

PARC ÉOLIEN DU MOULINET

Ligny-Les-Aire et Westrethem (62)



Demande d'Autorisation Environnementale dans le cadre du projet de parc éolien PARTIE III : ETUDE DE DANGERS

Rapport

Réf : CACINO142273 / RACINO02528-02

AVO / JPT

28/05/2019



PARC EOLIEN DU MOULINET

Ligny-Les-Aire et Westrehem (62)

Demande d'Autorisation Environnementale dans le cadre du projet de parc éolien
 PARTIE III : ETUDE DE DANGERS

Objet de l'indice	Date	Indice	Rédaction		Vérification		Validation	
			Nom	Signature	Nom	Signature	Nom	Signature
Rapport	25/09/2017	01	A.VOGT		J-P.LENGLET		J-P.LENGLET	
Mise à jour suite relecture DREAL	28/05/2019	02	A.VOGT		J-P.LENGLET		J-P.LENGLET	

Numéro de contrat / de rapport :	Réf : CACINO142273 / RACINO02528-02
Numéro d'affaire :	A29742
Domaine technique :	IC01
Mots clé du thésaurus	ENERGIE EOLIENNE ENERGIE RENOUVELABLE DOSSIER D'AUTORISATION

SOMMAIRE

INTRODUCTION	8
1. Préambule	19
1.1 Objectif de l'étude de dangers	19
1.2 Contexte réglementaire et législatif	19
1.3 Qu'est-ce qu'une éolienne ?	20
1.3.1 Principe d'une éolienne	20
1.3.2 Classification des éoliennes	21
2. Informations générales concernant l'installation	22
2.1 Renseignements administratifs	22
2.1.1 Identité du porteur du projet	22
2.1.2 Identité du rédacteur de la présente étude	22
2.2 Localisation du site	22
2.3 Description de l'aire d'étude	23
3. Description de l'environnement de l'installation	25
3.1 Environnement humain	25
3.1.1 Zones urbanisées	25
3.1.2 Etablissements recevant du public (ERP)	25
3.1.3 Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) et installations nucléaires de base	26
3.1.4 Autres activités	26
3.2 Environnement naturel	27
3.2.1 Contexte climatique	27
3.2.2 Risques naturels	28
3.3 Environnement matériel	32
3.3.1 Voies de communication	32
3.3.2 Servitudes et contraintes techniques	32
3.4 Synthèse des enjeux	33
4. Description de l'installation	35
4.1 Caractéristiques de l'installation	35
4.1.1 Caractéristiques générales d'un parc éolien	35
4.1.2 Composition de l'installation	37
4.2 Fonctionnement de l'installation	39
4.2.1 Principe de fonctionnement d'un aérogénérateur VESTAS V100 – 2,2 MW	39
4.2.2 Sécurité de l'installation	46
4.2.3 Opérations de maintenance de l'installation	49
4.2.4 Stockage et flux de produits dangereux	54
4.3 Fonctionnement des réseaux de l'installation	54
4.3.1 Raccordement électrique	54
4.3.2 Autres réseaux	55
5. Identification des potentiels de dangers de l'installation	56
5.1 Potentiels de dangers liés aux produits	56
5.1.1 Inventaire des produits	56
5.1.2 Dangers des produits	57
5.2 Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation	57
5.3 Réduction des potentiels de dangers à la source	58
5.3.1 Principales actions préventives	58

6.	Analyse des retours d'expérience	60
6.1	Inventaire des accidents et incidents en France	60
6.2	Inventaire des accidents et incidents à l'international	61
6.3	Inventaire des accidents majeurs survenus sur les sites de l'exploitant	63
6.4	Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience	64
6.4.1	Analyse de l'évolution des accidents en France	64
6.4.2	Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents	64
6.5	Limites d'utilisation de l'accidentologie	64
7.	Analyse préliminaire des risques	66
7.1	Objectif de l'analyse préliminaire des risques	66
7.2	Recensement des événements initiateurs exclus de l'analyse des risques	66
7.3	Recensement des agressions externes potentielles	66
7.3.1	Agressions externes liées aux activités humaines	67
7.3.2	Agressions externes liées aux phénomènes naturels	67
7.4	Scénarios étudiés dans l'analyse préliminaire des risques	68
7.5	Effets dominos	73
7.6	Mise en place des mesures de sécurité	73
7.7	Conclusion de l'analyse préliminaire des risques	84
8.	Etude détaillée des risques	86
8.1	Rappel des définitions	86
8.1.1	Cinétique	86
8.1.2	Intensité	86
8.1.3	Gravité	87
8.1.4	Probabilité	88
8.2	Caractérisation des scénarios retenus	89
8.2.1	Effondrement de l'éolienne	89
8.2.2	Chute de glace	93
8.2.3	Chute d'éléments de l'éolienne	96
8.2.4	Projection de fragments de pales	98
8.2.5	Projection de glace	101
8.3	Synthèse de l'étude détaillée des risques	104
8.3.1	Tableaux de synthèse des scénarios étudiés	104
8.3.2	Synthèse de l'acceptabilité des risques	105
8.3.3	Cartographie des risques	106
9.	Conclusion	118

TABLEAUX

Tableau 1 : Indication Géographique Protégée	26
Tableau 2 : Températures au droit de la station de Lille-Lesquin	27
Tableau 3 : Coordonnées géographiques des installations	38
Tableau 4 : Dangers potentiels liés au fonctionnement de l'installation	57
Tableau 5 : Agressions externes liées aux activités humaines	67
Tableau 6 : Agressions externes liées aux phénomènes naturels	68
Tableau 7 : Scénarios de l'analyse des risques préliminaire	69
Tableau 8 : Liste des fonctions de sécurité	74
Tableau 9 : Scénarios exclus de l'analyse des risques détaillés	85
Tableau 10 : Degré d'exposition	87
Tableau 11 : seuils de gravité	88
Tableau 12 : Probabilités	88
Tableau 13 : Intensité pour le phénomène d'effondrement de l'éolienne	90
Tableau 14 : Gravité pour le phénomène d'effondrement de l'éolienne	91

Tableau 15 : Probabilité pour le phénomène d'effondrement de l'éolienne	92
Tableau 16 : Niveau de risque.....	93
Tableau 17 : Intensité du phénomène de chute de glace	94
Tableau 18 : Gravité du phénomène de chute de glace	95
Tableau 19 : Acceptabilité du phénomène de chute de glace.....	95
Tableau 20 : Intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne	96
Tableau 21 : Gravité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne	97
Tableau 22 : Acceptabilité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne	98
Tableau 23 : Intensité du phénomène de projection de pale	99
Tableau 24 : Gravité du phénomène de projection de pale	99
Tableau 25 : Probabilité du phénomène de projection de pale	100
Tableau 26 : Acceptabilité du phénomène de projection de pale	101
Tableau 27 : Intensité du phénomène de projection de morceaux de glace.....	102
Tableau 28 : Gravité du phénomène de projection de morceaux de glace.....	103
Tableau 29 : Acceptabilité du phénomène de projection de morceaux de glace.....	104
Tableau 30 : Synthèse des scénarios étudiés.....	105
Tableau 31 : Acceptabilité des risques.....	106
Tableau 32 : Synthèse de l'acceptabilité des risques	118

FIGURES

Figure 1 : Photographie d'une éolienne (source : VESTAS)	20
Figure 2 : Localisation générale du site d'étude.....	23
Figure 3 : Carte de situation de l'installation.....	24
Figure 4 : Localisation des habitations les plus proches	25
Figure 5 : Occupation des sols	26
Figure 6 : Rose des vents moyenne (01/01/1978 au 31/12/2016 pour la station de Lille-Lesquin)	28
Figure 7 : Aléa retrait gonflement	29
Figure 8 : Foudroiement en France 2007-2016 (source : Météorage)	30
Figure 9 : Remontée de nappes	31
Figure 10: Localisation des servitudes d'utilité publique	33
Figure 11 : Synthèse des enjeux	34
Figure 12 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur (source : VESTAS)	36
Figure 13 : Illustration des emprises au sol d'une éolienne	37
Figure 14 : Plan des installations.....	38
Figure 15 : Composants de la nacelle	41
Figure 16 : Schéma simplifié de la chaîne cinétique	45
Figure 17 : Calendrier de maintenance	53
Figure 18 : Raccordement électrique des installations.....	54
Figure 19 : Répartition des événements accidentels et leurs causes (source : VESTAS)	61
Figure 20 : Répartition des événements accidentels dans le monde (source : VESTAS)	62
Figure 21 : Répartition des causes premières d'effondrement (source : VESTAS).....	62
Figure 22 : Répartition des causes premières de rupture de pale (source : VESTAS).....	63
Figure 23 : Répartition des causes premières d'incendie (source : VESTAS).....	63
Figure 24 : Evolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées.....	64
Figure 25 : Synthèse des zones d'effets – éolienne E1	108
Figure 26 : Synthèse des zones d'effets – éolienne E2	109
Figure 27 : Synthèse des zones d'effets – éolienne E3	110
Figure 28 : Synthèse des zones d'effets – éolienne E4	112
Figure 29 : Synthèse des zones d'effets – éolienne E5	114
Figure 30 : Synthèse des zones d'effets – éolienne E6	115
Figure 31: Synthèse des zones d'effets – éolienne E7	116

Figure 32 : Synthèse des zones d'effets – éolienne E8 117

ANNEXES

Annexe 1. Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne

Annexe 2. Solutions VESTAS pour répondre à l'arrêté du 26 août 2011

Annexe 3. Certificat de conformité de l'éolienne à la norme EC61400-1

Annexe 4. Tableau de l'accidentologie française

Annexe 5. Scénarios génériques issus de l'analyse préliminaire des risques

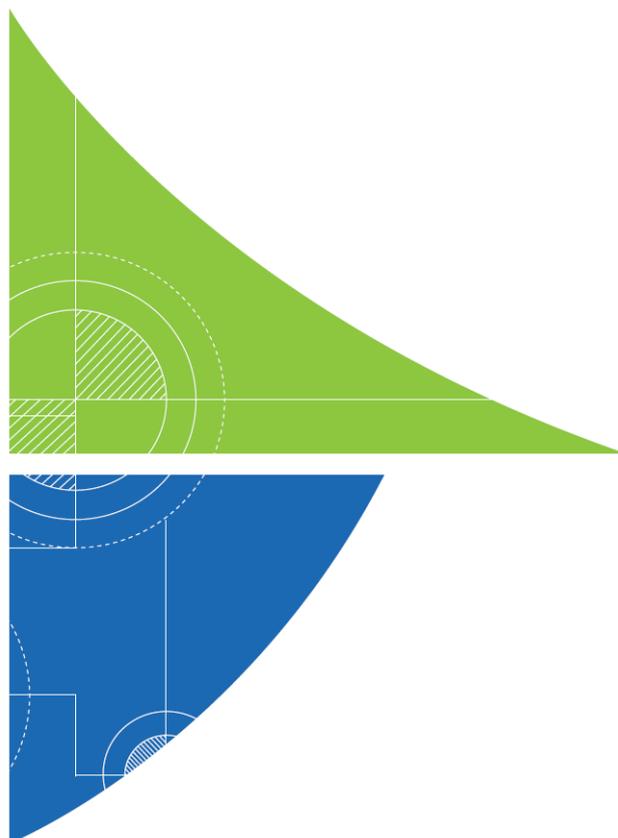
Annexe 6. Probabilité d'atteinte et risque individuel

Annexe 7. Manuel SST VESTAS

Annexe 8. Glossaire

Annexe 9. Bibliographie

PIÈCE I : RESUME NON TECHNIQUE DE L'ETUDE DE DANGERS



Ce projet est porté par le parc éolien de la chaussée Brunehaut, maître d'ouvrage du projet et futur exploitant du parc éolien. Le parc éolien de la chaussée Brunehaut, composé de 5 éoliennes ENERCON E92 – 2,35 MW, est localisé sur les communes de Blessy et d'Estrée-Blanche, dans le département du Pas-de-Calais (62), en région Haut de France.

Le décret 2011-984 du 23 août 2011 a modifié la nomenclature des installations classées en créant la rubrique 2980 « Installation terrestre de production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent et regroupant un ou plusieurs aérogénérateurs ».

Le projet du parc éolien de la chaussée Brunehaut comporte des éoliennes de plus de 50 m de mât et relève donc du régime d'autorisation unique ; une étude de dangers est donc nécessaire.

1. Identification des enjeux

Les habitations les plus proches de ce parc éolien se trouvent plus de 500 m des communes d'Estrée-Blanche et de Blessy.

Aucun établissement recevant du public n'est situé dans le périmètre d'étude.

L'installation classée pour la protection de l'environnement la plus proche est la SATC Delannoy, une exploitation de carrière, elle se situe sur les communes d'étude et donc à une distance de plus de 500 m de ce parc éolien. Il n'y a pas d'installation nucléaire de base à moins de 500 m.

Le périmètre de l'étude de dangers n'est traversé que par des routes secondaires d'intérêt local dont le trafic est inférieur à 500 véhicules par jour, ainsi que par quelques chemins d'exploitation agricole.

Dans le périmètre de l'étude de dangers (soit dans le rayon des 500 mètres autour des éoliennes), aucun terrain aménagé potentiellement fréquenté, aucun sentier de randonnée, aucune voie de circulation structurante, voie ferrée, voie navigable et zone d'activité ne sont répertoriées.

Selon les critères de l'étude de dangers, les enjeux suivants ont été identifiés dans le périmètre de l'étude :

- Personnes non abritées (promeneurs, agriculteurs) présentes dans le périmètre de l'étude ;
- Véhicules susceptibles d'emprunter les voies à faible circulation et chemins d'exploitation du périmètre d'étude.

