



PARC EOLIEN SOMME 1

10 Place de Catalogne - 75014 Paris
N° d'identification : 790 866 271 R.C.S Paris
Contact : thibaut.guimbretiere@eolfi.com
01.40.07.95.00

ETUDE DE DANGERS CONSOLIDEE



Projet éolien de la Vallée des Mouches

Communes de Rethonvillers

Communauté de Communes de l'Est de la Somme

Département de la Somme, Région Haut-de-France

Octobre 2020

Auteur : Thibaut GUIMBRETIERE, Chef de projet éolien, EOLFI

SOMMAIRE

I.	RESUME NON TECHNIQUE	8
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.....	13
I.7	SYNTHESE DE L'ACCEPTABILITE DES RISQUES.....	16
I.8	CONCLUSION	21
II.	PREAMBULE	23
II.1	OBJECTIF DE L'ETUDE DE DANGERS.....	23
II.2	CONTEXTE LEGISLATIF ET REGLEMENTAIRE	23
II.3	NOMENCLATURE DES INSTALLATIONS CLASSEES	24
III.	INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION.....	25
III.1	RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS	25
III.2	LOCALISATION DU SITE.....	26
IV.	DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION.....	28
IV.1	ENVIRONNEMENT HUMAIN.....	28
IV.1.1	<i>Zones urbanisées</i>	28
IV.1.2	<i>Etablissements recevant du public (ERP)</i>	29
IV.2	ENVIRONNEMENT NATUREL.....	30
IV.2.1	<i>Contexte climatique</i>	31
IV.2.2	<i>Risques naturels</i>	32
IV.3	ENVIRONNEMENT MATERIEL.....	38
IV.3.1	<i>Voies de communication</i>	38
IV.3.2	<i>Réseaux publics et privés</i>	38
IV.4	CARTOGRAPHIE DE SYNTHESE.....	39
IV.5	SYNTHESE DES CIBLES	45
V.	DESCRIPTION DE L'INSTALLATION.....	46
V.1	CARACTERISTIQUES DE L'INSTALLATION	46
V.1.1	<i>Caractéristiques générales d'un parc éolien</i>	46
V.1.2	<i>Activité de l'installation</i>	47
V.1.3	<i>Composition de l'installation</i>	48
V.2	FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION	50
V.2.1	<i>Principe de fonctionnement d'un aérogénérateur</i>	50
V.2.2	<i>Sécurité de l'installation</i>	52
V.2.3	<i>Opérations de maintenance de l'installation</i>	55
V.2.4	<i>Stockage et flux de produits dangereux</i>	56
V.3	FONCTIONNEMENT DES RESEAUX DE L'INSTALLATION	56
V.3.1	<i>Raccordement électrique</i>	56
V.3.2	<i>Autres Réseaux</i>	57
VI.	IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION	57
VI.1	POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX PRODUITS	57
VI.2	POTENTIELS DE DANGERS LIES AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION.....	58
VI.3	REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS A LA SOURCE	59
VI.3.1	<i>Principales actions préventives</i>	59
VI.3.2	<i>Utilisation des meilleures techniques disponibles</i>	60
VII.	ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE	61

VII.1	INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS EN FRANCE.....	61
VII.2	INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS A L'INTERNATIONAL	63
VII.3	SYNTHESE DES PHENOMENES DANGEREUX REDOUTES ISSUS DU RETOUR D'EXPERIENCE	65
VII.3.1	<i>Analyse de l'évolution des accidents en France</i>	65
VII.3.2	<i>Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents</i>	66
VII.4	LIMITES D'UTILISATION DE L'ACCIDENTOLOGIE.....	66
VIII.	ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES	67
VIII.1	OBJECTIF DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES	67
VIII.2	RECENSEMENT DES EVENEMENTS INITIATEURS EXCLUS DE L'ANALYSE DES RISQUES.....	67
VIII.3	RECENSEMENT DES AGRESSIONS EXTERNES POTENTIELLES.....	67
VIII.3.1	<i>Aggression externes liées aux activités humaines</i>	68
VIII.3.2	<i>Aggressions externes liées aux phénomènes naturels</i>	69
VIII.4	SCENARIOS ETUDIES DANS L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES	70
VIII.5	EFFETS DOMINOS	74
VIII.6	MISE EN PLACE DES MESURES DE SECURITE	74
VIII.7	CONCLUSION DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES	86
VIII.8	ARBRE PAPILLONS.....	87
IX.	ETUDE DETAILLEE DES RISQUES	91
IX.1	RAPPEL DES DEFINITIONS	91
IX.1.1	<i>Cinétique</i>	91
IX.1.2	<i>Intensité</i>	92
IX.1.3	<i>Gravité</i>	93
IX.1.4	<i>Probabilité</i>	94
IX.2	CARACTERISATION DES SCENARIOS RETENUS	95
IX.2.1	<i>Effondrement de l'éolienne</i>	95
IX.2.2	<i>Chute de glace</i>	98
IX.2.3	<i>Chute d'éléments de l'éolienne</i>	102
IX.2.4	<i>Projection de pales ou de fragments de pales</i>	106
IX.2.5	<i>Projection de glace</i>	111
IX.3	SYNTHESE DE L'ETUDE DETAILLEE DES RISQUES	115
IX.3.1	<i>Tableaux de synthèse des scénarios étudiés</i>	115
IX.3.2	<i>Synthèse de l'acceptabilité des risques</i>	116
IX.3.3	<i>Cartographie des risques</i>	117
X.	CONCLUSION	123
ANNEXE 1 – METHODE DE COMPTAGE DES PERSONNES POUR LA DETERMINATION DE LA GRAVITE POTENTIELLE D'UN ACCIDENT A PROXIMITE D'UNE EOLIENNE.....		125
	TERRAINS NON BATIS	125
	VOIES DE CIRCULATION.....	125
	<i>Voies de circulation automobiles</i>	125
	<i>Voies ferroviaires</i>	126
	<i>Voies navigables</i>	126
	<i>Chemins et voies piétonnes</i>	126
	LOGEMENTS.....	126
	ÉTABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC (ERP)	126
	ZONES D'ACTIVITE	127
ANNEXE 2 – TABLEAU DE L'ACCIDENTOLOGIE FRANÇAISE		128
ANNEXE 3 – SCENARIOS GENERIQUES ISSUS DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES.....		134
	SCENARIOS RELATIFS AUX RISQUES LIES A LA GLACE (G01 ET G02).....	134
	<i>Scénario G01</i>	134
	<i>Scénario G02</i>	134
	SCENARIOS RELATIFS AUX RISQUES D'INCENDIE (I01 A I07)	134
	SCENARIOS RELATIFS AUX RISQUES DE FUITES (F01 A F02)	135

<i>Scénario F01</i>	135
<i>Scénario F02</i>	136
SCENARIOS RELATIFS AUX RISQUES DE CHUTE D’ELEMENTS (C01 A C03).....	136
SCENARIOS RELATIFS AUX RISQUES DE PROJECTION DE PALES OU DE FRAGMENTS DE PALES (P01 A P06).....	136
<i>Scénario P01</i>	136
<i>Scénario P02</i>	136
<i>Scénarios P03</i>	137
SCENARIOS RELATIFS AUX RISQUES D’EFFONDREMENT DES EOLIENNES (E01 A E10).....	137
ANNEXE 4 – PROBABILITE D’ATTEINTE ET RISQUE INDIVIDUEL.....	138
ANNEXE 5 –GLOSSAIRE.....	139
ANNEXE 6 – DESCRIPTION DES FONCTIONS DE SECURITE DES EOLIENNES SIEMENS SWT 130, VESTAS V136, GE 120 ET NORDEX N131.....	143
ANNEXE 7 – BIBLIOGRAPHIE ET REFERENCES UTILISEES.....	167

Table des figures

Figure 1 : Situation géographique du projet éolien (Source : PARC EOLIEN SOMME 1)	26
Figure 2 : Localisation géographique des éoliennes du projet éolien de la Vallée des Mouches	26
Figure 3 : Définition du périmètre d'étude de danger du projet éolien de la Vallée des Mouches.....	27
Figure 4 : Rose des vents de la station météo France de Saint Quentin – moyenne sur les 20 dernières années	31
Figure 5 : Fréquence et direction des vents (Source : PARC EOLIEN SOMME 1)	32
Figure 6 : Zone sismique de la France (Source : MEDDTL, 2011)	33
Figure 7 : Aléa inondation par remontée de nappes (BE Jacquel et Chatillon d'après données BRGM)	34
Figure 8 : Communes exposées au risque de feux de forêts (Source : MEEDDM, 2010)	35
Figure 9 : Cartographie des mouvements de terrain et des cavités au niveau de la ZIP du projet (Source : BRGM – Jacquel & Chatillon)	36
Figure 10 : Aléa retrait – gonflement des argiles au niveau de la ZIP (source BRGM - Jacquel & Chatillon)	37
Figure 11 : Cartographie de synthèse du périmètre d'étude du projet éolien de la Vallée des Mouches (Source : PARC EOLIEN SOMME 1)	39
Figure 12 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur	47
Figure 13 : Plan d'implantation du projet éolien de la Vallée des Mouches.....	49
Figure 14 : Raccordement électrique des installations	56
Figure 15 : Répartition par type d'accident en France entre 2000 et 2011	62
Figure 16 : Répartition par type d'accident en France entre 2012 et 2016	63
Figure 17 : Répartition des accidents dans le monde	64
Figure 18 : Répartition des causes d'effondrement	64
Figure 19 : Répartition des causes de rupture de pale	65
Figure 20 : Répartition des causes d'incendie.....	65
Figure 21 : Evolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées	66
Figure 22 : Arbre papillon des scénarios de projection et de chutes de bris de pales / d'éléments d'éolienne ..	88
Figure 23 : Arbre papillon des scénarios de chutes et de projections de glace	89
Figure 24 : Arbre papillon associé aux scénarios d'effondrement d'éoliennes	90
Figure 25 : Synthèse des risques pour l'éolienne E1.....	118
Figure 26 : Synthèse des risques pour l'éolienne E2.....	119
Figure 27 : Synthèse des risques pour l'éolienne E3.....	120
Figure 28 : Synthèse des risques pour l'éolienne E4.....	121
Figure 29 : Synthèse des risques pour l'éolienne E5.....	122

Table des tableaux

Tableau 1 : Nomenclature ICPE pour l'éolien terrestre (source : décret n°2011-984 du 23 août 2011)	24
Tableau 2 : Référence administrative PARC EOLIEN SOMME 1	25
Tableau 3 : Référence de signataire pouvant engager la société PARC EOLIEN SOMME 1	25
Tableau 4 : Référent du projet éolien de la Vallée des Mouches	25
Tableau 5 : Installations classées pour la protection de l'Environnement dans les 10km autour de la ZIP.....	30
Tableau 6 : Arrêtés de catastrophe naturelle pris sur les communes de la zone d'étude (Source : prim.net).....	33
Tableau 7 : Synthèse des cibles présentes dans le périmètre d'étude (Source : PARC EOLIEN SOMME 1).....	45
Tableau 8 : Coordonnées géographiques des éoliennes et postes de livraison.....	48
Tableau 9 : Synthèse du fonctionnement des aérogénérateurs selon le tableau type de l'INERIS/SER/FEE, 2012	51
Tableau 10: Dangers liés aux installations	58
Tableau 11: Liste des agressions externes liées aux activités humaines (Source : INERIS/SER/FEE, 2012)	68
Tableau 12: Liste des agressions externes liées aux phénomènes naturels (Source : INERIS/SER/FEE, 2012)	69
Tableau 13: Analyse générique des risques (source : INERIS/SER/FEE, 2012)	73
Tableau 14: Ensemble des fonctions de sécurité (Source : Senvion).....	85
Tableau 15 : Scenarios exclus (Source : INERIS/SER/FEE, 2012)	86
Tableau 16 : Degré d'exposition (source : INERIS/SER/FEE, 2012)	92
Tableau 17 : Critères permettant d'apprécier les conséquences de l'événement	93
Tableau 18 : Grille de criticité du scénario redouté (Source : arrêté du 29 septembre 2005)	94
Tableau 19 : Niveau d'intensité pour le scénario d'effondrement de l'éolienne	95
Tableau 20 : Niveau de gravité pour le scénario d'effondrement de l'éolienne.....	96
Tableau 21 : Niveau de risque pour le scénario d'effondrement de l'éolienne	97
Tableau 22 : Matrice d'acceptabilité du phénomène d'effondrement de l'éolienne	98
Tableau 23 : Niveau d'intensité pour le scénario d'effondrement de l'éolienne	99
Tableau 24 : Niveau de gravité pour le scénario d'effondrement de l'éolienne.....	99
Tableau 25 : Niveau de risque pour le scénario de chute de glace	100
Tableau 26 : Matrice d'acceptabilité du phénomène de chute de glace	101
Tableau 27 : Niveau d'intensité pour le scénario de chute d'éléments de l'éolienne	102
Tableau 28 : Niveau de gravité pour le scénario de chute d'éléments de l'éolienne	103
Tableau 29 : Niveau de risque pour le scénario de chute d'éléments de l'éolienne	104
Tableau 30 : Matrice d'acceptabilité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne	105
Tableau 31 : Niveau d'intensité pour le scénario de projection de pale ou de fragment de pale	106
Tableau 32 : Niveau de gravité pour le scénario de projection de pale ou de fragment de pale	107
Tableau 33 : Niveau de risque pour le scénario de projection de pale ou fragment de pale	109
Tableau 34 : Matrice d'acceptabilité du phénomène de projection de pale ou fragment de pale	110
Tableau 35 : Niveau d'intensité pour le scénario de projection de glace	111
Tableau 36 : Niveau de gravité pour le scénario de projection de glace	112
Tableau 37 : Niveau de risque pour le scénario de projection de glace	113
Tableau 38 : Matrice d'acceptabilité du phénomène de projection de morceaux de glace	114
Tableau 39 : Tableau de synthèse des risques et des paramètres associés pour le projet éolien de la Vallée des Mouches.....	115
Tableau 40 : Matrice d'acceptabilité générale pour le projet éolien de la Vallée des Mouches	116
Tableau 41 : Ensemble des fonctions de sécurité (Source: Nordex).....	161

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 Senvion 3,7M140 ayant une puissance unitaire de 3,7 MW, à 110 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 Vallée des Mouches.

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

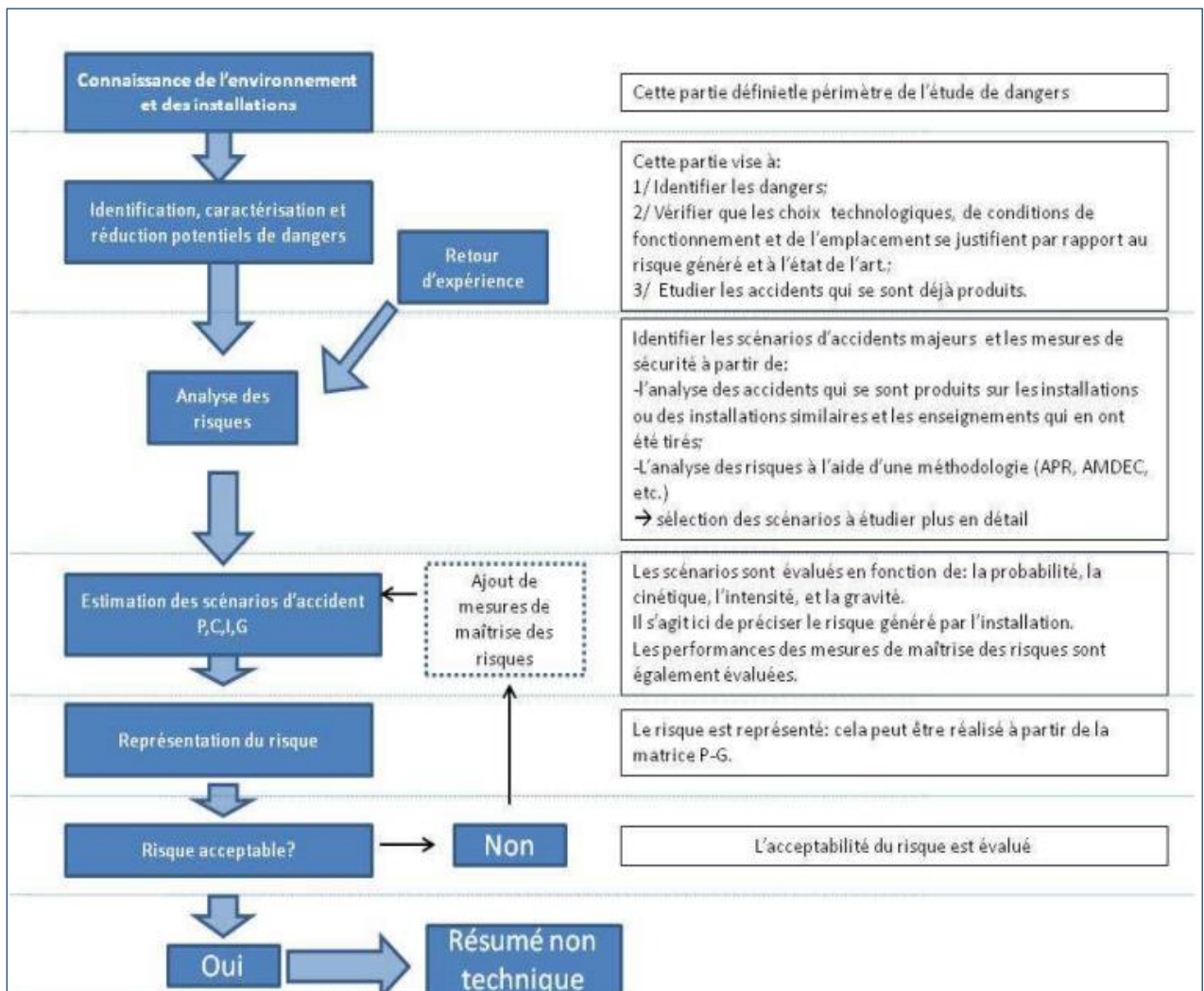


Schéma explicatif de l'EDD (Source : Guide technique INERIS)

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

Le projet éolien de la Vallée des Mouches, composé de 5 aérogénérateurs et de 2 postes de livraison, est localisé sur la commune de Rethonvillers, dans le département de la Somme (80), en région Haut-de-France. La puissance envisagée du parc est de 18,5 MW.



Plan du projet éolien de la Vallée des Mouches (Rayon de 500m autour des éoliennes)

(Source : PARC EOLIEN SOMME 1)

Ces éoliennes de dernière génération sont composées d'un mât d'une hauteur de 110 mètres pour les 5 aérogénérateurs. Ceux-ci sont surmontés d'une nacelle, et d'un rotor, constitué de 3 pales d'un rayon de 70 m. Le projet éolien de la Vallée des Mouches, implanté sur des terrains agricoles est constitué d'un réseau électrique inter-éolien enterré reliant ainsi les éoliennes aux postes de livraison.

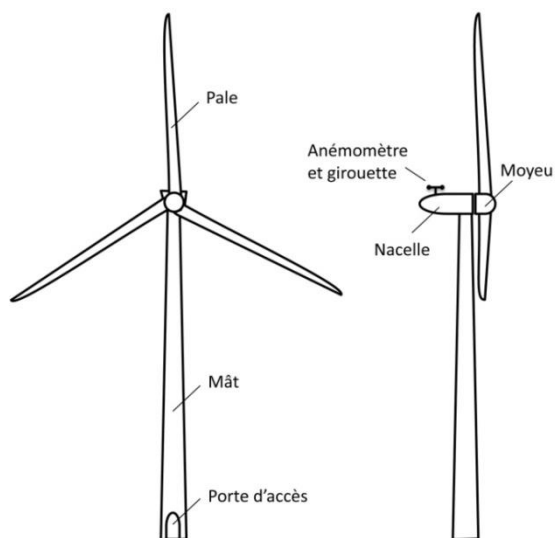


Schéma simplifié d'un aérogénérateur

Description technique de l'aérogénérateur retenu pour cette étude de danger :

Modèle d'éolienne	Senvion 3.7M140
Puissance (MW)	3.7
Hauteur moyeu (m)	110
Longueur de pale (m)	70
Hauteur totale en bout de pale (m)	180
Largeur du mât à la base (m)	5,1
Largeur de la pale à la base (m)	3,1

Caractéristiques du modèle d'éolienne Senvion 3.7M140 (Source : Senvion)

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, littératures spécialisées, etc.). Ces bases de données sont cependant très différentes tant en termes de structuration des données qu'en termes de détail de l'information.

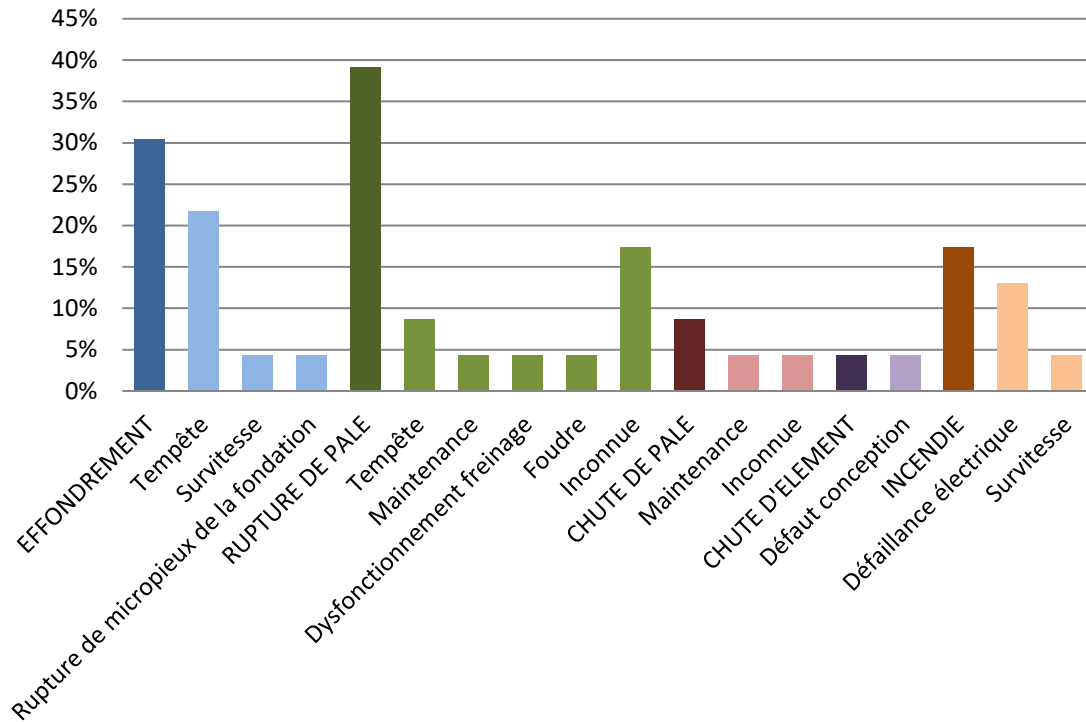
Plusieurs sources ont été utilisées pour effectuer le recensement des accidents et incidents au niveau français. Il s'agit à la fois de sources officielles, d'articles de presse locale ou de bases de données mises en place par des associations :

- 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.

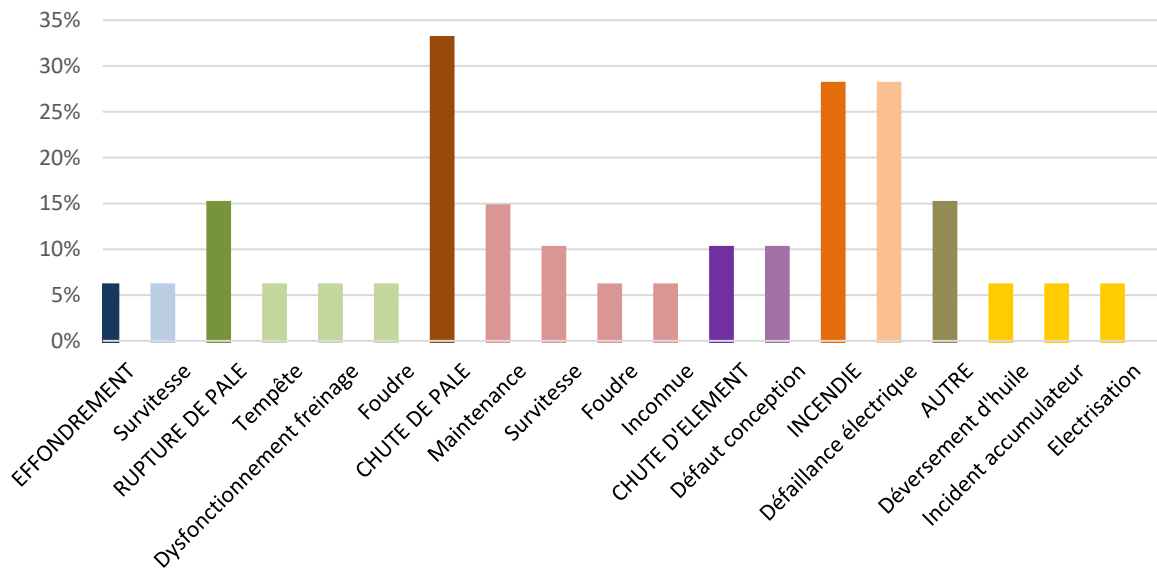
Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateur français entre 2000 et 2011



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

La base de données ARIA du Ministère du Développement Durable permet également de recenser les incidents survenus depuis l'année 2012. Sur le même principe que la figure 13, le graphique suivant montre la répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateurs français entre 2012 et 2016.

Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateur français entre 2012 et 2016



Répartition par type d'accident en France entre 2012 et 2016

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 2012-2016.

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

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 E5					
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 (180 m pour E1 à E5)	Rapide	Exposition modérée (pour E1 à E5)	D (rare) (pour des éoliennes récentes) ¹	Gravité modérée (pour E1 à E5)
Chute d’élément de l’éolienne	Zone de survol (70m)	Rapide	Exposition modérée (pour E1 à E5)	C (improbable)	Gravité modérée (pour E1 à E5)
Chute de glace	Zone de survol (70m)	Rapide	Exposition modérée (pour E1 à E5)	A (courante)	Gravité modérée (pour E1 à E5)
Projection de pale ou de fragment de pale	500 m autour de l’éolienne	Rapide	Exposition modérée (pour E1 à E5)	D (rare) (pour des éoliennes récentes) ²	Gravité modérée (pour E1 à E5)
Projection de glace	375 m pour les éoliennes E1 à E5	Rapide	Exposition modérée (pour E1 à E5)	B (probable)	Gravité modérée (pour E1 à E5)

Tableau de synthèse des risques et des paramètres associés pour le projet éolien de la Vallée des Mouches (Source : PARC EOLIEN SOMME 1)

¹ Voir paragraphe IX.2.1

² 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 matrices de criticité présentées ci-dessous permettent d'évaluer le niveau de risque pour chacun des événements accidentels redoutés :

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

Légende de la matrice de criticité

GRAVITÉ des Conséquences	Classe de Probabilité				
	Effondrement de l'éolienne				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux					
Modéré		E1 à E5			

Matrice d'acceptabilité du phénomène d'effondrement de l'éolienne

GRAVITÉ des Conséquences	Classe de Probabilité				
	Chute d'éléments de l'éolienne				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux					
Modéré			E1 à E5		

Matrice d'acceptabilité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne

GRAVITÉ des Conséquences	Classe de Probabilité				
	Chute de glace				
	E	D	C	B	A
Désastreux	Yellow	Red	Red	Red	Red
Catastrophique	Yellow	Yellow	Red	Red	Red
Important	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red
Sérieux	Green	Green	Yellow	Yellow	Red
Modéré	Green	Green	Green	Green	E1 à E5

Matrice d'acceptabilité du phénomène de chute de glace

GRAVITÉ des Conséquences	Classe de Probabilité				
	Projection de pale ou de fragment de pale				
	E	D	C	B	A
Désastreux	Yellow	Red	Red	Red	Red
Catastrophique	Yellow	Yellow	Red	Red	Red
Important	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red
Sérieux	Green	Green	Yellow	Yellow	Red
Modéré	Green	E1 à E5	Green	Green	Yellow

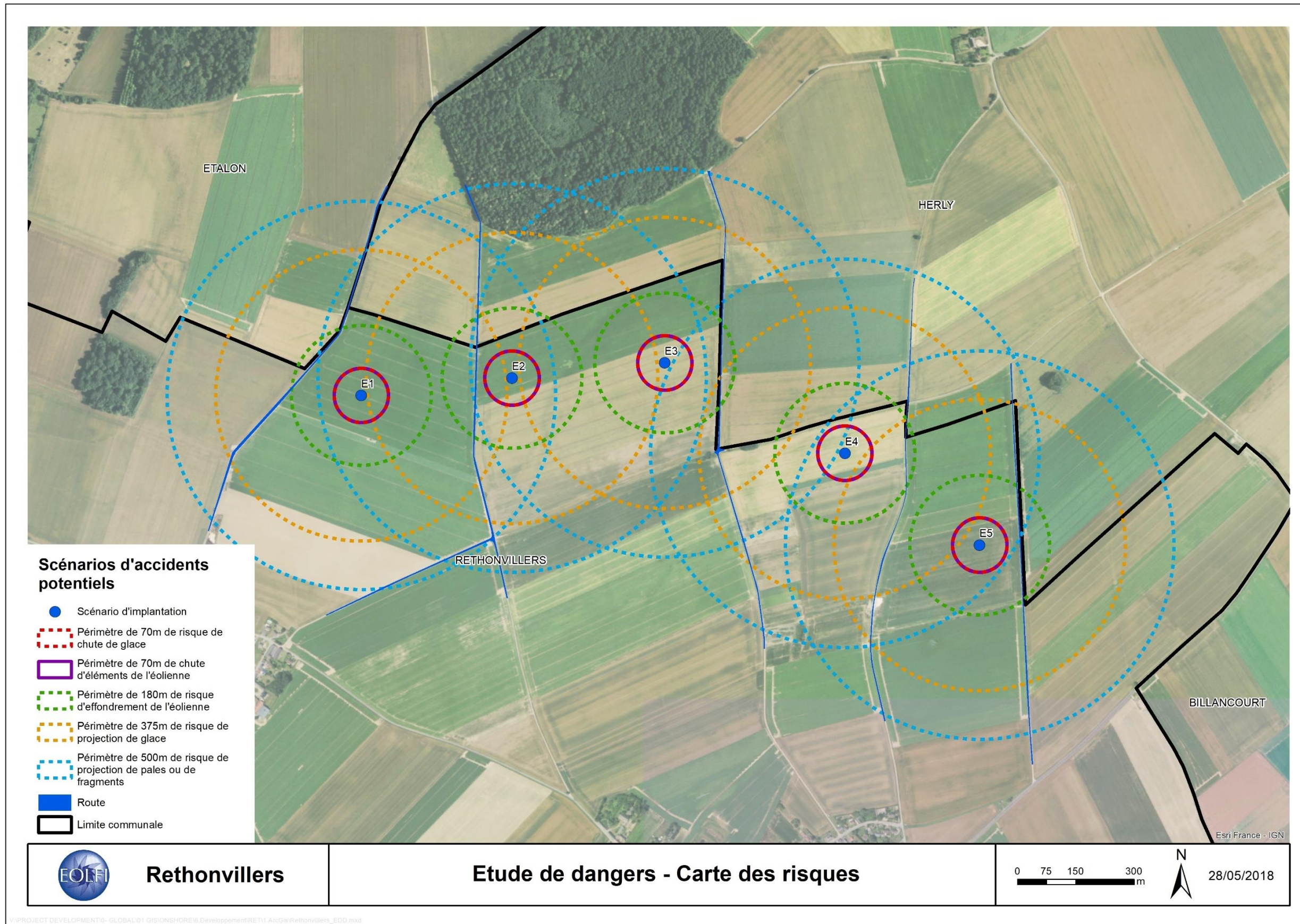
Matrice d'acceptabilité du phénomène de projection de pale ou fragment de pale

