui	Un feu se déclare dans l'éolienne. Dégâts estimés à 150 k€.	Défaut d'isolation au niveau des connexions des conducteurs de puissance.	ARIA n°46304	Parc éolien alors en phase de test.
Incendie	24/08/2015	Santilly	Eure-et-Loir	2,5	2007	Non	Un incendie d'origine accidentelle.	Inconnue	ARIA n°47062	-
Chute de pale	10/11/2015	Ménil-la-Horgne	Meuse	1,5	2007	Non	Les trois pales et le rotor ont fait une chute de 85 mètres de haut, endommageant au pied un transformateur d'EDF.	Une non-conformité dans le processus de moulage d'une pièce de fonderie en acier est suspectée, entraînant la défaillance de l'arbre lent.	ARIA n°47377	-
Chute d'un élément d'une pale	07/02/2016	Conilhac-Corbières	Aude	2,3	2014	Oui	Chute de l'aérofrein d'une des pales.	Rupture du point d'attache du système mécanique de commande de l'aérofrein.	ARIA n°47675	-

Type d'accident	Date	Nom/localisation 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	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Chute de pale	08/02/2016	Dineault	Finistère	0,3	1999	Non	Une pale chute au sol et une autre se déchire. La pale rompue est retrouvée à 40m du pied du mât.	Tempête avec des vents à 160 km/h.	ARIA n°47680	-
Chute de pale	07/03/2016	Calanhel	Côtes-d'Armor	0,8	2009	Oui	Rupture et chute de la pale à 5m du mât.	Rupture du système d'orientation de la pale.	ARIA n°47763	-
Incendie	10/08/2016	Hescamps	Somme	1	2008	Non	Un feu se déclare au niveau du rotor d'une éolienne. Un technicien est légèrement intoxiqué par les fumées.	Défaillance électrique	ARIA n°48426	-
Incendie	18/08/2016	Dargies	Oise	2	2014	Oui	Fumée s'échappant de la tête de l'aérogénérateur.	Défaillance électrique	ARIA n°48471	-
Chute de pale	12/01/2017	Tuchan	Aude	0,6	2002	Non	Les 3 pales d'une éolienne chutent au sol.	Vents violents entraînant une rotation excessive des pales, dont l'arbre lent était cassé du fait d'une défaillance mécanique.	ARIA n°49104	-

Type d'accident	Date	Nom/localisation 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	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Rupture de pale	18/01/2017	Nurlu	Somme	2	2006	Non	Chute partielle d'une pale, qui se brise en plusieurs morceaux.	Tempête	ARIA n°49151	-
Rupture de pale	27/02/2017	Lavallée	Meuse	2	2011	Oui	L'extrémité d'une pale, de 7 à 10m), est retrouvée à 200m de l'éolienne.	Rafale de vent extrême lors d'un orage.	ARIA n°49359	-
Rupture de pale	27/02/2017	Trayes	Deux-Sèvres	2	2011	Oui	Les 7 derniers mètres d'une pale de 44m se sont désolidarisés et sont projetés à 150m du mât.	Défaut de fabrication.	ARIA n°49374	-
Incendie	06/06/2017	Allonnes	Eure-et-Loir	3	2014	Oui	Incendie de la nacelle de l'éolienne.	Défaut des condensateurs du boîtier électrique situé dans la nacelle.	ARIA n°49746	-
Rupture de pale	08/06/2017	Aussac-Vadalle	Charente	2	2010	Oui	Une partie d'une pale éolienne chute au sol.	Foudre	ARIA n°49768	-

Type d'accident	Date	Nom/localisation 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	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Chute de pale	24/06/2017	Conchy-sur-Canche	Pas-de-Calais	1,67	2007	Non	Une pale éolienne se brise et chute au pied du mât.	Inconnue	ARIA n°49902	-
Chute d'élément	17/07/2017	Fécamp	Seine-Maritime	0,9	2006	Non	Un aérofrein se détache d'une pale d'éolienne.	Desserrage d'une vis anti-rotation dû à un problème de montage ou à des vibrations en fonctionnement	ARIA n°50291	-
Rupture de pale	05/08/2017	Priez	Aisne	2	2017	Oui	Une pale se brise en son milieu et tombe au sol.	Inconnue	ARIA n°50148	-
Chute d'élément	08/11/2017	Roman	Eure	2	2010	Oui	Le carénage de la pointe de la nacelle tombe au sol. Il mesure 2m de diamètre et pèse plusieurs dizaines de kg.	Défaut de montage	ARIA n°50694	-
Effondrement	01/01/2018	Parc éolien de Bouin	Vendée	2,4	2003	Non	Le mât de l'éolienne se brise en deux.	Tempête	ARIA n°50913	-