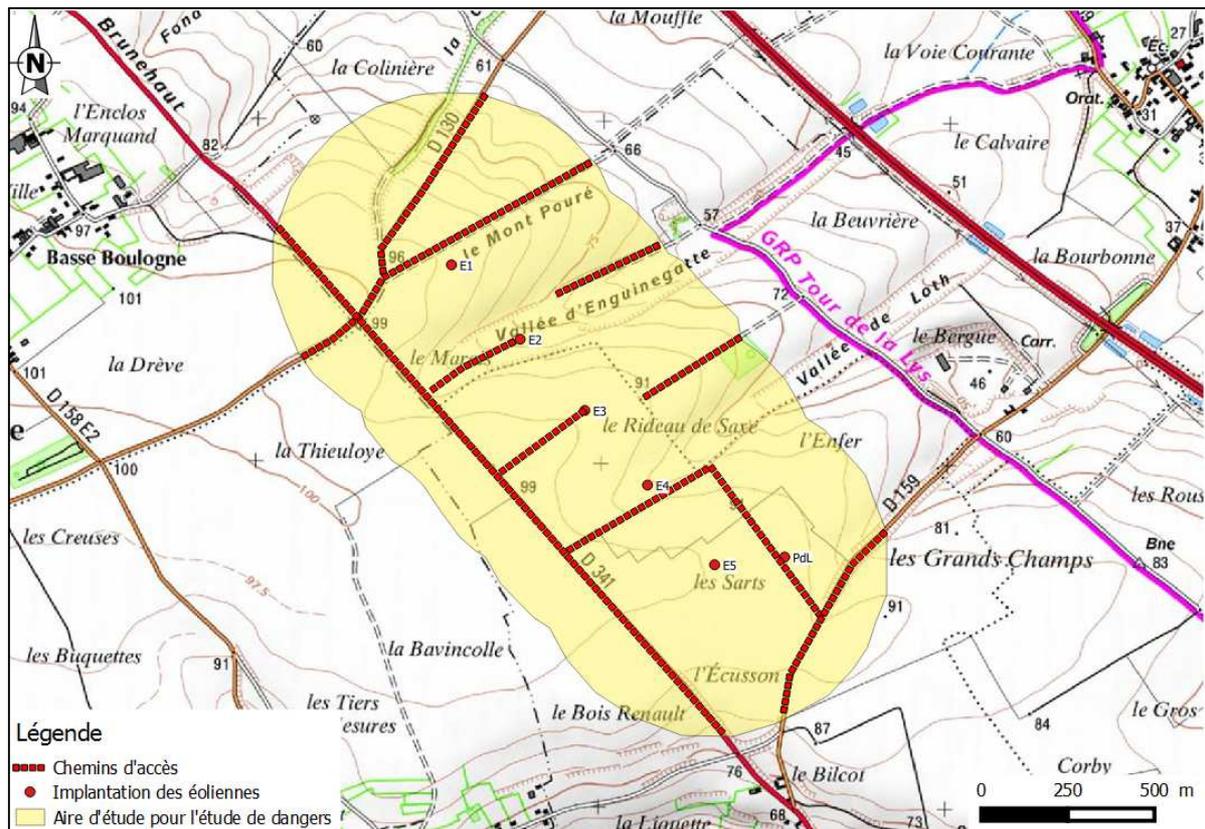


Figure 1 : Synthèse des enjeux

2. Potentiels de dangers de l'installation et agressions extérieures

2.1 Potentiels de dangers liés aux produits

L'activité de production d'électricité par les éoliennes ne consomme pas de matières premières, ni de produits pendant la phase d'exploitation. De même, cette activité ne génère pas de déchet, ni d'émission atmosphérique, ni d'effluent potentiellement dangereux pour l'environnement. La majorité des produits entrants sont des lubrifiants permettant le bon fonctionnement des machines. Ils ne sont pas classés comme des produits inflammables mais restent cependant combustibles. Les risques associés à ces différents produits sont :

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

2.2 Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation

Les dangers liés au fonctionnement du parc éolien (hors causes externes) sont de cinq types :

- Chute d'éléments (boulons, morceaux d'équipements, morceaux de glace, etc.) ;
- Projection d'éléments (morceau de pale, morceaux de glace) ;
- Effondrement de tout ou partie de l'éolienne ;
- Echauffement de pièces mécaniques pouvant conduire à un départ de feu ;
- Courts-circuits électriques (à l'intérieur de l'éolienne ou du poste de livraison) pouvant conduire à un départ de feu.

2.3 Agressions externes potentielles

Aucun aéroport n'est présent dans un rayon de 2 km des éoliennes. Aucune installation classée pour l'environnement (autre que les autres éoliennes du parc) n'est présente dans un rayon de 200 m des éoliennes. Il n'existe aucune ligne à haute tension ou canalisation de transport de gaz, hydrocarbures ou produits chimiques dans le périmètre des 200 m.

En ce qui concerne les phénomènes naturels, les agressions externes potentielles à considérer sont principalement les tempêtes et la formation de glace :

- Les tempêtes : Les vents violents peuvent être la cause de détériorations de structures, de chute/pliage de mât, de survitesse des pales et de projection de pales. Les vents violents sont pris en compte dans le dimensionnement des éoliennes.

Du point de vue de la résistance aux vents extrêmes, l'éolienne retenue est de classe IEC III B. Pour les 3 critères de vitesse de vent de la norme IEC, le site présente des vitesses de vent inférieures aux maxima de la classe de l'éolienne retenue. Il s'agit de vitesses moyennes. Des vitesses de vent instantané supérieures peuvent être supportées par les éoliennes et des coefficients de sécurité sont appliqués lors de leur conception.

- La formation de glace : Il est possible que de la glace se forme sur les éoliennes en période hivernale, que ce soit sur les pales, le moyeu ou sur la nacelle. L'augmentation de température entraînant la fonte partielle ou la mise en rotation du rotor peuvent alors provoquer des chutes de glace ou des projections de morceaux de glace.

Le projet européen Wind Energy production in COld climates (WECO), piloté par l'institut météorologique de Finlande, a établi une carte européenne des zones les plus exposées au givre. Il apparaît que le secteur ne présente qu'un risque occasionnel (moins de 1 jour par an).

En ce qui concerne le risque sismique : Le département du Pas-de-Calais figure intégralement en zone de sismicité 1 (risque « très faible »). Dans cette zone, aucune construction à risque normal n'est soumise à des règles de construction parasismique. A noter que la classe normative des sols sera déterminée après les sondages de reconnaissance qui seront exécutés dans le cadre des études d'avant-projet.

3. Evaluation des risques

L'analyse des risques effectuée ici se divise en deux parties : une analyse préliminaire puis une analyse détaillée des risques.

3.1 Evaluation préliminaire des risques

La première partie 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.

3.1.1 Evènements exclus de l'analyse de risque

Conformément à la circulaire du 10 mai 2010, les événements suivants sont exclus de l'analyse des risques : chute de météorite, séisme d'amplitude supérieure aux séismes maximums de référence, crues d'amplitude supérieure à la crue de référence, événements climatiques d'intensité supérieure aux événements historiquement connus ou prévisibles, chute d'avion hors des zones de proximité d'aéroport ou aérodrome, rupture de barrage, actes de malveillance. Du fait du choix du site d'implantation, certains risques ont été volontairement écartés de l'analyse des risques, il s'agit des avalanches, des inondations, des tsunamis et des accidents ferroviaires.

3.1.2 Identification des phénomènes redoutés

Les causes d'accident sont multiples, de la foudre à un défaut de maintenance, d'une erreur de conception à une tempête. Elles sont présentées en détail dans l'étude de dangers. Des mesures de réduction sont d'ores et déjà appliquées par les constructeurs d'éoliennes et les exploitants afin de réduire ces causes d'accident et leurs conséquences.

Ces causes conduisent cependant à un nombre limité d'évènements redoutés centraux qui peuvent conduire à un accident touchant des personnes. N'ont été retenus que les séquences accidentelles dont l'intensité est telle que l'accident peut avoir des effets significatifs sur la vie humaine. Les évènements redoutés centraux retenus sont les suivants :

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

3.1.3 Principaux systèmes de sécurité des éoliennes récentes

Les principaux systèmes de sécurité mis en place au droit des éoliennes récentes sont les suivantes :

- Système de freinage :
 - Freinage aérodynamique par orientation des 3 pales ;
 - Système autonome en cas de coupure réseau ;
- Protection foudre :
 - Equipement paratonnerre des pales et de l'éolienne (système conforme à la norme IEC 61400-24, relative à la protection contre la foudre des éoliennes) ;
 - Protection contre les surtensions des principaux composants et des éléments de sécurité ;
- Système de détection de givre / glace :
 - Détection des conditions météorologiques propices à la formation de givre ;
 - Détection des modifications du comportement aérodynamique du rotor ;
 - Capteurs de vibrations ;
 - Arrêt de l'éolienne et redémarrage sous conditions.
- Surveillance des principaux paramètres :
 - Un système de surveillance complet garantit la sécurité de l'éolienne.
 - Toutes les fonctions pertinentes pour la sécurité (par exemple : vitesse du rotor, températures, charges, vibrations) sont surveillées. L'éolienne est immédiatement arrêtée si l'un des capteurs détecte une anomalie sérieuse.

3.2 Evaluation détaillée des risques

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

3.2.1 Portée des évènements

La première étape de l'étude de dangers a consisté à définir la portée maximale de chacun des évènements redoutés centraux. Les distances, basées sur les dimensions de l'éolienne, sont présentées dans le tableau ci-dessous.

En dehors de ces zones d'effet, l'exposition a été considérée comme nulle.

Tableau 1 : Portée des évènements

Evènement	Portée maximale
Effondrement de l'éolienne	130 m
Chute d'éléments de l'éolienne	45 m
Chute de glace	45 m
Projection de glace	264 m
Projection d'éléments de pale	500 m

3.2.2 Intensité

L'exposition est jugée forte pour les scénarios d'effondrement de l'éolienne et de chute d'éléments, c'est-à-dire que le rapport entre l'élément et la surface de la zone d'effet est compris entre 1 et 5 %. Pour les autres scénarios, l'exposition est considérée modérée (inférieure à 1%).

3.2.3 Gravité

La gravité correspond au nombre de personnes potentiellement impactées. Les seuils retenus pour l'étude sont liés au degré d'exposition.

Pour le projet étudié, au vu des enjeux identifiés dans la zone d'étude, les niveaux de gravité rencontrés sont modérés pour chaque éolienne et pour chaque évènement recensé.

3.2.4 Probabilité

La probabilité de réalisation d'un accident peut être caractérisée en 5 classes : la classe A correspond à une probabilité supérieure à 10^{-2} (plus d'une chance sur 100 que l'évènement se produise dans l'année), la classe E à une probabilité inférieure à 10^{-5} (moins d'une chance sur cent mille).

Conformément à l'arrêté du 29 septembre 2005, la probabilité prise en compte est celle de la survenue du phénomène dangereux (par exemple l'effondrement de l'éolienne) et non la probabilité d'atteinte d'une cible. Ces probabilités ont été calculées par l'INERIS sur la base des fréquences des accidents rencontrés en France et dans le monde. Les retours d'expérience sont en effet suffisamment précis pour permettre cette méthode. Dans certains cas, la mise en place de mesures de sécurité adaptées a été prise en compte. Les probabilités des évènements redoutés sont présentées ci-dessous.

Tableau 2 : Probabilité des évènements

Scénario	Probabilité	Echelle qualitative
Effondrement de l'éolienne	D	Courant
Chute d'éléments de l'éolienne	C	Probable
Chute de glace	A	Improbable
Projection de glace	B	Rare
Projection d'éléments de pale	D	Rare

3.2.5 Caractérisation des accidents majeurs

La synthèse des scénarios étudiés est présentée dans le tableau suivant.

Tableau 3 : Synthèse des scénarios étudiés

Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité
Chute d'éléments de l'éolienne	Zone de survol	Rapide	Exposition Forte	C	Sérieux pour toutes les éoliennes
Effondrement de l'éolienne	Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale	Rapide	Exposition forte	D	Sérieux pour toutes les éoliennes
Chute de glace (sauf si les températures hivernales sont supérieures à 0°C)	Zone de survol	Rapide	Exposition modérée	A	Modéré pour toutes les éoliennes
Projection de fragments de pales	500 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	D	Modéré pour toutes les éoliennes
Projection de glace	1,5 x (H + 2R) autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	B sauf si les températures hivernales sont supérieures à 0°C	Modéré pour toutes les éoliennes

3.3 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.

Tableau 4 : Acceptabilité des risques

GRAVITÉ des Conséquences	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux		Effondrement de l'éolienne	Chutes d'éléments de l'éolienne		
Modéré		Projection de fragments de pales		Projection de glace	Chute de glace

Légende de la matrice

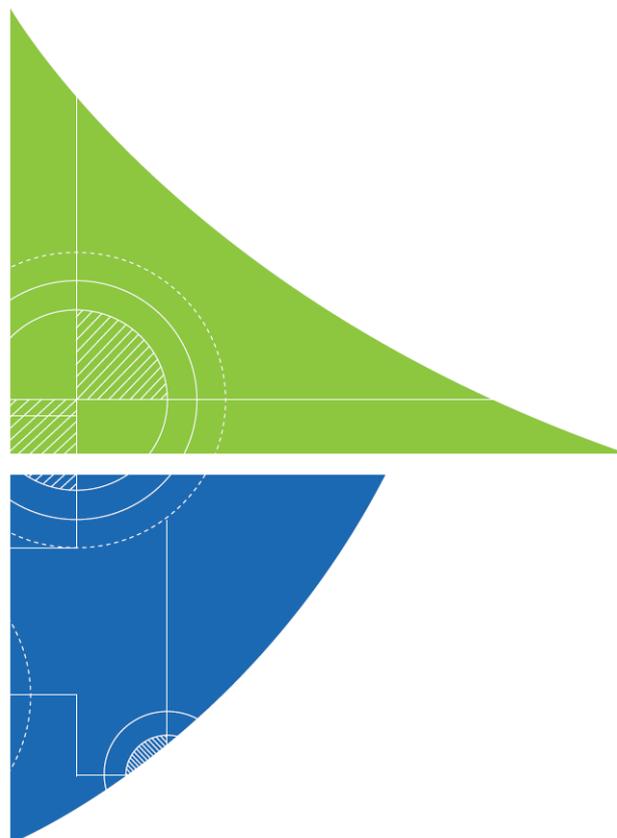
Niveau de risque	Couleur	Acceptabilité
Risque très faible		Acceptable
Risque faible		Acceptable sous réserve que toutes les mesures possibles du point de vue technico-économiques aient été prises
Risque important		Non acceptable

Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée que :

- aucun accident n'apparaît dans les cases rouges de la matrice ;
- deux accidents figurent en case jaune (chute de glace et effondrement de l'éolienne). Pour ces accidents, il convient de souligner que des fonctions de sécurité seront mises en place.

L'ensemble des accidents retenus présentent un risque acceptable, c'est-à-dire qu'ils ne nécessitent pas de mesures supplémentaires de réduction des risques autres que celles déjà prises.

PIÈCE II : ETUDE DE DANGERS



INTRODUCTION

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

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

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

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

- 10 500 MW terrestres et 1 000 MW en mer en 2012 (l'objectif n'a pas été atteint) ;
- 19 000 MW terrestres et 6 000 MW en mer en 2020.

Dans le cadre du Grenelle de l'Environnement, les engagements de la France en matière de production d'énergies renouvelables ont été confirmés, précisés et élargis. La loi n°2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'Environnement (loi Grenelle I) prévoit que la France porte la part des énergies renouvelables à au moins 23 % de sa consommation d'énergie finale d'ici 2020.

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

Fin 2012, la puissance installée en France atteignait ainsi 7 449 MW, permettant la production de 14,9 TWh (contre 11,9 TWh en 2011 et 9,7 TWh en 2010). Le taux de couverture de la consommation électrique par la production éolienne a donc atteint 3,1 % sur l'année 2012.

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

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

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

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

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

Les éoliennes sont soumises à la législation des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) et les exploitants, lorsque l'installation est soumise à autorisation, sont notamment amenés à formaliser leur savoir-faire en matière de maîtrise des risques dans une étude de danger.

4. Préambule

4.1 Objectif de l'étude de dangers

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

Cette étude est proportionnée aux risques présentés par les éoliennes du parc du Moulinet. 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 parc éolien du Moulinet, 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 :

- 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.

La présente étude de dangers s'appuie sur le guide technique « Elaboration de l'étude de dangers dans le cadre de parcs éoliens » de mai 2012, réalisé par l'INERIS et le Syndicat des Energies Renouvelables / France Energie Eolienne (SER-FEE) et validé par la Direction Générale de Prévention des Risques dans un courrier daté du 4 juin 2012 adressé au Syndicat des Energies Renouvelables. Elle comporte des données spécifiques à l'éolienne VESTAS V100 2,2 MW, en utilisant les données fournies par la société VESTAS.