GRAVITÉ des Conséquences	Classe de Probabilité				
	Projection de morceaux de glace				
	E	D	C	B	A
Désastreux	Yellow	Red	Red	Red	Red
Catastrophique	Yellow	Yellow	Red	Red	Red
Important	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red
Sérieux	Green	Green	Yellow	Yellow	Red
Modéré	Green	Green	Green	E1 à E5	Yellow

Matrice d'acceptabilité du phénomène de projection de morceaux de glace

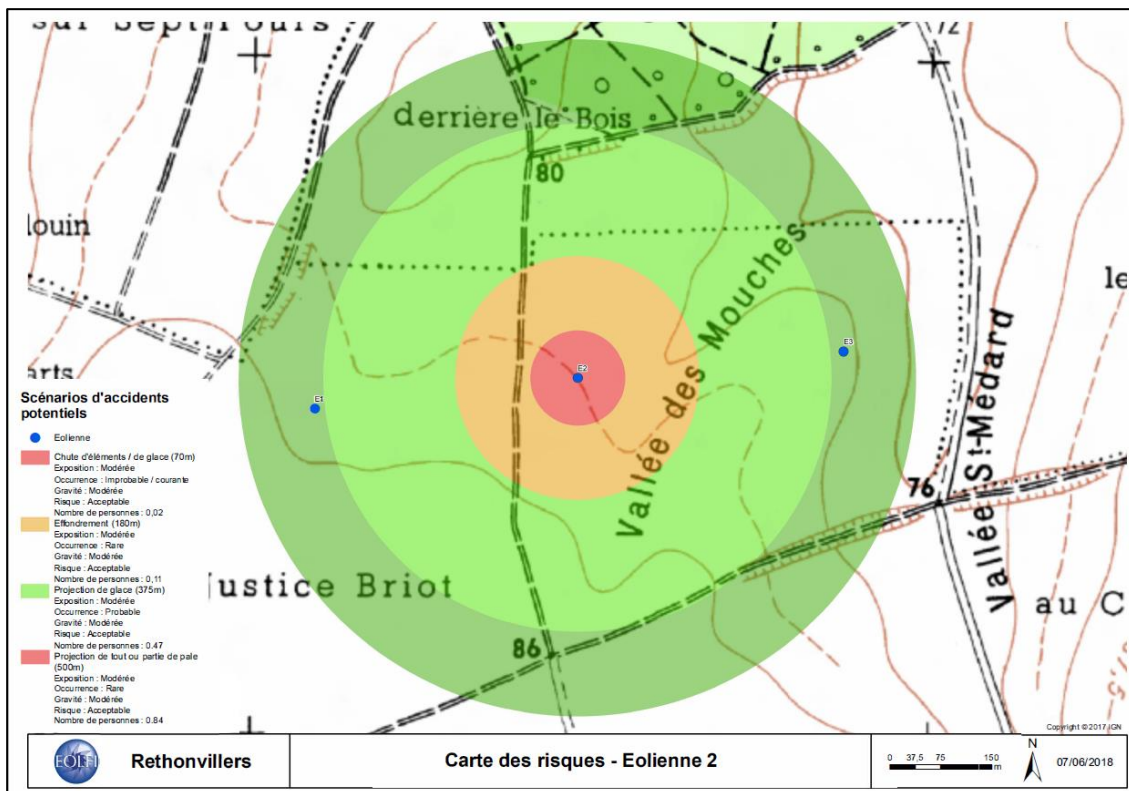
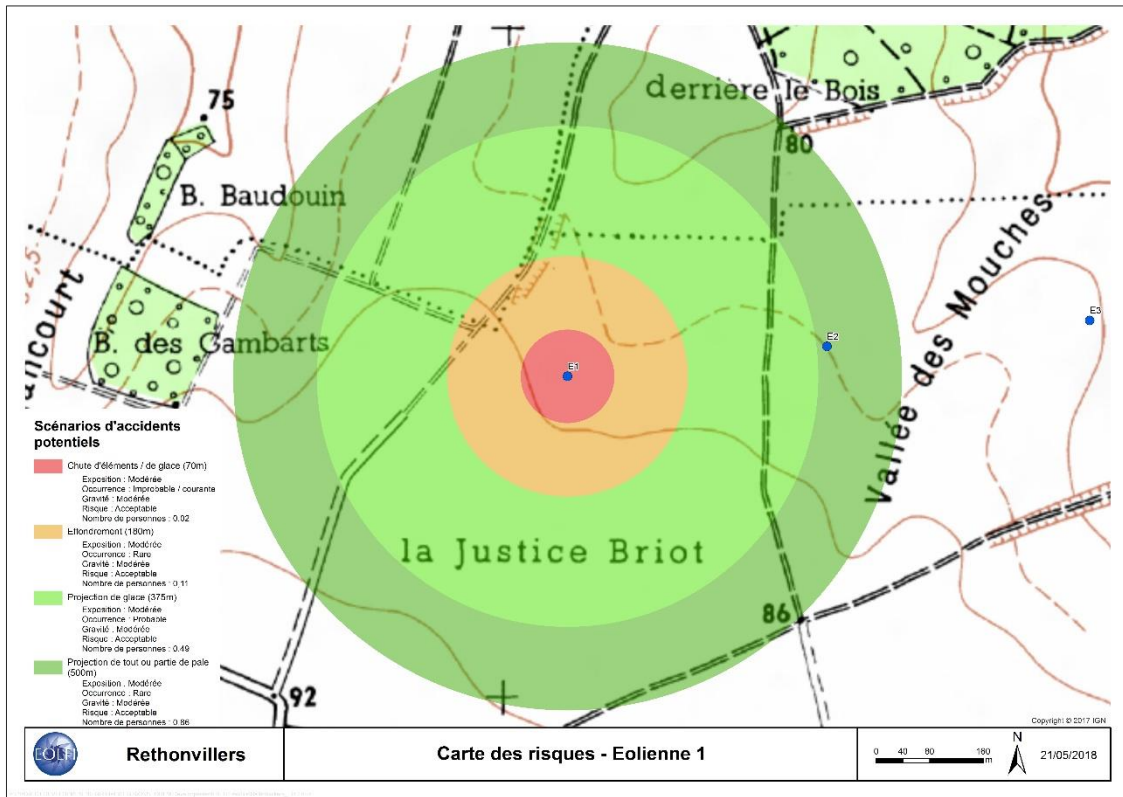
Au regard des matrices complétées, aucun événement accidentel redouté n'est situé dans les cases rouges, ce qui signifie qu'il n'existe aucun risque important et jugé inacceptable pour le projet éolien de la Vallée des Mouches.

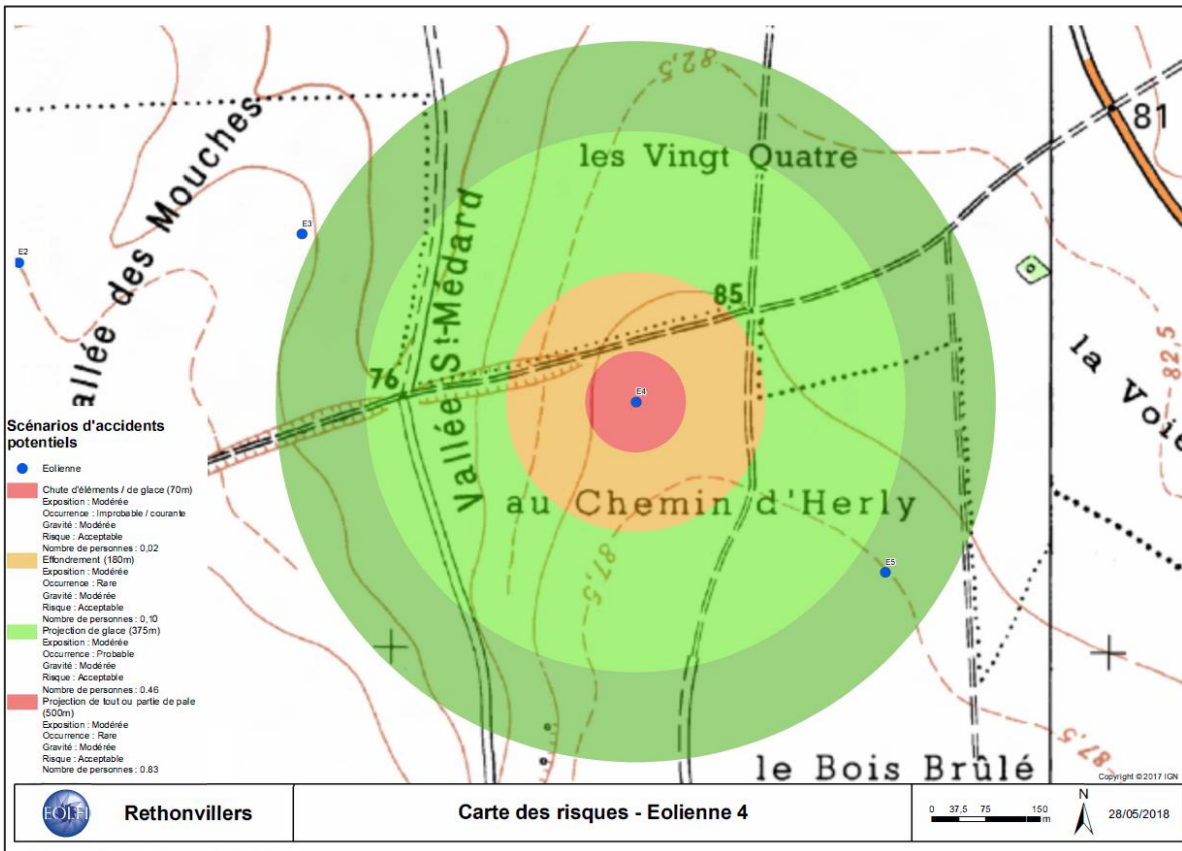
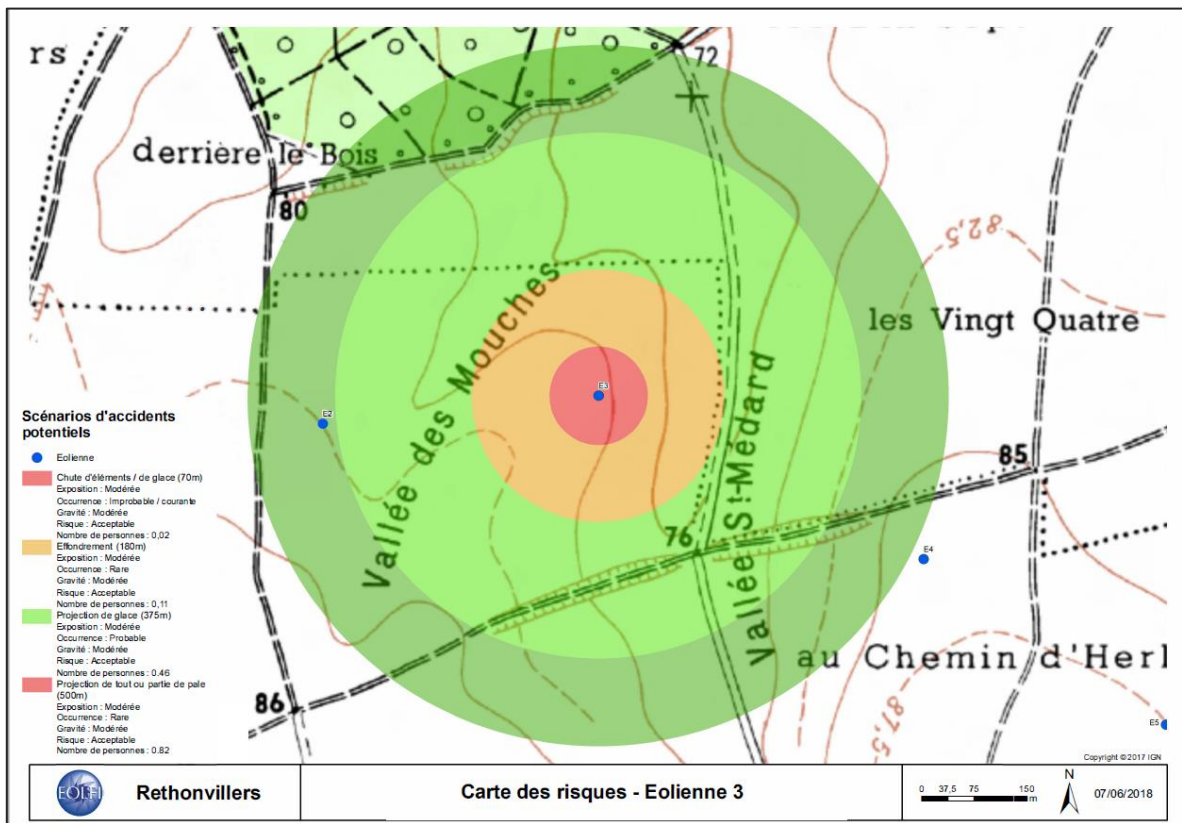
La carte de synthèse des risques ci-après présente pour l'ensemble des installations la zone d'effet pour chaque scénario :

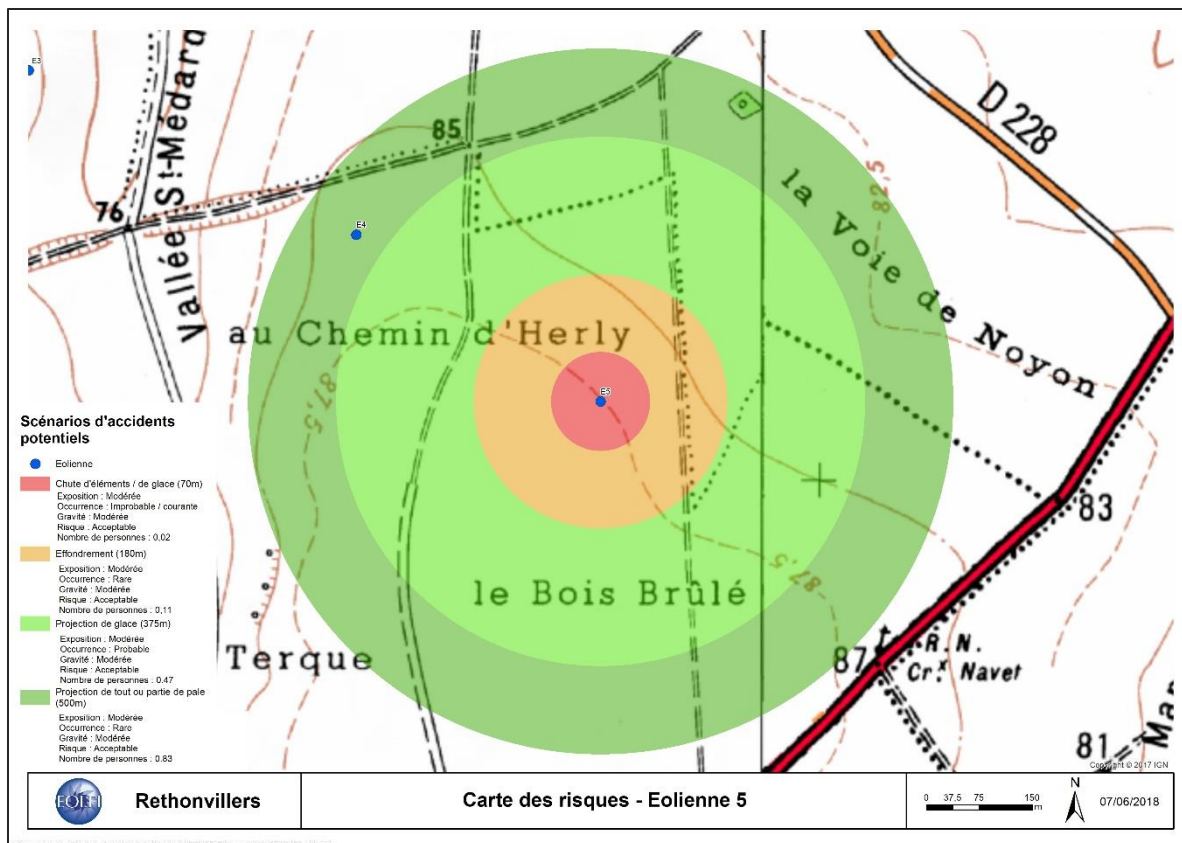


Cartographies de synthèse par éolienne :

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.







I.8 CONCLUSION

Les résultats de l'étude détaillée des risques sont résumés dans la matrice d'acceptabilité ci-dessous :

Les principaux accidents majeurs identifiés pour le projet éolien de la Vallée des Mouches sont ceux retenus par le guide de l'étude de dangers 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 70 m), là où s'observe les phénomènes de chute de glace et d'éléments, l'enjeu humain est défini à un maximum de 0,02 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 180 m) l’enjeu humain est évalué à un maximum de 0,11 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 375 m), l’enjeu humain est défini à 0,49 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 0,86 personne maximum. Cependant la probabilité d’occurrence de ce phénomène est faible et l’exposition est modérée. Le niveau de risque est donc jugé acceptable.

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

Conséquence	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux	/	/	/	/	/
Catastrophique	/	/	/	/	/
Important	/	/	/	/	/
Sérieux	/	/	/	/	/
Modéré	/	Effondrement de l’éolienne : E1 à E5 Projection de pale ou de fragment de pale : E1 à E5	Chute d’éléments de l’éolienne : E1 à E5	Projection de morceaux de glace : E1 à E5	Chute de glace : E1 à E5

Matrice d’acceptabilité générale pour le projet éolien de la Vallée des Mouches

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

Légende de la matrice de criticité

Cette étude de dangers permet de conclure que le site du projet éolien de la Vallée des Mouches 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'ETUDE DE DANGERS

La présente étude de dangers a pour objet de rendre compte de l'examen effectué par la société Parc Eolien SOMME 1 pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques du projet de parc éolien de la Vallée des Mouches, 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 Vallée des Mouches. 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 Vallée des Mouches, 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 1 : Nomenclature ICPE pour l'éolien terrestre (source : décret n°2011-984 du 23 août 2011)

Le projet éolien de la Vallée des Mouches comprend 5 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 d'exploiter.

III. INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION

III.1 RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS

Le demandeur est la société PARC EOLIEN SOMME 1.

Raison sociale	PARC EOLIEN SOMME 1
Siège social	10 Place de Catalogne 75014 Paris
Forme juridique	Société par actions simplifiée à associé unique
N° SIRET	790 866 271 R.C.S Paris
Code NAF	3511Z / Production d'électricité

Tableau 2 : Référence administrative PARC EOLIEN SOMME 1

Nom	GEORGEVITCH
Prénom	Mélanie
Nationalité	Française
Qualité	Responsable Développement Eolien

Tableau 3 : Référence de signataire pouvant engager la société PARC EOLIEN SOMME 1

Nom	GUIMBRETIERE
Prénom	Thibaut
Nationalité	Française
Qualité	Chef de projet développement éolien

Tableau 4 : Réfèrent du projet éolien de la Vallée des Mouches

La société PARC ÉOLIEN SOMME 1 est dédiée au développement, à la construction et à l'exploitation du projet éolien de la Vallée des Mouches sur la commune de Rethonvillers, dans le département de la Somme (80).

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 d'Exploiter (DDAE).

Chiffres clés du groupe EOLFI :

- Une quarantaine d'experts dans le monde ;
- Depuis 14 ans EOLFI développe des projets d'énergies renouvelables en mer et sur terre ;
- Des bureaux à Paris, Marseille, Lorient et Taipei ;
- 654 MW de projets éoliens et solaires en cours de développement en Europe ;
- 3 GW de projets éoliens en mer en cours de développement en France ;
- 754 MW de projets éoliens mis en service en France, en Grèce et aux Etats-Unis ;
- 143 MW de projets solaires mis en service.

III.2 LOCALISATION DU SITE

Le projet éolien de la Vallée des Mouches, composé de 5 aérogénérateurs, est localisé sur la commune de Rethonvillers, dans le département de la Somme (80), en région Haut-de-France (cf. figure 1).



Figure 1 : Situation géographique du projet éolien (Source : PARC EOLIEN SOMME 1)

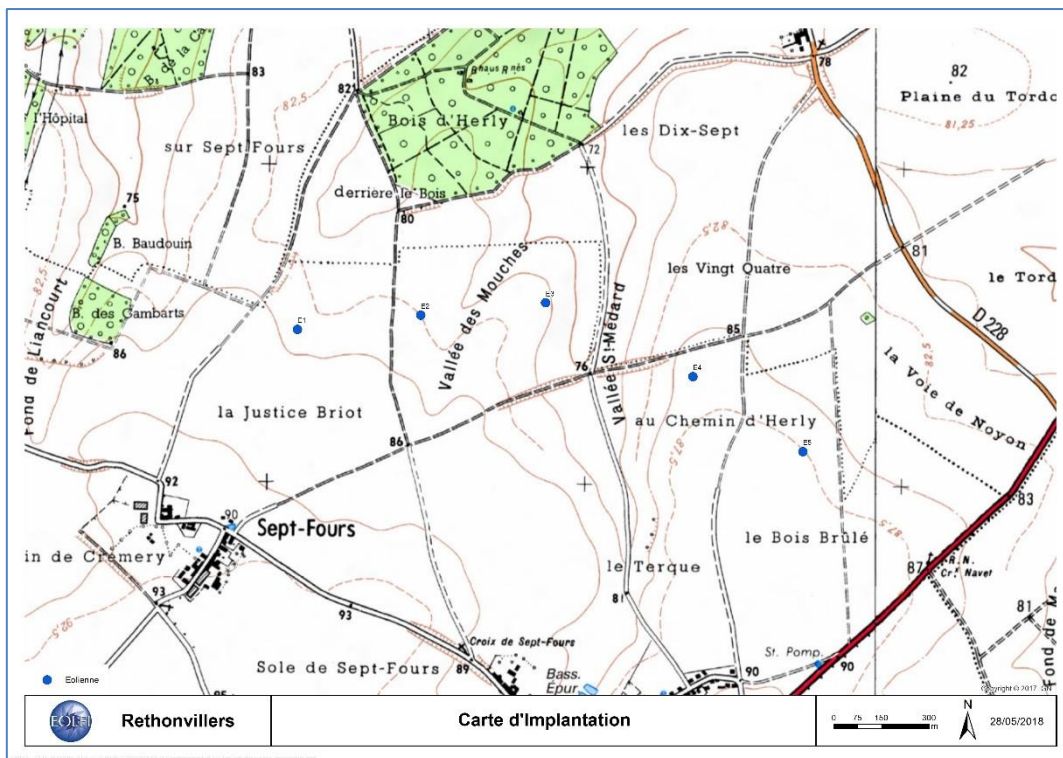


Figure 2 : Localisation géographique des éoliennes du projet éolien de la Vallée des Mouches

(Source : PARC EOLIEN SOMME 1)

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 3). 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 sont néanmoins représentés 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.

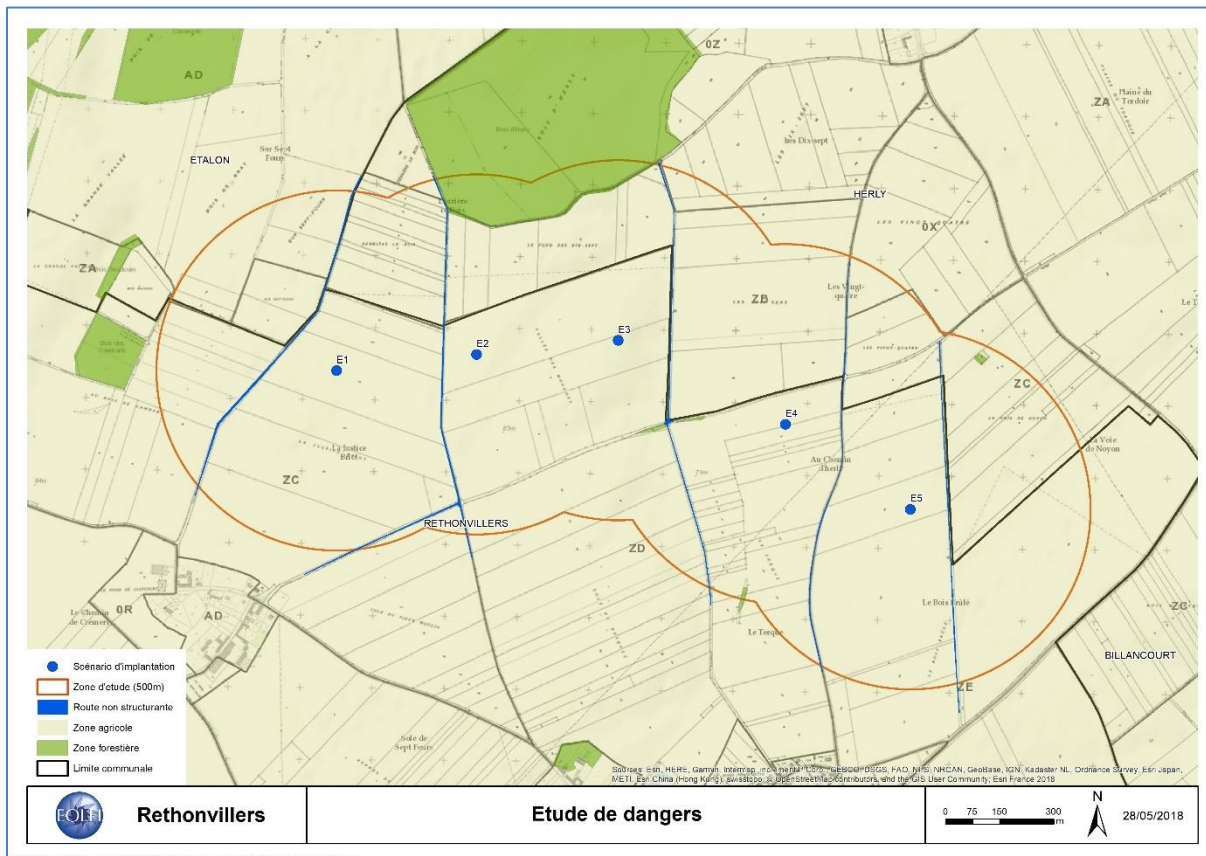


Figure 3 : Définition du périmètre d’étude de danger du projet éolien de la Vallée des Mouches

(Source : PARC EOLIEN SOMME 1)

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 vu socio-économique.

Nombre d'habitants dans le village de Rethonvillers, commune d'accueil du projet éolien de la Vallée des Mouches (source 2014 INSEE) : 355 habitants

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 650 mètres. Cette contrainte est donc respectée.

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

La commune de Rethonvillers n'est dotée d'aucun document d'urbanisme. C'est donc le Règlement National d'Urbanisme (RNU) qui s'applique sur le territoire de la commune. La zone concernée par le projet éolien est située en dehors des parties actuellement urbanisées.

En application de l'article L. 111-4 du code de l'urbanisme, cette situation est compatible avec l'implantation d'éoliennes. En effet, cet article précise, pour les communes non dotées de document d'urbanisme, les catégories de constructions et installations qui sont autorisées en dehors des parties urbanisées.

Les éoliennes correspondent à plusieurs de ces catégories :

- Elles appartiennent aux constructions et installations nécessaires à [...] « *des équipements collectifs dès lors qu'elles ne sont pas incompatibles avec l'exercice d'une activité agricole, pastorale ou forestière sur le terrain sur lequel elles sont implantées* » en concourant à la production d'électricité destinée à la vente ;
- Elles permettent [...] « *la mise en valeur des ressources naturelles* » par l'utilisation de l'énergie mécanique du vent ;
- Elles constituent des « *constructions et installations incompatibles avec le voisinage des zones habitées* » par l'obligation d'un éloignement minimum de 500 mètres par rapport aux habitations.

Par ailleurs, l'article 4 de l'arrêté du 10 novembre 2016 définissant les destinations et sous-destinations de constructions pouvant être réglementées par le RNU précise que la destination de construction « équipements d'intérêt collectif et services publics » doit être entendue comme comprenant notamment comme sous-destination les « locaux techniques et industriels des administrations publiques et assimilés » recouvrant les constructions des équipements collectifs de nature technique ou industrielle, y compris notamment « *les constructions industrielles concourant à la production d'énergie* ».

La commune ne dispose pas de document d'urbanisme, elle est donc soumise au règlement National d'Urbanisme (RNU).

IV.1.2 ETABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC (ERP)

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

Le périmètre immédiat (10 kilomètres) compte 28 installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE), Non-Seveso, dont celles des communes les proches sont cotées dans le tableau 5.

Nom	Commune	Activité	Distance (km) ⁵	Régime Seveso/Non-Seveso	Régime
FERME EOLIENNE DE LA CROIX ST CLAUDE	MARCHE-ALLOUARDE	Installation terrestre de production d'électricité	2,20	Non Seveso	Autorisation
PARC EOLIEN DES HAUTES BORNES - THEOLIA	BILLANCOURT	Installation terrestre de production d'électricité	2,83	Non Seveso	Autorisation
PARC EOLIEN DE L'EPINETTE	BALATRE	Installation terrestre de production d'électricité	3,02	Non Seveso	Autorisation
PARC EOLIEN ENERTRAG SANTERRE III	FRESNOY-LES-ROYE	Installation terrestre de production d'électricité	4,33	Non Seveso	Autorisation
PARC EOLIEN DU CEHMIN BLANC	ROYE	Installation terrestre de production d'électricité	4,38	Non Seveso	Autorisation
FERME EOLIENNE DE LA CROIX ST CLAUDE	MARCHE-ALLOUARDE	Installation terrestre de production d'électricité	2,20	Non Seveso	Autorisation
PARC EOLIEN DES HAUTES BORNES - THEOLIA	BILLANCOURT	Installation terrestre de production d'électricité	2,83	Non Seveso	Autorisation
PARC EOLIEN DE L'EPINETTE	BALATRE	Installation terrestre de production d'électricité	3,02	Non Seveso	Autorisation
PARC EOLIEN ENERTRAG SANTERRE III	FRESNOY-LES-ROYE	Installation terrestre de production d'électricité	4,33	Non Seveso	Autorisation
PARC EOLIEN DU CEHMIN BLANC	ROYE	Installation terrestre de production d'électricité	4,38	Non Seveso	Autorisation

Nom	Commune	Activité	Distance (km) ⁵	Régime Seveso/Non-Seveso	Régime
COISPLET DEBOFFLE SARL	ROYE	Centre de filtration et de traitement d'huiles alimentaire	8,30	Non Seveso	Autorisation
DECEUNINCK SA	ROYE	Fabrication de produits en caoutchouc et en plastique	8,34	Non Seveso	Autorisation
DOSSIN (ex DARFEUILLE LOGISTICS)	ROYE	Entrepot	8,47	Non Seveso	Enregistrement
PARC EOLIEN DE LA HAUTE BORNE	HALLU	Installation terrestre de production d'électricité	8,50	Non Seveso	Autorisation
ARGAN	ROYE	Plateforme logistique	8,53	Non Seveso	Autorisation
PICARDIE ENROBES	PUZEAUX	Fabrication d'autres produits minéraux non métalliques	8,53	Non Seveso	Autorisation
NORIAP	LANGUEVOISIN-QUIQUERY	Silo	8,59	Non Seveso	Autorisation
PARC EOLIEN VAL DE GRONDE	ROYE	Installation terrestre de production d'électricité	8,82	Non Seveso	Autorisation
HUEHNE NAGEL	ROYE	Transports terrestres et transport par conduites	9,23	Non Seveso	Autorisation

Tableau 5 : Installations classées pour la protection de l'Environnement dans les 10km autour de la ZIP

Les éoliennes E3, E4 & E5 sont situées dans le périmètre du Plan Particulier d'Intervention (PPI) de la société Ajinomoto Foods Europe de Mesnil-Saint-Nicaise.