Type d'accident	Date	Nom/localisation 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	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Rupture de pale	04/01/2018	Nixeville-Blercourt	Meuse	2	2008	Non	Chute d'un morceau de 20m d'une pale éolienne.	Vent violent	ARIA n°50905	-
Chute d'élément	06/02/2018	Conilhac-Corbières	Aude	2,3	2014	Oui	Chute de l'aérofrein d'une des pales. Un accident similaire est survenu sur ce parc 2 ans auparavant.	Défaut sur l'électronique de puissance.	ARIA n°51122	-
Incendie	01/06/2018	Marsanne	Drôme	2	2008	Non	Une éolienne est incendiée à sa base et le feu se propage jusqu'à la nacelle. Une autre l'est aussi mais le feu ne se propage pas.	Incendie criminel	ARIA n°51675	-
Incendie	05/06/2018	Aumelas	Hérault	2	2014	Oui	Un feu se déclare dans la nacelle d'une éolienne. Les pompiers laissent l'incendie se terminer sous surveillance.	Dysfonctionnement électrique	ARIA n°51681	-
Rupture de pale	04/07/2018	Port-la-Nouvelle	Aude	0,66	2000	Non	Les extrémités de 2 pales se sont disloquées et ont été projetées à 150m du mât.	Inconnue	ARIA n°51853	-

Type d'accident	Date	Nom/localisation 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	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Incendie	03/08/2018	Parc des Monts de l'Ain	Ain	2	2017	Oui	Feu ayant entraîné la chute des pales	Potentielle piste criminelle	Article de presse (20 minutes)	-
Incendie	28/09/2018	Sauveterre	Tarn	2	2009	Non	Un feu se déclare au niveau de la nacelle d'une éolienne. Le feu se propage à la végétation voisine et brûle 2,5 ha de résineux. Des traces d'effraction sur la porte d'accès à l'éolienne sont découvertes.	Incendie criminel	ARIA n°52641	-
Effondrement	06/11/2018	La Mardelle	Loiret	3	2010	Oui	Chute de l'ensemble de l'éolienne. Cet incident n'a pas fait de blessé ni endommagé d'autres machines	Emballement de la machine à la suite d'une panne du système de freinage aérodynamique	Article de presse (France 3 Centre-Val de Loire)	-
Incendie	03/01/2019	La Limouzinière	Loire-Atlantique	2,05	2010	Oui	Incendie du moteur sans provoquer de déformation de la structure. Aucun blessé n'est à déplorer.	Inconnue	Article de presse (France 3 pays de la Loire)	-

## ANNEXE 3 – SCENARIOS GENERIQUES ISSUS DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE 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 VIII.4 de la trame 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).

### SCENARIOS RELATIFS AUX RISQUES LIES A LA GLACE (G01 ET G02)

#### SCENARIO 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.

Note : Si les enjeux principaux étaient principalement humains, il conviendrait d'évoquer les enjeux matériels, avec la présence éventuelle d'éléments internes au parc éolien (poste de livraisons, sous-stations), ou extérieurs sous le surplomb de la machine.

#### SCENARIO 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.

### SCENARIOS RELATIFS AUX RISQUES D'INCENDIE (I01 A 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

(survitesses). 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'emballage 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.

Les solutions aux pertes d'utilités étant diverses, les porteurs de projets pourront apporter dans leur étude de danger une description des protocoles qui seront mis en place en cas de pertes d'utilités.

## **SCENARIOS RELATIFS AUX RISQUES DE FUITES (F01 A 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, ...).

### **SCENARIO 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.

#### **SCENARIO F02**

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.

#### **SCENARIOS RELATIFS AUX RISQUES DE CHUTE D'ÉLÉMENTS (C01 A C03)**

Les scénarii 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.