4.2 Contexte réglementaire et législatif

Les objectifs de l'étude de dangers sont définis au III de l'article D.181-15-2 du Code de l'environnement.

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.

Le III de l'article D.181-15-2 du Code de l'environnement ne définit pas de façon précise le contenu d'une étude de dangers.

Il est habituellement retenu la structure suivante, inspirée notamment du plan proposé pour les études de dangers des établissements SEVESO seuil haut 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, et ce, à défaut de texte cadre pour les installations soumises à simple autorisation :

- 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 terme 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.

4.3 Qu'est-ce qu'une éolienne ?

4.3.1 Principe d'une éolienne

L'éolienne est la version moderne des moulins à vent. Elle permet de récupérer l'énergie du vent pour produire de l'électricité. C'est ainsi que l'on parle souvent d'aérogénérateur.



Figure 2 : Photographie d'une éolienne (source : VESTAS)

L'énergie éolienne est une énergie propre qui, lors de sa génération, ne produit aucun déchet, ni aucune émission de gaz dans l'atmosphère. Néanmoins, du fait de l'inconstance du vent, les éoliennes ne sont pas productrices d'énergie en permanence.

4.3.2 Classification des éoliennes

La production électrique d'une éolienne dépend de la vitesse vent. En effet, l'énergie éolienne augmente proportionnellement avec le cube de la vitesse. Les caractéristiques du vent (vitesse moyenne, turbulence, etc...) sont donc des critères importants lors du choix d'un site.

Deux paramètres permettent de classer un site :

- La vitesse du vent (« Moyenne » et « Maximale sur 50 ans ») ;
- La turbulence du vent (turbulence pour une vitesse de vent de 15 m/s).

En France, la classification fait référence à la norme « IEC 61400-1 ». Cette classification est résumée ci-après :

		Vitesse de vent [m/s]			
		[10 : 8.5]] 8.5 : 7.5]	inférieur à 7.5	
Moyenne					
Maximum / 50 ans					
		I	II	III	
Turbulence [%]	[16% : 14%]	A	IEC IA	IEC IIA	IEC IIIA
	[14% : 12%]	B	IEC IB	IEC IIB	IEC IIIB
	Inférieur à 12%	C	IEC IC	IEC IIC	IEC IIIC
		Classe de vent de l'éolienne			

Les éoliennes industrielles sont dimensionnées pour chacune de ces classes. Il est donc important de faire correspondre la classe du site avec la classe de la turbine. Ainsi, les éoliennes de « classe IA » sont dimensionnées pour des sites avec beaucoup de vent et assez turbulent, alors qu'une éolienne « classe IIIC » sera dimensionnée pour des sites avec peu de vent et très peu de turbulence.

Les éoliennes ne pouvant être classifiées de manière simple dans l'une des classes précédentes sont classifiées comme classe « S » (Spécial), à définir selon le cas.

5. Informations générales concernant l'installation

5.1 Renseignements administratifs

5.1.1 Identité du porteur du projet

Le pétitionnaire est la société du parc éolien du Moulinet.

Le parc éolien du Moulinet a pour objet de promouvoir, concevoir, développer, financer, construire et exploiter des installations de production d'énergies renouvelables dans le cadre du développement durable du secteur des communes de Westrehem et de Ligny-Les-Aire dans le département du Pas-de-Calais (62).



La société du parc éolien du Moulinet est une filiale à 100 % de la société NOUVERGIES.

La société NOUVERGIES a été créée en 1999 et s'engage dans le développement et l'accompagnement de projets permettant de répondre aux enjeux actuels en matière de maîtrise de la consommation énergétique et d'utilisation de ressources, non émettrices de gaz à effet de serre.

Après l'acquisition d'un des premiers parcs éoliens bretons, Goulien en 1999 et Assigny (76) en 2006, Tréméhec (35) en 2008, NOUVERGIES SA met son expertise au service du développement de nouveaux parcs éoliens sur l'ensemble du territoire national.

Ses projets ont une vocation régionale et ont pour objectif de contribuer à un développement local, répondant aux attentes environnementales, sociales et économiques des citoyens.

Le statut juridique de la société a évolué au cours des 18 dernières années pour lui permettre d'assumer pleinement ses missions :

- De développeur de projets solaires photovoltaïque et éolien sur l'ensemble du territoire national ;
- D'exploitants de parc éoliens dont les principales capacités installées depuis 12 ans se trouvent dans l'Ouest de la France : Bretagne et Normandie.

5.1.2 Identité du rédacteur de la présente étude

La présente étude de dangers a été réalisée par la société BURGEAP qui est en charge de la rédaction de l'ensemble du Dossier d'Autorisation Environnementale. La personne ayant rédigé ce document au sein de BURGEAP, est Mme Amandine VOGT, ingénieur de projets.

5.2 Localisation du site

Le parc éolien du Moulinet, composé de 8 aérogénérateurs, est localisé sur les communes de Westrehem et de Ligny-Les-Aire, dans le département du Pas-de-Calais (62), en région Hauts de France.

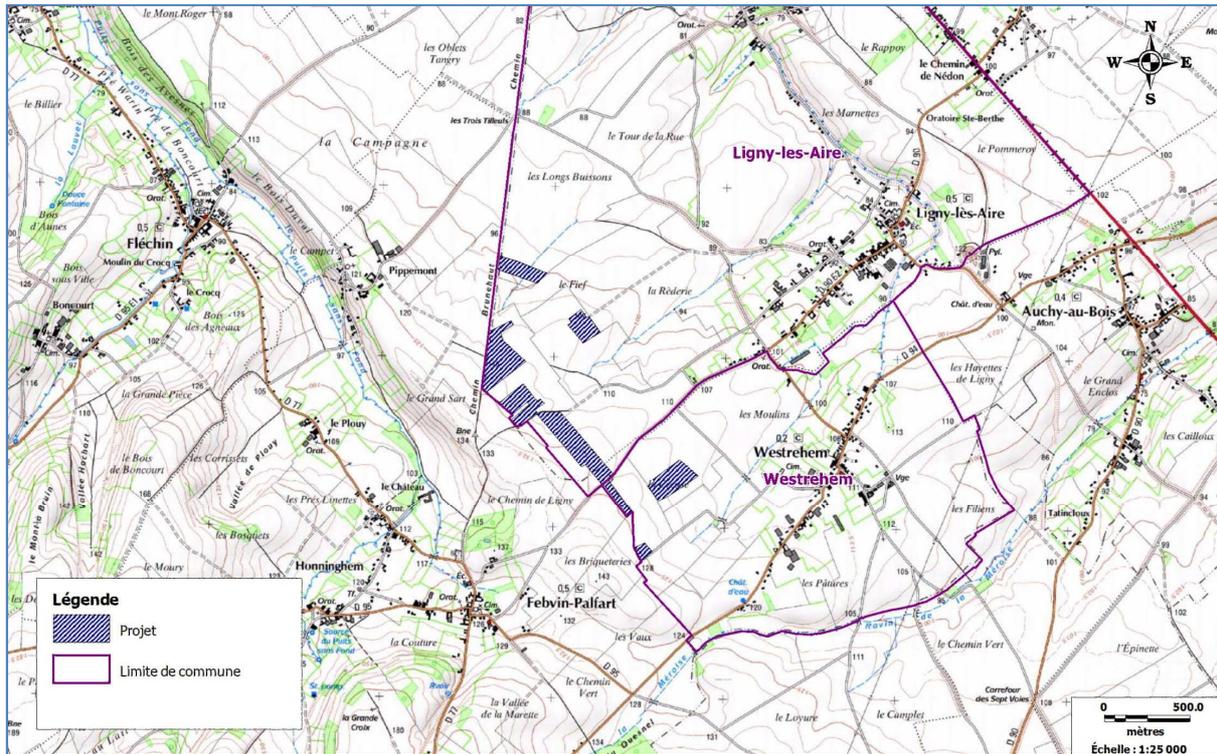


Figure 3 : Localisation générale du site d'étude

5.3 Description de l'aire d'étude

Compte tenu des spécificités de l'organisation spatiale d'un parc éolien, composé de plusieurs éléments disjoints, la zone sur laquelle porte l'étude de dangers est constituée d'une aire d'étude 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. Cette distance équivaut à la distance d'effet retenue pour les phénomènes de projection, telle que définie au paragraphe VIII.2.4.

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

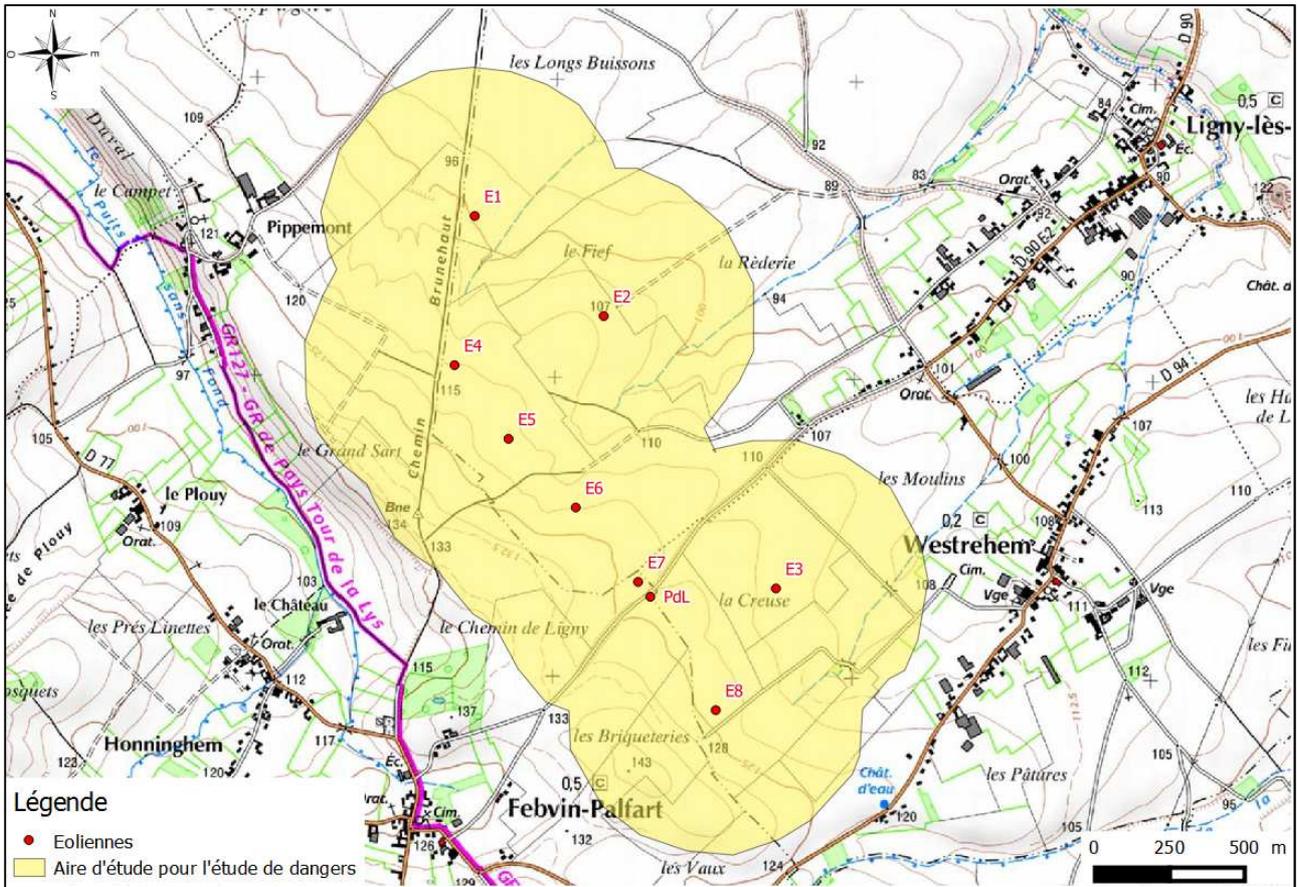


Figure 4 : Carte de situation de l'installation

6. 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).

6.1 Environnement humain

6.1.1 Zones urbanisées

Les habitations les plus proches sont toutes recensées à environ 500 mètres du projet, en limite de l'aire d'étude immédiate. Il s'agit :

- Des maisons individuelles situées à l'entrée de Ligny les Aire (01) ;
- Le village de Westrethem (02) ;
- Le lieu-dit de Pippemont (03) ;
- Le village de Febvin-Palfart (04) ;

Elles sont présentées en figure suivante.

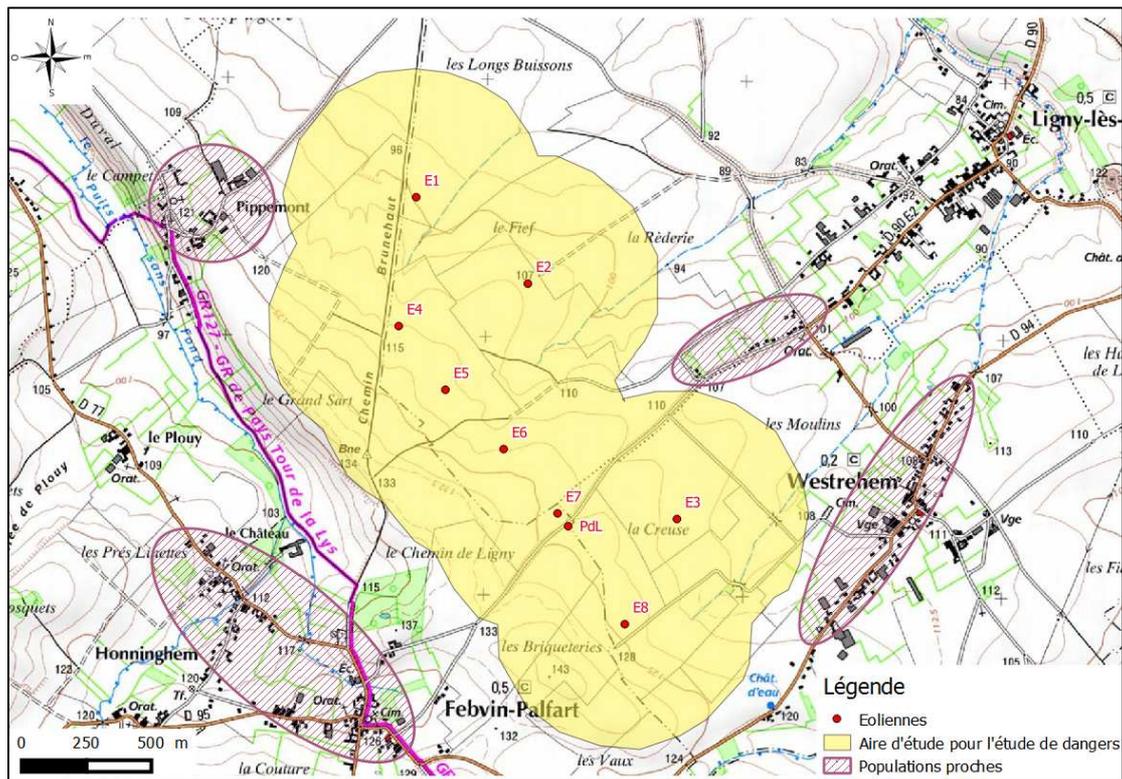


Figure 5 : Localisation des habitations les plus proches

6.1.2 Etablissements recevant du public (ERP)

Il n'y a aucun établissement recevant du public dans la zone d'étude.