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)

La station d'étude climatologique complète la plus proche pour caractériser le site d'étude est la station Météo France de Saint-Quentin située à environ 33 km au Nord-est de la zone d'implantation potentielle.

Le territoire est caractérisé par un climat de caractère océanique assez froid (près de 43 jours annuels de gelée en moyenne), malgré la façade maritime. Les températures estivales sont en revanche relativement douces.

- **Vent**

Les résultats de la modélisation du vent sur le site indiquent la vitesse moyenne et la répartition par secteurs. La rose des vents (Figure 4) présente la répartition des vents en fonction de leur fréquence (en %) et de leur vitesse (en m/s) par secteurs d'orientation.

Ces données et cette figure sont issues de l'ouvrage « Météo de la France » (Statistiques climatiques de la France). Les valeurs présentées proviennent du traitement statistique de 20 années de mesures (normales 1981 – 2000) pour la station de mesure de Saint Quentin (02), située à environ 33 km au Nord-est de la zone d'implantation potentielle (il s'agit de la station proposant des mesures de vents la plus proche du site).

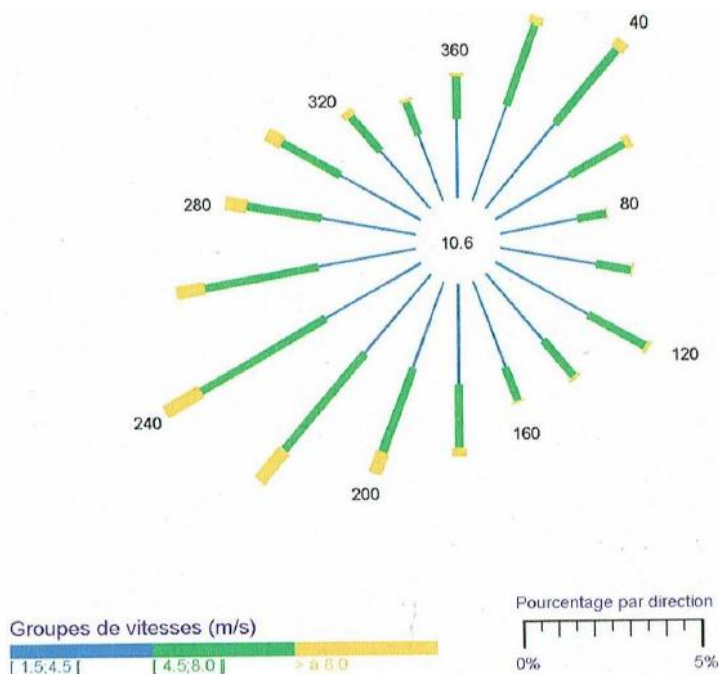


Figure 4 : Rose des vents de la station météo France de Saint-Quentin – moyenne sur les 20 dernières années

Les caractéristiques suivantes ont été évaluées à l'aide d'un mât de mesure de vent installé sur la commune de Rethovillers le 7 septembre 2017, sur la parcelle de la Vallée des Mouches, au Nord du Bois de Herly.

Les résultats montrent :

- Un vent dominant d'orientation Sud-ouest,
- Vitesse moyenne mesurée à 80 m : 6,4 m/s,
- Vitesse maximale mesurée à 80 m : 25m/s.

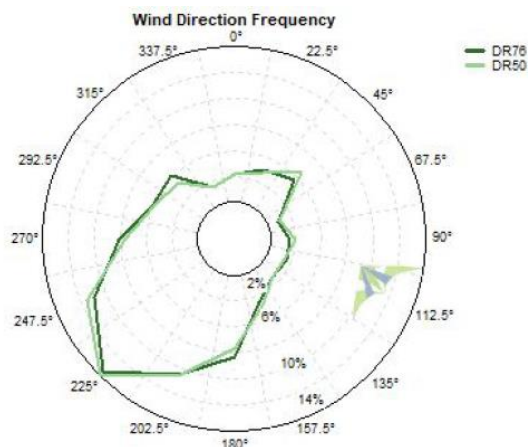


Figure 5 : Fréquence et direction des vents (Source : PARC EOLIEN SOMME 1)

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

- **Précipitations**

Les précipitations annuelles moyennes sont de l'ordre de 771,3mm. La répartition est assez homogène sur l'année, bien que l'automne soit généralement nettement plus humide que les autres saisons.

Par ailleurs, le nombre annuel de jours avec pluie, c'est-à-dire le nombre de jours au cours desquels on recueille plus de 0,1mm de précipitations, neige incluse est de 126,6.

- **Températures**

Les températures annuelles moyennes observées à la station de référence sont de 6,6°C (minimale) et 13,7° (maximale). On retrouve ici la marque du climat à légère influence continentale avec une amplitude thermique marquée de 6 à 20°C entre janvier et juillet, selon les hivers doux et les étés frais.

Le nombre annuel de jours de gel, c'est-à-dire le nombre de jours au cours desquels la température descend au-dessous de 0°C, est ici de 42,8. Le nombre annuel de jours de chaleur, c'est-à-dire le nombre de jours au cours desquels la température dépasse 25°C, est ici de 18,1.

IV.2.2 RISQUES NATURELS

- **Sismicité**

Le terme « zone de sismicité » désigne un territoire défini par certaines caractéristiques sismiques (en particulier la fréquence et l'intensité des séismes dans cette zone). Le zonage sismique de la France n'est pas seulement une carte d'aléas sismiques, il répond également à un objectif de protection parasismique dans les limites économiques supportables pour la collectivité.

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 (articles R563-1 à R563-8 du Code de l'Environnement modifiés par les décrets n° 2010-1254 du 22 octobre 2010 et n° 2010-1255 du 22 Octobre 2010, ainsi que par l'Arrêté du 22 Octobre 2010) :

- Une zone de sismicité 1 où il n'y a pas de prescription parasismique particulière pour les bâtiments à risque normal (l'aléa sismique associé à cette zone est qualifié de très faible),
- Quatre zones de sismicité 2 à 5, où les règles de construction parasismique sont applicables aux nouveaux bâtiments, et aux bâtiments anciens dans des conditions particulières.

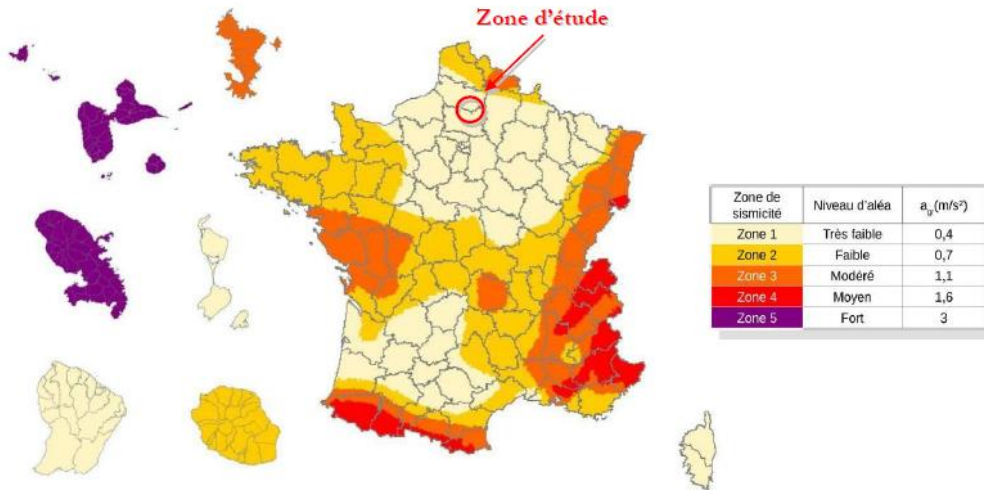


Figure 6 : Zone sismique de la France (Source : MEDDTL, 2011)

Comme le montre la figure 7, la zone du projet se trouve dans une zone de sismicité très faible (niveau1), traduisant des risques d'accélération inférieures à 0.4 m/s². Il n'y a donc pas de contraintes spécifiques liées au risque sismique pour les installations ne relevant pas de la législation sur les installations à risques pour l'environnement.

Aucun épicentre de séisme, ni aucun séisme ressenti n'a été enregistré sur les communes du site.

- **Inondations**

La commune de Rethonvillers a été confrontée à des inondations et coulées de boues ainsi que des mouvements de terrain. Elles ne sont concernées par aucun plan de prévention des risques.

Les arrêtés de catastrophes naturelles enregistrées sur les communes de la zone d'implantation potentielle sont les suivants :

Communes	Type de catastrophe	Date de début	Date de fin	Date d'Arrêté	Parution au Journal Officiel
Rethonvillers	Inondations et coulées de boue	25/12/1999	25/12/1999	29/12/1999	30/12/1999
	Inondations et coulées de boue	28/05/1992	29/05/1992	24/12/1992	16/01/1993
	Inondations coulées de boue et mouvements de terrain	07/06/2007	08/06/2007	18/10/2007	25/10/2007

Tableau 6 : Arrêtés de catastrophe naturelle pris sur les communes de la zone d'étude (Source : prim.net)

Les inondations par remontées de nappe sont des phénomènes complexes qui se produisent lorsque le niveau d'une nappe superficielle libre dépasse le niveau topographique des terrains qui la renferment, provoquant ainsi une inondation.

La zone d'implantation potentielle présente un risque globalement faible à très faible d'inondation dans les sédiments, même si la nappe est relevée comme affleurante sur certaines dépressions du relief (Figure 7).

Si un risque d'inondation semble exister au sein même de la zone d'implantation potentielle avec la présence d'aléa moyen à très élevée en raison de point bas ou de vallées sèches, l'Atlas des Zones Inondables vient minimiser cette classification. En effet, la zone d'implantation potentielle n'est pas concernée par une zone inondable comme peut le présenter la vallée de la Somme.

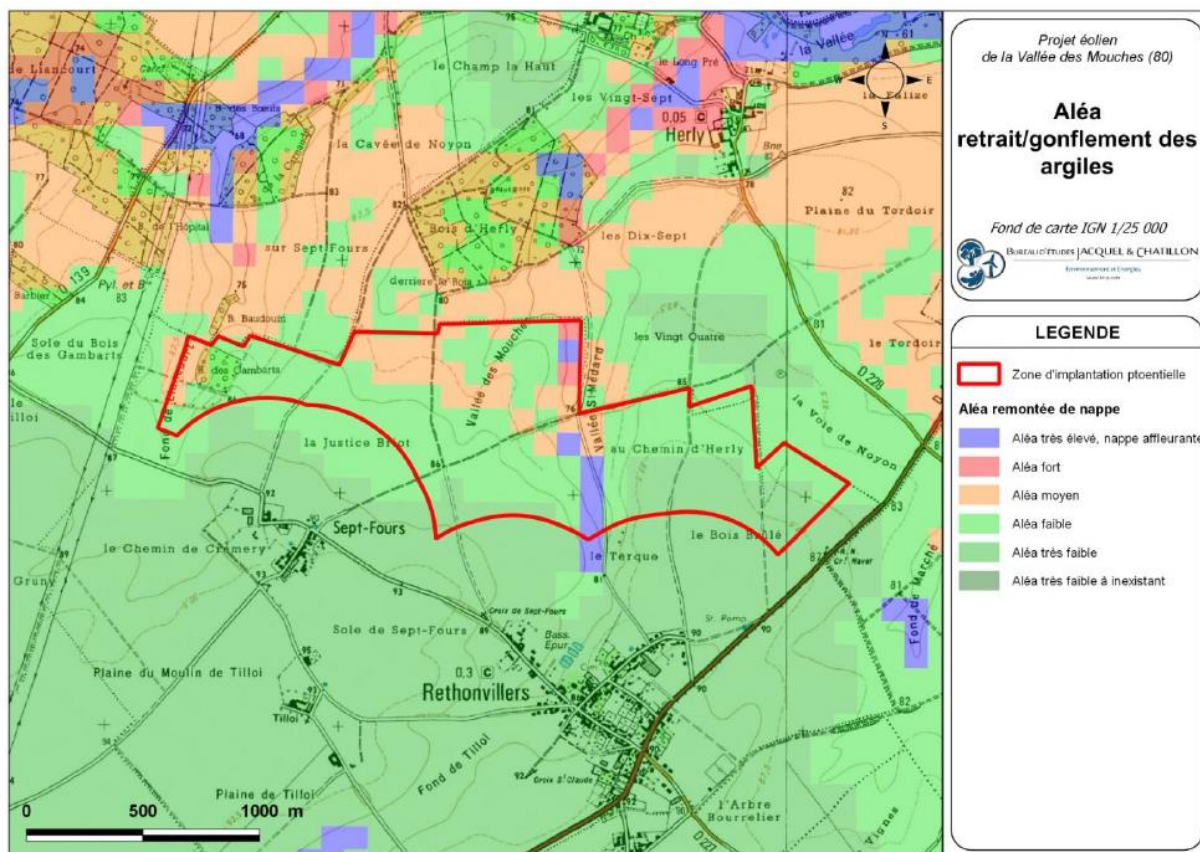


Figure 7 : Aléa inondation par remontée de nappes (BE Jacquel et Chatillon d'après données BRGM)

- **Tempêtes**

En météorologie marine, une tempête correspond à la force 10 de l'échelle Beaufort. La force 10 correspond à des vents moyens de 89 à 117 km/h. Par analogie, les météorologues nomment « tempêtes » les rafales de vent dépassant les 100 km/h dans l'intérieur des terres (Source : Météo France).

Au niveau régional, le nombre moyen de jours de tempêtes, c'est-à-dire avec vent maximal supérieur à 100 km/h, est de 4,2.

➔ **Compte tenu de la fréquence des vents forts, la sensibilité du site sur le plan des risques liés aux tempêtes est faible.**

- **Incendie**

D'après la base de données du Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie, la commune concernée par le projet n'est pas exposée aux risques feux de forêts (Figure 8)

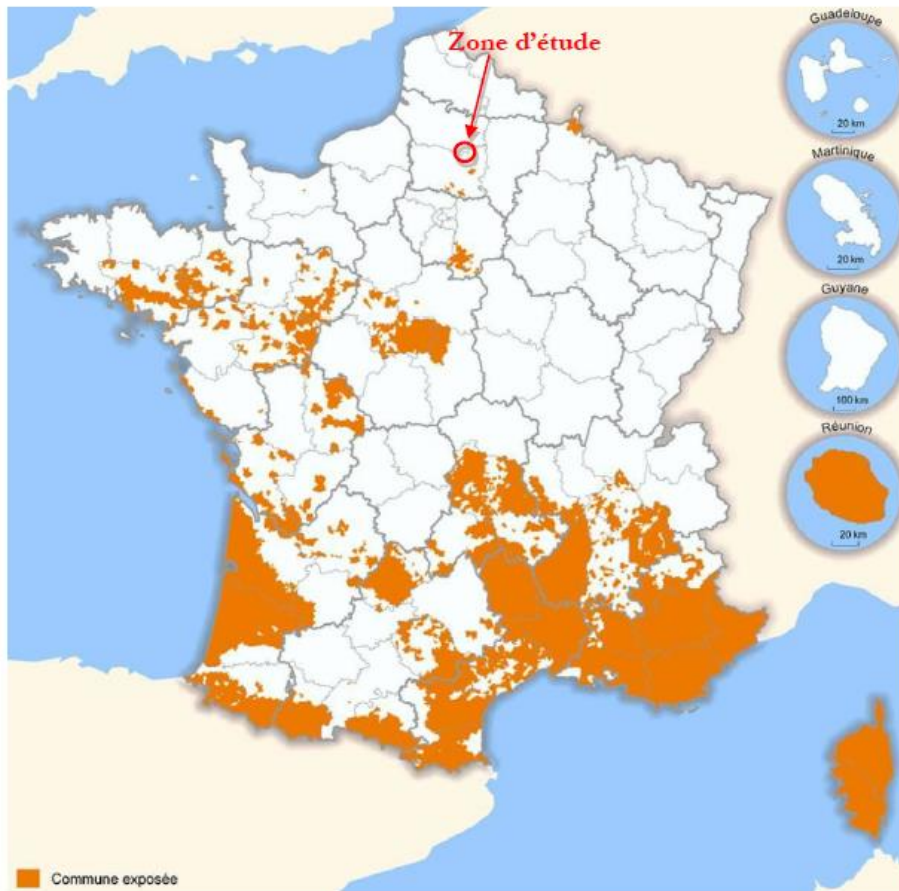


Figure 8 : Communes exposées au risque de feux de forêts (Source : MEEDDM, 2010)

Les communes comprises dans l'aire d'étude éloignée du projet, ne sont pas identifiées comme sujettes à des risques feux de forêts, cet enjeu est donc nul.

- **Mouvements de terrain**

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).

Les cavités souterraines peuvent être naturelles (formes exo karstiques telles que les dolines) ou anthropiques comme les carrières.

A ce titre le BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières) réalise des inventaires afin de répertorier toutes ces formes. Ce recensement peut être consultable au travers des cartes en ligne sur le site du BRGM.

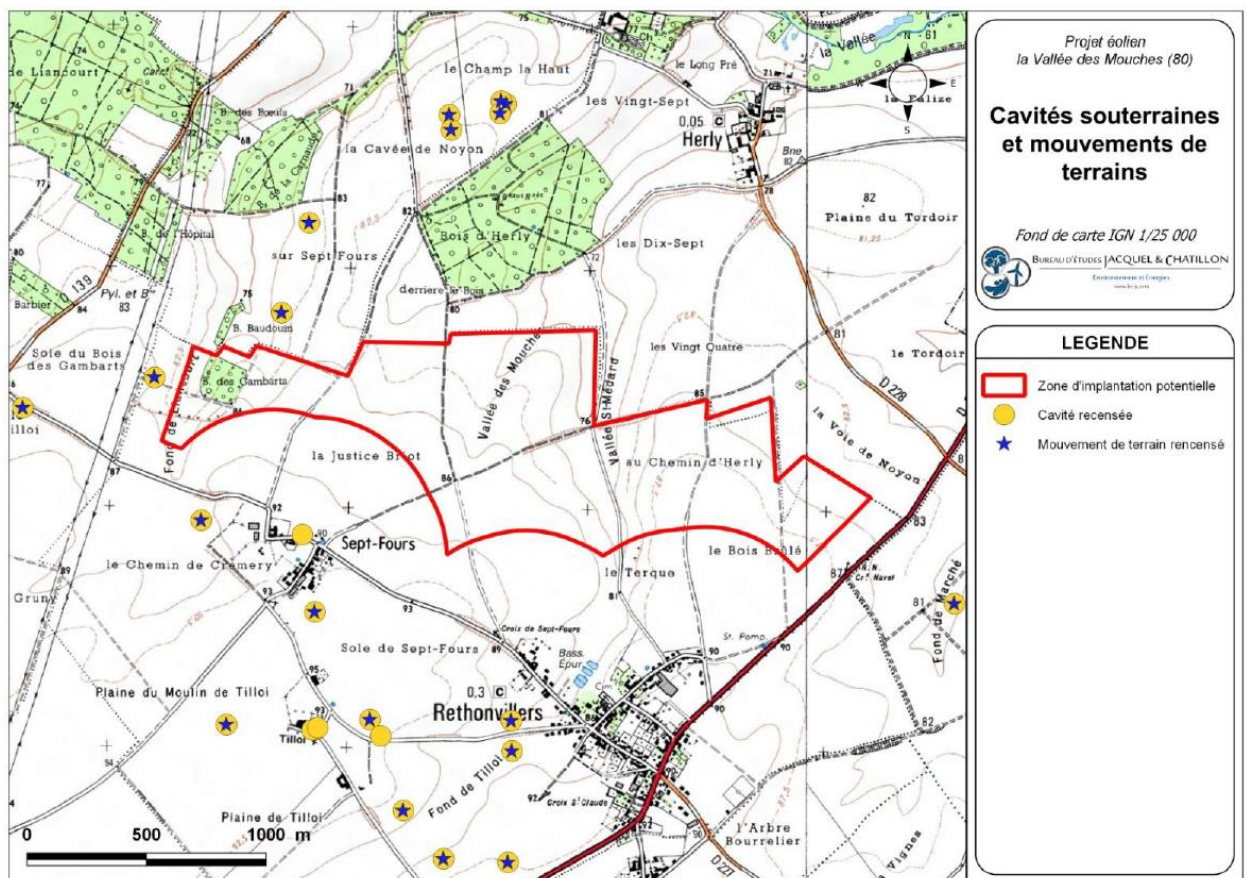


Figure 9 : Cartographie des mouvements de terrain et des cavités au niveau de la ZIP du projet (Source : BRGM – Jacquiel & Chatillon)

La figure 9 nous informe que la sensibilité de la zone aux mouvements de terrains est modérée puisque des glissements apparaissent et se localisent du côté ouest de la zone d'implantation potentielle. Ces mouvements de terrains sont caractérisés par des effondrements et sont à mettre en relation avec la présence de cavités souterraines. Ces aléas sont à mettre en lien avec la géologie locale et la présence, sur ce secteur, de marnes pouvant faire office de plan de glissement.

- **Aléa retrait – gonflement des argiles**

Le phénomène de retrait – gonflement des formations est engendré par les propriétés argileuses des sols soumis à des phases successives de sécheresse et réhydratation.

A ce titre le BRGM a réalisé une étude visant à caractériser les niveaux d'aléas liés au retrait et au gonflement des argiles. Ces cartes, consultables en ligne sur Internet par le site du BRGM, mettent en évidence les aléas suivants pour les sites d'implantation potentielle :

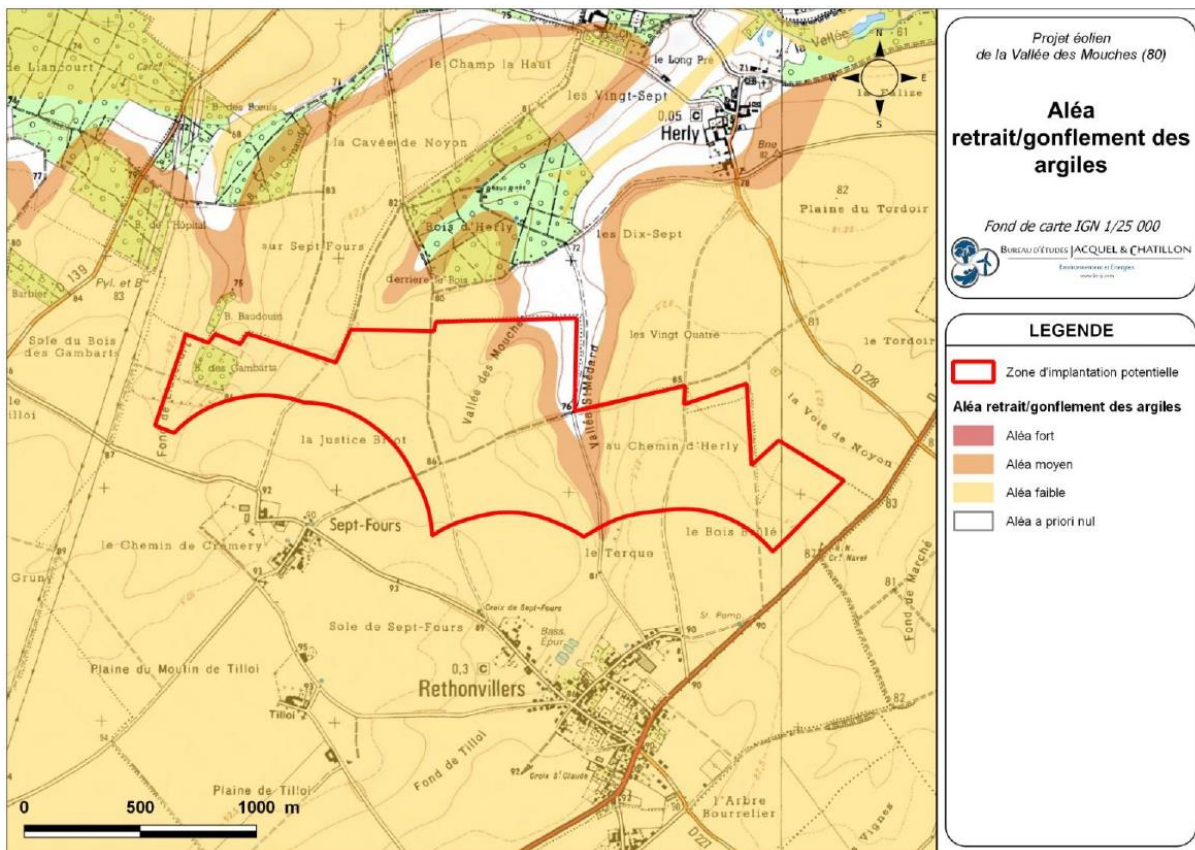


Figure 10 : Aléa retrait – gonflement des argiles au niveau de la ZIP (source BRGM - Jacquel & Chatillon)

La zone d'implantation potentielle est donc concernée ici par un aléa retrait – gonflement des argiles faible. On notera également une frange d'aléa moyen.

On retiendra par conséquent l'existence de ce risque potentiel, qui devra être pris en compte, principalement au moment de l'élaboration des massifs de fondation, même si la présence de cet aléa faible ne présente pas de risque important ou de caractère d'incompatibilité avec le projet.

IV.3 ENVIRONNEMENT MATERIEL

IV.3.1 VOIES DE COMMUNICATION

Le site éolien se situe entre deux routes départementales, la D139 et la D930, une distance minimale de sécurité devra être respectée par rapport à ces routes départementales (Conseil départemental de la Somme) :

Distance minimale de sécurité : $1,5 \times (H + L/2)$

H= Hauteur du mât ; L= longueur des pales

La Zone d'Implantation Potentielle est divisée par la présence de deux voies communales orientées Nord-Sud : Celle d'Étalon à l'ouest de la zone ainsi que celle de Herly à l'est de la zone.

On trouve également plusieurs chemins ruraux comme celui dit de Sept-Fours, ainsi que le chemin d'exploitations.

Les abords de la Zone d'Implantation Potentielle sont desservis par des routes départementales de 3^{ème} catégorie (largeur au-delà de 4 m). L'intérieur de la ZIP n'est cependant desservi que par des routes communales et chemins ruraux, bien répartis néanmoins. Ces routes, peu empruntées, ne présentent aucune problématique liée à la circulation.

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

IV.3.2 RESEAUX PUBLICS ET PRIVÉS

- **Réseau électrique et téléphonique**

La Zone d'Implantation Potentielle n'est pas traversée par le Réseau de Transport d'Electricité. Toutefois deux lignes Hautes Tension se trouvent aux alentours de la ZIP :

- La liaison Pertain-Roye de 63kV & 225kV à l'ouest de la ZIP
- La liaison Latena Pertain de 225kV à l'est de la ZIP

Les distances de sécurité à respecter sont de $1,4 \times h$ (BDP) pour 225kv = 252 mètres

Les distances de sécurité à respecter sont de $1,2 \times h$ (BDP) pour 63kv = 216 mètres

Ces distances sont respectées pour les 5 éoliennes implantées.

Un faisceau hertzien SFR est identifié au nord-est de la ZIP.

Le faisceau hertzien Bouygues le plus proche se trouve à 1,6km de la ZIP et ne sera pas impacté par le parc éolien.

Des ouvrages Oranges sont présents à l'extrémité Est de le ZIP, aucune éolienne ne sera implantée à proximité directe de ces ouvrages. Aussi, aucune recommandation de recul n'a été précisée de la part d'Orange dans sa réponse à nos demandes de servitudes.

L'enjeu est faible, le projet éolien de par sa position n'aura aucune incidence sur les faisceaux hertziens.

IV.4 CARTOGRAPHIE DE SYNTHESE

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 de danger :

- Le nombre de personnes exposées par secteur (champs, routes, habitation, etc.),
- 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.