#### **SCENARIOS RELATIFS AUX RISQUES DE PROJECTION DE PALES OU DE FRAGMENTS DE PALES (P01 A P06)**

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

#### **SCENARIO P01**

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.

#### **SCENARIO P02**

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, emballlement de l'éolienne

#### **SCENARIOS P03**

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.

### **SCENARIOS RELATIFS AUX RISQUES D'EFFONDREMENT DES EOLIENNES (E01 A 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, ...

## ANNEXE 4 – PROBABILITE 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 :

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

$P_{\text{ERC}}$  = 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)

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

$P_{\text{atteinte}}$  = 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.

Evènement 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	$5 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-2}$ (A)
Chute d’éléments	$10^{-3}$	$1,8 \cdot 10^{-2}$	$1,8 \cdot 10^{-5}$ (D)
Projection de tout ou partie de pale	$10^{-4}$	$10^{-2}$	$10^{-6}$ (E)
Projection de morceaux de glace	$10^{-2}$	$1,8 \cdot 10^{-6}$	$1,8 \cdot 10^{-8}$ (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.

## ANNEXE 5 – GLOSSAIRE

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) vivants 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.

Les définitions suivantes sont issues de l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement :

**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

**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.

Enfin, quelques sigles utiles employés dans le présent guide sont listés et explicités ci-dessous :

**ICPE** : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement

**SER** : Syndicat des Energies Renouvelables

**FEE** : France Energie Eolienne (branche éolienne du SER)

**INERIS** : Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques

**EDD** : Etude de dangers

**APR** : Analyse Préliminaire des Risques

**ERP** : Etablissement Recevant du Public

## ANNEXE 6 – DESCRIPTION DES FONCTIONS DE SECURITE DES EOLIENNES ENERCON E103 ET LEITWIND L101

### 1 – ENERCON E103

Fonction de sécurité	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	N° de la fonction de sécurité	1
<b>Mesures de sécurité</b>	Système de détection ou de déduction de la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. Système de dégivrage des pales Procédure adéquate de redémarrage		
<b>Description</b>	<p>STANDARD : Système de déduction de la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur (analyse des données de fonctionnement de l'éolienne) permettant, en cas de déduction de glace, une mise à l'arrêt immédiate de l'aérogénérateur.</p> <p>OPTIONNEL : Sur certains sites particulièrement exposés au risque de formation de glace, un détecteur de givre est installé sur la nacelle en redondance avec le système décrit précédemment.</p> <p>OPTIONNEL : <i>de-icing system</i> : Système de dégivrage des pales consistant en un flux d'air chaud depuis la base de la pale jusqu'à son bout. Le temps de dégivrage est calculé en fonction de la température extérieur.</p> <p>Selon le dispositif mis en place et les particularités du site d'implantation, la machine peut être redémarrée automatiquement ou manuellement après inspection visuelle.</p>		
<b>Indépendance</b>	Non pour le dispositif standard. Les systèmes traditionnels s'appuient généralement sur des fonctions et des appareils propres à l'exploitation du parc.		
<b>Temps de réponse</b>	Quelques minutes (<60 min.) conformément à l'article 25 de l'arrêté du 26 août 2011		
<b>Efficacité</b>	100%		
<b>Tests</b>	Tests menés par le concepteur au moment de la construction de l'éolienne.		
<b>Maintenance</b>	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement. Vérification des capteurs du système de détection de givre lors des maintenances préventives annuelles (si le détecteur est installé).		

Fonction de sécurité	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	N° de la fonction de sécurité	2
<b>Mesures de sécurité</b>	Panneautage en pied de machine Eloignement des zones habitées et fréquentées		
<b>Description</b>	Mise en place de panneaux informant de la possible formation de glace en pied de machines (conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011).		
<b>Indépendance</b>	Oui		
<b>Temps de réponse</b>	NA		
<b>Efficacité</b>	100% on considère que les promeneurs sont systématiquement avertis par la présence des panneaux		
<b>Tests</b>	NA		
<b>Maintenance</b>	NA		