6.1.3 Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) et installations nucléaires de base

Néant dans l'aire d'étude.

6.1.4 Autres activités

L'occupation des sols est majoritairement constituée sur les différentes aires d'étude de terres agricoles. On peut également noter la présence de prairies, de zones urbanisées et de petites zones boisées.

La figure d'occupation des sols est présentée en page suivante.

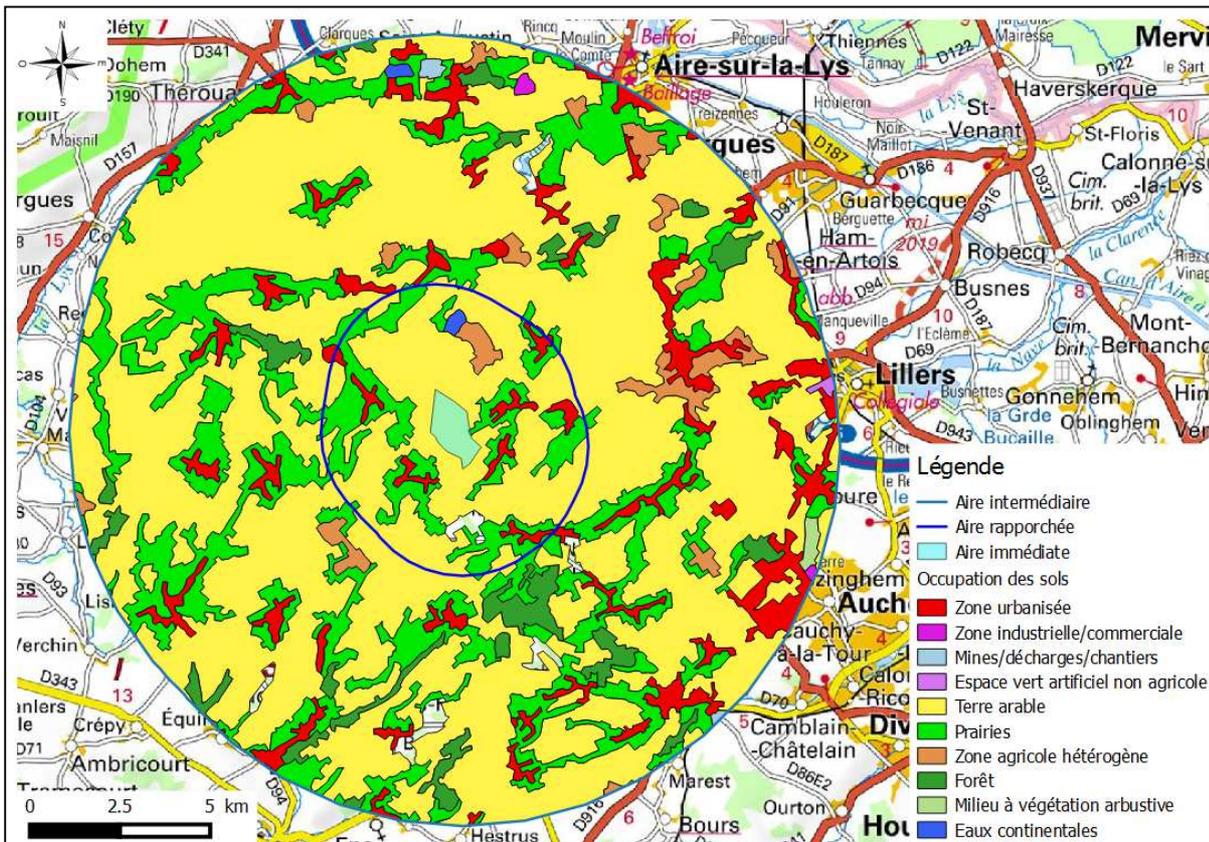


Figure 6 : Occupation des sols

L'INAO (Institut National des Appellations d'Origine) indique que certaines communes des zones d'étude appartiennent à une IGP (Indication Géographique Protégée).

Tableau 5 : Indication Géographique Protégée

Commune	IGP (2010)
Ligny les Aire	Volailles de Licques
Westrehem	Volailles de Licques

L'environnement humain du site n'est pas considéré comme un enjeu à protéger. Aucun facteur de risque n'a été recensé.

6.2 Environnement naturel

6.2.1 Contexte climatique

Les données du contexte climatique sont issues de la station Météo France de la Lille Lesquin, situé à 64 km du site, entre 1971 et 2000.

6.2.1.1 Températures

Les basses températures, notamment les températures négatives sont le facteur nécessaire pour conduire au givrage des pales ou de l'éolienne. Les amas de glace peuvent ensuite se détacher et tomber au sol sous l'éolienne (machine à l'arrêt) ou être projetés dans un périmètre restreint.

De même, les chutes de neige peuvent être à l'origine d'une accumulation de neige sur les pales et de chutes de celle-ci au sol.

Les basses températures peuvent aussi affecter le fonctionnement de certains composants ou diminuer certaines performances (la viscosité des huiles augmente lorsque la température diminue).

Les éoliennes VESTAS V100 – 2,2 MW sont construites en standard pour fonctionner sous des températures ambiantes entre - 20 °C et 40°C.

Tableau 6 : Températures au droit de la station de Lille-Lesquin

Températures (°C)			
	Moyenne	Mini*	Maxi**
Janvier	3,4	-19,5	14,2
Février	3,8	-17,8	18,9
Mars	6,6	-8,8	22,7
Avril	8,9	-4,7	27,6
Mai	12,9	-2,3	31,7
Juin	15,5	0	34,8
Juillet	17,9	3,4	36,1
Août	18	3,9	36,6
Septembre	15	1,2	33,8
Octobre	11,1	-4,4	37,5
Novembre	6,6	-7,8	20,1
Décembre	4,4	-17,3	15,9
Nombre moyen de jours de gel par an (température inférieure à – 5°C)		9,1	
Nombre moyen de jours par an où la température dépasse 30°C		4,5	

* Température la plus basse recensée entre 1971 et 2000

** Température la plus haute recensée entre 1971 et 2000

6.2.1.2 Vent

Les vents forts peuvent conduire à des efforts significatifs sur l'éolienne. Celle-ci est néanmoins conçue pour répondre à une classe de vents adaptée au site d'implantation. Les vitesses de vent importantes (au-delà de 22m/s pour la V100-2,2 MW) conduisent à la mise en drapeau des pales.

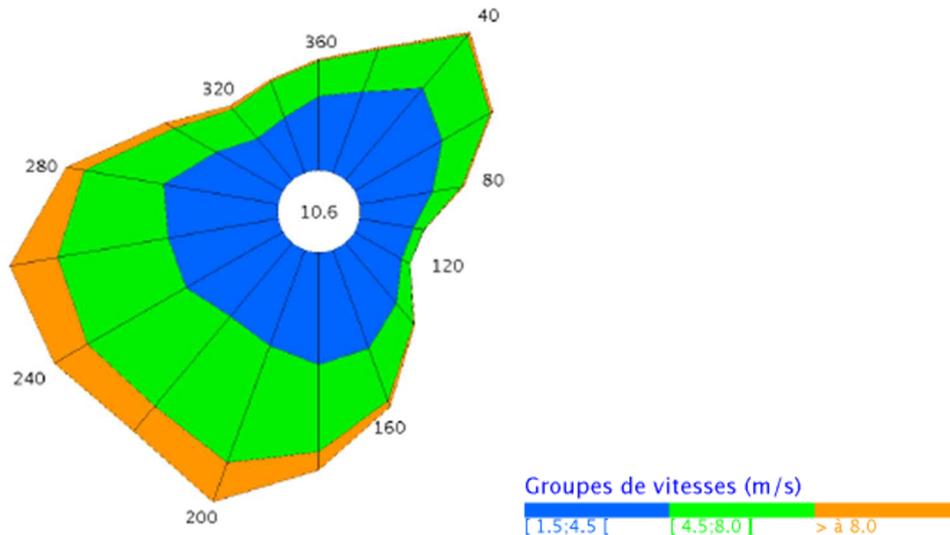


Figure 7 : Rose des vents moyenne (01/01/1978 au 31/12/2016 pour la station de Lille-Lesquin)

La vitesse moyenne du vent est de l'ordre de 4,4 m/s à 10 m d'altitude. Nous dénombrons seulement 3,2 jours en moyenne par an avec des rafales supérieures à 28 m/s (100 km/h), et 64,3 jours en moyenne par an avec des rafales supérieures à 16 m/s (58 km/h). La vitesse maximale a été enregistrée en 1990 avec 38 m/s (136.8 km/h). En ce qui concerne la direction des vents, le secteur Sud-Ouest (direction 200-240°) est le plus important, suivi par le secteur Nord-Est (direction 40°).

Le contexte climatique n'est pas retenu comme source potentielle de danger pour le parc éolien étudié.

6.2.2 Risques naturels

6.2.2.1 Sismicité

Un séisme est un phénomène vibratoire qui peut affecter la stabilité de l'éolienne. Les conséquences peuvent être un effondrement de l'éolienne. Néanmoins, l'examen des données d'accidentologie ne fait pas apparaître d'accident donc la cause serait un séisme.

D'après le décret n° 2010-1255 du 22 octobre 2010 portant délimitation des zones de sismicité du territoire français, et entré en vigueur le 1er mai 2011, **les zones d'étude se trouvent en aléa sismique faible (zone 2).**

L'activité sismique sur le site n'est pas considérée comme source potentielle de danger pour le parc éolien étudié.

6.2.2.2 Mouvements de terrain

D'après la cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département, le site étudié est classé en aléa faible.

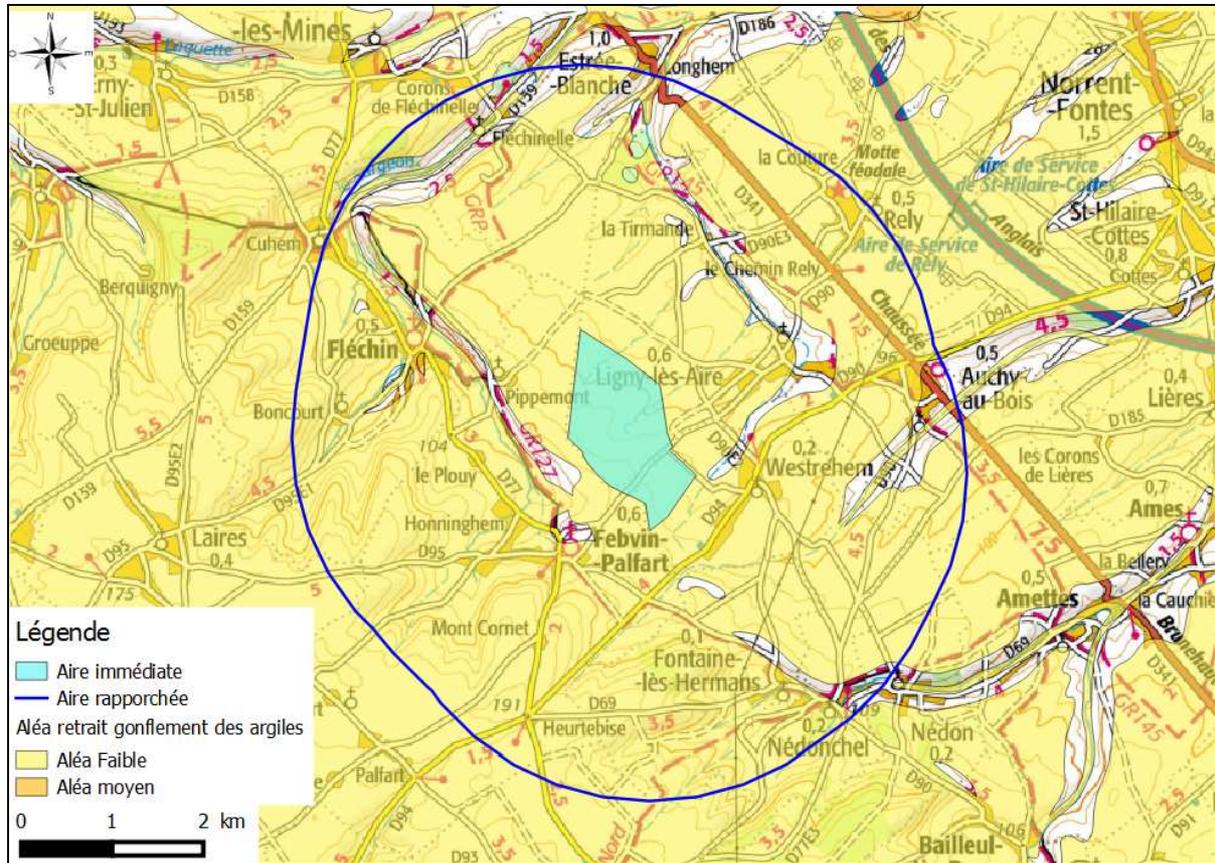


Figure 8 : Aléa retrait gonflement

Les mouvements de terrain sur le site ne sont pas considérés comme sources potentielles de danger pour le parc éolien étudié.

6.2.2.3 Foudre

La foudre est un phénomène très complexe à effets multiples. Ces effets sont les suivants :

- Effets thermiques liés à l'effet Joule dans les mauvais conducteurs (matières plastiques, béton) ;
- Montées en potentiel de prises de terre ;
- Effets d'induction ;
- Effets électrodynamiques.

Les éoliennes constituent des points hauts dans un paysage et sont donc des installations sujettes au foudroiement. Sur l'éolienne, l'impact de foudre peut avoir pour conséquences :

- Des phénomènes de bris de pales liés aux effets thermiques. L'extrémité de pale est l'endroit le plus exposé. Le morceau de pale endommagé peut rester accroché au reste de la pale et se décrocher ultérieurement sous l'effet de la vitesse de rotation ;

- Des phénomènes de surtension dans les circuits et composants électriques, conduisant à des courts-circuits et à un incendie ;
- Des phénomènes d'induction pouvant amener des effets similaires.

D'après la carte interactive du foudroiement issue du site Météorage, les communes d'étude sont situées en intensité de foudroiement :

- Infime pour la commune de Ligny-Les-Aire ;
- Faible pour la commune de Westrehem.