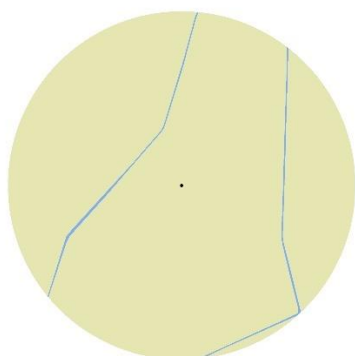
Compte tenu des spécificités de l'organisation spatiale d'un parc éolien, composé de plusieurs éléments disjoints, la zone sur laquelle porte l'étude de dangers est constituée d'une aire d'étude par éolienne (comprise de 0 à 500m de diamètre). Suivant les scénarios qui seront traités dans la suite de 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 dont le code couleur utilisé correspond à la légende ci-dessous :

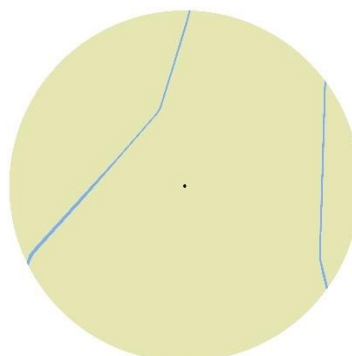


Figure 11 : Cartographie de synthèse du périmètre d'étude du projet éolien de la Vallée des Mouches (Source : PARC EOLIEN SOMME 1)

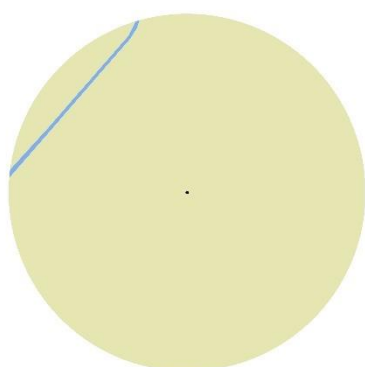
Eolienne1_E1



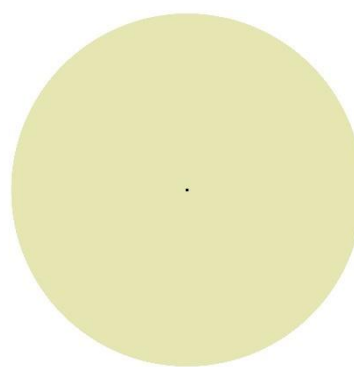
F1. Rayon 500m



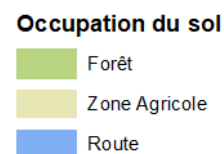
F2. Rayon 375m



F3. Rayon 180m

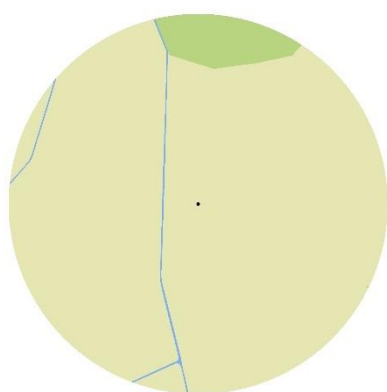


F4. Rayon 70m

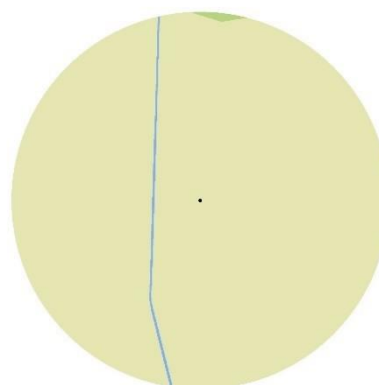


Eolienne 1 _E1	Rayon d'étude (m)			
	500	375	180	70
Agriculture				
Surface (en m ²)	776740,94	436841,62	101081,06	15393,80
% Surfaccique	98,90%	98,88%	99,31%	100,00%
Equivalent personne	0,78	0,44	0,10	0,02
Forêt				
Surface (en m ²)	0,00	0,00	0,00	0,00
% Surfaccique	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Equivalent personne	0,00	0,00	0,00	0,00
Route non structurante				
Surface (en m ²)	8657,23	0,00	0,00	0,00
% Surfaccique	1,10%	1,12%	0,69%	0,00%
Equivalent personne	0,09	0,05	0,01	0,00
Route structurante				
Linéaire (en m)	0,00	0,00	0,00	0,00
Equivalent personne	0,00	0,00	0,00	0,00
Total				
Equivalent personne total	0,86	0,49	0,11	0,02

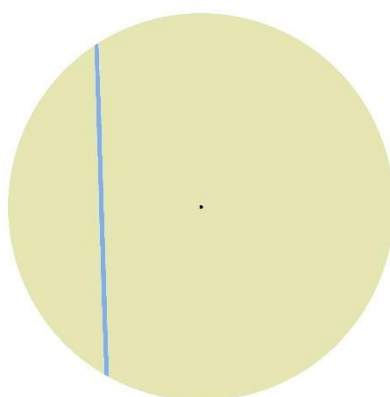
Eolienne 2_ E2



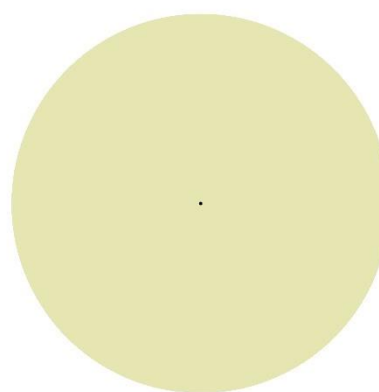
F1. Rayon 500m



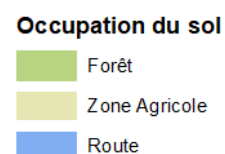
F2. Rayon 375m



F3. Rayon 180m

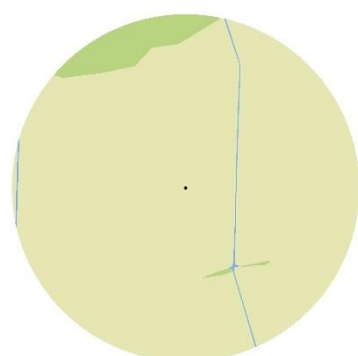


F4. Rayon 70m

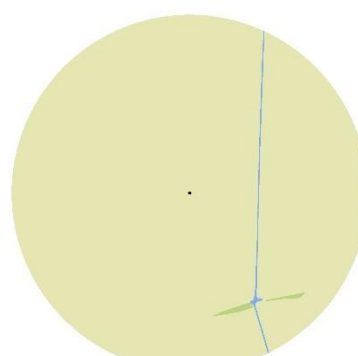


	Rayon d'étude (m)			
Eolienne 2_ E2	500	375	180	70
Agriculture				
Surface (en m ²)	742466,97	438429,44	101253,71	15393,80
% Surfaccique	94,36%	99,08%	98,74%	100,00%
Equivalent personne	0,74	0,44	0,10	0,02
Forêt				
Surface (en m ²)	38881,57	1226,87	0,00	0,00
% Surfaccique	4,90%	0,24%	0,00%	0,00%
Equivalent personne	0,04	0,00	0,00	0,00
Route non structurante				
Surface (en m ²)	4049,62	2130,16	533,89	0,00
% Surfaccique	0,74%	0,69%	1,26%	0,00%
Equivalent personne	0,06	0,03	0,01	0,00
Route structurante				
Linéaire (en m)	0,00	0,00	0,00	0,00
Equivalent personne	0,00	0,00	0,00	0,00
Total				
Equivalent personne total	0,84	0,47	0,11	0,02

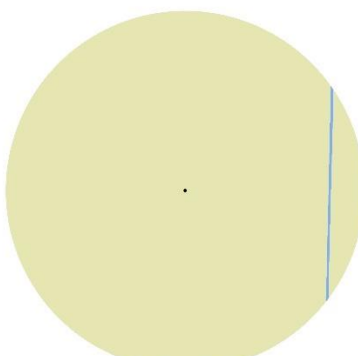
Eolienne 3_E3



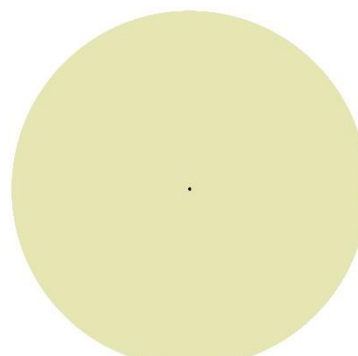
F1. Rayon 500m



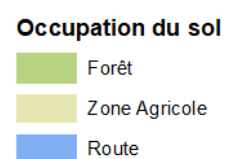
F2. Rayon 375m



F3. Rayon 180m

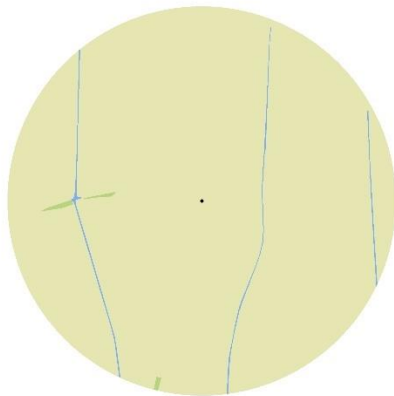


F4. Rayon 70m

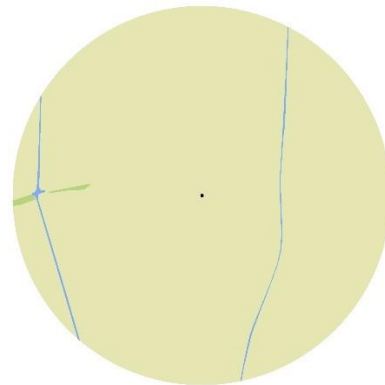


Eolienne 3_E3	Rayon d'étude (m)			
	500	375	180	70
Agriculture				
Surface (en m ²)	742466,97	438429,44	101253,71	15393,80
% Surfacique	94,53%	99,24%	99,48%	100,00%
Equivalent personne	0,74	0,44	0,10	0,02
Forêt				
Surface (en m ²)	38881,57	1226,87	0,00	0,00
% Surfacique	4,95%	0,28%	0,00%	0,00%
Equivalent personne	0,04	0,00	0,00	0,00
Route non structurante				
Surface (en m ²)	4049,62	2130,16	533,89	0,00
% Surfacique	0,52%	0,48%	0,52%	0,00%
Equivalent personne	0,04	0,02	0,01	0,00
Route structurante				
Linéaire (en m)	0,00	0,00	0,00	0,00
Equivalent personne	0,00	0,00	0,00	0,00
Total				
Equivalent personne total	0,82	0,46	0,11	0,02

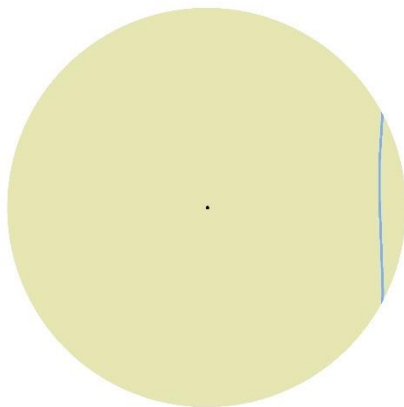
Eolienne 4_ E4



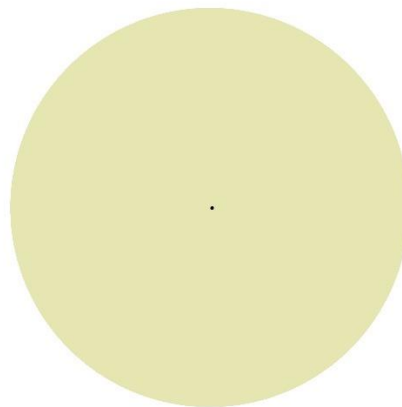
F1. Rayon 500m



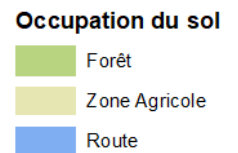
F2. Rayon 375m



F3. Rayon 180m

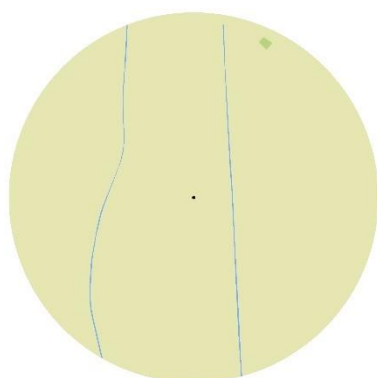


F4. Rayon 70m

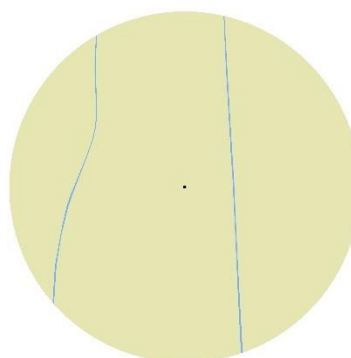


Eolienne 4_ E4	Rayon d'étude (m)			
	500	375	180	70
Agriculture				
Surface (en m ²)	780356,46	439042,54	101437,45	15393,80
% Surfaccique	99,36%	99,38%	99,66%	100,00%
Equivalent personne	0,78	0,44	0,10	0,02
Forêt				
Surface (en m ²)	456,72	285,41	0,00	0,00
% Surfaccique	0,06%	0,06%	0,00%	0,00%
Equivalent personne	0,00	0,00	0,00	0,00
Route non structurante				
Surface (en m ²)	4584,99	2458,52	350,15	0,00
% Surfaccique	0,58%	0,56%	0,34%	0,00%
Equivalent personne	0,05	0,02	0,00	0,00
Route structurante				
Linéaire (en m)	0,00	0,00	0,00	0,00
Equivalent personne	0,00	0,00	0,00	0,00
Total				
Equivalent personne total	0,83	0,46	0,10	0,02

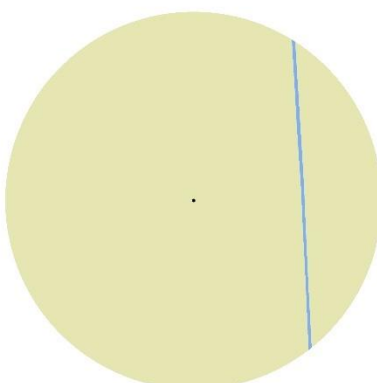
Eolienne 5_ E5



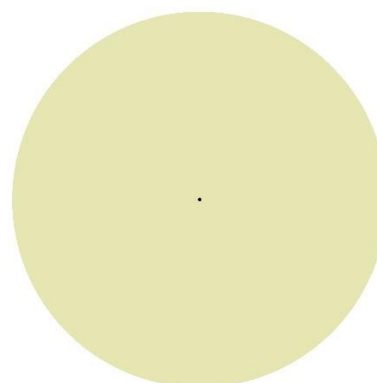
F1. Rayon 500m



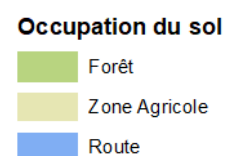
F2. Rayon 375m



F3. Rayon 180m



F4. Rayon 70m



Eolienne 5_ E5	Rayon d'étude (m)			
	500	375	180	70
Agriculture				
Surface (en m ²)	779454,29	438209,62	100937,94	15393,80
% Surfaccique	99,24%	99,19%	99,17%	100,00%
Equivalent personne	0,78	0,44	0,10	0,02
Forêt				
Surface (en m ²)	615,77	0,00	0,00	0,00
% Surfaccique	0,08%	0,00%	0,00%	0,00%
Equivalent personne	0,00	0,00	0,00	0,00
Route non structurante				
Surface (en m ²)	5328,11	3576,85	849,67	0,00
% Surfaccique	0,68%	0,81%	0,83%	0,00%
Equivalent personne	0,05	0,04	0,01	0,00
Route structurante				
Linéaire (en m)	0,00	0,00	0,00	0,00
Equivalent personne	0,00	0,00	0,00	0,00
Total				
Equivalent personne total	0,83	0,47	0,11	0,02

IV.5 SYNTHÈSE DES CIBLES

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

Distance (en m) par

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
Forêt	360	Au Nord de l'éolienne E2
Route non structurante	95	A l'Ouest de l'éolienne E2
Route structurante	0	Aucune route structurante proche du projet

Tableau 7 : Synthèse des cibles présentes dans le périmètre d'étude (Source : PARC EOLIEN SOMME 1)

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 VI), 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.

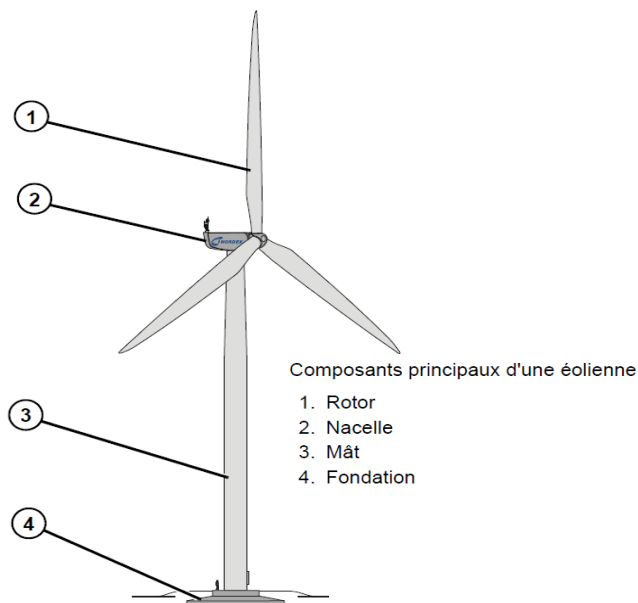


Figure 12 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur

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 Vallée des Mouches est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent avec une hauteur (mât + pale) de 180 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 Vallée des Mouches est composé de 5 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 : Lambert CC 50) :

Numéro de l'éolienne	X	Y	Altitude au sol (En m)	Altitude cumulée (En m)
E1	1689282,21	9171750,32	84,47	264,47
E2	1689669,87	9171795,02	84,4	264,4
E3	1690062,70	9171833,99	80,9	260,9
E4	1690526,65	9171601,24	86,4	266,4
E5	1690872,66	9171365,12	87,98	267,98
PDL1	1689577,42	9171633,02	85,3	88,15
PDL2	1690612,25	9171247,50	89,54	92,36

Tableau 8 : Coordonnées géographiques des éoliennes et postes de livraison

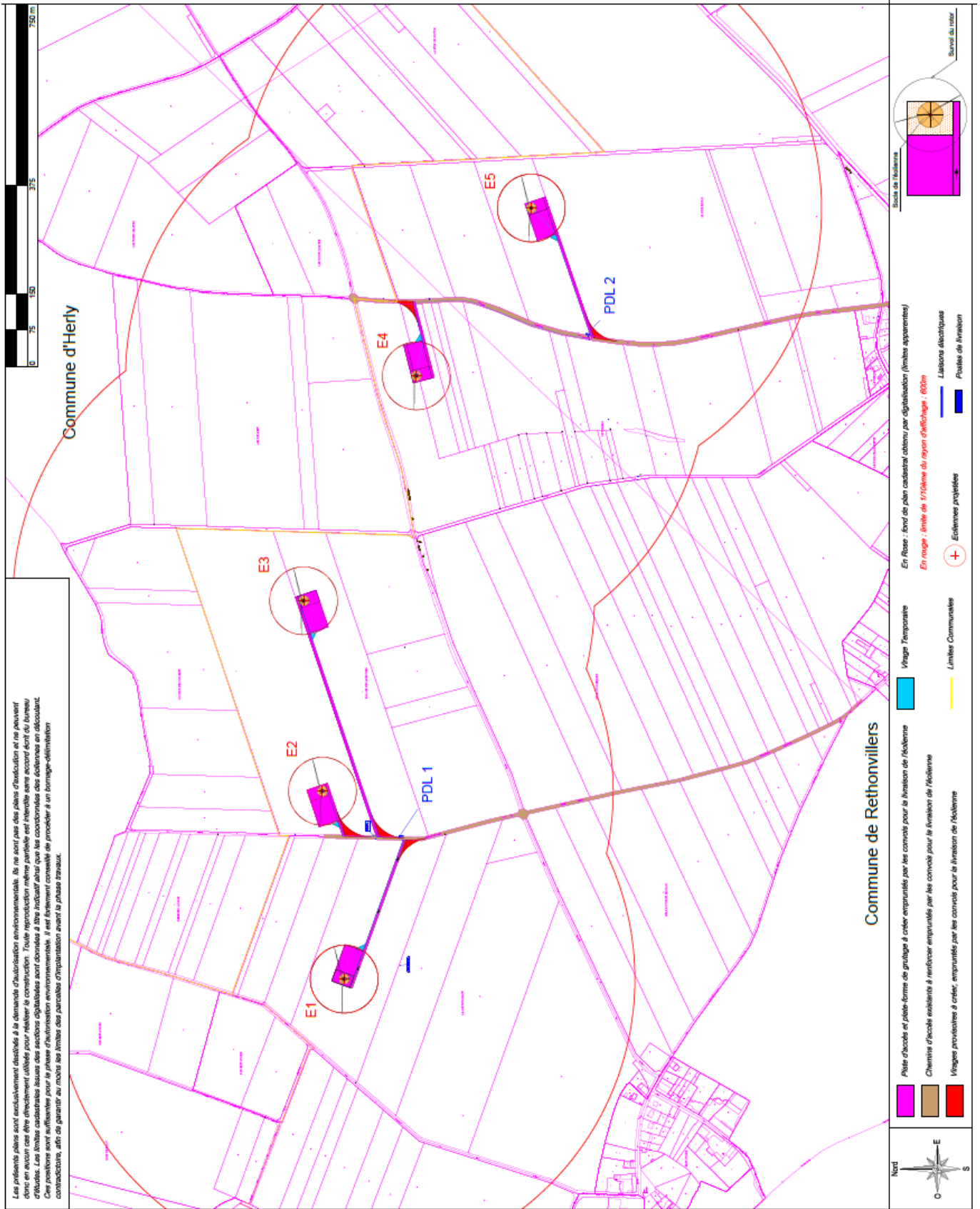


Figure 13 : Plan d'implantation du projet éolien de la Vallée des Mouches

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 3.7 MW par exemple, la production électrique atteint 3 700 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 Senvion 3.7M140, qui est l'éolienne utilisée dans le cadre de cette étude de dangers pour le projet éolien de la Vallée des Mouches.

Elément de l'installation	Fonction	Caractéristiques
Fondation	<i>Ancrer et stabiliser l'éolienne dans le sol</i>	<ul style="list-style-type: none"> • En béton armé, • <u>Dimension</u> : Design adapté en fonction des études géotechniques et hydrogéologiques réalisées avant la construction
Mât	<i>Supporter la nacelle et le rotor</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Tubulaire en acier ou hybride • <u>Protection contre la corrosion</u> : Revêtement multicouche résine époxy • <u>Fixation du pied du mât</u> : Cage d'ancrage noyée dans le béton de fondation.
Nacelle	<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"> • <u>Un arbre en rotation</u>, entraîné par les pâles, • <u>La génératrice</u> : Technologie asynchrone à cage d'écureuil, couplée à un convertisseur pleine puissance. Tension nominale de 750V • <u>Multiplification</u> : Engrenage planétaire à 3 étages.
Rotor / pâles	<i>Capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice</i>	<ul style="list-style-type: none"> • 3 par machine, • <u>Longueur</u> : 70 m • <u>Surface balayée</u> : 15390 m² • Constitué d'un seul bloc de plastique armé à fibre de verre et au carbone, protection contre la foudre intégrée • <u>Contrôle de vitesse</u> : Variable via microprocesseur • <u>Contrôle de survitesse</u> : Pitch électro-motorisé indépendant sur chaque pôle • Orientation active des pales face au vent
Transformateur	<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"> • A l'intérieur du mât • Tension de 20 kV à la sortie.
Poste de livraison	<i>Adapter les caractéristiques du courant électrique à l'interface entre le réseau privé et le réseau public</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Equipé de différentes cellules électriques et automates qui permettent la connexion et la déconnexion du parc éolien au réseau 20kV.

Tableau 9 : Synthèse du fonctionnement des aérogénérateurs selon le tableau type de l'INERIS/SER/FEE, 2012

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 Senvion, 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 et IEC 60034 code II
- 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 (de janvier 2006) et appartiennent à la Classe de Protection Foudre I.
- Les niveaux acoustiques répondent au standard IEC 61400-11
- Les éoliennes Senvion 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 Senvion 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 de la Vallée des Mouches, 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).

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 au 13 juillet 2010 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 Senvion sont surveillées et pilotées à distance.

Pour cela, les installations Senvion 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, etc.).

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 Senvion, 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 Senvion 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 du manuel de maintenance d'un aérogénérateur Senvion :

1. Contrôles visuels généraux
2. Pales (vérifications visuelles, relevé des cartes foudre)
3. Ecrous de pale (serrages)
4. Roulements de pale
5. Système de pitch (orientation de la pale)
6. Moyeu
7. Roulement du rotor
8. Système de blocage du rotor
9. Multiplicateur
10. Slip ring (collecteur à bagues rotatives)
11. Frein de sécurité actif
12. Accouplement
13. Génératrice
14. Groupe hydraulique
15. Système de refroidissement du convertisseur
16. Freins d'azimut
17. Roulement d'azimut
18. Mécanisme d'orientation de la nacelle
19. Système électrique (câbles / gaines à barre)
20. Equipement de la tour
21. Système de contrôle commande et convertisseur
22. Transformateur sec en pied de mât
23. Câbles électriques en haut de mât
24. Cellules HTA
25. Câblage électrique en pied de mât
26. Fonctions de sécurité
27. Nettoyage de l'aérogénérateur
28. Massif de fondation
29. Environnement de l'aérogénérateur

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 Vallée des Mouches.

V.3 FONCTIONNEMENT DES RESEAUX DE L'INSTALLATION

V.3.1 RACCORDEMENT ELECTRIQUE

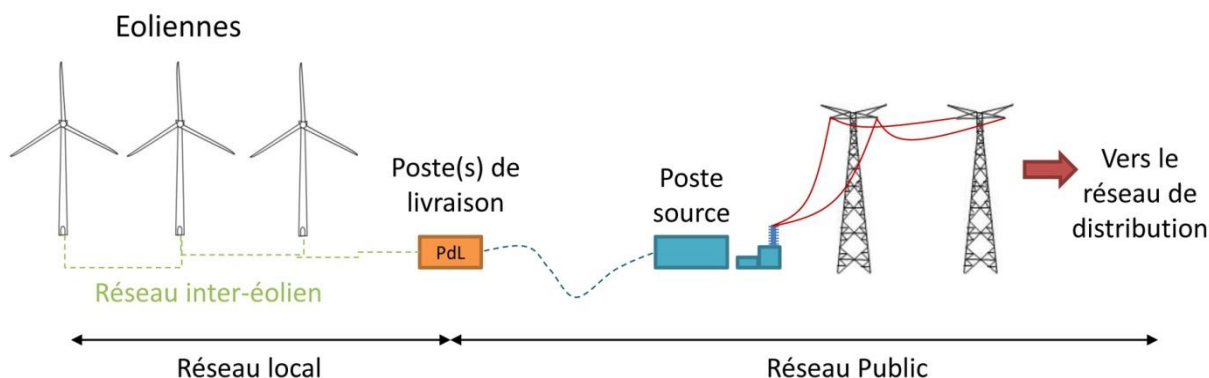


Figure 14 : Raccordement électrique des installations

❖ Réseau inter-éolien

Le réseau inter-éolien permet de relier le transformateur, intégré ou non dans le mât de chaque éolienne³, 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 Vallée des Mouches comprend 2 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.

³ 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.

V.3.2 AUTRES RESEAUX

Le projet éolien de la Vallée des Mouches 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.

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.

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

Tableau 10: 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. La quantité est estimée de 600 à 700 litres par éolienne. 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 Senvion ne sont classifiés comme CMR (Cancérogène, Mutagène, Repro-toxique) 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 détaillés 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 remontés 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, Senvion 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 Vallée des Mouches 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

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

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

Les installations éoliennes, ne consommant pas de 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. Néanmoins, il a été possible d'analyser les informations collectées en France et dans le monde par plusieurs organismes divers (associations, organisations professionnelles, littératures spécialisées, etc.). Ces bases de données sont cependant très différentes tant en termes de structuration des données qu'en termes 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. D'autres informations sont également utilisées dans la partie VIII 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 Vallée des Mouches. Cet inventaire se base sur le retour d'expérience de la filière éolienne tel que présenté dans le guide technique de conduite de l'étude de dangers (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 depuis l'année 2000. 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. Elles sont représentées 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.

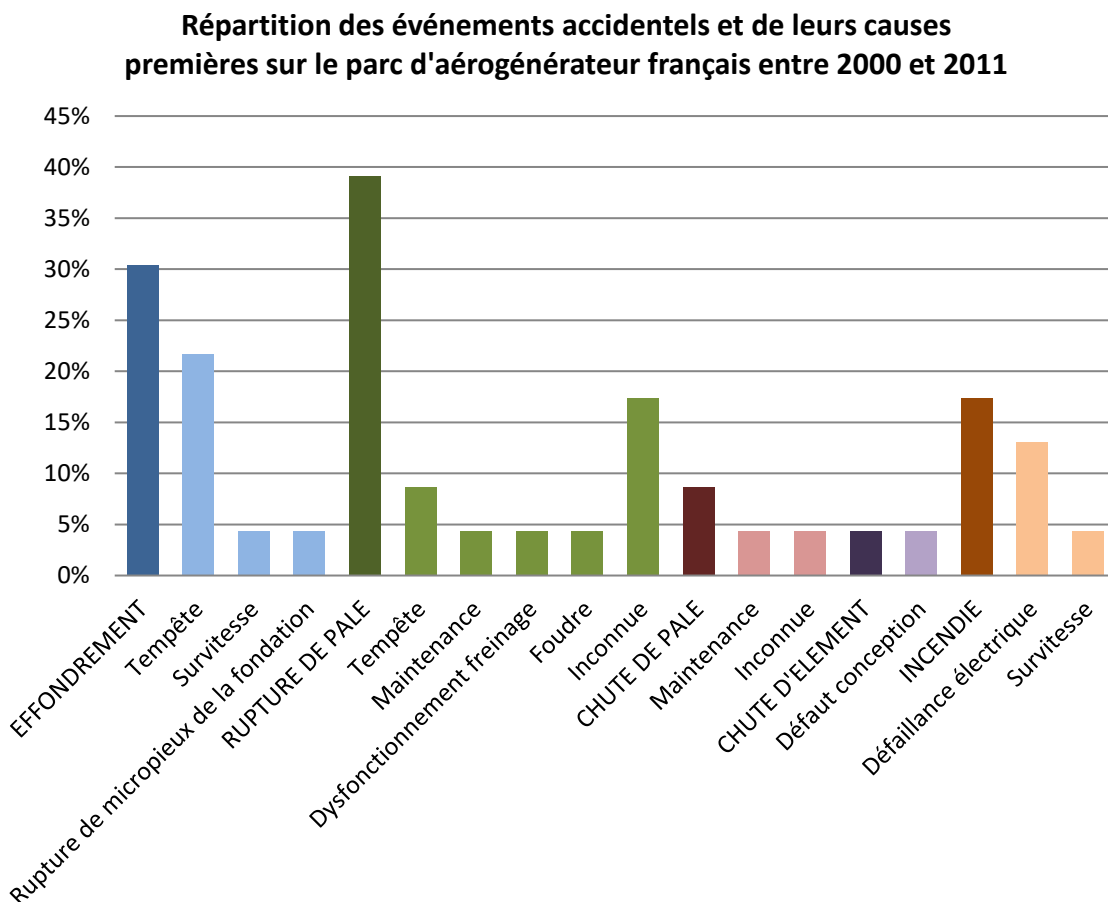


Figure 15 : Répartition par type d'accident en France entre 2000 et 2011

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.

La base de données ARIA du Ministère du Développement Durable permet également de recenser les incidents survenus depuis l'année 2012. Sur le même principe que la figure 15, le graphique suivant montre la répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateurs français entre 2012 et 2016.

Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateur français entre 2012 et 2016

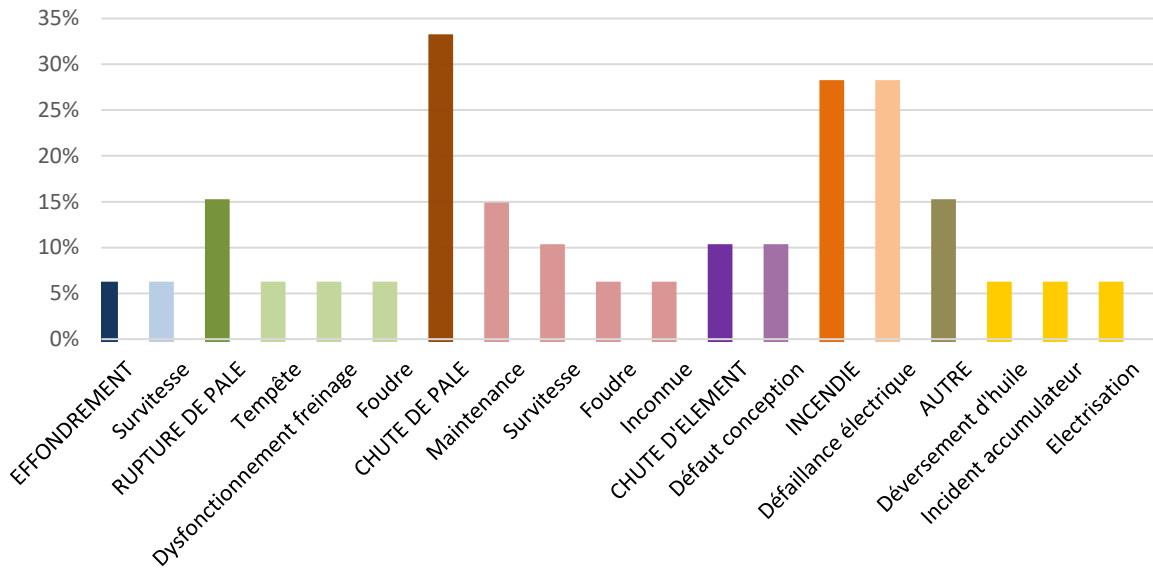


Figure 16 : Répartition par type d'accident en France entre 2012 et 2016

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 2012-2016.

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.

La synthèse ci-dessous provient de l'analyse de la base de données réalisée par l'association Caithness Wind Information Forum (CWIF). Sur les 994 accidents décrits dans la base de données au moment de sa consultation par le groupe de travail précédemment mentionné, seuls 236 sont considérés comme des « accidents majeurs ». Les autres concernant plutôt des accidents du travail, des presque-accidents, des incidents, etc. et ne sont donc pas pris en compte dans l'analyse suivante.