Fonction de sécurité	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	N° de la fonction de sécurité	3
<b>Mesures de sécurité</b>	Sondes de température sur pièces mécaniques Suivant les niveaux d'alarme et les capteurs, la machine peut être bridée ou mise à l'arrêt jusqu'à refroidissement. Le redémarrage peut être effectué à distance, si les seuils de température sont au-dessous des seuils d'alarme.		
<b>Description</b>	Des sondes de température sont mises en place sur les équipements ayant de fortes variations de température au cours de leur fonctionnement (paliers et roulements des machines tournantes, enroulements du générateur et du transformateur). Ces sondes ont des seuils hauts qui, une fois dépassés, conduisent à une alarme et à une mise à l'arrêt du rotor. Une alarme est aussi déclenchée en cas de dysfonctionnement des sondes.		
<b>Indépendance</b>	Oui		
<b>Temps de réponse</b>	Temps de détection de l'ordre de la seconde Mise en pause de la turbine < 1 min		
<b>Efficacité</b>	100 %		
<b>Tests</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inspection visuelle des sondes de température pendant les maintenances préventives, si accessible.</li> <li>- Surveillance via la maintenance prédictive, avec détection de la déviation de températures de chaque capteur.</li> </ul> Alarme automatique en cas de coupure du câble ou de dysfonctionnement de l'équipement.		
<b>Maintenance</b>	Surveillance via la maintenance prédictive, avec détection de la déviation de température de chaque capteur (comparaison avec les données des autres éoliennes du parc).  Remplacement de la sonde de température en cas de dysfonctionnement de l'équipement.  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.		

Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	4
<b>Mesures de sécurité</b>	Détection de survitesse et système de freinage.		
<b>Description</b>	La vitesse de rotation du rotor est régulée par le contrôle de pitch des pales. Le système permet de ne pas dépasser la vitesse nominale de fonctionnement du générateur, même lorsque que la vitesse nominale de vent est largement dépassée. Cependant la réactivité du système étant limitée (notamment en cas de rafales), le système de contrôle stoppe la machine en cas de dépassement de la vitesse nominale de plus de 15%. L'éolienne est remise en marche automatiquement au bout de 3 minutes mais si la manœuvre est répétée plus de 5 fois en 24h, un défaut est avéré et la machine ne redémarre pas. En addition, chaque pale est équipée d'un commutateur électromécanique qui la met drapeau lorsque la vitesse nominale de fonctionnement du générateur est dépassée de 25%.		
<b>Indépendance</b>	Oui		
<b>Temps de réponse</b>	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
<b>Efficacité</b>	100%
<b>Tests</b>	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 15 de l'arrêté du 26 août 2011.
<b>Maintenance</b>	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 (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.

<b>Fonction de sécurité</b>	<b>Prévenir les court-circuits</b>	<b>N° de la fonction de sécurité</b>	<b>5</b>
<b>Mesures de sécurité</b>	Coupage de la transmission électrique en cas de fonctionnement anormal d'un composant électrique.		
<b>Description</b>	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.		
<b>Indépendance</b>	De l'ordre de la seconde		
<b>Temps de réponse</b>	Oui		
<b>Efficacité</b>	100%		
<b>Tests</b>	/		
<b>Maintenance</b>	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 à l'article 10 de l'arrêté du 26 août 2011.		

<b>Fonction de sécurité</b>	<b>Prévenir les effets de la foudre</b>	<b>N° de la fonction de sécurité</b>	<b>6</b>
<b>Mesures de sécurité</b>	Mise à la terre et protection des éléments de l'aérogénérateur.		
<b>Description</b>	Respect de la norme IEC 61 400 – 24 (juin 2010); Les pales respectent le standard IEC 61 400-1 ; IEC 61024, IEC 62305 (classe de protection de niveau I). Dispositif de capture + mise à la terre Parasurtenseurs sur les circuits électriques		
<b>Indépendance</b>	Oui		
<b>Temps de réponse</b>	NA		
<b>Efficacité</b>	100%		
<b>Tests</b>	/		
<b>Maintenance</b>	Contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre inclus dans les opérations de maintenance, conformément à l'article 9 de l'arrêté du 26 août 2011.		