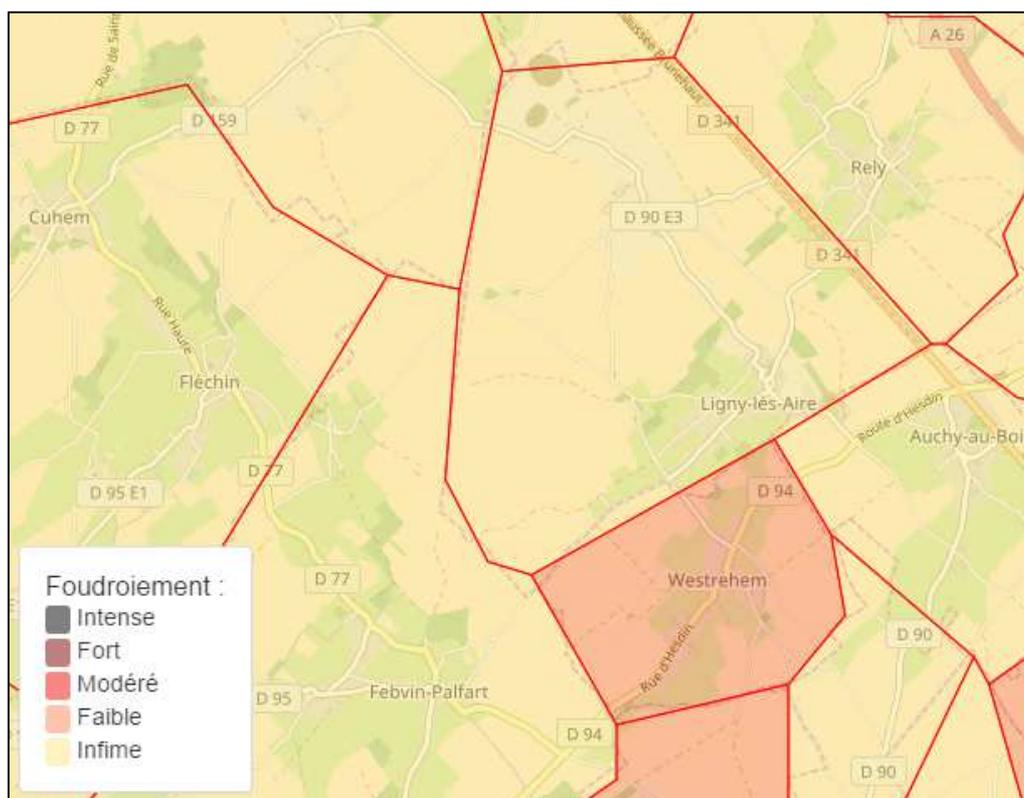


Figure 9 : Foudroiement en France 2007-2016 (source : Météorage)

Il est rappelé que les éoliennes du projet sont équipées d'un système de protection anti-foudre intégré conforme à la norme IEC 61400-24, relative à la protection contre la foudre des éoliennes.

La foudre n'est pas considérée comme source potentielle de danger pour le parc éolien étudié.

6.2.2.4 Tempêtes

D'après le site prim.net relatif à la prévention des risques majeurs, le risque de tempêtes n'est pas considéré sur les communes d'étude.

Les tempêtes ne sont pas considérées comme sources potentielles de danger pour le parc éolien étudié.

6.2.2.5 Incendies de forêts et de cultures

La présence proche de zones boisées peut être un facteur initiateur d'un incendie.

Cependant, le site d'étude se situe entièrement en zone de grande culture. Les cultures de céréales présentent un risque d'incendie lors de moissons, en fonction des conditions météo.

L'incendie des cultures sera considéré comme source potentielle de danger pour le parc éolien étudié.

6.2.2.6 Inondations

Aucun risque d'inondation n'est présent dans le périmètre rapproché. De plus, aucun PPRi ne concerne les secteurs d'étude. En ce qui concerne les risques de remontée de nappe, les zones d'étude se situent en grande partie en zone de sensibilité très faible à inexistante vis-à-vis des nappes des formations sédimentaires. Le risque de remontées de nappes sur cette zone est ainsi très faible, ce qui pourra être confirmé par une étude géotechnique.

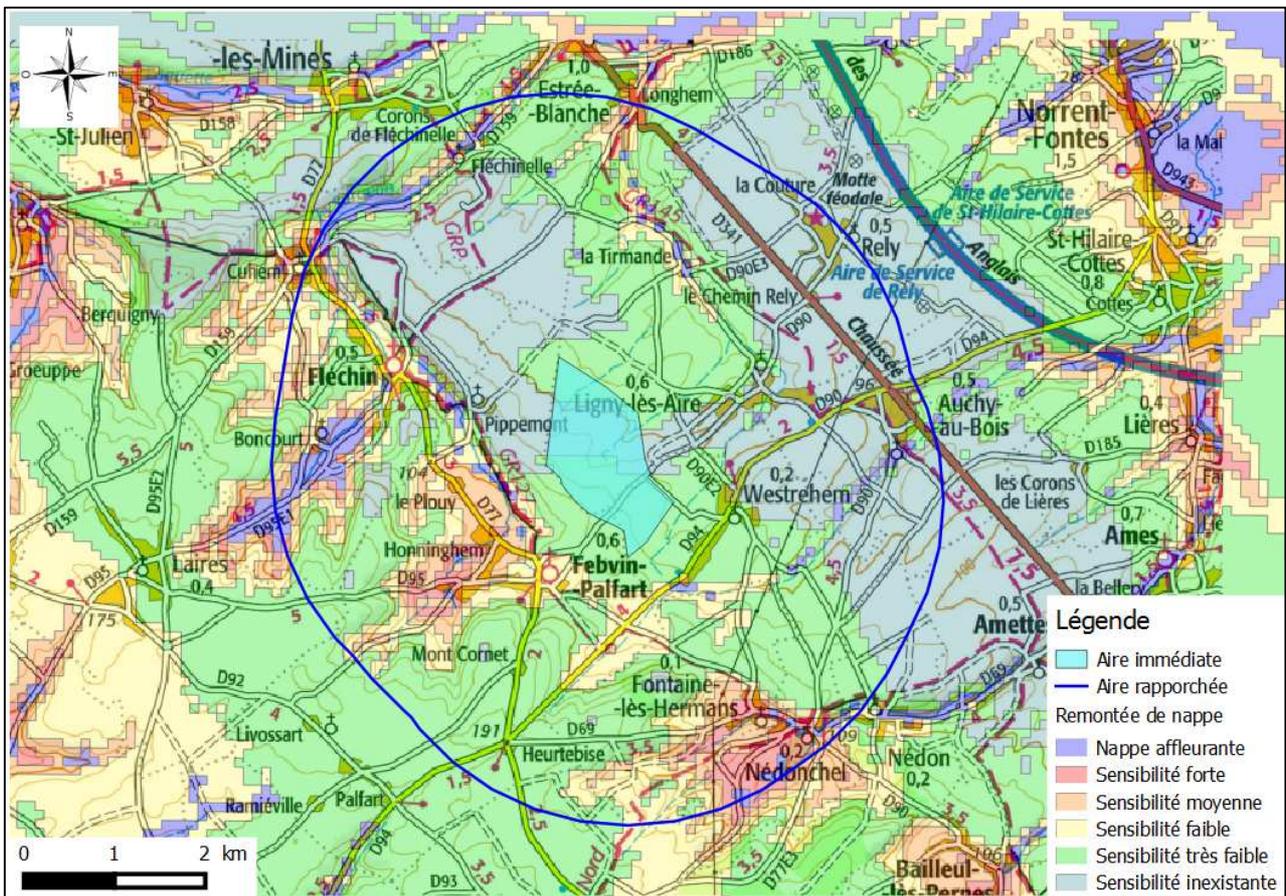


Figure 10 : Remontée de nappes

Les inondations ne sont pas considérées comme sources potentielles de danger pour le parc éolien étudié.

6.3 Environnement matériel

6.3.1 Voies de communication

L'accès aux éoliennes se fera :

- Pour les éoliennes E1 et E4, par le chemin Brunehaut ;
- Pour l'éolienne E2, par une voirie créée et raccordée au chemin de Pipemont à Ligny ;
- Pour l'éolienne E3, par une voirie créée et raccordée à la voie communale n°202 ;
- Pour les éoliennes E5 et E6, par une voirie créée et raccordée au chemin rural de Laires à Ligny-les-Aire ;
- Pour l'éolienne E7 et le poste de livraison, par la voie communale de Febvin Palfart à Ligny-les-Aire ;
- Pour l'éolienne E8, par la voie communale n°202.

6.3.2 Servitudes et contraintes techniques

► Réseau électrique, hertzien et gaz

En termes de servitudes, aucun d'entre elles n'est situé dans l'aire d'étude immédiate.

Par ailleurs, il n'existe aucun réseau de transport de gaz ou d'hydrocarbures dans l'aire d'étude rapprochée.

► Autres servitudes et contraintes

Aucune autre servitude (passage, alignement, voisinage) n'est présente sur la zone du projet, la plus proche étant la servitude INT1 Cimetière présente dans l'aire immédiate.

Le projet est localisé à une distance supérieure à la distance minimale d'éloignement relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie éolienne. Aucune contrainte réglementaire au regard des radars météorologiques n'est présente dans l'aire immédiate.

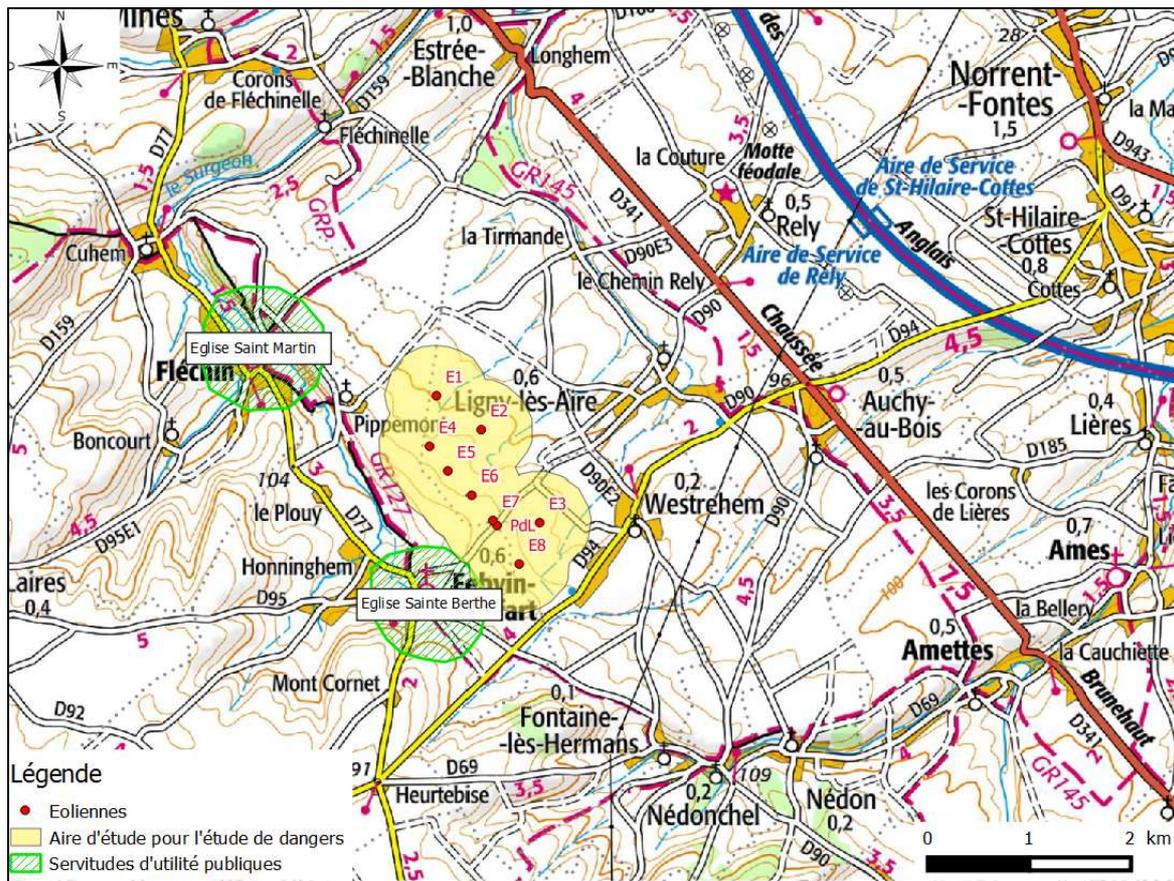


Figure 11: Localisation des servitudes d'utilité publique

6.4 Synthèse des enjeux

L'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et la prise en compte des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation d'exploiter impose une évaluation des accidents majeurs sur les personnes uniquement et non sur la totalité des enjeux identifiés à l'article L.511-1. En cohérence avec cette réglementation et dans le but d'adopter une démarche proportionnée, l'évaluation des accidents majeurs dans l'étude de dangers s'intéressera en priorité aux dommages sur les personnes.

Ainsi, les enjeux suivants ont été identifiés dans le périmètre d'étude (500 m autour des éoliennes) :

- Personnes non abritées (promeneurs, agriculteurs) présentes dans le périmètre d'étude ;
- Véhicules susceptibles d'emprunter les voies à faible circulation et enjeux d'exploitation du périmètre d'étude.

La synthèse des enjeux identifiés dans l'aire d'étude immédiate est présentée à la figure ci-dessous.

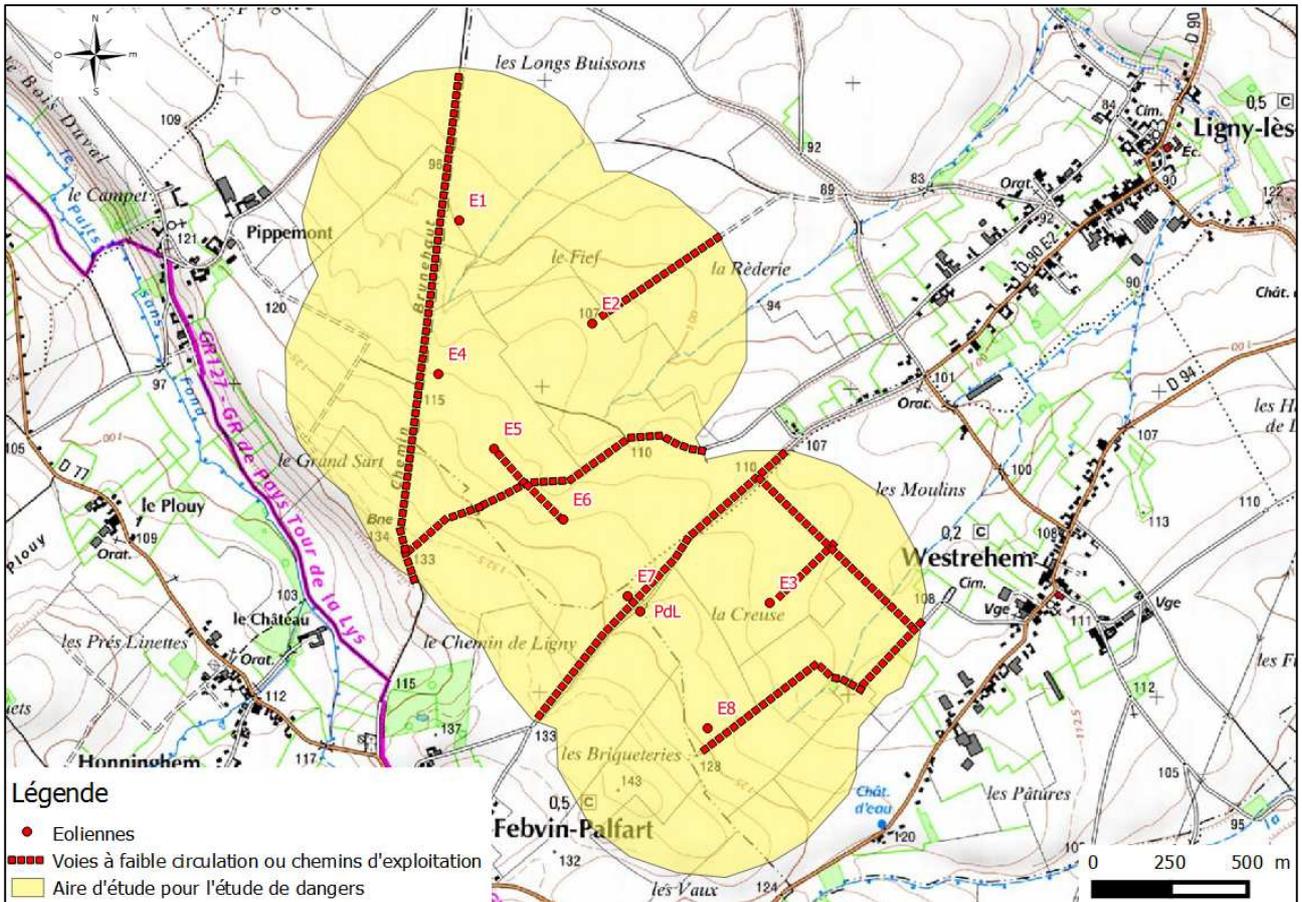


Figure 12 : Synthèse des enjeux

7. 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 5), au regard notamment de la sensibilité de l'environnement décrit précédemment.