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

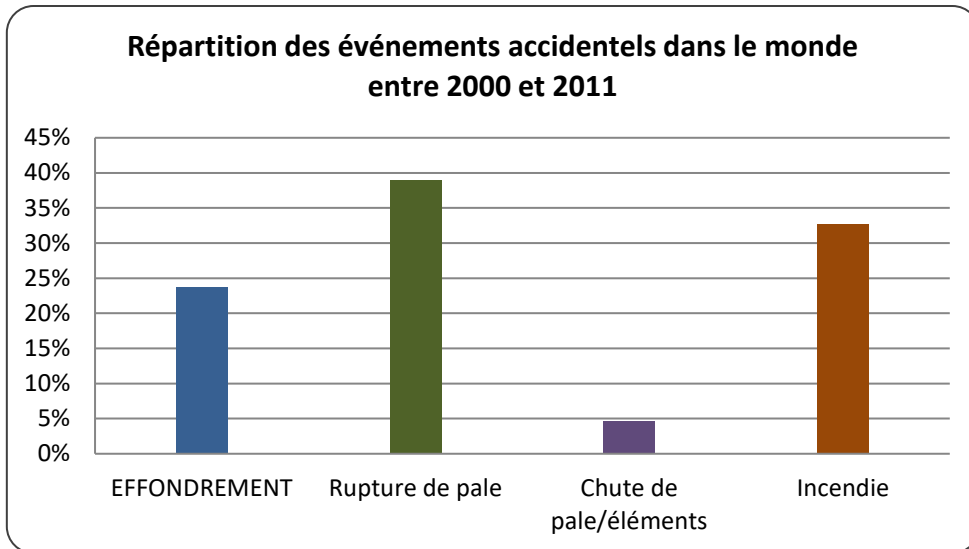


Figure 17 : Répartition des accidents dans le monde

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).

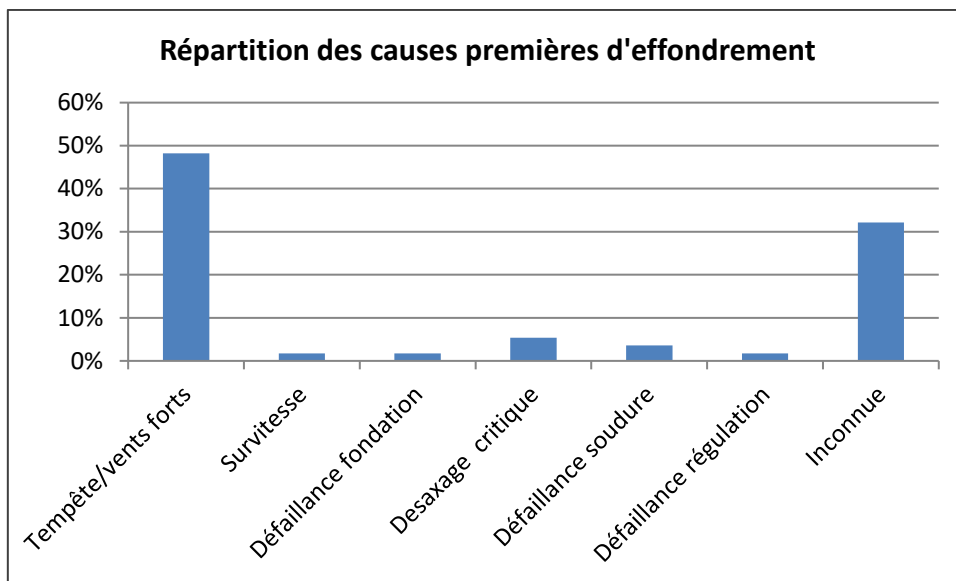


Figure 18 : Répartition des causes d'effondrement

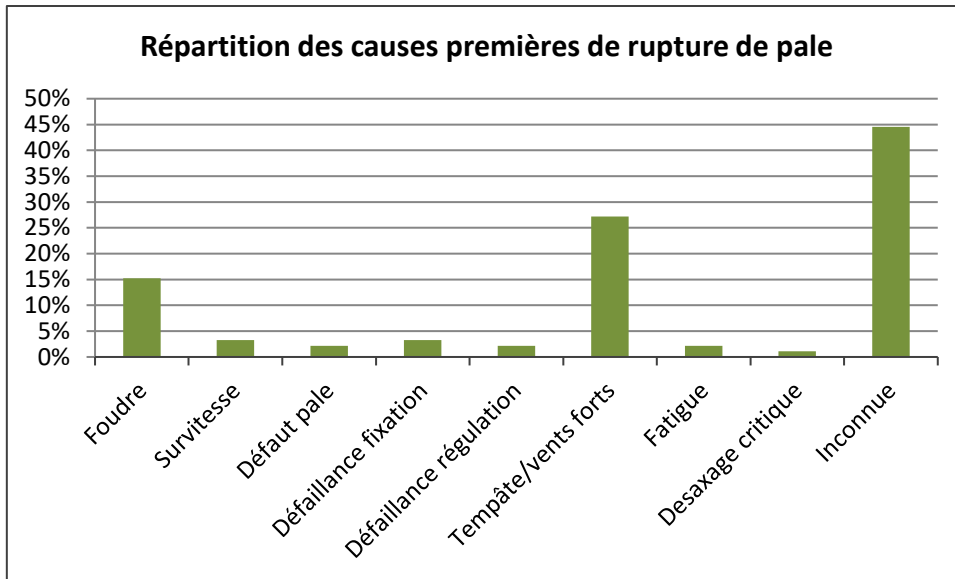


Figure 19 : Répartition des causes de rupture de pale

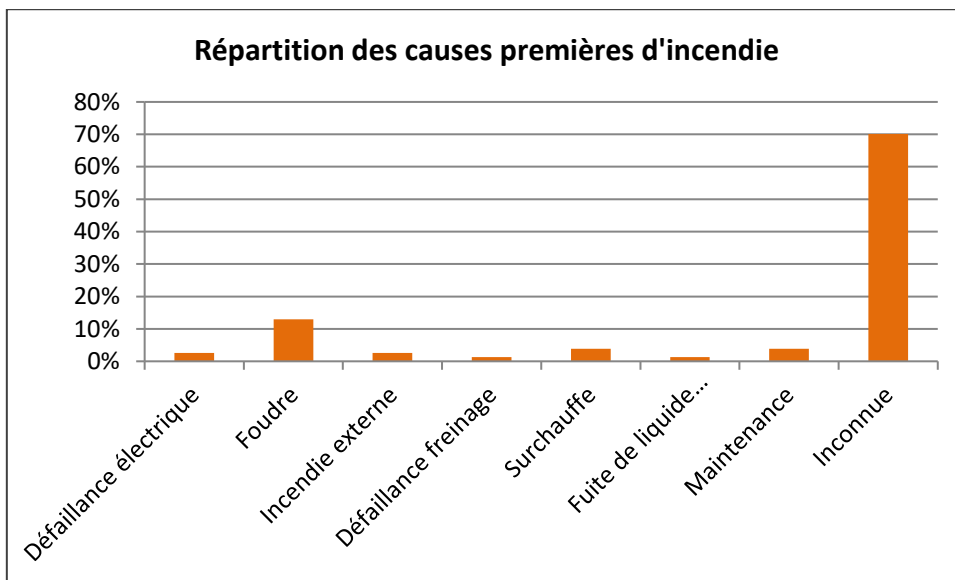


Figure 20 : Répartition des causes d'incendie

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

VII.3 SYNTHÈSE DES PHÉNOMÈNES DANGEREUX REDOUTÉS 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.

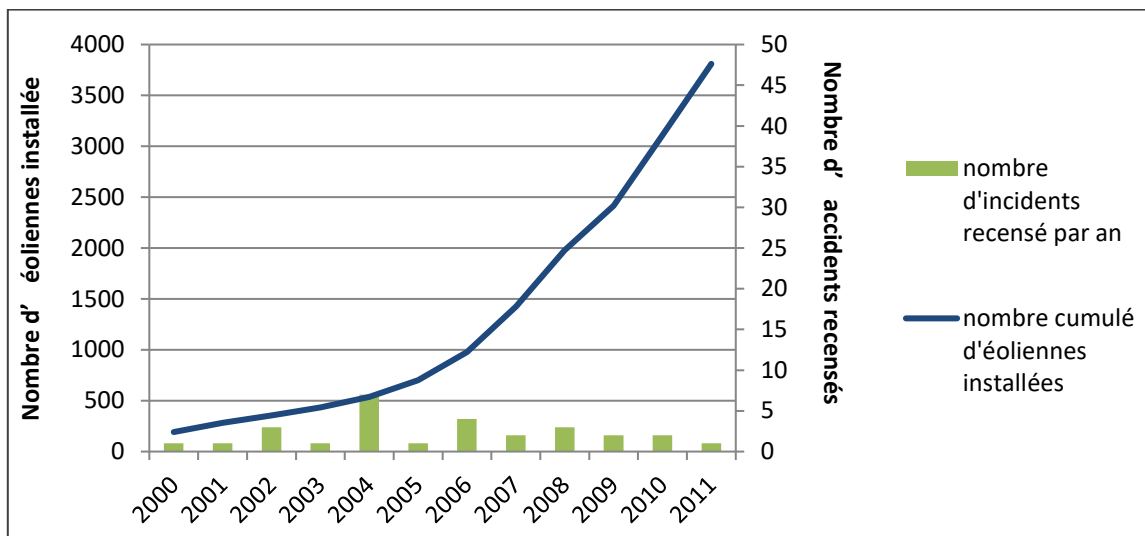


Figure 21 : Evolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées

On note bien l'essor de la filière française à partir de 2005, alors que le nombre d'accidents reste relativement constant. Les chiffres de 2012 à 2016 montrent une progression toujours importante du nombre d'éoliennes installées en France avec un nombre d'accident annuel qui reste inférieur à 5 (excepté pour l'année 2012). Cette tendance d'un nombre d'incidents relativement faible avec un développement fort de la filière éolienne se confirme donc sur les dernières années.

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

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

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

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
Evénement 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		200 m	2000 m	200 m	500 m
Distance par rapport au mât des éoliennes	E1	145m	Aucun aérodrome n'est situé dans un périmètre de 2 km.	Aucune ligne THT n'est située à moins de 200 m des éoliennes.	Aucun parc éolien n’est en fonctionnement au sein de l’aire d’étude de danger (500 mètres autour des éoliennes).
	E2	95m			
	E3	145m			
	E4	200m			
	E5	100m			

Tableau 11: Liste des agressions externes liées aux activités humaines (Source : INERIS/SER/FEE, 2012)

Il est à noter que les voies de circulation mentionnées sont des chemins ruraux ou voies communales avec une très faible densité de circulation et que toutes les éoliennes respectent une distance aux routes départementales supérieure à une hauteur de chute et demi, soit 270m minimum. L’éolienne la plus proche d’une route départementale (D930) est l’éolienne E5, elle respecte une distance de 545m.

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	<p>En météorologie marine, une tempête correspond à la force 10 de l'échelle Beaufort. La force 10 correspond à des vents moyens de 89 à 117 km/h.</p> <p>Par analogie, les météorologues nomment « tempêtes » les rafales de vent dépassant les 100 km/h dans l'intérieur des terres (Source : Météo France).</p> <p>Au niveau régional, le nombre moyen de jours de tempêtes, c'est-à-dire avec un vent maximal supérieur à 100 km/h, est de 4,2.</p> <p>Compte tenu de la fréquence des vents forts, la sensibilité du site sur le plan des risques liés aux tempêtes est faible à modéré.</p>
Foudre	<p>Les orages peuvent faire courir des risques aux aérogénérateurs.</p> <p>Selon Météorage, filiale de Météo France, la meilleure représentation de l'activité orageuse est la « densité d'arcs ». Ce critère est le nombre d'arcs de foudre au sol par km² et par an. La densité de foudroiement est estimée à 1,8. Ng (nombre d'impacts de foudre par km²), ce qui correspond à un indice faible (Source : SOULE, 2003)</p> <p>Il est à noter que les éoliennes sont systématiquement munies d'un dispositif anti-foudre, qui les protège contre ce phénomène.</p> <p>Du point de vue climatologique et compte tenu des caractéristiques du site, la sensibilité est considérée comme faible.</p>
Glissement de sols/ affaissement miniers	<p>La sensibilité de la zone aux mouvements de terrains est modérée puisque des glissements apparaissent et se localise du côté ouest de la zone d'implantation potentielle.</p> <p>Ces mouvements de terrains sont caractérisés par des effondrements et sont à mettre en relation avec la présence de cavités souterraines. Ces aléas sont à mettre en lien avec la géologie locale et la présence, sur ce secteur, de marnes pouvant faire office de plan de glissement.</p> <p>Ce type de risque est bien présent mais il peut être considéré comme faible à modéré si l'on considère le risque d'effondrement.</p>

Tableau 12: 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.

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.

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 et 0), 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°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
G01	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales, le mât et la nacelle	Chute de glace lorsque les éoliennes sont arrêtées	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace (N°2)	Impact de glace sur les enjeux	1
G02	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales	Projection de glace lorsque les éoliennes sont en mouvement	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de la glace (N°1)	Impact de glace sur les enjeux	2
I01	Humidité / Gel	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (N°5)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I02	Dysfonctionnement électrique	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (N°5)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I03	Survitesse	Echauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3) Prévenir la survitesse (N°4)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I04	Désaxage de la génératrice / Pièce défectueuse / Défaut de lubrification	Echauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I05	Conditions climatiques humides	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2
I06	Rongeur	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2
I07	Défaut d'étanchéité	Perte de confinement	Fuites d'huile isolante	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Incendie au poste de transformation Propagation de l'incendie	2

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
F01	Fuite système de lubrification Fuite convertisseur Fuite transformateur	Ecoulement hors de la nacelle et le long du mât, puis sur le sol avec infiltration	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
F02	Renversement de fluides lors des opérations de maintenance	Ecoulement	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
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
C3	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 survitesse (N°4)	Impact sur cible	2
P02	Fatigue Corrosion	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	Impact sur cible	2
P03	Serrage inapproprié Erreur maintenance – desserrage	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	2
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

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
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 d'abattage et d'arrimage au sol (N°13)	Projection/chute fragments et chute mât	2
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 13: 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 des Vallée des Mouches, la distance minimum entre deux éoliennes est systématiquement supérieure à 400 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 Vallée des Mouches. 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 Senvion 3.7M140.

Les éléments concernant la Nordex N131 3,9 MW, la Siemens SWT 130 4,3 MW, la Vestas V136 3,45 MW et la General Electric GE120 2,75 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 et stratégie d’arrêt et de redémarrage en cas de formation de givre ou glace		
Description	<p>Détection de la glace et du givre :</p> <p>Chaque aérogénérateur Senvion est équipé en standard d’un système de détection redondant et correspondant à l’état de l’art, qui a été certifié par le bureau de contrôle TÜV Nord, qui permet d’efficacement détecter la présence de givre aussi bien sur une éolienne en rotation que sur une éolienne à l’arrêt.</p> <p>Le concept d’évaluation préalable du risque agissant sur la stratégie et chaîne de réaction de l’éolienne, de son arrêt jusqu’à son redémarrage, est consistant et logique.</p> <p>Les conclusions de la certification du TÜV Nord sont les suivantes :</p> <p>Le système installé par Senvion pour la détection de glace sur les pales et l’arrêt des machines qui s’ensuit est plausible et en phase avec l’état de l’art technologique.</p> <p>L’examen du système a démontré qu’il est efficace afin d’éviter lors de la rotation du rotor des éoliennes Senvion la projection d’épais fragments de glace source de danger.</p> <p>En s’appuyant sur la stratégie et procédure de contrôle de l’éolienne, il peut être déduit qu’il n’y aura pas de projection de fragments de taille importante lors du redémarrage de l’éolienne lorsqu’elle aura été auparavant arrêtée sur détection de glace.</p> <p>La formation de glace sur une éolienne à l’arrêt est comparable avec la formation de glace sur des tours, des ponts ou des mâts, et par conséquent, ne représente pas un risque significatif nécessitant de prendre des mesures additionnelles.</p> <p>Les trois méthodes redondantes de détection utilisées sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Comparaison des mesures de vent par deux anémomètres sur la nacelle, l’un étant chauffé, l’autre non, associé à des paramètres climatiques additionnels (notamment critère de température) - Analyse de données de fonctionnement de l’éolienne, le dépôt de givre modifiant le profil aérodynamique de la pale et impactant par conséquent la production électrique de la machine. - Système de mesure des oscillations et des vibrations qui sont causées par le balourd provoqué par la formation de glace sur les pales qui peuvent, en cas extrême, déclencher un arrêt d’urgence (intégré dans la chaîne de sécurité de l’éolienne, cf fonction de sécurité « survitesse » ci-après). <p>Ces trois méthodes sont associées à l’envoi de codes d’état et d’information via le système SCADA.</p> <p>En cas de danger particulièrement élevé sur un site, des systèmes de détection redondants additionnels peuvent être envisagés, en sus des trois précédemment cités (Par exemple système de mesure des fréquences propres d’oscillation des pales ou bien azimut de l’éolienne dans une position prédéfinie suite à la détection de givre).</p> <p>En cas de détection de glace, l’aérogénérateur est automatiquement mis à l’arrêt.</p> <p>Le redémarrage peut se faire :</p> <ul style="list-style-type: none"> - soit automatiquement après disparition des conditions de givre (ie. lorsque le système de détection conclue à l’absence de glace) - soit manuellement sur site, au terme d’une inspection visuelle concluant à l’absence de glace sur l’aérogénérateur. <p>Tous les arrêts et redémarrages des éoliennes sont enregistrés et répertoriés dans le système SCADA.</p>		

	Des adaptations à ces stratégies standard de détection et d'arrêt / redémarrage peuvent être apportées de manière spécifique, selon la sensibilité du parc éolien et les caractéristiques de son environnement immédiat. Pour cela, Senvion demande aux exploitants de mener chaque année une évaluation des risques. Cette évaluation s'appuie sur une analyse de la présence ou non d'infrastructures dans un périmètre donné autour de l'éolienne et classe en conséquence les parcs dans différentes catégories de risques.
Indépendance	Oui. Le système se base sur trois procédés de détections, dont deux indépendants. Ces procédés fonctionnent en redondance.
Temps de réponse	Quelques minutes (<60 min.) conformément à l'article 25 de l'arrêté du 26 août 2011
Efficacité	100 % dans le temps de réponse ci-dessus
Tests	Tests menés par le concepteur au moment de la construction de l'éolienne.
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement

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	<p>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). Senvion suggère des distances minimales (différentes selon type de machine et hauteur de moyeu) autour de chaque aérogénérateur au-delà desquelles les risques deviennent faibles et au niveau desquels un marquage adéquat (panneaux avertisseurs notamment) est demandé. Ces distances sont fournies ci-après à titre indicatif :</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Wind turbine type</th> <th>Rotor diameter</th> <th>Hub height</th> <th>Radius of area where ice might fall</th> </tr> <tr> <td></td> <td><i>m</i></td> <td><i>m</i></td> <td><i>m</i></td> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5M/6M onshore</td> <td>126</td> <td>87-100</td> <td>340</td> </tr> <tr> <td></td> <td>126</td> <td>112-120</td> <td>370</td> </tr> <tr> <td>3.2M</td> <td>114</td> <td>93</td> <td>320</td> </tr> <tr> <td>3.2M</td> <td>114</td> <td>123</td> <td>360</td> </tr> <tr> <td>3.4M</td> <td>104</td> <td>78-80</td> <td>300</td> </tr> <tr> <td>3.4M</td> <td>104</td> <td>93</td> <td>300</td> </tr> <tr> <td>3.4M</td> <td>104</td> <td>96.5 - 100</td> <td>320</td> </tr> <tr> <td>3.4M</td> <td>104</td> <td>125 - 128</td> <td>360</td> </tr> <tr> <td>MM82</td> <td>82</td> <td>59</td> <td>230</td> </tr> <tr> <td>MM82</td> <td>82</td> <td>100</td> <td>290</td> </tr> <tr> <td>MM82</td> <td>82</td> <td>69</td> <td>230</td> </tr> <tr> <td>MM82</td> <td>82</td> <td>78.5 - 80</td> <td>260</td> </tr> <tr> <td>MM92</td> <td>92</td> <td>78.5 - 80</td> <td>260</td> </tr> <tr> <td>MM92</td> <td>92</td> <td>100</td> <td>290</td> </tr> <tr> <td>MM92</td> <td>92</td> <td>68.5</td> <td>260</td> </tr> </tbody> </table>			Wind turbine type	Rotor diameter	Hub height	Radius of area where ice might fall		<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	5M/6M onshore	126	87-100	340		126	112-120	370	3.2M	114	93	320	3.2M	114	123	360	3.4M	104	78-80	300	3.4M	104	93	300	3.4M	104	96.5 - 100	320	3.4M	104	125 - 128	360	MM82	82	59	230	MM82	82	100	290	MM82	82	69	230	MM82	82	78.5 - 80	260	MM92	92	78.5 - 80	260	MM92	92	100	290	MM92	92	68.5	260
Wind turbine type	Rotor diameter	Hub height	Radius of area where ice might fall																																																																				
	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>																																																																				
5M/6M onshore	126	87-100	340																																																																				
	126	112-120	370																																																																				
3.2M	114	93	320																																																																				
3.2M	114	123	360																																																																				
3.4M	104	78-80	300																																																																				
3.4M	104	93	300																																																																				
3.4M	104	96.5 - 100	320																																																																				
3.4M	104	125 - 128	360																																																																				
MM82	82	59	230																																																																				
MM82	82	100	290																																																																				
MM82	82	69	230																																																																				
MM82	82	78.5 - 80	260																																																																				
MM92	92	78.5 - 80	260																																																																				
MM92	92	100	290																																																																				
MM92	92	68.5	260																																																																				
Indépendance	Oui																																																																						
Temps de réponse	NA																																																																						
Efficacité	100 % Nous considérerons que compte tenu de l'implantation des panneaux et de l'entretien prévu, l'information des promeneurs sera systématique.																																																																						
Tests	NA																																																																						
Maintenance	Vérification de l'état général du panneau, de l'absence de détérioration, entretien de la végétation afin que le panneau reste visible.																																																																						

Fonction de sécurité	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	N° de la fonction de sécurité	3
Mesures de sécurité	Capteurs de température des pièces mécaniques Définition de seuils critiques de température pour chaque type de composant avec alarmes Mise à l'arrêt ou bridage jusqu'à refroidissement		
Description	Tous les principaux composants sont équipés de capteurs de température. Un certain nombre de seuils sont prédéfinis dans le système de contrôle de l'éolienne. En cas de dépassement de seuils (caractéristiques sur chaque type d'aérogénérateur, type de composant et prédéfinis), des codes d'état associés à des alarmes sont activés et peuvent, le cas échéant, entraîner un ralentissement de la machine (bridage préventif) voire un arrêt de la machine. Tout phénomène anormal est ainsi automatiquement répertorié, tracé via le système SCADA du parc et donne lieu à des analyses et si nécessaire interventions de maintenance sur site afin de corriger les problèmes constatés.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	<30s		
Efficacité	100 %		
Tests	Vérification à chaque maintenance de la cohérence des valeurs des capteurs dédiés.		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011. Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	4
Mesures de sécurité	Détection de survitesse et système de freinage.		
Description	Systèmes de coupure s'enclenchant en cas de dépassement des seuils de vitesse prédéfinis, indépendamment du système de contrôle commande. Le système de freinage comprend un frein aérodynamique principal et un frein mécanique auxiliaire. Le frein aérodynamique est assuré par trois pales de l'éolienne, chacune équipée de contrôleurs indépendants, de moteurs de calage et d'alimentation de secours, assurant un niveau élevé de redondance. Le freinage aérodynamique devient effectif en pivotant les pales jusqu'à la position dite en drapeau, avec la possibilité d'obtenir différentes vitesses de calage pour éviter les efforts trop importants. Chaque système de calage est complètement indépendant. En cas de perte de réseau, les moteurs de calage sont alimentés par des jeux d'accumulateurs. La force de freinage liée au réglage d'une seule pale est suffisante pour ralentir l'éolienne à une vitesse sécurisée. Le système de freinage est donc trois fois redondant. Le système de freinage du rotor mécanique est installé sur l'arbre rapide. Il est activé en cas de défaillance partielle ou totale des systèmes de sécurité principaux et arrête le rotor conjointement au système de réglage des pales. Il est également utilisé pour immobiliser le rotor une fois celui-ci arrêté par le système de freinage aérodynamique afin de sécuriser les opérations de maintenance. Le système de freinage est conçu pour remplir la fonction « fail safe ». Cela signifie qu'en cas de dysfonctionnement d'un composant du système, l'éolienne est arrêtée en toute sécurité. Des systèmes de coupure au niveau du rotor et au niveau du multiplicateur s'enclenchant en cas de dépassement de seuils de vitesse prédéfinis sont directement intégrés à la chaîne de sécurité de l'aérogénérateur.		

	<p>La chaîne de sécurité de l'aérogénérateur est un circuit à câblage direct dans lequel tous les contacts sont couplés en série pour déclencher un arrêt d'urgence, indépendamment du bon fonctionnement du système de contrôle commande.</p> <p>Lorsque la chaîne de sécurité est interrompue, l'éolienne s'arrête immédiatement. La remise en marche n'est admissible que si la cause qui a entraîné son déclenchement a été éliminée.</p> <p>A ce jour, Senvion ne recense aucun cas d'entrée en survitesse d'un de ses aérogénérateurs.</p>
Indépendance	Oui
Temps de réponse	<p>Arrêt immédiat (<10s)</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 les courts-circuits	N° de la fonction de sécurité	5
Mesures de sécurité	Coupure de la transmission électrique en cas de fonctionnement anormal d'un composant électrique.		
Description	<p>Les organes et armoires électriques de l'éolienne sont équipés d'organe de coupure et de protection adéquats et correctement dimensionnés.</p> <p>Tout déclenchement ou fonctionnement anormal des composants électriques donne lieu à l'envoi de codes d'état et, le cas échéant, d'alarmes via le système SCADA.</p> <p>Des vérifications de tous les composants électriques ainsi que des mesures d'isolement, serrage des câbles sont intégrés dans les procédures de maintenance préventive mises en œuvre.</p>		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	De l'ordre de la seconde		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	<p>Des vérifications de tous les composants électriques ainsi que des mesures d'isolement et de serrage des câbles sont intégrées dans les mesures de maintenance préventive mises en œuvre.</p> <p>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.</p>		

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	<p>L'éolienne est pourvue d'une installation de protection anti-foudre et satisfait au degré de protection défini dans la norme internationale IEC 61024-1 II. La foudre est capturée par des récepteurs dans les pales du rotor et déviée depuis le rotor vers le mât via des contacts glissants et des éclateurs au niveau du moyeu et du châssis de la nacelle. Le courant de foudre est ainsi évacué dans le sol via des prises de terre de fondation. Globalement, l'aérogénérateur Senvion est de Classe de Protection Foudre 1 (LPC 1). Si nécessaire et sur demande, des éléments et descriptions plus détaillés du système de mise à la foudre des éoliennes MM et 3.XM peuvent être fournis à l'exploitant. Des parasurtenseurs sont présents sur les circuits électriques BT. La valeur de mise à la terre est contrôlée avant mise en service (<2 Ohm en standard, et dans tous les cas <10 Ohm).</p>		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Immédiat, dispositif passif		
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 relié à une alarme transmise à un poste de contrôle Intervention des services de secours		
Description	<p>Le design global de l'éolienne est fait pour minimiser les risques d'incendie :</p> <ul style="list-style-type: none"> - utilisation de transformateurs secs dans un compartiment dédié et condamné, en pied de tour - transport de l'énergie produite par l'éolienne entre nacelle et pied de mât par gaine-barres, afin d'assurer une protection optimale en cas de court-circuit, - capteurs de températures sur les principaux composants de l'éolienne agissant si nécessaire, en cas de dépassements de seuils, sur le fonctionnement de la machine (bridage voire mise à l'arrêt automatique et envoi d'alarme via le système SCADA). - utilisation de moteur non hydraulique pour l'orientation des pales et le contrôle de l'azimut <p>En outre, un système de détection incendie relié à une alarme est mis en œuvre : des détecteurs sont placés au voisinage des principaux composants électriques (Transformateur, convertisseur, génératrice) et permettent, en cas de détection :</p> <ul style="list-style-type: none"> - d'arrêter l'éolienne - d'émettre une alarme sonore afin d'informer les éventuelles équipes de maintenance en cours d'intervention dans l'éolienne - d'émettre une alarme informant immédiatement de la survenance de l'incendie, ce qui peut lui permettre d'informer les services de secours <p>Il est enfin à noter que les analyses de risques internes menées par Servion (AMDEC) confirment le caractère tout à fait improbable d'une perte de contrôle totale de l'éolienne du fait d'un incendie.</p> <p>En effet, si un incendie se déclare en nacelle ou dans le mât, le système de freinage principal de l'éolienne (frein aérodynamique par pitch) reste fonctionnel et permet la mise en arrêt de l'éolienne. Si un incendie se déclare dans le moyeu, il est considéré comme improbable qu'il entraîne simultanément, sans défaillance préalable et sans signe avant-coureur la mise hors d'état des trois systèmes autonomes et indépendants de pitch. De plus, le système de freinage secondaire d'urgence par le frein mécanique sur l'arbre du rotor ne pourrait être affecté instantanément par un incendie dans le moyeu. Par conséquent, quelle que soit la situation, une éolienne à l'intérieur de laquelle un incendie se déclarerait serait arrêtée et mise en position de sécurité, sans redémarrage incontrôlé possible.</p> <p>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).</p>		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	< 1 minute pour les détecteurs et l'enclenchement de l'alarme L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur. Le temps d'intervention des services de secours est quant à lui dépendant de la zone géographique.		
Efficacité	100%		
Tests	Test des détecteurs de fumée à la mise en service puis tous les ans.		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011. 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. Le matériel incendie (extincteurs) est contrôlé périodiquement par un organisme spécialisé.		