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 reliée à une alarme transmise à un poste de contrôle Intervention des services de secours		
Description	DéTECTEURS d'incendie (détecteur de fumée) dans la nacelle 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 (ou des responsables définis spécifiques) 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'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	/		
Maintenance	Vérification du système ou des autres composants selon le manuel opérationnel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011. 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'huile ; Procédure d'urgence ; Kit antipollution (spill kit)		
Description	<p>Nombreux détecteurs de niveau d'huile permettant de prévenir les éventuelles fuites d'huile et d'arrêter l'éolienne en cas d'urgence.</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"> <li>- de contenir et arrêter la propagation de la pollution ;</li> <li>- d'absorber des déversements accidentels de liquides dans la nacelle (huile, eau, alcools ...) et produits chimiques (acides, bases, solvants ...)</li> <li>- de récupérer les déchets absorbés.</li> </ul> <p>Si ces kits de dépollution s'avèrent insuffisants, une société spécialisée récupérera et traitera le gravier 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 différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints, etc.) Procédures qualités construction		
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 moyeu, les fondations et la tour répondent au standard IEC 61 400-1. Les pales respectent le standard IEC 61 400-1 ; IEC 61024, IEC 62305. Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 12944-2.		
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, boulons de fixation de la nacelle...) sont vérifiés au bout de 3 mois de fonctionnement puis tous les 3 ans, conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011.		

Fonction de sécurité	Prévenir les erreurs de maintenance	N° de la fonction de sécurité	10
Mesures de sécurité	Procédure de maintenance		
Description	Préconisations du manuel de maintenance Formation du personnel		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100%		
Tests	/		
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 %.		
Tests	/		
Maintenance	Vérification du frein hydraulique, système de détection de survitesse, du système d'alarme, des motoréducteurs, du graissage, etc..		

Tableau 45 : Ensemble des Fonction de Sécurité (Source : Enercon)

## 2 – LEITWIND LTW101

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	STANDARD : Système de déduction de la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur (analyse des données de fonctionnement de l'éolienne) permettant, en cas de déduction de glace, une mise à l'arrêt immédiate de l'aérogénérateur.  Système optionnel de détection de la glace.  Selon le dispositif mis en place et les particularités du site d'implantation, la machine peut être redémarrée automatiquement ou manuellement après inspection visuelle.		
Indépendance	Non pour le dispositif standard.		
Temps de réponse	Quelques minutes (<60 min.) conformément à l'article 25 de l'arrêté du 26 août 2011		
Efficacité	100%		
Tests	Tests menés par le concepteur au moment de la construction de l'éolienne.		
Maintenance	Alarme automatique en cas de coupure du câble ou de dysfonctionnement de l'équipement. Vérification régulière dans le cadre de la maintenance préventive.		

Fonction de sécurité	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	N° de la fonction de sécurité	2
Mesures de sécurité	Panneautage en pied de machine Eloignement des zones habitées et fréquentées		
Description	Mise en place de panneaux informant de la possible formation de glace en pied de machines (conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011).		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100% on considère que les promeneurs sont systématiquement avertis par la présence des panneaux		
Tests	NA		
Maintenance	NA		

Fonction de sécurité	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	N° de la fonction de sécurité	3
Mesures de sécurité	Sondes de température sur pièces mécaniques  Suivant les niveaux d'alarme et les capteurs, la machine peut être bridée ou mise à l'arrêt jusqu'à refroidissement.  Le redémarrage peut être effectué à distance, si les seuils de température sont au-dessous des seuils d'alarme.		
Description	Des sondes de température sont mises en place sur les équipements ayant de fortes variations de température au cours de leur fonctionnement (paliers et roulements des machines tournantes, enroulements du générateur et du transformateur). Ces sondes ont des seuils hauts qui, une fois dépassés, conduisent à une alarme et à une mise à l'arrêt du rotor.  Une alarme est aussi déclenchée en cas de dysfonctionnement des sondes.		

<b>Indépendance</b>	Oui
<b>Temps de réponse</b>	Temps de détection de l'ordre de la seconde Mise en pause de la turbine < 1 min
<b>Efficacité</b>	100 %
<b>Tests</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inspection visuelle des sondes de température pendant les maintenances préventives, si accessible.</li> <li>- Surveillance via la maintenance prédictive, avec détection de la déviation de températures de chaque capteur.</li> </ul> Alarme automatique en cas de coupure du câble ou de dysfonctionnement de l'équipement.
<b>Maintenance</b>	Surveillance via la maintenance prédictive, avec détection de la déviation de température de chaque capteur (comparaison avec les données des autres éoliennes du parc).  Remplacement de la sonde de température en cas de dysfonctionnement de l'équipement.  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.

Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	4
<b>Mesures de sécurité</b>	Détection de survitesse et système de freinage.		
<b>Description</b>	<p>La vitesse de rotation du rotor est réglée par le contrôle de pitch des pales. Le système permet de ne pas dépasser la vitesse nominale de fonctionnement du générateur, même lorsque que la vitesse nominale de vent est largement dépassée. Cependant la réactivité du système étant limitée (notamment en cas de rafales), le système de contrôle stoppe la machine en cas de dépassement de la vitesse nominale au-delà d'un seuil</p> <p>L'éolienne est remise en marche automatiquement. Cependant si l'alarme se déclenche plusieurs fois dans un certain lapse de temps, l'éolienne doit être redémarrée manuellement afin de permettre une inspection.</p> <p>En addition, chaque pale est équipée d'un commutateur électromécanique qui la met drapeau lorsque la vitesse nominale de fonctionnement du générateur est dépassée au-delà d'un certain seuil.</p>		
<b>Indépendance</b>	Oui		
<b>Temps de réponse</b>	Temps de détection < 1 minute L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur conformément aux dispositions de l'arrêté du 26 août 2011		
<b>Efficacité</b>	100%		
<b>Tests</b>	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 15 de l'arrêté du 26 août 2011.		
<b>Maintenance</b>	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 (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 court-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	De l'ordre de la seconde		
Temps de réponse	Oui		
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 à l'article 10 de l'arrêté du 26 août 2011.		

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); Les pales respectent le standard IEC 61 400-1 ; IEC 61024, IEC 62305 (classe de protection de niveau I). Dispositif de capture + mise à la terre Parasurtenseurs sur les circuits électriques		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100%		
Tests	/		
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 9 de l'arrêté du 26 août 2011.		

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 reliée à une alarme transmise à un poste de contrôle Intervention des services de secours		
Description	DéTECTEURS d'incendie (détecteur de fumée) dans la nacelle 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 (ou des responsables définis spécifiques) 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'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	/		
Maintenance	Vérification du système ou des autres composants selon le manuel opérationnel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011. 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'huile ; Procédure d'urgence ; Kit antipollution (spill kit)		
Description	<p>Nombreux détecteurs de niveau d'huile permettant de prévenir les éventuelles fuites d'huile et d'arrêter l'éolienne en cas d'urgence.</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"> <li>- de contenir et arrêter la propagation de la pollution ;</li> <li>- d'absorber des déversements accidentels de liquides dans la nacelle (huile, eau, alcools ...) et produits chimiques (acides, bases, solvants ...)</li> <li>- de récupérer les déchets absorbés.</li> </ul> <p>Si ces kits de dépollution s'avèrent insuffisants, une société spécialisée récupérera et traitera le gravier 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 différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints, etc.) Procédures qualités construction		
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 moyeu, les fondations et la tour répondent au standard IEC 61 400-1. Les pales respectent le standard IEC 61 400-1 ; IEC 61024, IEC 62305. Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 12944-2.		
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, boulons de fixation de la nacelle...) sont vérifiés au bout de 3 mois de fonctionnement puis tous les 3 ans, conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011.		

Fonction de sécurité	Prévenir les erreurs de maintenance	N° de la fonction de sécurité	10
Mesures de sécurité	Procédure de maintenance		
Description	Préconisations du manuel de maintenance Formation du personnel		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100%		
Tests	/		
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 %.		
Tests	/		
Maintenance	Vérification du frein hydraulique, système de détection de survitesse, du système d'alarme, des motoréducteurs, du graissage, etc..		

Tableau 46 : Ensemble des fonctions de sécurité (Source: Leitwind)

## **ANNEXE 7 – BIBLIOGRAPHIE ET REFERENCES UTILISEES**

- [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 ingenieurgesellschaft, 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 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
- [19] La fréquentation et les publics des itinéraires de « Saint-Jacques de Compostelle », comité régional du tourisme d'Aquitaine et du Midi -Pyrénées, 2003