7.1 Caractéristiques de l'installation

7.1.1 Caractéristiques générales d'un parc éolien

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

- Plusieurs éoliennes fixées sur une fondation adaptée, accompagnée d'une aire stabilisée appelée « plateforme » ou « aire de grutage » ;
- 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.

7.1.1.1 Eléments constitutifs d'un aérogénérateur

Au sens du 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** 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 composé de plusieurs tronçons en acier ou de plusieurs anneaux de bétons surmontés d'un ou plusieurs tronçons en acier ;
- **La nacelle** abrite plusieurs éléments fonctionnels :
 - le générateur 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 (anémomètres) ;
 - le balisage diurne et nocturne nécessaire à la sécurité aéronautique ;

- le transformateur qui permet d'élever la tension électrique de l'éolienne au niveau de celle du réseau électrique.

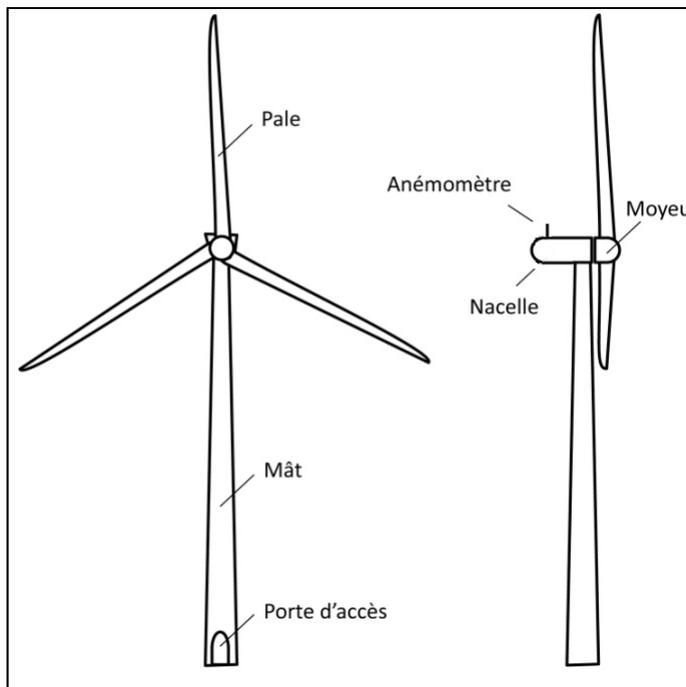


Figure 13 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur (source : VESTAS)

7.1.1.2 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.

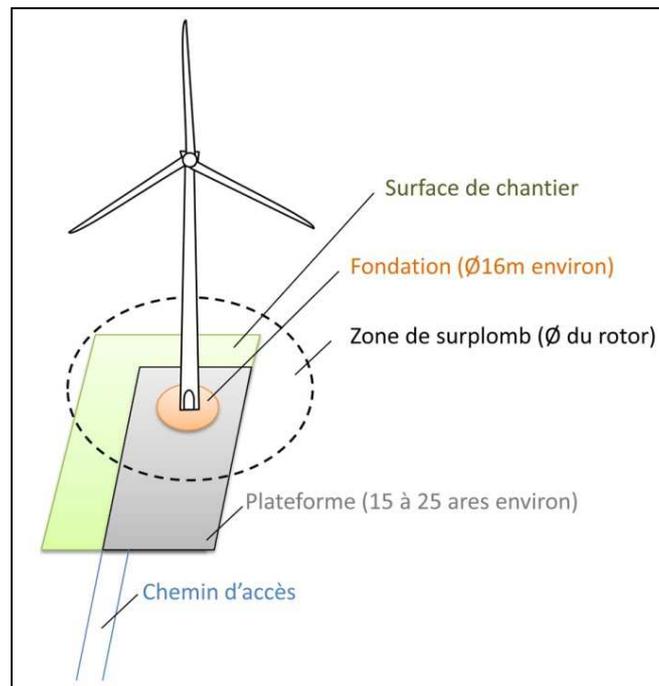


Figure 14 : Illustration des emprises au sol d'une éolienne

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

7.1.1.3 Chemins d'accès

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

- L'aménagement de ces accès concerne principalement les chemins agricoles 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).

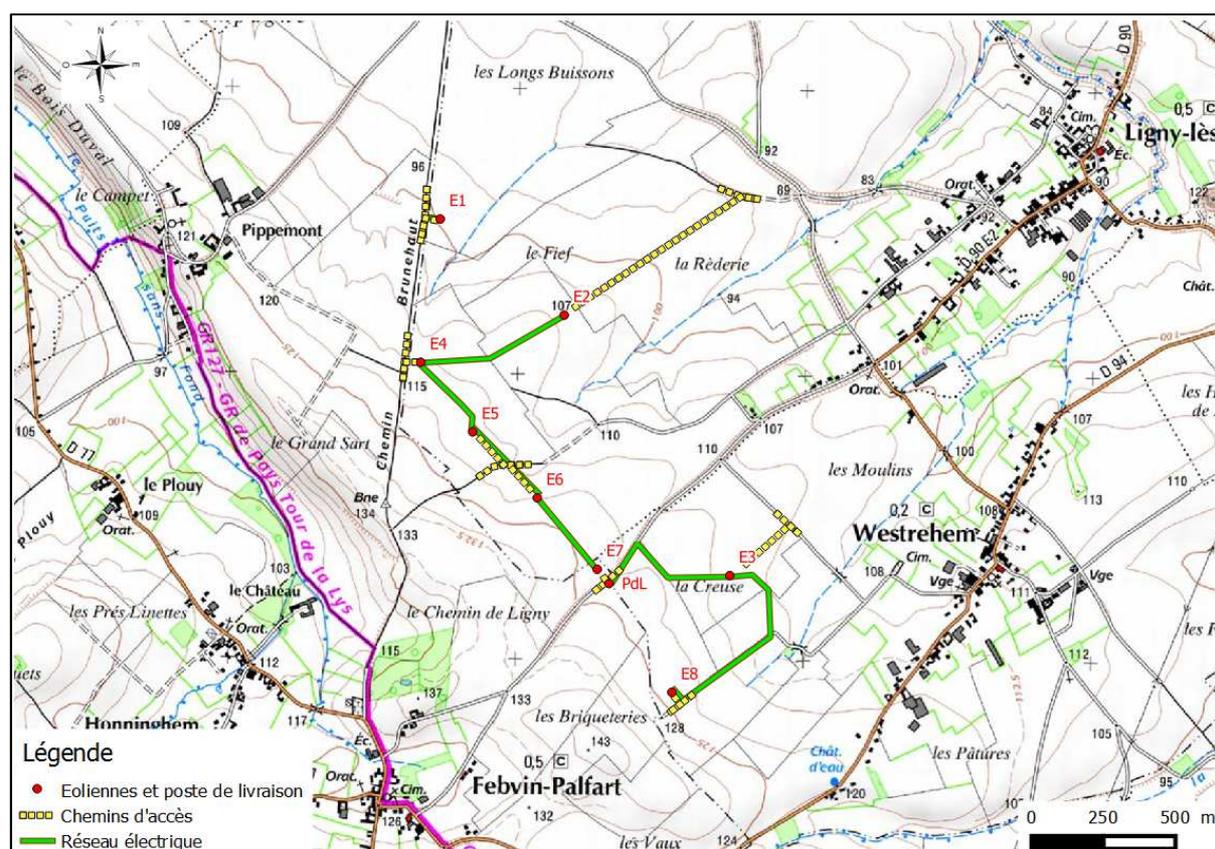
7.1.2 Composition de l'installation

Le parc éolien du Moulinet est composé de 8 aérogénérateurs et d'un poste de livraison. Chaque aérogénérateur a une hauteur au moyeu de 100 mètres et un diamètre de rotor de 100 mètres, soit une hauteur totale en bout de pale de 150 mètres.

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

Tableau 7 : Coordonnées géographiques des installations

Numéro de l'éolienne	Longitude (X) Lambert 93	Latitude (Y) Lambert 93	WGS 84 Longitude	WGS 84 Latitude	Altitude en mètres NGF
E1	651 631,317	7 051 272,406	2°19' 6,6911 E	50° 33' 24,3378 N	100,54
E2	652 062,567	7 050 933,743	2°19' 28,7105 E	50° 33' 13,5151 N	108,61
E3	652 640,098	7 050 020,900	2°19' 58,3914 E	50° 32' 44,1798 N	113,92
E4	651 562,128	7 050 769,315	2°19' 3,4025 E	50° 33' 8,0636 N	114,33
E5	651 745,465	7 050 522,135	2°19' 12,8082 E	50° 33' 0,1282 N	116,95
E6	651 968,952	7 050 290,965	2°19' 24,2418 E	50° 32' 52,7212 N	120,21
E7	652 201,445	7 050 028,721	2°19' 34,8660 E	50° 32' 44,7069 N	122,53
E8	652 437,154	7 049 609,502	2°19' 48,2776 E	50° 32' 30,8317 N	123,8
PdL	652 239,120	7 050 010,569	2°19' 38,0632 E	50° 32' 30,831 N	/


Figure 15 : Plan des installations

7.2 Fonctionnement de l'installation

7.2.1 Principe de fonctionnement d'un aérogénérateur VESTAS V100 – 2,2 MW

Les instruments de mesure de vent placés au-dessus de la nacelle conditionnent le fonctionnement de l'éolienne. Grâce aux informations transmises par l'**anémomètre** qui détermine la vitesse et 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 3 m/s, et c'est seulement à partir de la vitesse de couplage au réseau 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 18 tr/min) aux engrenages du multiplicateur, dont l'arbre dit « rapide » tourne environ 100 à 130 fois plus vite que l'arbre lent sur une éolienne VESTAS. 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 la vitesse minimale nécessaire à la production maximale, appelée aussi production nominale.

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 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, dépasse la vitesse maximale de fonctionnement, 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 rapide de transmission à l'intérieur de la nacelle.

► Découpage fonctionnel de l'installation

► Fondations

Fonction	Ancrer et stabiliser l'éolienne dans le sol
Description	<p>Le massif de fondation est composé de béton armé et conçu pour répondre aux prescriptions de l'Eurocode 2. Les fondations ont entre 2.5 et 3.5 mètres d'épaisseur pour un diamètre de l'ordre de 15 à 20 mètres. Ceci représente une masse de béton d'environ 1 000 tonnes. Un système constitué de tiges d'ancrage, dit « anchor cage » disposé au centre du massif de fondation, permet la fixation de la bride inférieure de la tour.</p> <p>Cette structure doit répondre aux calculs de dimensionnement des massifs qui prennent en compte les caractéristiques suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Le type d'éolienne ; • La nature des sols ; • Les conditions météorologiques extrêmes ; • Les conditions de fatigue.

► Tour / mât

Fonction	Supporter la nacelle et le rotor
Description	<p>La tour des éoliennes (également appelée mât) est constituée de plusieurs sections tubulaires en acier, de plusieurs dizaines de millimètres d'épaisseur et de forme tronconique, qui sont assemblées entre elles par brides. Fixée par une bride aux tiges d'ancrage disposées dans le massif de fondation, la tour est autoportante.</p> <p>La hauteur de la tour, ainsi que ses autres dimensions, sont en relation avec le diamètre du rotor, la classe des vents, la topologie du site et la puissance recherchée.</p> <p>La tour permet le cheminement des câbles électriques de puissance et de contrôle et abrite :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Une échelle d'accès à la nacelle ; • Un élévateur de personnes ; • Une armoire de contrôle et des armoires de batteries d'accumulateurs (en point bas) ; • Les cellules de protection électriques.

	Hauteur de la tour (au moyeu)	Nombre de sections de la tour	Masse*	Diamètre maximum à la base
V100 – 2,2 MW	100 m	4	150 tonnes	3.65 m

* En cours d'optimisation, susceptible d'être inférieure.