	Maintenance prédictive sur les capteurs de température.
--	---

Fonction de sécurité	Prévention et rétention des fuites	N° de la fonction de sécurité	8
Mesures de sécurité	Capteurs pression et niveau d'huiles Système de rétention Procédure d'urgence Kit antipollution		
Description	<p>Les fuites depuis le moyeu ou la nacelle sont évitées par les systèmes passifs suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> - labyrinthe dans le carénage du moyeu (spinner) - chicanes de récupération et de rétention d'huile dans le capotage de la nacelle avec un bac de rétention de capacité supérieur aux quantités d'huiles utilisées - collecteur de graisse sous les engrenages de l'azimut - Système clos pour le graissage central des couronnes et des pales - Utilisation d'huiles et fluides hydraulique dont la viscosité à température ambiante est élevée <p>En cas malgré tout de fuite vers l'environnement extérieur, des mesures de nettoyage de l'éolienne et de dépollution des sols seraient engagées.</p> <p>Il est à noter que la technologie pitch électrique, et non pas hydraulique, mise en œuvre sur tous les aérogénérateurs Senvion œuvre à une réduction considérable des risques liés aux fuites depuis le moyeu.</p> <p>Le groupe hydraulique et le multiplicateur entre autres sont équipés de capteurs de pression et de niveau de fluide, reliés au système de contrôle de la machine et au SCADA. En cas de phénomène anormal, des alertes sont ainsi émises et des vérifications par des équipes de maintenance peuvent être engagées.</p> <p>Des vérifications des niveaux sont également partie intégrante des opérations de maintenance préventive.</p> <p>Chaque camion de technicien de maintenance est équipé de kit de dépollution d'urgence, composés de grandes feuilles de textile absorbant qui pourront être utilisés afin :</p> <ul style="list-style-type: none"> - de contenir et arrêter la propagation de la pollution ; - d'absorber jusqu'à 20 litres de déversements accidentels de liquides (huile, eau, alcools...) et produits chimiques (acides, bases, solvants ...) ; - de récupérer les déchets absorbés. 		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Dépendant du débit de fuite		
Efficacité	100%		
Tests	/		
Maintenance	Inspection des niveaux d'huile plusieurs fois par an		

Fonction de sécurité	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)	N° de la fonction de sécurité	9
Mesures de sécurité	Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides, joints, etc.) Procédures qualités Attestation du contrôle technique (procédure permis de construire)		
Description	<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>Ainsi la nacelle, le nez, les fondations et la tour répondent au standard IEC 61 400-1. Les pales respectent le standard IEC 61 400-1 ; 12 ; 23.</p> <p>Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223.</p> <p>Les procédures de certification-type des aérogénérateurs, couplées aux procédures de qualification fournisseurs, contrôles qualité, respect scrupuleux des instructions de montage et maintenance des machines, permettent d'assurer un niveau de sécurité important.</p> <p>De plus, Senvion impose des contrôles supplémentaires :</p> <ul style="list-style-type: none"> - notamment vérification de la compatibilité des éoliennes avec les conditions de vent du site en phase d'avant-projet - revue des designs des massifs de stabilité lorsqu'ils ne font pas partie du périmètre de fourniture de Senvion. <p>Validation de la bonne planéité de la fondation (virole ou cage d'ancrage) avant montage du mât.</p>		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100%		
Tests	NA		
Maintenance	Les couples de serrage (brides sur les diverses sections de la tour, bride de raccordement des pales au moyeu, bride de raccordement du moyeu à l'arbre lent, éléments du châssis, éléments du pitch system, couronne du système « d'azimut », 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	Préconisation 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 pâles) par le système de conduite		
Description	La procédure de coupure sera lancée si la vitesse du vent est supérieure à la vitesse du vent de coupure, en valeur moyennée sur 10 min. Cependant, pour faire face aux rafales, l'éolienne lancera également la procédure de coupure si la vitesse du vent dépasse certains seuils prédéfinis dans le système de contrôle de l'éolienne en valeur moyennée sur 30s, ou en valeur moyennée sur 1s. La procédure d'arrêt fera pivoter les pales en position drapeau et arrêtera l'éolienne en toute sécurité. Ces seuils en moyenne 10min, 30s ou 1s dépendent du type d'aérogénérateur Senvion. De plus, Senvion impose des contrôles supplémentaires : - notamment vérification de la compatibilité des éoliennes avec les conditions de vent du site en phase d'avant-projet - revue des designs des massifs de stabilité lorsqu'ils ne font pas partie du périmètre de fourniture de Senvion.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	< 1 min		
Efficacité	100 %. NB : En fonction de l'intensité attendue des vents, d'autres dispositifs de diminution de la prise au vent de l'éolienne peuvent être envisagés.		
Tests	Un test d'arrêt de survitesse est réalisé avant la mise en service de l'éolienne		
Maintenance	La procédure de maintenance inclue les tests d'arrêt de survitesse.		

Fonction de sécurité	Prévenir la dégradation de l'état des équipements	N° de la fonction de sécurité	12
Mesures de sécurité	Inspection		
Description	Toutes les pièces de l'éolienne sont protégées contre la corrosion et les autres influences néfastes de l'environnement au moyen d'un revêtement spécial à plusieurs couches. Le système de revêtement satisfait aux exigences de la norme ISO 12944.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100%		
Tests	/		
Maintenance	Des contrôles visuels sont prévus lors de toutes les maintenances préventives, suivant les préconisations du manuel de maintenance.		

Fonction de sécurité	Prévenir la dégradation des pales	N° de la fonction de sécurité	13
Mesures de sécurité	Inspection		
Description	Des fonctions d'alarme sont intégrées en cas de dégradation anormale des performances aérodynamique de l'éolienne (ce qui peut être causé par une dégradation des pales).		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100%		
Tests	/		
Maintenance	Des contrôles visuels sont prévus lors de toutes les maintenances préventives, suivant les préconisations du manuel de maintenance.		

Tableau 14: Ensemble des fonctions de sécurité (Source : Servion)

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/m² 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 15 : 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 Vallée des Mouches 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 PAILLONS

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.

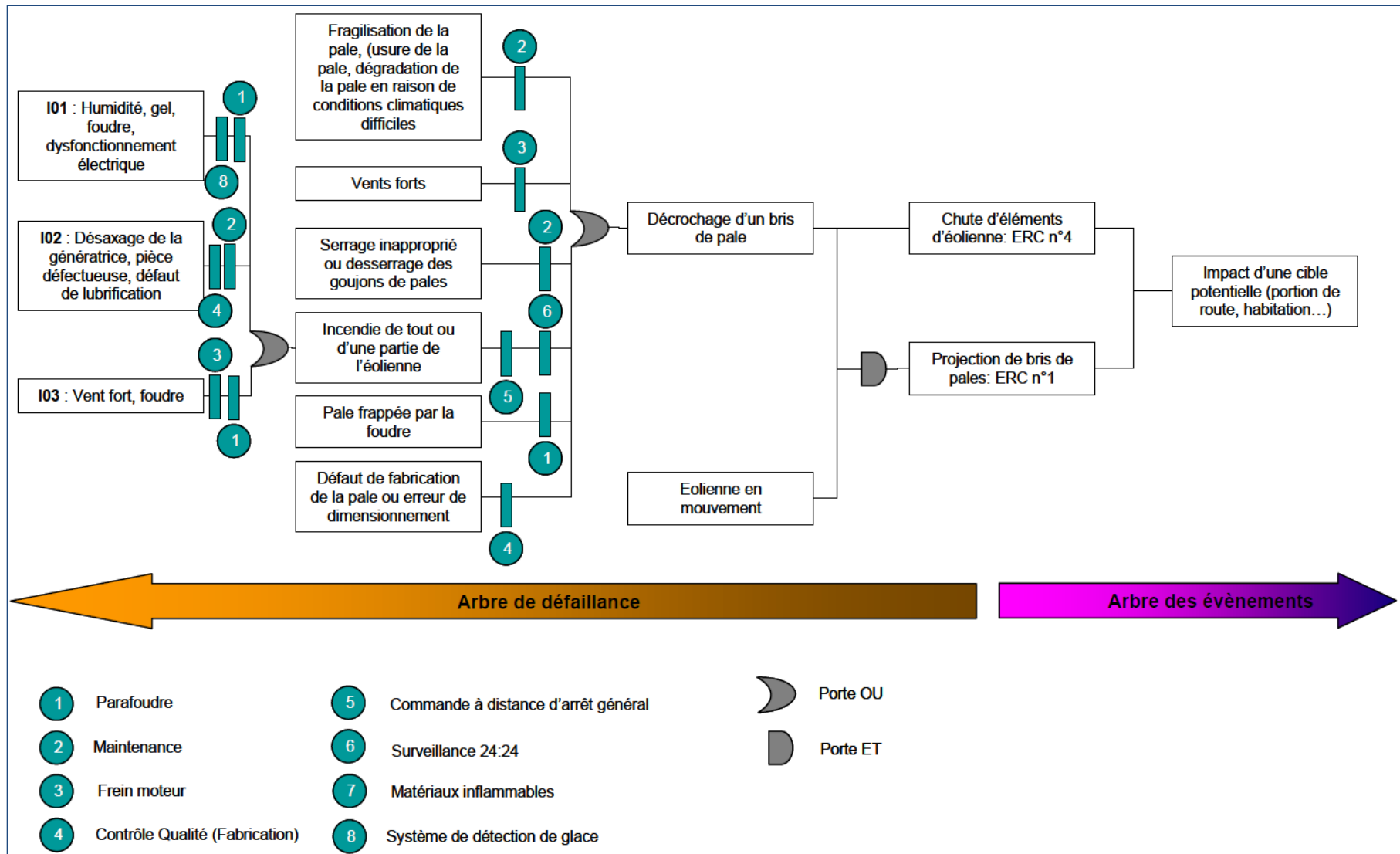


Figure 22 : Arbre papillon des scénarios de projection et de chutes de bris de pales / d'éléments d'éolienne

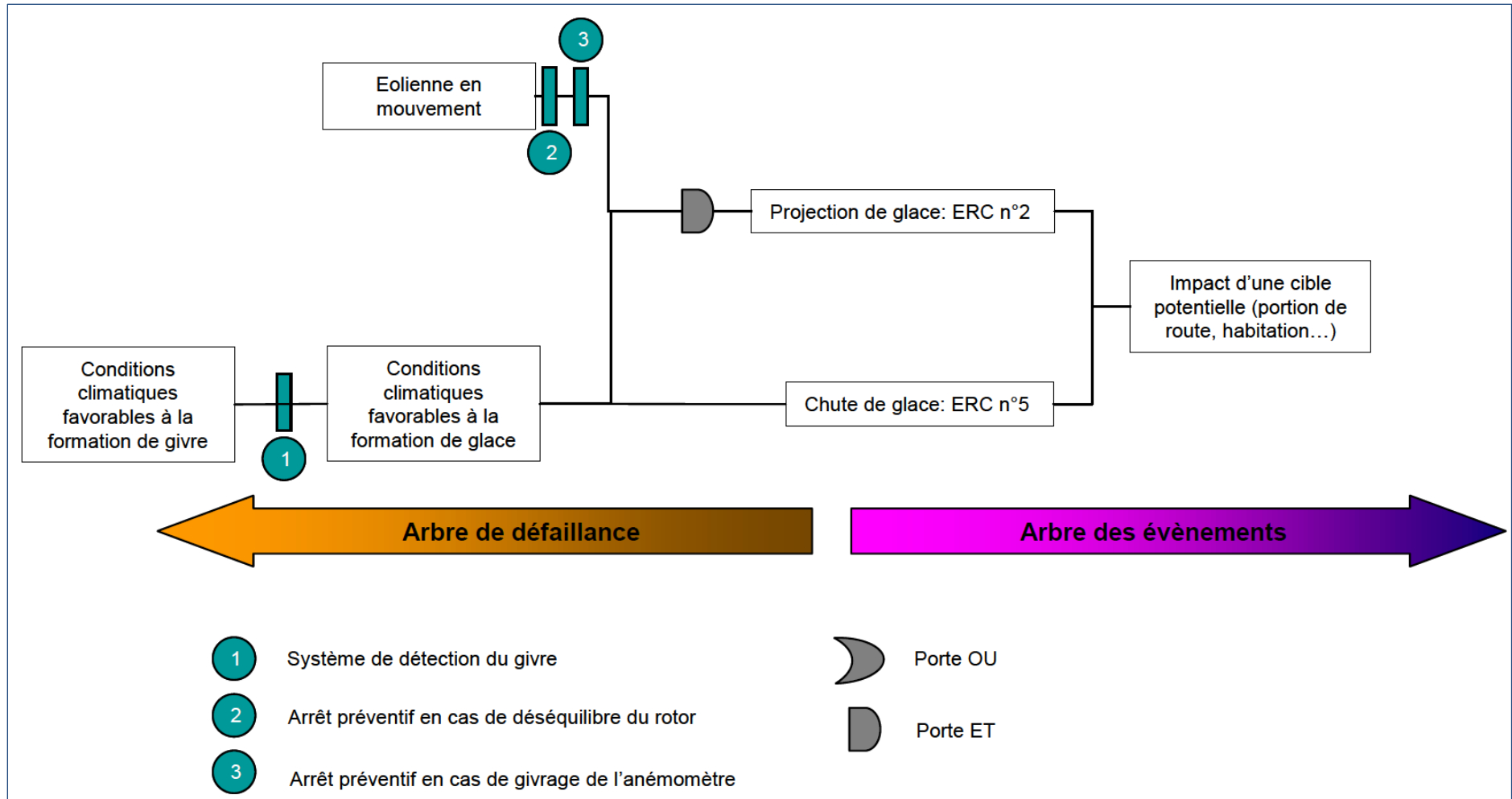


Figure 23 : Arbre papillon des scénarios de chutes et de projections de glace

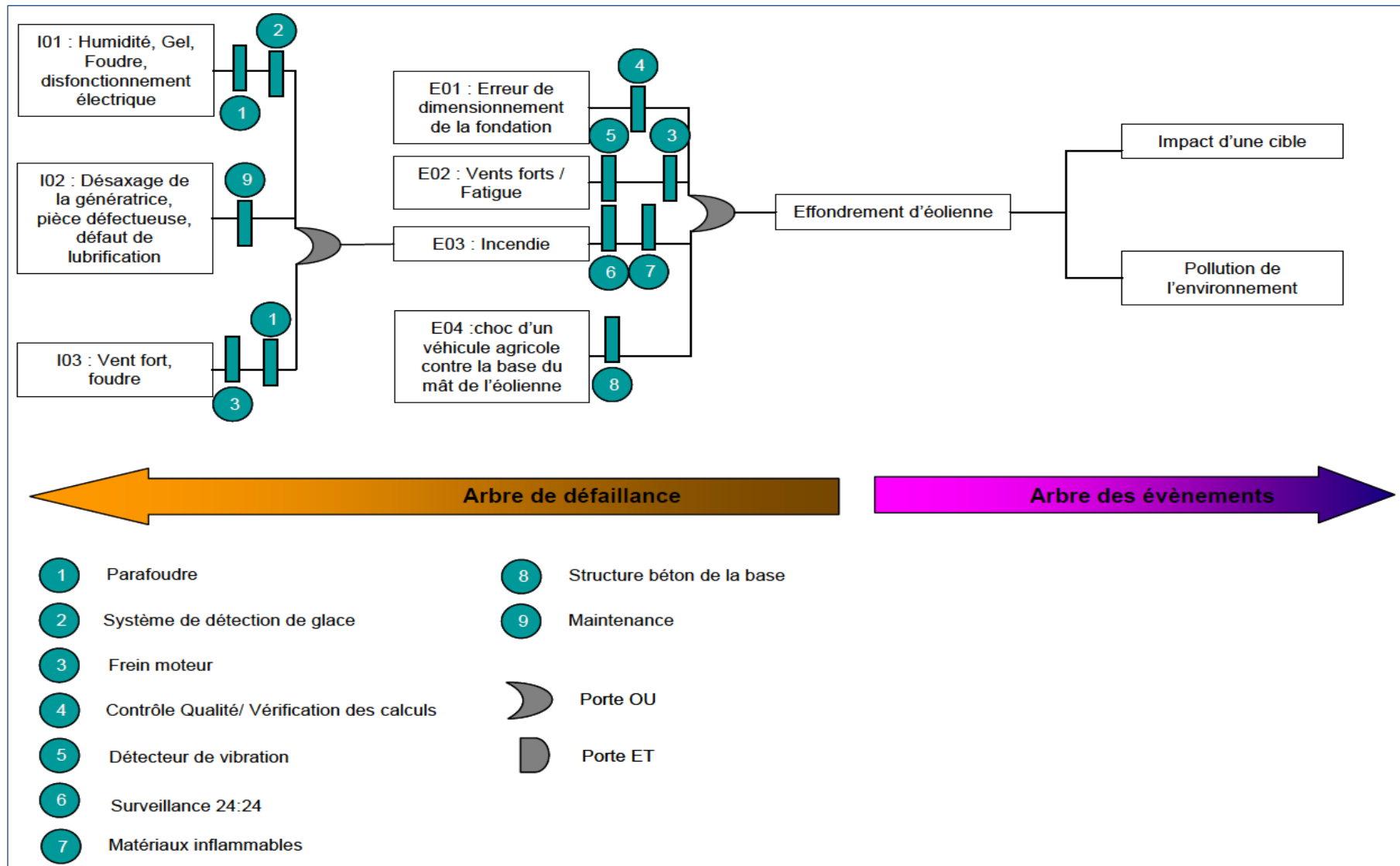


Figure 24 : Arbre papillon associé aux scénarios d'effondrement d'éoliennes

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 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 nationale 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 CINÉTIQUE

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

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

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

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

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

Tableau 16 : 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.

Intensité Gravité	Zone d’effet d’un événement accidentel engendrant une exposition très forte	Zone d’effet d’un événement accidentel engendrant une exposition forte	Zone d’effet d’un événement accidentel engendrant une exposition modérée
« Désastreux »	Plus de 10 personnes exposées	Plus de 100 personnes exposées	Plus de 1000 personnes exposées
« Catastrophique »	Moins de 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées	Entre 100 et 1000 personnes exposées
« Important »	Au plus 1 personne exposée	Entre 1 et 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées
« Sérieux »	Aucune personne exposée	Au plus 1 personne exposée	Moins de 10 personnes exposées
« Modéré »	Pas de zone de létalité en dehors de l’établissement	Pas de zone de létalité en dehors de l’établissement	Présence humaine exposée inférieure à « une personne »

Tableau 17 : 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)
A	<i>Courant</i> Se produit sur le site considéré et/ou peut se produire à plusieurs reprises pendant la durée de vie des installations, malgré d'éventuelles mesures correctives.	$P > 10^{-2}$
B	<i>Probable</i> S'est produit et/ou peut se produire pendant la durée de vie des installations.	$10^{-3} < P \leq 10^{-2}$
C	<i>Improbable</i> Evénement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité.	$10^{-4} < P \leq 10^{-3}$
D	<i>Rare</i> S'est déjà produit mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement la probabilité.	$10^{-5} < P \leq 10^{-4}$
E	<i>Extrêmement rare</i> Possible mais non rencontré au niveau mondial. N'est pas impossible au vu des connaissances actuelles.	$\leq 10^{-5}$

Tableau 18 : 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_{ERC} = probabilité que l'événement redouté central (défaillance) se produise = probabilité de départ

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

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

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

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

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

IX.2 CARACTERISATION DES SCENARIOS RETENUS

IX.2.1 EFFONDREMENT DE L'EOLIENNE

❖ 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 180 m dans le cas du projet éolien de la Vallée des Mouches.

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 Vallée des Mouches. R est la longueur de pale (R= 70 m), H la hauteur du mât (H= 110), L la largeur du mât (L= 5.1 m) et LB la largeur de la base de la pale (LB = 3,1 m).

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale soit 180 m)			
Zone d'impact en m^2	Zone d'effet du phénomène étudié en m^2	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$ZI = H * L + 3 * R * LB / 2$	$ZE = \pi \times (H + R)^2$	$d = ZI / ZE$	
886,500	101 787,6	0.8709% (< 1%)	Exposition modérée

Tableau 19 : 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 :

Effondrement de l'éolienne		
(Dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale soit 180 m)		
<i>Eolienne</i>	<i>Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)</i>	<i>Gravité</i>
<i>Eolienne 1 (E1)</i>	0,11	Modéré
<i>Eolienne 2 (E2)</i>	0,11	Modéré
<i>Eolienne 3 (E3)</i>	0,11	Modéré
<i>Eolienne 4 (E4)</i>	0,10	Modéré
<i>Eolienne 5 (E5)</i>	0,11	Modéré

Tableau 20 : 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 :

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

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

Le retour d'expérience français montre également une classe de probabilité « C ». En effet, il a été recensé seulement 7 événements pour 15 667 années d'expérience⁴, soit une probabilité de $4,47 \times 10^{-4}$ par éolienne et par an.

⁴ 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 : « *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* ».

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 2005 (excepté l'éolienne qui a chuté sur Bouin la nuit du 31 décembre 2017 au 1^{er} janvier 2018).

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 la hauteur totale de l'éolienne entre l'aérogénérateur et les autoroutes.

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

Effondrement de l'éolienne		
(Dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale soit 180 m)		
<i>Eolienne</i>	<i>Gravité</i>	<i>Niveau de risque</i>
<i>Eolienne 1 (E1)</i>	Modéré	<i>Acceptable</i>
<i>Eolienne 2 (E2)</i>	Modéré	<i>Acceptable</i>
<i>Eolienne 3 (E3)</i>	Modéré	<i>Acceptable</i>
<i>Eolienne 4 (E4)</i>	Modéré	<i>Acceptable</i>
<i>Eolienne 5 (E5)</i>	Modéré	<i>Acceptable</i>

Tableau 21 : Niveau de risque pour le scénario d'effondrement de l'éolienne

Ainsi, pour le projet éolien de la Vallée des Mouches, 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	Yellow	Red	Red	Red	Red
Catastrophique	Yellow	Yellow	Red	Red	Red
Important	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red
Sérieux	Green	Green	Yellow	Yellow	Red
Modéré	Green	E1 à E5	Green	Green	Yellow

Tableau 22 : Matrice d’acceptabilité du phénomène d’effondrement de l’éolienne

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

Légende de la matrice de criticité

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 variant entre 2 et 7 jours de formation de glace par an.

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

❖ **Zone d’effet**

Le risque de chute de glace est cantonné à la zone de survol des pales, soit un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor autour du mât de l’éolienne. Pour le projet éolien de la Vallée des Mouches, la zone d’effet a donc un rayon de 70 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 Vallée des Mouches. Z_I est la zone d'impact, Z_E est la zone d'effet, ($D= 140$ m), SG est la surface du morceau de glace majorant ($SG= 1$ m²).

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à $D/2 = 70$ m)			
<i>Zone d'impact en m²</i>	<i>Zone d'effet du phénomène étudié en m²</i>	<i>Degré d'exposition du phénomène étudié en %</i>	<i>Intensité</i>
$Z_I = SG$	$Z_E = \pi \times R^2$	$d = Z_I / Z_E$	<i>Exposition modérée</i>
1	15 393,80	0,0065% (< 1 %)	

Tableau 23 : 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 $D/2 = 70$ m)		
<i>Eolienne</i>	<i>Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)</i>	<i>Gravité</i>
<i>Eolienne 1 (E1)</i>	0,02	<i>Modéré</i>
<i>Eolienne 2 (E2)</i>	0,02	<i>Modéré</i>
<i>Eolienne 3 (E3)</i>	0,02	<i>Modéré</i>
<i>Eolienne 4 (E4)</i>	0,02	<i>Modéré</i>
<i>Eolienne 5 (E5)</i>	0,02	<i>Modéré</i>

Tableau 24 : 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 des de la Vallée des Mouches, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Chute de glace (Dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = 70 m)		
<i>Eolienne</i>	<i>Gravité</i>	<i>Niveau de risque</i>
<i>Eolienne 1 (E1)</i>	<i>Modéré</i>	<i>Acceptable</i>
<i>Eolienne 2 (E2)</i>	<i>Modéré</i>	<i>Acceptable</i>
<i>Eolienne 3 (E3)</i>	<i>Modéré</i>	<i>Acceptable</i>
<i>Eolienne 4 (E4)</i>	<i>Modéré</i>	<i>Acceptable</i>
<i>Eolienne 5 (E5)</i>	<i>Modéré</i>	<i>Acceptable</i>

Tableau 25 : Niveau de risque pour le scénario de chute de glace

Ainsi, pour le projet éolien de la Vallée des Mouches, 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	Yellow	Red	Red	Red	Red
Catastrophique	Yellow	Yellow	Red	Red	Red
Important	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red
Sérieux	Green	Green	Yellow	Yellow	Red
Modéré	Green	Green	Green	Green	E1 à E5

Tableau 26 : Matrice d'acceptabilité du phénomène de chute de glace

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

Légende de la matrice de criticité

Ainsi, pour le projet éolien de la Vallée des Mouches 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 Vallée des Mouches, la zone d'effet a donc un rayon de 70 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 Vallée des Mouches. 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 ($D= 140$ m) et LB la largeur de la base de la pale ($LB= 3,1$ m).

Chute d'éléments de l'éolienne (Dans un rayon inférieur ou égal à $D/2 = 70$ m)			
Zone d'impact en m^2	Zone d'effet du phénomène étudié en m^2	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = R \cdot LB / 2$	$Z_E = \pi \times R^2$	$d = Z_I / Z_E$	Exposition modérée
108,5	15393,80	0,70% (<1 %)	

Tableau 27 : 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 VIII.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 :

Chute d'éléments de l'éolienne (Dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = 70 m)		
<i>Eolienne</i>	<i>Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)</i>	<i>Gravité</i>
<i>Eolienne 1 (E1)</i>	0,02	Modéré
<i>Eolienne 2 (E2)</i>	0,02	Modéré
<i>Eolienne 3 (E3)</i>	0,02	Modéré
<i>Eolienne 4 (E4)</i>	0,02	Modéré
<i>Eolienne 5 (E5)</i>	0,02	Modéré

Tableau 28 : 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 4.47×10^{-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 Vallée des Mouches, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Chute d'éléments de l'éolienne (Dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = 70 m)		
<i>Eolienne</i>	<i>Gravité</i>	<i>Niveau de risque</i>
<i>Eolienne 1 (E1)</i>	Modéré	<i>Acceptable</i>
<i>Eolienne 2 (E2)</i>	Modéré	<i>Acceptable</i>
<i>Eolienne 3 (E3)</i>	Modéré	<i>Acceptable</i>
<i>Eolienne 4 (E4)</i>	Modéré	<i>Acceptable</i>
<i>Eolienne 5 (E5)</i>	Modéré	<i>Acceptable</i>

Tableau 29 : Niveau de risque pour le scénario de chute d'éléments de l'éolienne

Ainsi, pour le projet éolien de la Vallée des Mouches, 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			E1 à E5		

Tableau 30 : Matrice d'acceptabilité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne

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

Légende de la matrice de criticité

On peut donc conclure que, pour le projet éolien de la Vallée des Mouches, 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 Vallée des Mouches. 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 ($R = 70$ m) et LB la largeur de la base de la pale ($LB = 3,1$ 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
$Z_I = R \cdot LB / 2$	$Z_E = \pi \times R_e^2$	$d = Z_I / Z_E$	Exposition modérée
108,5	785 398,16	0,014 % (< 1 %)	

Tableau 31 : 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 VIII.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 :

Projection de pale ou de fragment de pale (Zone de 500 m autour de chaque éolienne)		
<i>Eolienne</i>	<i>Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)</i>	<i>Gravité</i>
<i>Eolienne 1 (E1)</i>	0,86	Modéré
<i>Eolienne 2 (E2)</i>	0,84	Modéré
<i>Eolienne 3 (E3)</i>	0,82	Modéré
<i>Eolienne 4 (E4)</i>	0,83	Modéré
<i>Eolienne 5 (E5)</i>	0,83	Modéré

Tableau 32 : 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]	1×10^{-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 » : « *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* ».

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 Vallée des Mouches, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Projection de pale ou de fragment de pale (Zone de 500 m autour de chaque éolienne)		
<i>Eolienne</i>	<i>Gravité</i>	<i>Niveau de risque</i>
<i>Eolienne 1 (E1)</i>	Modéré	<i>Acceptable</i>
<i>Eolienne 2 (E2)</i>	Modéré	<i>Acceptable</i>
<i>Eolienne 3 (E3)</i>	Modéré	<i>Acceptable</i>
<i>Eolienne 4 (E4)</i>	Modéré	<i>Acceptable</i>
<i>Eolienne 5 (E5)</i>	Modéré	<i>Acceptable</i>

Tableau 33 : Niveau de risque pour le scénario de projection de pale ou fragment de pale

Ainsi, pour le projet éolien de la Vallée des Mouches, 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		E1 à E5			

Tableau 34 : Matrice d'acceptabilité du phénomène de projection de pale ou fragment de pale

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

Légende de la matrice de criticité

On peut donc conclure que, pour le projet éolien de la Vallée des Mouches, 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 m²) et la superficie de la zone d'effet du phénomène.

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de glace dans le cas du projet éolien de la Vallée des Mouches. d est le degré d'exposition, Z_I la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, R la longueur de pale (R= 70m), H la hauteur au moyeu (H= 110 m) et SG la surface majorante d'un morceau de glace.

Projection de morceaux de glace			
(Dans un rayon de R_{PG} = 1,5 x (H+2R) autour de l'éolienne)			
<i>Zone d'impact en m²</i>	<i>Zone d'effet du phénomène étudié en m²</i>	<i>Degré d'exposition du phénomène étudié en %</i>	<i>Intensité</i>
$ZI = SG$	$ZE = \pi \times (1,5 \times (H+2R))^2$	$d = ZI / ZE$	<i>Exposition modérée</i>
1	414 786,46	0,0002% (< 1 %)	

Tableau 35 : Niveau d'intensité pour le scénario de projection de glace

❖ **Gravité**

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

- Plus de 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 :

Projection de morceaux de glace (Zone de 375 m autour des éoliennes)		
<i>Eolienne</i>	<i>Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)</i>	<i>Gravité</i>
<i>Eolienne 1 (E1)</i>	0,49	<i>Modéré</i>
<i>Eolienne 2 (E2)</i>	0,47	<i>Modéré</i>
<i>Eolienne 3 (E3)</i>	0,46	<i>Modéré</i>
<i>Eolienne 4 (E4)</i>	0,46	<i>Modéré</i>
<i>Eolienne 5 (E5)</i>	0,47	<i>Modéré</i>

Tableau 36 : 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 Vallée des Mouches, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Projection de pale ou de fragment de pale (Zone de 375 m autour de l'éolienne)			
<i>Eolienne</i>	<i>Gravité</i>	<i>Présence de système d'arrêt en cas de détection ou déduction</i>	<i>Niveau de risque</i>
<i>Eolienne 1 (E1)</i>	<i>Modéré</i>	<i>Oui</i>	<i>Acceptable</i>
<i>Eolienne 2 (E2)</i>	<i>Modéré</i>	<i>Oui</i>	<i>Acceptable</i>
<i>Eolienne 3 (E3)</i>	<i>Modéré</i>	<i>Oui</i>	<i>Acceptable</i>
<i>Eolienne 4 (E4)</i>	<i>Modéré</i>	<i>Oui</i>	<i>Acceptable</i>
<i>Eolienne 5 (E5)</i>	<i>Modéré</i>	<i>Oui</i>	<i>Acceptable</i>

Tableau 37 : Niveau de risque pour le scénario de projection de glace

Ainsi, pour le projet éolien de la Vallée des Mouches, 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				E1 à E5	

Tableau 38 : Matrice d'acceptabilité du phénomène de projection de morceaux de glace

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

Légende de la matrice de criticité

Ainsi, pour le projet éolien de la Vallée des Mouches, 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 E5					
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 (180 m)	Rapide	Exposition modérée	D (rare) (Pour des éoliennes récentes) ⁵	Modérée
Chute d'élément de l'éolienne	Zone de survol (70m)	Rapide	Exposition modérée	C (improbable)	Modérée
Chute de glace	Zone de survol (70m)	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) ⁶	Modérée
Projection de glace	375 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	B (probable)	Modérée

Tableau 39 : Tableau de synthèse des risques et des paramètres associés pour le projet éolien de la Vallée des Mouches

⁵ Voir paragraphe IX.2.1

⁶ 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.

Conséquence	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux	/	/	/	/	/
Catastrophique	/	/	/	/	/
Important	/	/	/	/	/
Sérieux	/	/	/	/	/
Modéré	/	Effondrement de l'éolienne E1 à E5 Projection de pale ou de fragment de pale E1 à E5	Chute d'éléments de l'éolienne E1 à E5	Projection de morceaux de glace E1 à E5	Chute de glace E1 à E5

Tableau 40 : Matrice d'acceptabilité générale pour le projet éolien de la Vallée des Mouches

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

Légende de la matrice de criticité

Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée que pour le projet de projet éolien de le Vallée des Mouches :

- 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.