► Nacelle

Fonctions	<ul style="list-style-type: none"> • Supporter le rotor • Abriter le dispositif de conversion de l'énergie mécanique en électricité ainsi que les dispositifs de contrôle et de sécurité
Description	<p>La nacelle se situe au sommet de la tour et abrite les composants mécaniques, hydrauliques, électriques et électroniques, nécessaires au fonctionnement de l'éolienne (voir figure ci-après).</p> <p>Elle est constituée d'une structure métallique habillée de panneaux en fibre de verre et est équipée de fenêtres de toit permettant d'accéder à l'extérieur.</p> <p>Le système de refroidissement VESTAS CoolerTop™ assure le refroidissement des principaux éléments de l'éolienne et sert également de support pour les balisages lumineux et les capteurs de vent (voir la photo ci-après). Ces capteurs à ultrasons mesurent en permanence la vitesse et la direction du vent.</p> <p>Une sonde de température extérieure est placée sous la nacelle et reliée au contrôle commande.</p> <p>La nacelle n'est pas fixée de façon rigide à la tour. La partie intermédiaire entre la tour et la nacelle constitue le système d'orientation, appelé « yaw system » ,</p>

<p>permettant à la nacelle de s'orienter face au vent, c'est-à-dire de positionner le rotor dans la direction du vent.</p> <p>Le système d'orientation est constitué de plusieurs dispositifs motoréducteurs solidaires de la nacelle. Ces dispositifs permettent la rotation de la nacelle et son maintien en position face au vent. La vitesse maximum d'orientation de la nacelle est de moins de 0,5 degrés par seconde soit environ une vingtaine de minutes pour faire un tour complet.</p> <p>Afin d'éviter une torsion excessive des câbles électriques reliant la génératrice au réseau public, il existe un dispositif de contrôle de rotation de la nacelle. Celle-ci peut faire 3 à 5 tours de part et d'autre d'une position moyenne. Au-delà, un dispositif automatique provoque l'arrêt de l'éolienne, le retour de la nacelle à sa position dite « zéro », puis la turbine redémarre.</p>	<p>Entre 0 et 1 200 V.</p>
<p>Tension dans les armoires électriques</p>	<p>Entre 0 et 1 200 V.</p>

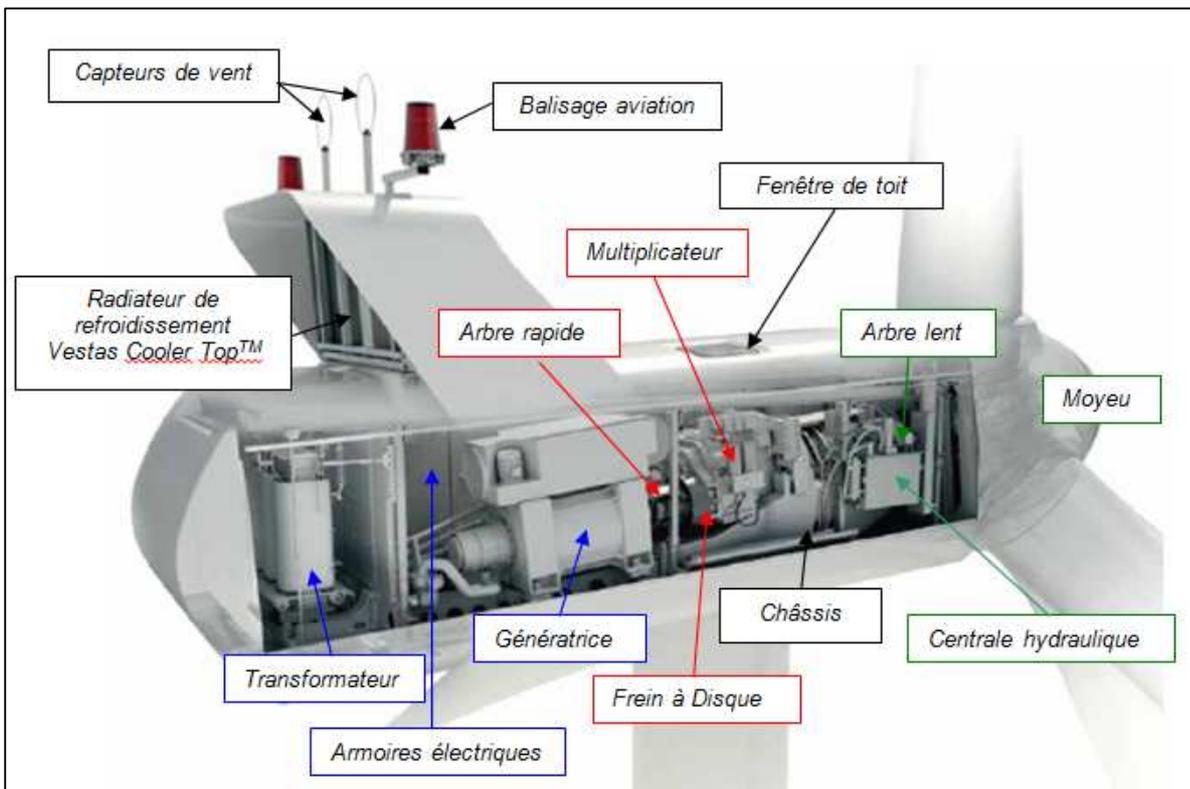
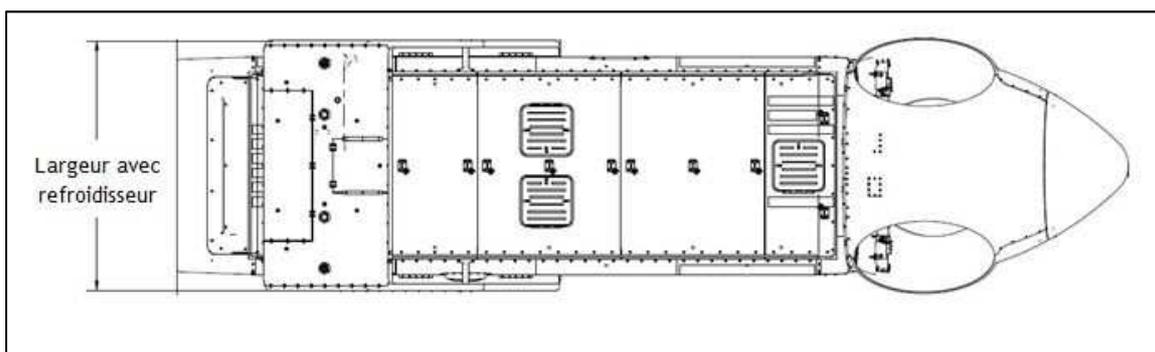
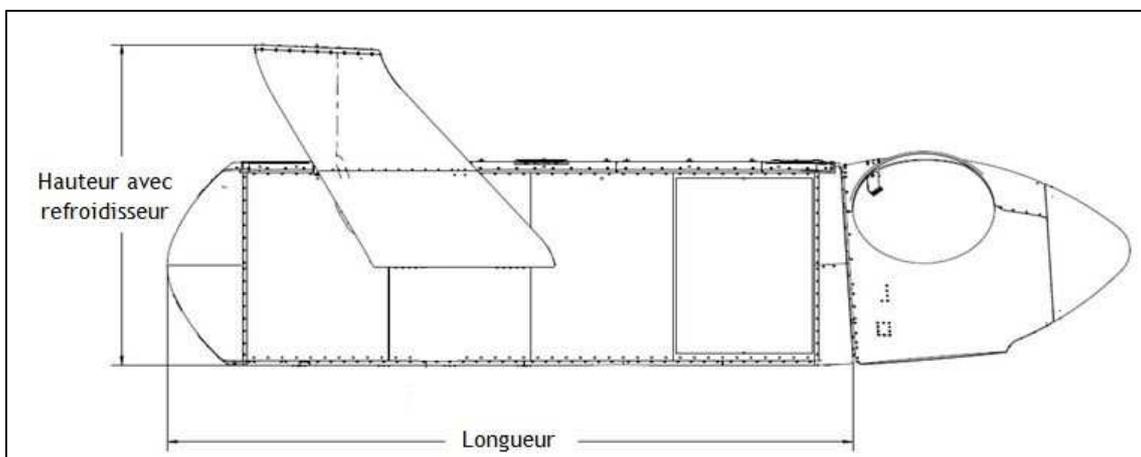
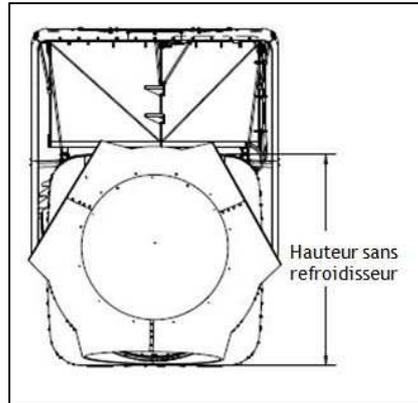


Figure 16 : Composants de la nacelle





	V100 – 2,2 MW
Longueur	10,4 m
Largeur avec Cooler Top	3,9 m
Hauteur sans Cooler Top	3,4 m
Hauteur avec Cooler Top	5,4 m
Poids	69 tonnes

► Rotor

Fonction	Capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice
Description du rotor	<p>Les rotors VESTAS sont composés de trois pales fixées au moyeu via des couronnes à deux rangées de billes et double contact radial. La rotation du rotor permet de convertir l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique. Elle est transmise à la génératrice via le multiplicateur.</p> <p>Les pales peuvent pivoter d'environ 90 degrés sur leur axe grâce à des vérins hydrauliques montés dans le moyeu. La position des pales est alors ajustée par un système d'inclinaison, appelé « VESTAS Pitch System ». Ainsi, les variations de vitesse de vents sont constamment compensées par l'ajustement de l'angle d'inclinaison des pales. Le « VESTAS Pitch System » est conçu pour optimiser au maximum la production de l'éolienne.</p> <p>Dans le cas où la vitesse de vent devient trop importante risquant d'amener une usure prématurée des divers composants ou de conduire à un emballement du rotor, le « VESTAS Pitch System » ramène les pales dans une position où elles offrent le moins de prise au vent, dite « en drapeau », conduisant à l'arrêt du rotor (freinage aérodynamique). Ce système comprend également la présence d'accumulateurs hydropneumatiques disposés au plus près des vérins. Ces accumulateurs permettent, même en cas de perte du système de contrôle, de perte d'alimentation électrique ou de défaillance du système hydraulique, de ramener les pales en drapeau.</p>

	<p>Chaque pale est indépendante et équipée de son propre pitch system afin de garantir un calage continu même en cas de dysfonctionnement du contrôle commande.</p> <p>Plusieurs notions caractérisent les pales :</p> <ul style="list-style-type: none"> • La longueur, fonction de la puissance désirée ; • La corde (largeur maximale), fonction du couple nécessaire au démarrage et de celui désiré en fonctionnement ; • Les matériaux, fonction de la résistance souhaitée. <p>La géométrie de la pale est légèrement vrillée autour de son axe longitudinal pour un meilleur rendement.</p>
--	--

ROTOR	
	V100 – 2,2 MW
Diamètre	100 m
Surface balayée	7 854 m ²
Vitesse de rotation théorique	14,9 tours/min
PALES	
Longueur	49 m
Largeur maximale (corde)	3,9 m
Poids unitaire*	7 700 kg
Matériau	Fibre de verre renforcée avec époxy et fibre de carbone

* En cours d'optimisation, susceptible d'être inférieur.

► Multiplicateur (Gearbox)

Fonction	Multiplier la vitesse de rotation issue de l'arbre lent
Description	<p>Le multiplicateur permet de multiplier la vitesse de rotation d'un facteur de l'ordre de 100 à 130 selon les modèles, de telle sorte que la vitesse de sortie (« arbre rapide ») est d'environ 1 500 tours par minute. Le multiplicateur est constitué d'un étage de train épicycloïdal et de deux arbres parallèles à roues dentées à dentures hélicoïdales.</p> <p>Le dispositif de transmission entre l'arbre rapide et la génératrice (coupling) est un dispositif flexible, réalisé en matériau composite afin de compenser les éventuels défauts d'alignement mais surtout afin de constituer une zone de moindre résistance et de pouvoir rompre en cas de blocage d'un des deux équipements.</p> <p>Sur l'arbre rapide du multiplicateur est monté un disque de frein, à commande hydraulique, utilisé pour l'arrêt de la turbine en cas d'urgence.</p>

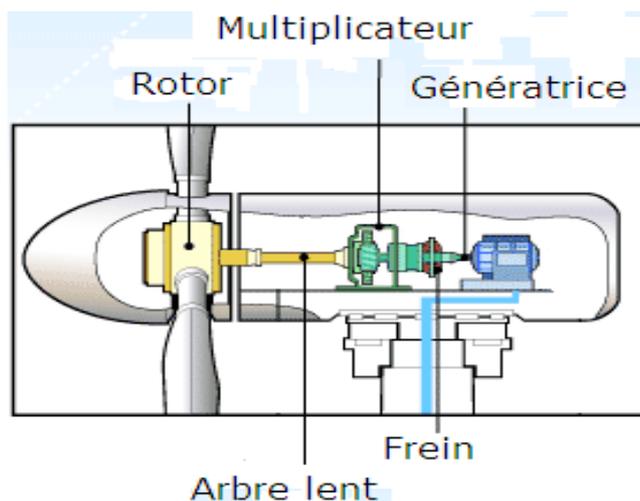


Figure 17 : Schéma simplifié de la chaîne cinétique

► Générateur et transformateur

Fonctions	<ul style="list-style-type: none"> • Produire de l'énergie électrique à partir d'énergie mécanique • Elever la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau
Description	<p>Les éoliennes sont équipées d'un système générateur/transformateur fonctionnant à vitesse variable (et donc à puissance mécanique fluctuante).</p> <p>Le générateur, de type asynchrone, convertit l'énergie mécanique en énergie électrique. Il s'agit d'un générateur triphasé, du type quadripolaire à rotor bobiné avec alimentation électrique du stator au démarrage. Il délivre deux niveaux de tension différents (690 V et 480 V en courant alternatif) qui sont dirigés vers le transformateur élévateur de tension.</p> <p>Le dispositif de contrôle « VESTAS Converter System » (VCS) permet de réguler le fonctionnement du générateur.</p> <p>Le refroidissement du générateur est effectué par un système de circulation forcée d'air.</p> <p>En sortie de générateur, les deux niveaux de tension (480 V et 690 V) sont élevés jusqu'à 20 000 V par un transformateur sec. Le courant de sortie est régulé par des dispositifs électroniques de façon à pouvoir être compatible avec le réseau public. Le transformateur est localisé dans une pièce fermée à l'arrière de la nacelle.</p>

► Connexion au réseau électrique public

Fonction	Adapter les caractéristiques du courant électrique à l'interface entre le réseau privé et le réseau public
Description	Les éoliennes d'un même champ éolien sont ensuite raccordées au réseau électrique de distribution (ERDF ou régies) ou de transport (RTE) via un ou plusieurs postes de livraison. Ces postes font ainsi l'interface entre les installations et le réseau électrique.

	<p>Chaque poste est équipé d'appareils de comptage d'énergie indiquant l'énergie soutirée au réseau mais également celle injectée. Il comporte aussi la protection générale dont le but est de protéger les éoliennes et le réseau inter-éolien en cas de défaut sur le réseau électrique amont.</p> <p>Les liaisons électriques entre éoliennes et poste de livraison sont assurées par des câbles souterrains.</p>
Tension dans les câbles souterrains	20 000 V
Tensions dans les postes de livraison	20 000 V

7.2.2 Sécurité de l'installation

7.2.2.1 Respect de l'arrêté du 26 août 2011

L'**annexe 2** du présent document détaille les solutions proposées par VESTAS afin de répondre à l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations soumises à autorisation au titre de la rubrique 2980 des installations classées relatives à la sécurité de l'installation.

7.2.2.2 Respect des principales normes applicables à l'installation

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

- La norme IEC61400-1 intitulée « Exigence pour la conception des aérogénérateurs » fixe les prescriptions propres à fournir « un niveau approprié de protection contre les dommages résultant de tout risque durant la durée de vie » de l'éolienne. 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 ;
- La conception du multiplicateur répond aux règles fixées par la norme ISO81400-4 ;
- La protection foudre de l'éolienne répond au standard IEC61400-24 et aux standards non spécifiques aux éoliennes comme IEC62305-1, IEC62305-3 et IEC62305-4 ;
- Les éoliennes VESTAS répondent aux réglementations qui concernent les ondes électromagnétiques, notamment la Directive 2004/108/EC du 15 décembre 2004 ;
- Les éoliennes VESTAS sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air. Le traitement anticorrosion des éoliennes répond à la norme ISO 12944.

	Partie extérieure	Partie intérieure
Nacelle VESTAS	C5	Minimum C3
Moyeu	C5	C3
Tour	C5-I	C3

Les divers types d'éoliennes 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.

Le certificat de conformité du type d'éolienne choisi est présenté en **annexe 3**.

7.2.2.3 Organisation des secours en cas d'accident

Pendant la phase exploitation du parc éolien, le responsable du site nommé par le parc éolien du Moulinet assurera la mise en place du document de santé et sécurité (DSS) et du Plan de Prévention. Il réalisera leur mise à jour conformément à la réglementation. Il aura la responsabilité de faire appliquer la politique de sécurité du site. Le PDP sera approuvé par l'entreprise utilisatrice ainsi que par les entreprises extérieures. La maintenance des éoliennes sera réalisée par la société VESTAS. D'autres sociétés seront choisies ultérieurement notamment pour la maintenance des ouvrages HTA et des divers entretiens.