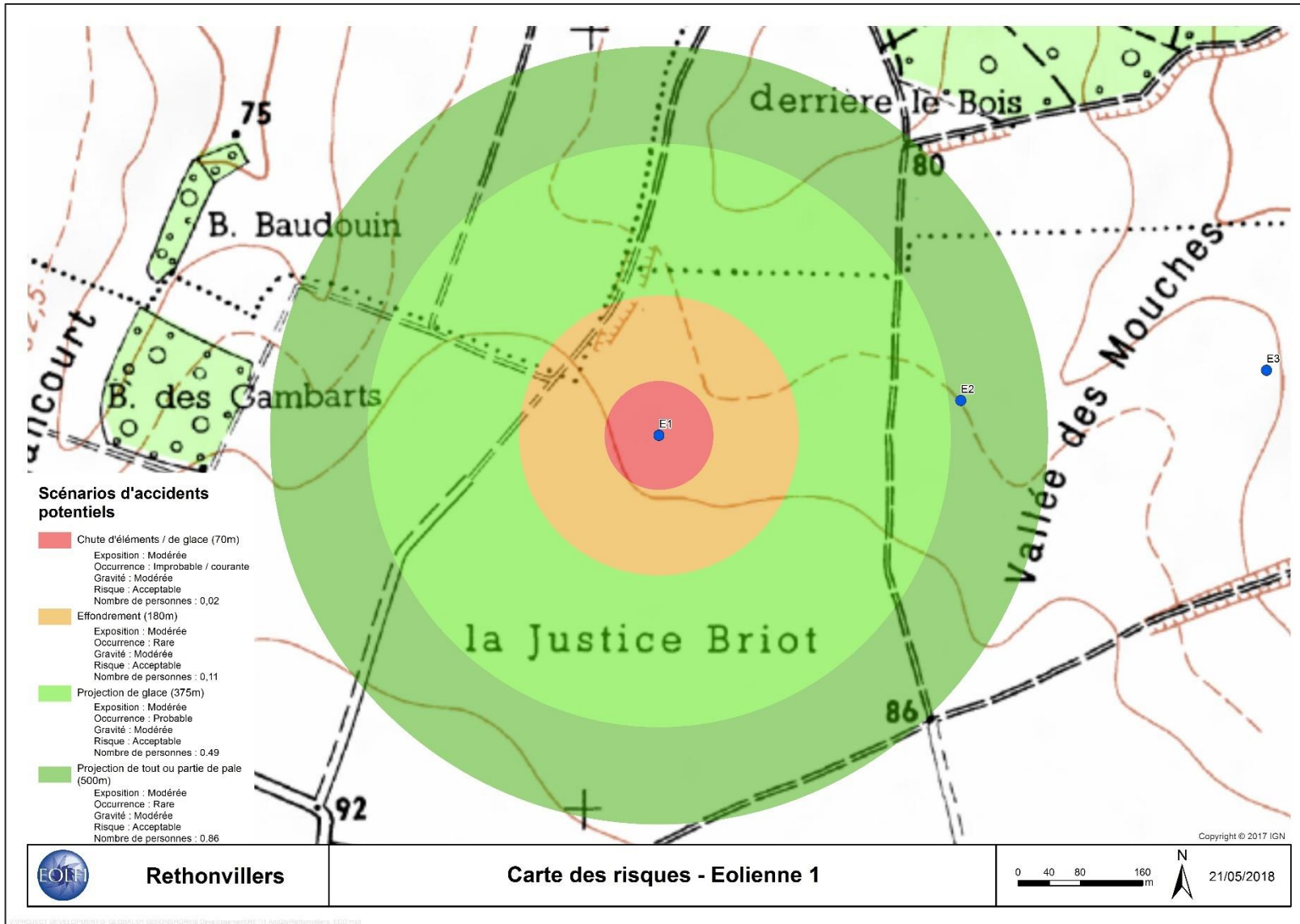


Figure 25 : Synthèse des risques pour l'éolienne E1

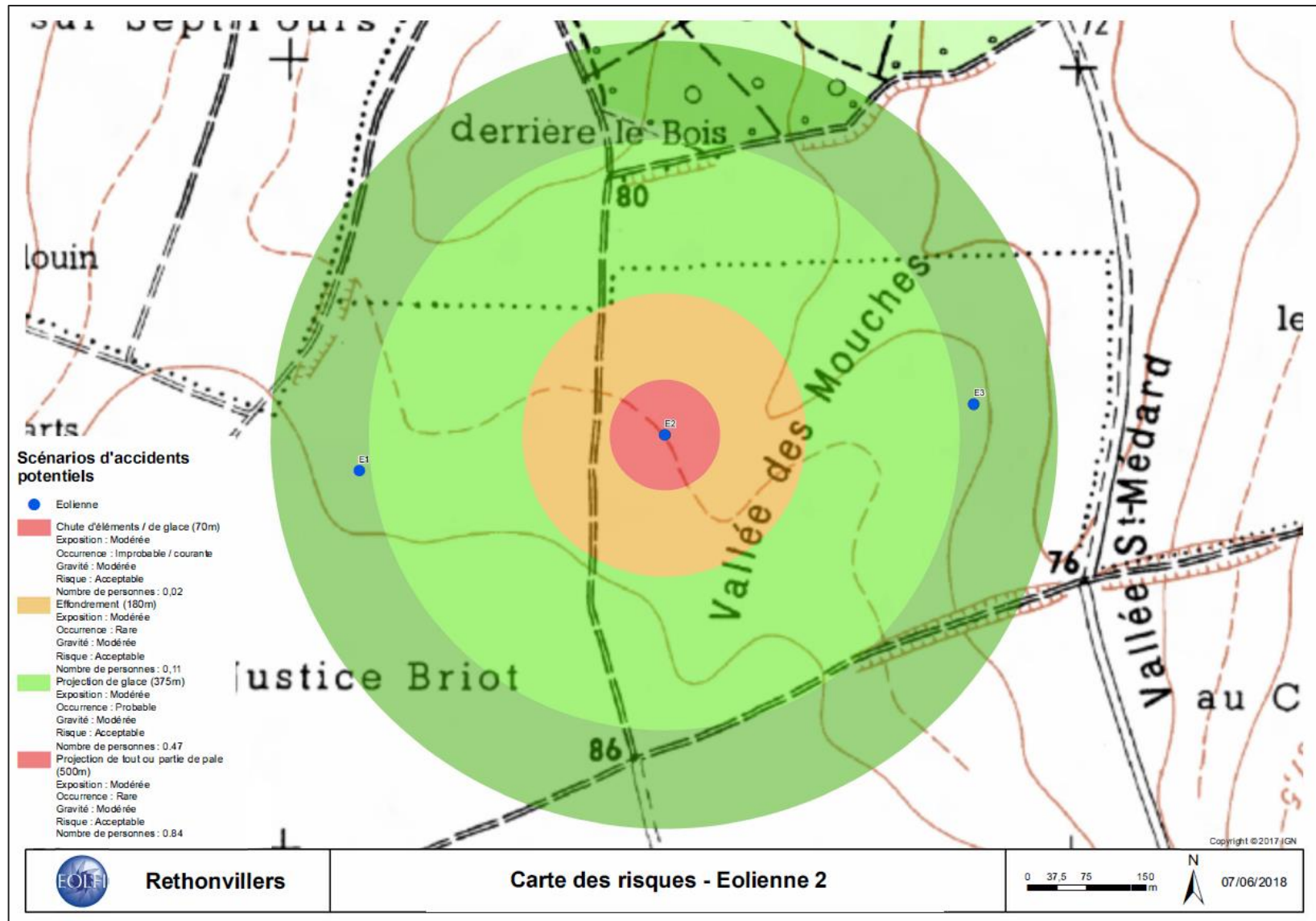


Figure 26 : Synthèse des risques pour l'éolienne E2

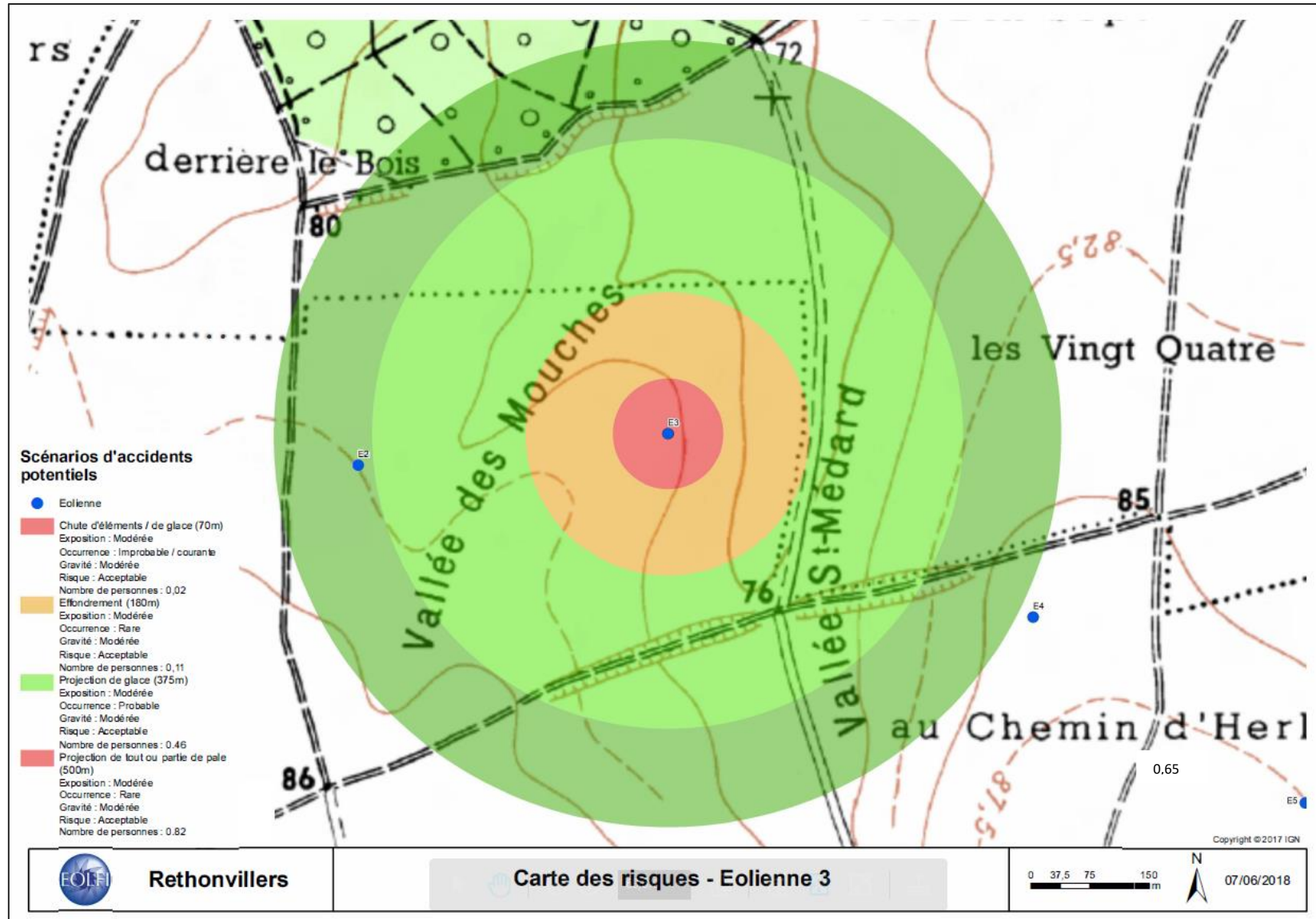


Figure 27 : Synthèse des risques pour l'éolienne E3

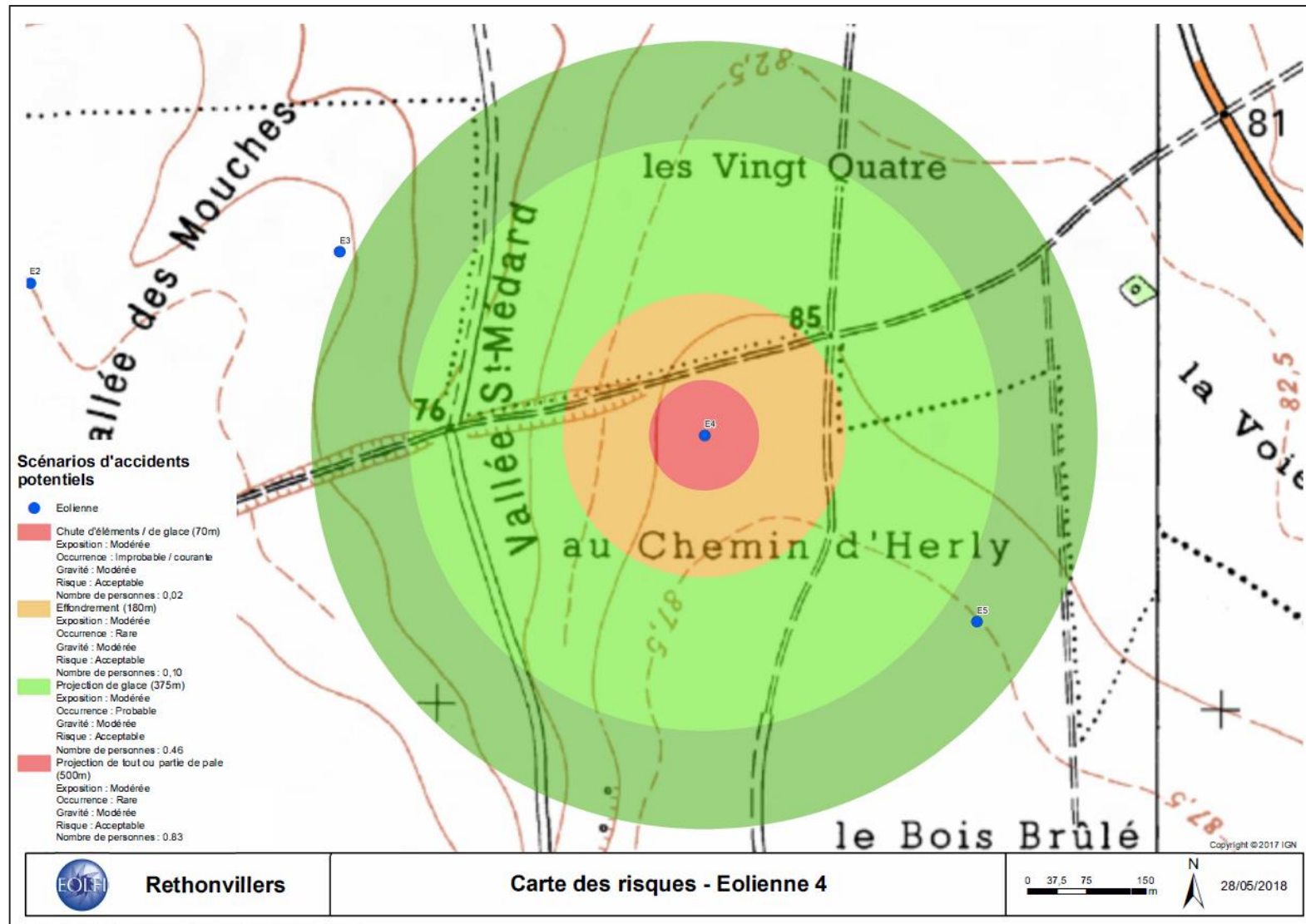


Figure 28 : Synthèse des risques pour l'éolienne E4

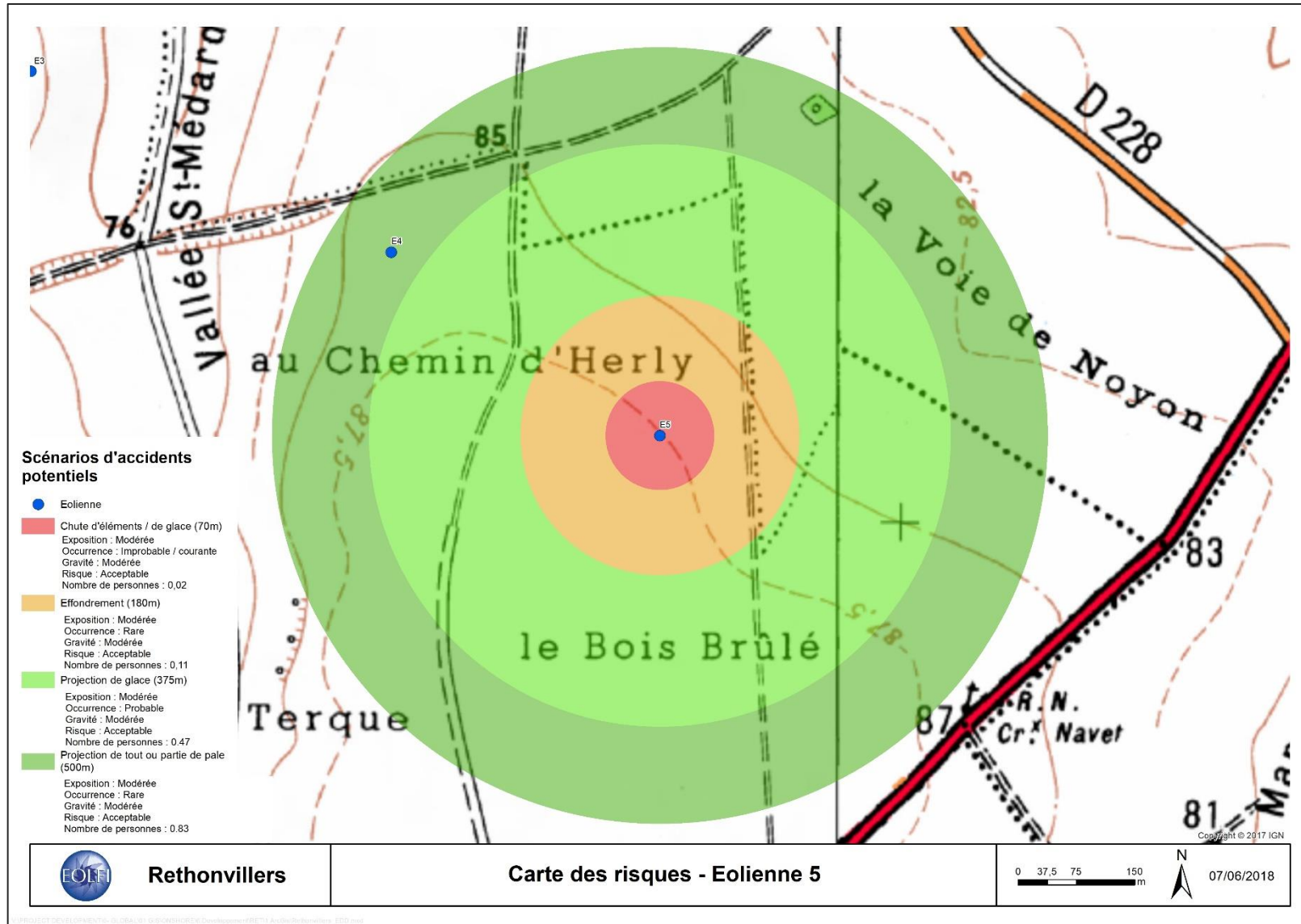


Figure 29 : Synthèse des risques pour l'éolienne E5

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 SOMME 1, grâce au document générique produit par le groupe de travail SER - FEE - INERIS.

Les principaux accidents majeurs identifiés pour le projet éolien de la Vallée des Mouches 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 70 m), là où s'observe les phénomènes de chute de glace et d'éléments, l'enjeu humain est défini à un maximum de 0,02 personne. Le niveau de risque est donc jugé acceptable. Cette zone représente une gravité modérée pour le phénomène de chute de glace et d'éléments. De plus, au vu de la probabilité d'occurrence (probabilité C pour la chute d'éléments et A pour la chute de glace), l'enjeu est jugé acceptable pour ces deux scénarii.

Dans la zone d'effondrement de la machine (Rayon de 180 m), l'enjeu humain est défini à un maximum de 0,11 personne. Le niveau de risque est donc jugé acceptable. Cette zone représente une gravité modérée pour le phénomène effondrement de la machine. De plus, au vu de la probabilité d'occurrence, qui est de D, l'enjeu est jugé acceptable pour ce scénario.

Dans la zone de projection de glace (Rayon de 375 m) l'enjeu humain est défini à un maximum de 0,49 personne. Le niveau de risque est donc jugé acceptable. Cette zone représente une gravité modérée pour le phénomène projection de glace. De plus, au vu de la probabilité d'occurrence, qui est de niveau B, l'enjeu est jugé acceptable.

Dans la zone de projection de pale ou fragment de pale (Rayon de 500 m), l'enjeu humain est défini à 0,86 personne maximum. Le niveau de risque est donc jugé acceptable. Cette zone représente une gravité modérée pour le phénomène projection de pale/fragment de pale. De plus, au vu de la probabilité d'occurrence, qui est de niveau D, l'enjeu est 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).

En complément de cette étude de dangers, un résumé non technique a été élaboré afin de résumer les principaux résultats obtenus d'une manière compréhensible par tous.

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, les éléments exposés par la présente étude de dangers montrent objectivement que les risques résiduels sont acceptables confirmant ainsi la sûreté du projet éolien de la Vallée des Mouches.

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. Il recense l'ensemble des accidents et incidents connus en France concernant la filière éolienne entre 2000 et fin 2011. L'analyse de ces données est présentée dans la partie VI. de la trame type de l'étude de dangers.

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	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)	?	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	Oui	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	Oui	Effondrement d'une éolienne suite au dysfonctionnement du système de freinage	Tempête + dysfonctionnement du système de freinage	Rapport du CGM Site Vent de Colère Article de presse (Midi Libre)	-

PROJET EOLIEN DE LA VALLEE DES MOUCHES – ETUDE DE DANGERS

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
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
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 des Epinottes	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 des Epinottes	Finistère	0,3	2001	Non	Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5m à 50m, mat intact	Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage)	Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004)	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		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 (survitesse de plus de 60 tr/min)	Survitesse due à une maintenance en cours, problème de régulation, et dysfonctionnement du système de freinage	Base de données ARIA Article de presse (La Tribune du 30/12/2004) Site Vent de Colère	-
Rupture de pale	2005	Wormhout	Nord	0,4	1997	Non	Bris de pale		Site Vent de Colère	Information peu précise

PROJET EOLIEN DE LA VALLEE DES MOUCHES – ETUDE DE DANGERS

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Rupture de pale	08/10/2006	Pleyber-Christ - Site des Epinottes	Finistère	0,3	2004	Non	Chute d'une pale de 20 m pesant 3 tonnes	Allongement des pales et retrait de sécurité (débridage), pas de REX suite aux précédents accidents sur le même parc	Site FED Articles de presse (Ouest France) Journal FR3	-
Incendie	18/11/2006	Roquetaillade	Aude	0,66	2001	Oui	Acte de malveillance : explosion de bonbonne de gaz au pied de 2 éoliennes. L'une d'entre elles a mis le feu en pieds de mat qui s'est propagé jusqu'à la nacelle.	Malveillance / incendie criminel	Communiqués de presse exploitant Articles de presse (La Dépêche, Midi Libre)	-
Effondrement	03/12/2006	Bondues	Nord	0,08	1993	Non	Sectionnement du mât puis effondrement d'une éolienne dans une zone industrielle	Tempête (vents mesurés à 137Kmh)	Article de presse (La Voix du Nord)	-
Rupture de pale	31/12/2006	Ally	Haute-Loire	1,5	2005	Oui	Chute de pale lors d'un chantier de maintenance visant à remplacer les rotors	Accident faisant suite à une opération de maintenance	Site Vent de Colère	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident pendant la phase chantier)
Rupture de pale	03/2007	Clitourps	Manche	0,66	2005	Oui	Rupture d'un morceau de pale de 4 m et éjection à environ 80 m de distance dans un champ	Cause pas éclaircie	Site FED Interne exploitant	-
Chute d'élément	11/10/2007	Plouvien	Finistère	1,3	2007	Non	Chute d'un élément de la nacelle (trappe de visite de 50 cm de diamètre)	Défaut au niveau des charnières de la trappe de visite. Correctif appliqué et retrofit des boulons de charnières effectué sur toutes les machines en exploitation.	Article de presse (Le Télégramme)	-
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)

PROJET EOLIEN DE LA VALLEE DES MOUCHES – ETUDE DE DANGERS

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	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	Oui	Chute de pale et projection de morceaux de pale suite à un coup de foudre	Foudre + défaut de pale	Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain 22/07/2008)	-
Incendie	28/08/2008	Vauvillers	Somme	2	2006	Oui	Incendie de la nacelle	Problème au niveau d'éléments électroniques	Dépêche AFP 28/08/2008	-
Rupture de pale	26/12/2008	Raival - Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Oui	Chute de pale		Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain)	-
Maintenance	26/01/2009	Clastres	Aisne	2,75	2004	Oui	Accident électrique ayant entraîné la brûlure de deux agents de maintenance	Accident électrique (explosion d'un convertisseur)	Base de données ARIA	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	Oui	Incendie de la nacelle	Court-circuit dans transformateur sec embarqué en nacelle ?	Article de presse (Ouest-France) Communiqué de presse exploitant Site FED	-
Incendie	30/10/2009	Freysenet	Ardèche	2	2005	Oui	Incendie de la nacelle	Court-circuit faisant suite à une opération de maintenance (problème sur une armoire électrique)	Base de données ARIA Site FED Article de presse (Le Dauphiné)	-

PROJET EOLIEN DE LA VALLEE DES MOUCHES – ETUDE DE DANGERS

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	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.		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		Article de presse (Le Bien Public 01/06/2011)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident de transport hors site éolien)

PROJET EOLIEN DE LA VALLEE DES MOUCHES – ETUDE DE DANGERS

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Rupture de pale	14/12/2011	Non communiqué	Non communiqué	2,5	2003	Oui	Pale endommagée par la foudre. Fragments retrouvés par l'exploitant agricole à une distance n'excédant pas 300 m.	Foudre	Interne exploitant	Information peu précise sur la distance d'effet
Incendie	03/01/2012	Non communiqué	Non communiqué	2,3	2006	Oui	Départ de feu en pied de tour. Acte de vandalisme : la porte de l'éolienne a été découpée pour y introduire des pneus et de l'huile que l'on a essayé d'incendier. Le feu ne s'est pas propagé, dégâts très limités et restreints au pied de la tour.	Malveillance / incendie criminel	Interne exploitant	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	Article de presse (La Voix du Nord 06/01/2012) Vidéo DailyMotion Interne exploitant	-

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 VII.4. de la trame type de l'étude de dangers. Il peut être considéré comme représentatif des scénarios d'accident pouvant potentiellement se produire sur les éoliennes et pourra par conséquent être repris à l'identique dans les études de dangers.

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

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 conviendra 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 (survitesse). Plusieurs moyens sont mis en place en matière de prévention :

- Concernant le défaut de conception et fabrication : Contrôle qualité
- Concernant le non-respect des instructions de montage et/ou de maintenance : Formation du personnel intervenant, Contrôle qualité (inspections)
- Concernant les causes externes dues à l'environnement : Mise en place de solutions techniques visant à réduire l'impact. Suivant les constructeurs, certains dispositifs sont de série ou en option. Le choix des options est effectué par l'exploitant en fonction des caractéristiques du site.

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

- Perte de réseau électrique : l'alimentation électrique de l'installation est nécessaire pour assurer le fonctionnement des éoliennes (orientation, appareils de mesures et de contrôle, balisage, etc.) ;
- 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_{ERC} = probabilité que l’événement redouté central (défaillance) se produise = probabilité de départ

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

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

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

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

Par souci de simplification, la probabilité d’accident sera calculée en multipliant la borne supérieure de la classe de probabilité de l’événement redouté central par le degré d’exposition. Celui-ci est défini comme le ratio entre la surface de l’objet chutant ou projeté et la zone d’effet du phénomène.

Le tableau ci-dessous récapitule les probabilités d’atteinte en fonction de l’événement redouté central.

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) vivantes ou matérielles, sans préjuger l'existence de ces dernières. C'est une « Source potentielle de dommages »

Potentiel de danger (ou « source de danger », ou « élément dangereux », ou « élément porteur de danger ») : Système (naturel ou créé par l'homme) ou disposition adoptée et comportant un (ou plusieurs) « danger(s) » ; dans le domaine des risques technologiques, un « potentiel de danger » correspond à un ensemble technique nécessaire au fonctionnement du processus envisagé.

Prévention : Mesures visant à prévenir un risque en réduisant la probabilité d'occurrence d'un phénomène dangereux.

Protection : Mesures visant à limiter l'étendue ou/et la gravité des conséquences d'un accident sur les éléments vulnérables, sans modifier la probabilité d'occurrence du phénomène dangereux correspondant.

Probabilité d'occurrence : Au sens de l'article L. 512-1 du code de l'environnement, la probabilité d'occurrence d'un accident est assimilée à sa fréquence d'occurrence future estimée sur l'installation considérée. Elle est en général différente de la fréquence historique et peut s'écarter, pour une installation donnée, de la probabilité d'occurrence moyenne évaluée sur un ensemble d'installations similaires.

Attention aux confusions possibles :

1. Assimilation entre probabilité d'un accident et celle du phénomène dangereux correspondant, la première intégrant déjà la probabilité conditionnelle d'exposition des enjeux. L'assimilation sous-entend que les enjeux

sont effectivement exposés, ce qui n'est pas toujours le cas, notamment si la cinétique permet une mise à l'abri ;

2. Probabilité d'occurrence d'un accident x sur un site donné et probabilité d'occurrence de l'accident x, en moyenne, dans l'une des N installations du même type (approche statistique).

Réduction du risque : Actions entreprises en vue de diminuer la probabilité, les conséquences négatives (ou dommages), associés à un risque, ou les deux. [FD ISO/CEI Guide 73]. Cela peut être fait par le biais de chacune des trois composantes du risque, la probabilité, l'intensité et la vulnérabilité :

- Réduction de la probabilité : par amélioration de la prévention, par exemple par ajout ou fiabilisation des mesures de sécurité
- Réduction de l'intensité :
 - Par action sur l'élément porteur de danger (ou potentiel de danger), par exemple substitution par une substance moins dangereuse, réduction des vitesses de rotation, etc.
 - Réduction des dangers: la réduction de l'intensité peut également être accomplie par des mesures de limitation

La réduction de la probabilité et/ou de l'intensité correspond à une réduction du risque « à la source ».

- Réduction de la vulnérabilité : par éloignement ou protection des éléments vulnérables (par exemple par la maîtrise de l'urbanisation, ou par des plans d'urgence).

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

Scénario d'accident (majeur) : Enchaînement d'événements conduisant d'un événement initiateur à un accident (majeur), dont la séquence et les liens logiques découlent de l'analyse de risque. En général, plusieurs scénarios peuvent mener à un même phénomène dangereux pouvant conduire à un accident (majeur) : on dénombre autant de scénarios qu'il existe de combinaisons possibles d'événements y aboutissant. Les scénarios d'accident obtenus dépendent du choix des méthodes d'analyse de risque utilisées et des éléments disponibles.

Temps de réponse (pour une mesure de maîtrise des risques) : Intervalle de temps requis entre la sollicitation et l'exécution de la mission/fonction de sécurité. Ce temps de réponse est inclus dans la cinétique de mise en œuvre d'une fonction de sécurité, cette dernière devant être en adéquation [significativement plus courte] avec la cinétique du phénomène qu'elle doit maîtriser.

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 SIEMENS SWT 130, VESTAS V136, GE 120 ET NORDEX N131

1 – SIEMENS SWT 130

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 du givre et de mise à l'arrêt de la machine + procédure adéquate de redémarrage		
Description	<p>Système de détection redondant du givre (par exemple : analyse des données de fonctionnement de l'éolienne + système de mesure des oscillations et des vibrations) permettant, en cas de détection de glace, une mise à l'arrêt immédiate de l'aérogénérateur.</p> <p>Application du plan d'urgence ("NOTICE Santé Sécurité Environnement Exploitation et Maintenance") en cas de détection de glace.</p> <p>Le redémarrage peut ensuite se faire soit automatiquement après disparition des conditions de givre, soit manuellement après inspection visuelle sur site.</p>		
Indépendance	<p>Non.</p> <p>Les systèmes traditionnels s'appuient généralement sur des fonctions et des appareils propres à l'exploitation du parc. En cas de danger particulièrement élevé sur site (survol d'une zone fréquentée sur site soumis à des conditions de gel importantes), des systèmes additionnels peuvent être envisagés.</p>		
Temps de réponse	Immédiat		
Efficacité	100%		
Tests	Test des capteurs et du déclenchement de la chaîne de sécurité au moment de la mise en service et à chaque maintenance.		
Maintenance	Annuelle.		

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.		
Description	Mise en place de panneaux informant de la possible formation de glace en pied de machine.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100%		
Tests	NA		
Maintenance	NA		

Fonction de sécurité	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	N° de la fonction de sécurité	3
Mesures de sécurité	Capteurs de température des pièces mécaniques + définition de seuils critiques de température pour chaque type de composant + mise à l'arrêt ou bridage jusqu'à refroidissement.		
Description	Les capteurs de température se trouvent dans les composants les plus importants: paliers, freins, systèmes hydrauliques, multiplicateur, enroulements d'alternateur, etc.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	< 60 sec		
Efficacité	100%		
Tests	Test des capteurs et du déclenchement de la chaîne de sécurité au moment de la mise en service et à chaque maintenance.		
Maintenance	Annuelle.		

Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	4
Mesures de sécurité	Détection de survitesse et système de freinage.		
Description	Systèmes de coupure s'enclenchant en cas de dépassement des seuils de vitesse prédéfinis, indépendamment du système de contrôle commande. Protection contre les survitesses grâce à 2 capteurs: - électronique au niveau du générateur - mécanique au niveau du moyeu Le système de freinage est constitué d'un frein aérodynamique principal (mise ne drapeau des pales) couplé à un frein mécanique auxiliaire (éoliennes avec multiplicateur).		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Immédiat		
Efficacité	100%		
Tests	Test des capteurs, du déclenchement de la chaîne de sécurité et du système hydraulique de freinage et de mise en drapeau au moment de: - la mise en service - lors de chaque arrêt machine (autosurveillance de la machine) - à chaque maintenance.		
Maintenance	Annuelle.		

Fonction de sécurité	Prévenir les courts-circuits	N° de la fonction de sécurité	5
Mesures de sécurité	Coupure de la transmission électrique en cas de fonctionnement anormal d'un composant électrique.		
Description	Les organes et armoires électriques de l'éolienne sont équipés d'organes de coupures et de protection adéquats et correctement dimensionnés. Tout fonctionnement anormal des composants électriques est suivi d'une coupure de la transmission électrique et à la transmission d'un signal d'alerte vers l'exploitant qui prend alors les mesures appropriées.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Immédiat		
Efficacité	100%		
Tests	Inspection visuelle des composants électriques, vérification du couple de serrage des connexions de puissance, opérations d'enclenchement et déclenchement du disjoncteur principal lors de la mise en service et lors de chaque maintenance.		
Maintenance	Annuelle.		

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)		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Immédiat		
Efficacité	100%		
Tests	Inspection et vérification des connexions sur la totalité de la chaîne de protection de la machine (pales, moyeu, nacelle et tour) lors de: <ul style="list-style-type: none"> - la mise en service - lors de chaque détection de foudre Inspection et vérification des connexions moyeu, nacelle et tour lors de la maintenance.		
Maintenance	Annuelle.		

Fonction de sécurité	Protection et intervention incendie	N° de la fonction de sécurité	7
Mesures de sécurité	Capteurs de fumée et de température (option) sur les principaux composants de l'éolienne pouvant permettre, en cas de dépassement des seuils, la mise à l'arrêt de la machine + Système de détection incendie relié à une alarme transmise à un poste de contrôle + Intervention des services de secours.		
Description	Prévention Active (divers détecteurs) avec arrêt machine en cas de détection, Prévention Passive (anti-propagation), Présence d'équipement de lutte anti-incendie (extincteurs dans tour et nacelle) Application du plan d'urgence ("NOTICE Santé Sécurité Environnement Exploitation et Maintenance") en cas d'incendie.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	60 min		
Efficacité	100%		
Tests	Test des capteurs et du déclenchement de la chaîne de sécurité au moment de la mise en service et à chaque maintenance.		
Maintenance	Annuelle.		

Fonction de sécurité	Prévention et rétention des fuites	N° de la fonction de sécurité	8
Mesures de sécurité	Nacelle et hub faisant office de bac de rétention. Procédure d'urgence + kit antipollution.		
Description	Application du plan d'urgence ("NOTICE Santé Sécurité Environnement Exploitation et Maintenance") en cas de fuite.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100%		
Tests	Autosurveillance de la machine sur les niveaux et pressions d'huile et de liquides de refroidissement. Tests des capteurs de pression et de température et inspection visuelle des niveaux à chaque défaut détecté par la machine et à chaque maintenance.		
Maintenance	Annuelle		

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 interfaces tour/fondations et des différentes pièces d'assemblages (brides ; joints, etc.) + Procédures qualité.		
Description	NA		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100%		
Tests	Contrôle de serrage systématique après la mise en service (500hrs). Contrôle de serrage systématique à la fin de la première année. Contrôle de serrage échantillonné lors de la maintenance et systématique tous les 5 ans.		
Maintenance	Annuelle		

Fonction de sécurité	Prévenir les erreurs de maintenance	N° de la fonction de sécurité	10
Mesures de sécurité	Procédure maintenance		
Description	Préconisations du manuel de maintenance.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100%		
Tests	Formation systématique des techniciens. Niveau 7 requis pour être habilité à effectuer la maintenance.		
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	Détection et prévention des vents forts et tempêtes + transmission CPU + arrêt automatique et mise en drapeau des pâles progressivement (diminution de la prise au vent).		
Description	Arrêt machine suite à la détection de vitesses de vent excessifs. Surveillance en continu à l'aide de 2 capteurs.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	de 1s à 10min suivant conditions		
Efficacité	100 %.		
Tests	Test des capteurs au moment de la mise en service et à chaque maintenance.		
Maintenance	Annuelle.		

2 – VESTAS V136

Fonction de sécurité	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	N° de la fonction de sécurité	1-a
Mesures de sécurité	Système de déduction de la formation de glace.		
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 la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	N° de la fonction de sécurité	1-b
Mesures de sécurité	Système de détection de glace sur la nacelle.		
Description	Ce système Vestas est composé d'une sonde vibratoire installée sur la nacelle, permettant d'alerter les opérateurs dès que l'accumulation de glace dépasse un certain niveau. Ce dispositif détecte la formation de glace sur la nacelle, et donc par déduction sur les pales. Lorsqu'il y a détection, la mise à l'arrêt de la turbine est automatique ou manuelle, après vérification de la glace formée, selon le type de configuration demandé.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection de l'ordre de la seconde Mise en pause de la turbine < 1 min		
Efficacité	100%		
Tests	NA		
Maintenance	Le système de détection est supervisé par les contrôleurs de la machine. Un warning est envoyé via le SCADA en cas de défaut => maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement		
Fonction de sécurité	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	N° de la fonction de sécurité	1-c
Mesures de sécurité	Système de détection de glace sur les pales, développé par un fabricant spécialisé		
Description	Ce dispositif est constitué de capteurs de température et d'accéléromètres installés sur les pales et reliés à un serveur de collecte des données. Le dispositif est alors couplé avec le système SCADA qui met la turbine à l'arrêt en cas de détection de formation de glace sur les pales.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection de l'ordre de la seconde Mise en pause de la turbine < 1 min		
Efficacité	100 %		
Tests	Testé à la mise en service. Surveillance continue des données, via le serveur du fabricant. Déviation des fréquences des pâles supervisées en permanence.		

Maintenance	Vérification annuelle conformément au manuel du fabricant.		
Fonction de sécurité	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	N° de la fonction de sécurité	2-a
Mesures de sécurité	Système de dégivrage des pales.		
Description	Ce système fonctionne par pulsation d'air chaud sur les pales. Le système de chauffage est couplé avec le système de déduction de la formation de glace. (Voir cas 1-a)		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse			
Efficacité			
Tests			
Maintenance			
Fonction de sécurité	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	N° de la fonction de sécurité	2-b
Mesures de sécurité	Signalisation du risque en pied de machine Eloignement des zones habitées et fréquentées		
Description	Mise en place de panneaux de signalisation en pied de machine informant du risque de chute de glace (conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011).		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %. Nous considérerons que compte tenu de l'implantation des panneaux et de l'entretien prévu, l'information des promeneurs sera systématique.		
Tests	NA		
Maintenance	Vérification de l'état général du panneau, de l'absence de détérioration, entretien de la végétation afin que le panneau reste visible.		
Fonction de sécurité	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	N° de la fonction de sécurité	3
Mesures de sécurité	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.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection de l'ordre de la seconde Mise en pause de la turbine < 1 min		
Efficacité	100 %		
Tests	Surveillance via la maintenance prédictive, avec détection de la déviation de températures de chaque capteur.		
Maintenance	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-a
Mesures de sécurité	Détection de vent fort et freinage aérodynamique par le système de contrôle.		
Description	L'éolienne est mise à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale de 22.5 m/s pour la V126/V136. Cet arrêt est réalisé par le frein aérodynamique de l'éolienne avec mise en drapeau des pales (le freinage est effectué en tournant ensemble les 3 pales à un angle de 85 à 90°, afin de positionner celles-ci en position où elles offrent peu de prise au vent). Cette mise en drapeau est effectuée par le système d'inclinaison des pales « Vestas Pitch System ».		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	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.		
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. Tests à chaque maintenance préventive.		
Maintenance	Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	4-b
Mesures de sécurité	Détection de survitesse du générateur		
Description	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.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	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.		
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. Tests à chaque maintenance préventive (tous les ans).		
Maintenance	Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	4-c
Mesures de sécurité	Vestas Overspeed Guard » (VOG)		
Description	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		

	<p>par le circuit hydraulique avec l'assistance complémentaire des accumulateurs disposés sur les vérins).</p> <p>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.</p>
Indépendance	Oui
Temps de réponse	<p>Temps de détection < 1 min</p> <p>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.</p>
Efficacité	100 %
Tests	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.
Maintenance	<p>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.</p> <p>Maintenance conforme aux dispositions des articles 15 et 18 de l'arrêté du 26 août 2011.</p>

Fonction de sécurité	Prévenir les courts-circuits	N° de la fonction de sécurité	5
Mesures de sécurité	Détecteur d'arc avec coupure électrique (salle transformateur et armoires électriques).		
Description	<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>		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	50 millisecondes		
	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.		
Efficacité	100 %		
Tests	Test des détecteurs d'arc à la mise en service puis tous les ans.		
Maintenance	<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
Mesures de sécurité	Système de protection contre la foudre conçue pour répondre à la classe de protection I de la norme internationale IEC 61400.		
Description	<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> <p>L'aérogénérateur peut être équipé en option de « copper cap », c'est à dire d'un habillage de l'extrémité de la pale d'une plaque de cuivre qui améliore le captage de l'arc de foudre et assure ainsi une meilleure protection de la pale.</p>		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Immédiat, dispositif passif		
Efficacité	100 %		
Tests	Avant la première mise en route de l'éolienne, une mesure de mise à la terre est effectuée.		
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	<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>2. Système de détection incendie</p>		
Description	<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"> - La chambre du transformateur - Le générateur - La cellule haute tension 		

	<ul style="list-style-type: none"> - Le convertisseur - Les armoires électriques principales - Le système de freinage. <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 secouru (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>
Indépendance	Oui
Temps de réponse	<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>
Efficacité	100%
Tests	Test des détecteurs de fumée à la mise en service puis tous les ans.
Maintenance	<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
Mesures de sécurité	<ol style="list-style-type: none"> 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 		
Description	<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"> • De contenir et arrêter la propagation de la pollution ; • D’absorber jusqu’à 20 litres de déversements accidentels de liquides (huile, eau, alcools ...) et produits chimiques (acides, bases, solvants ...) ; • De récupérer les déchets absorbés. <p>Si ces kits de dépollution s’avèrent insuffisant, 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>
Indépendance	Oui
Temps de réponse	<p>Temps de détection de l’ordre de la seconde</p> <p>Mise en pause de la turbine < 1 min</p>
Efficacité	100%
Tests	<p>Tests des systèmes hydrauliques à la mise en service, 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.</p> <p>Dépendant du débit de fuite.</p>
Maintenance	<p>Les vérifications d’absence de fuites sont effectuées à chaque service planifié.</p> <p>Surveillance des niveaux d’huile via des outils d’analyses instantanées ou hebdomadaires. Inspection et maintenance curative en fonction du type de déclenchement d’alarme.</p>

Fonction de sécurité	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)	N° de la fonction de sécurité	9
Mesures de sécurité	Contrôles réguliers des fondations et des différents assemblages de structure (ex : brides, joints, etc.) Procédures et contrôle qualité		
Description	<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>		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100%		
Tests	NA		
Maintenance	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		

Fonction de sécurité	Prévenir la dégradation de l'état des équipements	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 3. CMS		
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 les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	N° de la fonction de sécurité	12
Mesures de sécurité	1. Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents 2. Mise à l'arrêt sur détection de vent fort et freinage aérodynamique par le système de contrôle 3. Option « Yaw backup System »		
Description	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 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/V136. 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 ». 3. En fonction de l'intensité attendue des vents, il est possible d'ajouter en option le « Yaw backup System ». Ce système maintient la turbine face au vent même en cas de coupure du réseau électrique.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection de l'ordre de la seconde. Mise drapeau des pales < 1 min		
Efficacité	100%		
Tests	Pitch system testé tous les ans lors des maintenances préventives.		
Maintenance	Tous les ans.		

3 – NORDEX N131

Fonction de sécurité	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	N° de la fonction de sécurité	1
Mesures de sécurité	Système de détection ou de déduction de la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. Procédure adéquate de redémarrage.		
Description	Système de détection redondant du givre permettant, en cas de détection de glace, une mise à l'arrêt rapide de l'aérogénérateur. Le redémarrage peut ensuite se faire soit automatiquement après disparition des conditions de givre, soit manuellement après inspection visuelle sur site.		
Indépendance	Non. Les systèmes traditionnels s'appuient généralement sur des fonctions et des appareils propres à l'exploitation du parc. En cas de danger particulièrement élevé sur site (survol d'une zone fréquentée sur site soumis à des conditions de gel importantes), des systèmes additionnels peuvent être envisagés.		
Temps de réponse	Immédiat (L'alarme est déclenchée dès que le capteur est gelé ou détecte de la neige.)		
Efficacité	100 %		
Tests	Tests menés par le concepteur au moment de la construction de l'éolienne		
Maintenance	Vérification des capteurs du système de détection de givre lors des maintenances préventives annuelles.		

Fonction de sécurité	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	N° de la fonction de sécurité	2
Mesures de sécurité	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 %. Nous considérerons que compte tenu de l'implantation des panneaux et de l'entretien prévu, l'information des promeneurs sera systématique.		
Tests	NA		
Maintenance	Vérification de l'état général du panneau, de l'absence de détérioration, entretien de la végétation afin que le panneau reste visible.		

Fonction de sécurité	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	N° de la fonction de sécurité	3
Mesures de sécurité	Capteurs de température des pièces mécaniques Définition de seuils critiques de température pour chaque type de composant avec alarmes Mise à l'arrêt ou bridage jusqu'à refroidissement Systèmes de refroidissement indépendants pour le multiplicateur et la génératrice		
Description	/		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %		
Tests	A préciser si possible		
Maintenance	Maintenance préventive annuelle de la génératrice et de son système de refroidissement, ainsi que du multiplicateur (y compris le système de refroidissement de l'huile du multiplicateur). Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	4
Mesures de sécurité	Détection de survitesse et système de freinage. Eléments du système de protection contre la survitesse conformes aux normes IEC 61508 (SIL 2) et EN 954-1		
Description	Systèmes de coupure s'enclenchant en cas de dépassement des seuils de vitesse prédéfinis, indépendamment du système de contrôle commande. NB : Le système de freinage est constitué d'un frein aérodynamique principal (mise en drapeau des pales) et / ou d'un frein mécanique auxiliaire.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	15 à 60s (arrêt de l'éolienne selon le programme de freinage adapté) 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.		
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	Maintenance préventive annuelle de l'éolienne avec notamment contrôle de l'usure du frein et de pression du circuit de freinage d'urgence. Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

Fonction de sécurité	Prévenir les courts-circuits	N° de la fonction de sécurité	5
Mesures de sécurité	Coupure de la transmission électrique en cas de fonctionnement anormal d'un composant électrique.		
Description	Les organes et armoires électriques de l'éolienne sont équipés d'organes de coupures et de protection adéquats et correctement dimensionnés. Tout fonctionnement anormal des composants électriques est suivi d'une coupure de la transmission électrique et à la transmission d'un signal d'alerte vers l'exploitant qui prend alors les mesures appropriées.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	De l'ordre de la seconde		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	Des vérifications de tous les composants électriques ainsi que des mesures d'isolement et de serrage des câbles sont intégrées dans la plupart des mesures de maintenance préventive mises en œuvre. Les installations électriques sont contrôlées avant la mise en service du parc puis à une fréquence annuelle, conformément 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) Parafoudres sur la nacelle + récepteurs de foudre sur les 2 faces des pales Mise à la terre (nacelle/mât, sections de mât, mât/fondation) Parasurtenseurs sur les circuits électriques		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Immédiat dispositif passif		
Efficacité	100 %		
Tests	Mesure de terre lors des vérifications réglementaires des installations électriques		
Maintenance	Contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre inclus dans les opérations de maintenance, conformément à l'article 9 de l'arrêté du 26 août 2011. Contrôle de l'état de l'installation de mise à la terre dans le mât à chaque maintenance préventive.		

Fonction de sécurité	Protection et intervention incendie	N° de la fonction de sécurité	7
Mesures de sécurité	Capteurs de températures sur les principaux composants de l'éolienne pouvant permettre, en cas de dépassement des seuils, la mise à l'arrêt de la machine Système de détection incendie relié à une alarme transmise à un poste de contrôle Intervention des services de secours		
Description	Détecteurs de fumée qui lors de leur déclenchement conduisent à la mise en arrêt de la machine et au découplage du réseau électrique. De manière concomitante, un message d'alarme est envoyé au centre de télésurveillance. L'éolienne est également équipée d'extincteurs qui peuvent être utilisés par les personnels d'intervention (cas d'un incendie se produisant en période de maintenance).		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	< 1 minute pour les détecteurs et l'enclenchement de l'alarme L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur. Le temps d'intervention des services de secours est, quant à lui, dépendant de la zone géographique.		
Efficacité	100 %		
Tests	Vérification de la plausibilité des mesures de température		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011. Le matériel incendie (type extincteurs) est contrôlé périodiquement par le fabricant du matériel ou un organisme extérieur. Maintenance curative suite à une défaillance du matériel.		

Fonction de sécurité	Prévention et rétention des fuites	N° de la fonction de sécurité	8
Mesures de sécurité	Détecteurs de niveau d'huiles Systèmes d'étanchéité et dispositifs de collecte / récupération Procédure d'urgence Kit antipollution		
Description	Nombreux détecteurs de niveau d'huile permettant de détecter les éventuelles fuites d'huile et d'arrêter l'éolienne en cas d'urgence. Présence de plusieurs bacs collecteurs au niveau des principaux composants. 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. Des kits de dépollution d'urgence composés de grandes feuilles de textile absorbant pourront être utilisés afin : <ul style="list-style-type: none"> - de contenir et arrêter la propagation de la pollution ; - d'absorber jusqu'à 20 litres de déversements accidentels de liquides (huile, eau, alcools ...) et produits chimiques (acides, bases, solvants ...) - de récupérer les déchets absorbés. 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.		
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	Surveillance des vibrations Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints, etc.) Procédures qualités Attestation du contrôle technique (procédure permis de construire)		
Description	La norme IEC 61 400-1 « Exigence pour la conception des aérogénérateurs » fixe les prescriptions propres à fournir « un niveau approprié de protection contre les dommages résultant de tout risque durant la durée de vie » de l'éolienne. Ainsi la nacelle, le nez, les fondations et la tour répondent au standard IEC 61 400-1. Les pales respectent le standard IEC 61 400-1 ; 12 ; 23. Les éoliennes sont équipées de capteurs de vibration, qui entraînent l'arrêt en cas de dépassement des seuils définis. Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223 (peinture et revêtement anti-corrosion).		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	15 à 60s (arrêt de l'éolienne selon le programme de freinage adapté)		
Efficacité	100 %		
Tests	Déclenchement manuel des capteurs de vibration et vérification de la réponse du système		
Maintenance	Les couples de serrage (brides sur les diverses sections de la tour, bride de raccordement des pales au moyeu, bride de raccordement du moyeu à l'arbre lent, éléments du châssis, éléments du pitch system, couronne du Yam Gear, 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'arrêt du 26 août 2011. Inspection visuelle du mât et, si besoin, nettoyage lors des maintenances préventives annuelles.		

Fonction de sécurité	Prévenir les erreurs de maintenance	N° de la fonction de sécurité	10
Mesures de sécurité	Procédure maintenance		
Description	Préconisations du manuel de maintenance Formation du personnel		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
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 pâles) 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	15 à 60 s suivant le programme de freinage		
Efficacité	100 %. NB : En fonction de l'intensité attendue des vents, d'autres dispositifs de diminution de la prise au vent de l'éolienne peuvent être envisagés.		
Tests	Test des programmes de freinage lors de la mise en service de l'éolienne. Test automatique du système de freinage mécanique et du fonctionnement de chaque système pitch (freinage aérodynamique) lors de la séquence de démarrage de l'éolienne.		
Maintenance	Maintenance préventive du système pitch (les points contrôlés varient suivant le type de maintenance – T1 / T2 / T3 / T4), notamment vérification du câblage et du système de lubrification automatique, graissage des roulements de pitch. Maintenance préventive du frein mécanique (les points contrôlés varient suivant le type de maintenance – T1 / T2 / T3 / T4), notamment inspection visuelle, vérification de l'épaisseur des plaquettes de frein et des capteurs du frein mécanique.		

Fonction de sécurité	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de cyclones dans les zones cycloniques	N° de la fonction de sécurité	12
Mesures de sécurité	Mise en place d'une procédure de veille cyclonique et d'intervention + mise en œuvre d'éoliennes équipées de dispositifs anticycloniques permettant abattage et arrimage au sol des éléments les plus sensibles, en particulier les pales		
Description	L'ensemble de la structure [mât et/ou nacelle + hélice] peut être rabattu et arrimé au sol Détection des cyclones Formation des opérateurs Mise en place d'une procédure d'intervention suivant les niveaux d'alerte		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	A préciser si possible		

Tableau 41 : Ensemble des fonctions de sécurité (Source: Nordex)

4 – GENERAL ELECTRIC GE 120

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 pâles de l'aérogénérateur. Procédure adéquate de redémarrage.		
Description	<p>La machine peut être équipée en option d'un système de détection de givre et de glace. Quand ledit système (situé soit sur le toit de la nacelle, soit sur les parois à l'intérieur des pâles (cela dépendra du système choisi)), détecte la présence de givre/glace, il commande automatiquement la procédure de mise à l'arrêt de la machine en activant, dans le même temps, une alarme prévenant l'exploitant de cette mise à l'arrêt due aux mauvaises conditions météorologiques du site.</p> <p>Par la suite, la machine ne pourra être redémarrée que par une consigne manuelle, effectuée depuis le système de contrôle situé à l'intérieur de la tour. Ce redémarrage se fera à la seule discrétion de l'exploitant.</p>		
Indépendance	Non Les systèmes traditionnels s'appuient généralement sur des fonctions et des appareils propres à l'exploitation du parc. En cas de danger particulièrement élevé sur site (survol d'une zone fréquentée sur site soumis à des conditions de gel importantes), des systèmes additionnels peuvent être envisagés.		
Temps de réponse	Quelques minutes (<60 min.)		
Efficacité	100 %		
Tests	A confirmer		
Maintenance	Vérification du système au début de la 1ère période d'utilisation puis contrôle annuelle pendant les phases de 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. Bridages des machines.		
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). Possibilité de bridage des machines suite à la détection de glace.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %. Nous considérerons que compte tenu de l'implantation des panneaux et de l'entretien prévu, l'information des promeneurs sera systématique.		
Tests	NA		
Maintenance	vérification de l'état général du panneau, de l'absence de détérioration, entretien de la végétation afin que le panneau reste visible.		

Fonction de sécurité	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	N° de la fonction de sécurité	3
Mesures de sécurité	Capteurs de température des pièces mécaniques. Mise à l'arrêt ou bridage jusqu'à refroidissement		
Description	/		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %		
Tests	Tests standards réalisés pendant la phase de mise en service de l'équipement selon les procédures du constructeur, avant le démarrage de l'opération commerciale de l'installation.		
Maintenance	Contrôle annuel pendant les phases de maintenance préventive.		

Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	4
Mesures de sécurité	Détection de survitesse et système de freinage (actif et passif).		
Description	<p>Dans des conditions normales, le freinage est effectué par 'la mise en drapeau' des pâles. La mise en drapeau de deux pâles suffit pour stopper la rotation du rotor. Chaque pale dispose de son propre système de batterie en cas de perte de l'alimentation générale de la machine (par exemple, déconnexion du réseau électrique ou réseau électrique perturbé) afin de pouvoir actionner les moteurs assurant la rotation des pâles (appelé « pitching / pitch control »).</p> <p>Si, pour une raison quelconque, extrêmement rare de surcroît, une défaillance de la mise en drapeau des pâles survenait et ne suffisait pas à stopper la machine, l'éolienne dispose également d'un système hydraulique de frein à disque. Ce système se situe sur l'arbre rapide, c'est à dire sur l'arbre de rotation situé entre le multiplicateur et l'alternateur. Ce freinage est également utilisé dans certaines situations d'urgences (bouton d'arrêt d'urgence par exemple).</p> <p>Dans le cas de survitesses, des capteurs mesurant en permanence la vitesse de rotation du rotor (arbre lent) ainsi que celle de l'alternateur (arbre rapide) envoient des informations au système de contrôle de l'éolienne. Si la vitesse enregistrée vient à dépasser la limite prédéfinie, le système de contrôle déclenche automatiquement le freinage d'urgence, c'est à dire la mise en drapeau des pâles et l'activation du frein sur l'arbre rapide.</p>		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection < 1 minute L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur conformément aux dispositions de l'arrêté du 26 août 2011		
Efficacité	100 %		
Tests	Tests standards réalisés pendant la phase de mise en service de l'équipement selon les procédures du constructeur, avant le démarrage de l'opération commerciale de l'installation.		
Maintenance	Contrôle annuel pendant les phases de maintenance préventive.		

Fonction de sécurité	Prévenir les courts-circuits	N° de la fonction de sécurité	5
Mesures de sécurité	Coupage de la transmission électrique en cas de fonctionnement anormal d'un composant électrique.		
Description	Les organes et armoires électriques de l'éolienne sont équipés d'organes de coupures et de protection adéquats et correctement dimensionnés. Tout fonctionnement anormal des composants électriques est suivi d'une coupure de la transmission électrique et à la transmission d'un signal d'alerte vers l'exploitant qui prend alors les mesures appropriées.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	De l'ordre de la seconde		
Efficacité	100 %		
Tests	Tests standards réalisés pendant la phase de mise en service de l'équipement selon les procédures du constructeur, avant le démarrage de l'opération commerciale de l'installation.		
Maintenance	Contrôle annuel pendant les phases de maintenance préventive.		

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	Les éoliennes disposent d'un système de protection suivant les normes IEC de protection contre la foudre. Pour plus d'informations sur le système ainsi que les standards appliqués, veuillez-vous référer à la documentation annexée.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %		
Tests	Tests standards réalisés pendant la phase de mise en service de l'équipement selon les procédures du constructeur, avant le démarrage de l'opération commerciale de l'installation.		
Maintenance	Contrôle visuel des pâles 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 relié à une alarme transmise à un poste de contrôle Intervention des services de secours		
Description	Des capteurs de températures sont situés dans les armoires électriques et sur les principaux organes électriques de l'éolienne ; ils sont en mesure de détecter une augmentation anormale de la température et d'en signaler l'opérateur via les systèmes de contrôle/commande de la machine et de la sous-station. Les éoliennes sont livrées et installées avec deux extincteurs visibles et facilement accessibles. Un extincteur se situe en pied de mât et le second se trouve dans la nacelle. De plus GE offre la possibilité d'équiper la machine d'un système de détection d'incendie intégré. Merci de vous référer à la description annexées.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	< 1 minute pour les détecteurs, 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	Tests standards réalisés pendant la phase de mise en service de l'équipement selon les procédures du constructeur, avant le démarrage de l'opération commerciale de l'installation.		
Maintenance	Contrôle annuel pendant les phases de maintenance préventive.		

Fonction de sécurité	Prévention et rétention des fuites	N° de la fonction de sécurité	8
Mesures de sécurité	Détecteurs de niveau d'huiles Procédure d'urgence		
Description	Des détecteurs de niveau d'huile permettant de prévenir les éventuelles fuites d'huile et d'arrêter l'éolienne en cas d'urgence. De plus, la nacelle est construite de telle façon que son sol peut contenir l'huile du multiplicateur (ou tout autre fluide s'échappant des composants de la nacelle) et éviter ainsi la propagation des fluides dans la tour. 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.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Dépendant du débit de fuite		
Efficacité	100 %		
Tests	Tests standards des capteurs réalisés pendant la phase de mise en service de l'équipement selon les procédures du constructeur, avant le démarrage de l'opération commerciale de l'installation.		
Maintenance	Contrôle annuel pendant les phases de maintenance préventive.		

Fonction de sécurité	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)	N° de la fonction de sécurité	9
Mesures de sécurité	Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints, etc.) Procédures qualités		
Description	La norme IEC 61 400-1 « Exigence pour la conception des aérogénérateurs » fixe les prescriptions propres à fournir « un niveau approprié de protection contre les dommages résultant de tout risque durant la durée de vie » de l'éolienne. Ainsi la nacelle, le nez, les fondations et la tour répondent au standard IEC 61 400-1 (Edition 2). Les pâles respectent le standard IEC 61 400-1 ; 12 ; 23. 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	NA		
Tests	NA		
Maintenance	Les couples de serrage (brides sur les diverses sections de la tour, bride de raccordement des pales au moyeu, bride de raccordement du moyeu à l'arbre lent, éléments du châssis, éléments du pitch system, couronne du Yaw Gear, boulons de fixation de la nacelle...) sont vérifiés au bout de 3 mois de fonctionnement. Puis contrôle annuel pendant les phases de maintenance préventive.		

Fonction de sécurité	Prévenir les erreurs de maintenance	N° de la fonction de sécurité	10
Mesures de sécurité	Procédure maintenance		
Description	Préconisations du manuel de maintenance Formation du personnel		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
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 pâles) 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	/		
Efficacité	100 %.		
Tests	Tests standards réalisés pendant la phase de mise en service de l'équipement selon les procédures du constructeur, avant le démarrage de l'opération commerciale de l'installation.		
Maintenance	Contrôle annuel pendant les phases de maintenance préventive.		

Fonction de sécurité	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de cyclones dans les zones cycloniques	N° de la fonction de sécurité	12
Mesures de sécurité	NA		
Description	NA		
Indépendance	NA		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	NA		
Tests	NA		
Maintenance	NA		

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