► Plan d'intervention d'urgence

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

Pour cela, les installations VESTAS sont équipées d'un système SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) qui permet le pilotage à distance à partir d'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. Ce dispositif assure la transmission de l'alerte en temps réel en cas de panne ou de simple dysfonctionnement.

Conformément à l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations soumises à autorisation au titre de la rubrique 2980 des installations classées relatives à la sécurité de l'installation, l'exploitant sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de quinze minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur.

La société VESTAS garantit qu'un plan d'intervention d'urgence documenté existe pour l'éolienne V100 2,2 MW, couvrant notamment l'incendie et les accidents environnementaux. Par ailleurs, l'exploitant du site garantit qu'un plan d'intervention d'urgence documenté sera disponible pour chaque éolienne du site couvrant notamment l'incendie et les accidents environnementaux.

La procédure d'alerte comprend un système de communication (radio, téléphones portables, etc.) permettant d'avertir tous les employés présents sur le site ainsi que la caserne de pompiers la plus proche en cas d'urgence. Une liste de numéros de téléphone utiles (police, services d'urgence, direction VESTAS, propriétaire, compagnie d'électricité et autres parties concernées) sera à disposition dans les situations d'urgence. Le supérieur responsable du site ou de l'activité mettra cette liste régulièrement à jour.

Les plans d'intervention d'urgence seront révisés et mis à jour régulièrement. Les plans d'intervention d'urgence seront mis à la disposition des employés de VESTAS. Les plans d'intervention d'urgence seront testés en partie ou dans leur ensemble au moins tous les deux ans. Un bref rapport des résultats des tests sera rédigé et les plans d'urgence seront modifiés en conséquence.

S'agissant de la procédure d'alerte, l'**annexe 2** du présent document précise entre autres (art. 22 et 23) :

- Le manuel SST VESTAS répertorie l'ensemble des directives générales de santé et de sécurité au travail, ainsi que les conduites à tenir et les procédures à suivre en cas de fonctionnement anormal (voir le paragraphe ci –après) ;
- les détecteurs de fumée font partie des équipements de série sur les turbines VESTAS ;
- 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 ;
- la détection de survitesse est également en série sur les turbines VESTAS, et testée lors de nos opérations de maintenance.

Le paragraphe 4 du manuel SST VESTAS décrit le plan et les procédures d'intervention d'urgence mises en place par VESTAS et traite des éléments suivants :

- Accidents (sauf électriques) ;
- Accidents électriques ;
- Emballement de l'éolienne ;
- Incendie ;
- Descente d'urgence – sauvetage d'une personne blessée ;
- Sauvetage d'un blessé depuis la nacelle ;
- Sauvetage dans la tour ;
- Évacuation de l'ascenseur de maintenance ;
- Incident – déversement de produits chimiques ;
- Boutons d'arrêt d'urgence ;
- Ascenseur ;
- Treuil interne.

► Numéro d'urgence

Le personnel intervenant a pour consigne d'appeler le 112 en cas d'accident ou d'incendie.

Les plans d'accès au site, ainsi que les coordonnées et caractéristiques pertinentes des aérogénérateurs (hauteur, conditions d'accès, identification et localisation des dangers, etc.) seront communiquées au Service Départemental Incendie et Secours (SDIS).

► Circuits d'évacuation en cas de sinistre

Chaque aérogénérateur compte 2 issues :

- 1 porte en pied de tour ;
- 1 trappe dans la nacelle, qui permet l'évacuation par la nacelle à l'aide d'un dispositif de secours et d'évacuation (chaque aérogénérateur est équipé d'un tel dispositif, le nombre de dispositifs étant toutefois à adapter en fonction du nombre de personnes intervenant simultanément dans la nacelle).

Le personnel intervenant dans les aérogénérateurs est formé à l'utilisation du dispositif de secours et d'évacuation. Si des personnes non formées à l'utilisation de ce système sont amenées à intervenir dans un aérogénérateur, elles sont accompagnées et supervisées par un nombre suffisant de personnes formées.

► Moyens de détection et/ou d'extinction incendie

Chacun des aérogénérateurs est doté de plusieurs extincteurs et a minima : dans la nacelle et au pied de la tour. Tous les techniciens d'entretien seront correctement formés à l'utilisation appropriée des équipements de sécurité, et notamment des extincteurs. Les emplacements, état et qualité des extincteurs feront l'objet de contrôles réguliers de sécurité.

Il est à noter qu'il est strictement interdit de fumer dans les aérogénérateurs et le poste de livraison.

► Premiers secours

Le personnel intervenant dans les aérogénérateurs est formé aux premiers secours.

Chaque aérogénérateur est équipé de 2 boîtes de premiers secours (1 en pied de tour, 1 en nacelle). Les véhicules des techniciens de maintenance sont également dotés d'une boîte de premiers secours.

Règles particulières en cas de choc électrique : Les consignes de soins aux électrisés sont affichées dans chaque aérogénérateur et au poste de raccordement. Une perche à corps doit être utilisée lors des manœuvres sur les installations HT, conformément aux instructions données lors des formations de préparation à l'habilitation électrique.

7.2.3 Opérations de maintenance de l'installation

7.2.3.1 Conduite du système

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

Pour cela, les installations VESTAS sont équipées d'un système SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) qui permet le pilotage à distance à partir des informations fournies par les capteurs. Les parcs éoliens sont ainsi reliés à des centres de télésurveillance permettant le diagnostic et l'analyse de leur performance en permanence, ainsi que certaines actions à distance. Ce dispositif assure la transmission de l'alerte en temps réel en cas de panne ou de simple dysfonctionnement.

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

Par contre, en cas d'arrêt liés à des déclenchements de capteurs de sécurité (déclenchement VOG, déclenchement détecteur d'arc ou température haute, pression basse huile, ...), une intervention humaine sur l'éolienne est nécessaire pour examiner l'origine du défaut et acquitter l'alarme 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 faites 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 mise à l'arrêt de celui-ci. De plus, des dispositifs de sectionnement sont répartis sur l'ensemble de la chaîne électrique afin de pouvoir isoler certaines parties et protéger ainsi le personnel intervenant.

Au-delà de certaines vitesses de vent, les interventions sur les équipements ne sont pas autorisées.

7.2.3.2 Formation des personnels

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

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

7.2.3.3 Entretien préventif du matériel

L'inspection et l'entretien du matériel sont effectués par des opérateurs VESTAS, formés pour ces interventions.

La liste des opérations à effectuer sur les diverses machines ainsi que leur périodicité est définie par des procédures. Les principaux contrôles effectués sont présentés ci-après.

Composants	Opérations
Inspection après 3 mois de fonctionnement	Etat général Vérification de la propreté de l'intérieur de l'éolienne Vérification qu'aucun matériau combustible ou inflammable n'est entreposé dans l'éolienne
	Moyeu Inspection visuelle du moyeu Vérification des boulons entre le moyeu et les supports de pale* Vérification des boulons maintenant la coque du moyeu
	Pales Vérification des roulements et du jeu Inspection visuelle des pales, de l'extérieur et de l'intérieur Vérification des boulons de chaque pale* Vérification des bandes paratonnerres
	Système de transfert de courant foudre Moyeu / nacelle Vérification des boulons et de l'absence d'impacts de foudre.
	Arbre principal Vérification des boulons fixant l'arbre principal et le moyeu* Inspection visuelle des joints d'étanchéité Vérification des dommages au niveau des boulons de blocage du rotor
	Système d'orientation de la nacelle (Yaw system) Vérification des boulons fixant le haut du palier d'orientation et la tour* Vérification du système de lubrification
	Tour Vérification de l'état du béton à l'intérieur et à l'extérieur de la tour Vérification des boulons entre la partie fondation et la tour, entre les sections de la tour et sur l'échelle* Vérification des brides et des cordons de soudure Vérification des plateformes Vérification du câble principal
	Bras de couple Vérification boulons
	Système d'inclinaison des pales (VESTAS Pitch System) Vérification des boulons du cylindre principal et du bras de manivelle Vérification des boulons de l'arbre terminal et des roulements

Multiplicateur	Vérification du niveau d'huile Vérification du niveau sonore lors du fonctionnement du multiplicateur Vérification des joints, de l'absence de fuite, etc...
Générateur	Vérification des câbles électriques dans le générateur Vérification des boulons
Système de refroidissement par eau	Vérification du fonctionnement des pompes à eau Vérifications des tubes et des tuyaux
VESTAS Cooler Top™	Vérification boulons Inspection visuelle de la surface Vérification des ailettes et nettoyage si nécessaire Vérification du niveau de liquide de refroidissement
Système hydraulique	Vérification d'absence de fuites dans la nacelle, l'arbre principal et le moyeu
Onduleur	vérification du fonctionnement de l'onduleur.
Nacelle	Vérification boulons Vérification d'absence de fissures autour des raccords Vérification des points d'ancrage et des fissures autour de ceux-ci
Extérieur	Vérification de la protection de surface Nettoyage des têtes de boulons et d'écrous, des raccords, etc.
Transformateur	Inspection du transformateur
Sécurité générale	Inspection des câbles électriques Vérification du système antichute Test du système de freinage Test du capteur de vibrations Test des boutons d'arrêt d'urgence**

*Ces vérifications sont effectuées au bout de trois mois, puis d'un an de fonctionnement, puis tous les trois ans, conformément à l'arrêté du 26 août 2011.

**Ces tests sont ensuite effectués tous les ans, conformément à l'arrêté du 26 août 2011.

Ces opérations de maintenance courante seront répétées régulièrement selon le calendrier de maintenance. Les principales opérations de maintenance supplémentaires sont présentées ci-après.

	Composants	Opérations	6 mois	1 an
Inspection après 6 mois et 1 an	Moyeu	Vérification de l'état de la fibre de verre Vérification des boulons Vérification des blocs parafoudre		X X X
	Pales	Vérification des tubes de graissage et du bloc de distribution de graisse Vérification du système de lubrification Remplacement des bidons collecteurs de graisse usagée Vérification des bandes anti-foudre		X X X X
	Arbre principal	Vérification du niveau sonore et vibratoire Vérification, lubrification des roulements principaux tous les 5 ans Lubrification des boulons de blocage du rotor	X X X	X X X
	Générateur	Vérification du bruit des roulements Lubrification des roulements	X X	X X
	Système d'inclinaison des pales (VESTAS Pitch System)	Vérification du bon fonctionnement du système d'inclinaison des pales Vérification des boulons tous les 3 ans Vérification des pistons des vérins hydrauliques		X X X
	Bras de couple	Vérification des boulons entre le bras de couple et le bâti tous les 4 ans		
	Multiplicateur	Vérification de l'absence de débris métalliques Vérification et remplacement (si nécessaire) des filtres à air Remplacement des filtres à air Inspection du multiplicateur Changement de l'huile Extraction d'un échantillon d'huile pour analyse Remplacement des tuyaux tous les 7 ans	X X X X X	X X X X X
	Système de refroidissement par eau	Remplacement du liquide de refroidissement tous les 5 ans		
	Système hydraulique	Changement d'huile selon les rapports d'analyse tous les 4 ans Remplacement des filtres (tous les ans, tous les 2 ans ou tous les 4 ans, selon le filtre) Remplacement des filtres (tous les ans, tous les 2 ans ou tous les 4 ans, selon le filtre) Vérification de la pression dans le système de freinage Extraction d'un échantillon d'huile pour analyse		X X

VESTAS Cooler Top™	Inspection visuelle du VESTAS Cooler Top™ et des systèmes parafoudres	x	x
Onduleur	Vérification du bon fonctionnement de l'onduleur Remplacement des différents filtres des ventilateurs Remplacement des différents ventilateurs tous les 5 ans Remplacement de la batterie tous les 5 ans		x x
Capteur de vent	Inspection visuelle du capteur de vitesse de vent		x
Système de détection d'arc électrique	Test du capteur de détection d'arc électrique du jeu de barres et dans la salle du transformateur		x
Tour	Vérification des filtres de ventilation Maintenance de l'élévateur de personnes		x x
Armoire de contrôle en pied de tour	Test des batteries des processeurs et remplacement si nécessaire Remplacement des batteries de secours tous les 5 ans Remplacement des filtres à air	x	x
Sécurité générale	Test d'arrêt en cas de survitesse Vérification des équipements de sécurité Vérification de la date d'inspection des extincteurs Inspection du système de freinage	x	x x x x

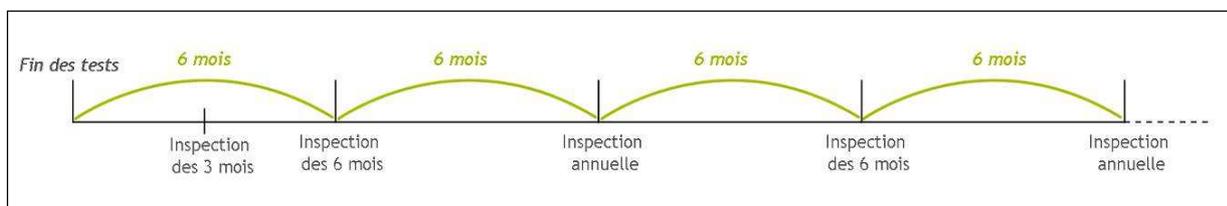


Figure 18 : Calendrier de maintenance

7.2.3.4 Contrôles réglementaires périodiques

Les contrôles réglementaires concernent les installations électriques, les équipements et accessoires de levage ou les équipements sous pression (accumulateurs hydropneumatiques). Ils sont réalisés par des organismes agréés.

Le matériel incendie est contrôlé périodiquement par le fabricant du matériel ou un organisme extérieur.

7.2.3.5 Maintenance curative

Il s'agit des opérations de maintenance réalisées suite à des défaillances de matériels ou d'équipements (ex : remplacement d'un capteur défaillant, ajout de liquide de refroidissement faisant suite à une fuite, ...).

Ces opérations sont faites à la demande, dès détection du dysfonctionnement, de façon à rendre l'équipement à nouveau opérationnel.

7.2.3.6 Prise en compte du retour d'expérience

Dans l'organisation VESTAS, chaque incident ou défaillance est remonté systématiquement via un rapport détaillé dans une base de données générale. Toutes ces informations sont utilisées dans le cadre d'un processus d'amélioration continue.

Ainsi, les principaux axes d'amélioration ont porté sur :

- La mise en sécurité de la machine lors de vents violents ;
- Une meilleure gestion du risque d'incendie de la nacelle ;
- L'amélioration des dispositifs de protection contre les effets de la foudre ;
- La recherche de solutions pour limiter les effets de la formation de glace ou d'accumulation de neige ;
- L'étude de solutions visant à limiter les contraintes sur les équipements, qui peuvent accélérer l'usure et le vieillissement de ces équipements ;
- L'amélioration des systèmes de protection des personnes.

7.2.4 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 parc éolien du Moulinet.

Les produits de nettoyage ne sont pas présents sur le site mais sont apportés de manière ponctuelle par les techniciens lors des phases de maintenance.

7.3 Fonctionnement des réseaux de l'installation

7.3.1 Raccordement électrique

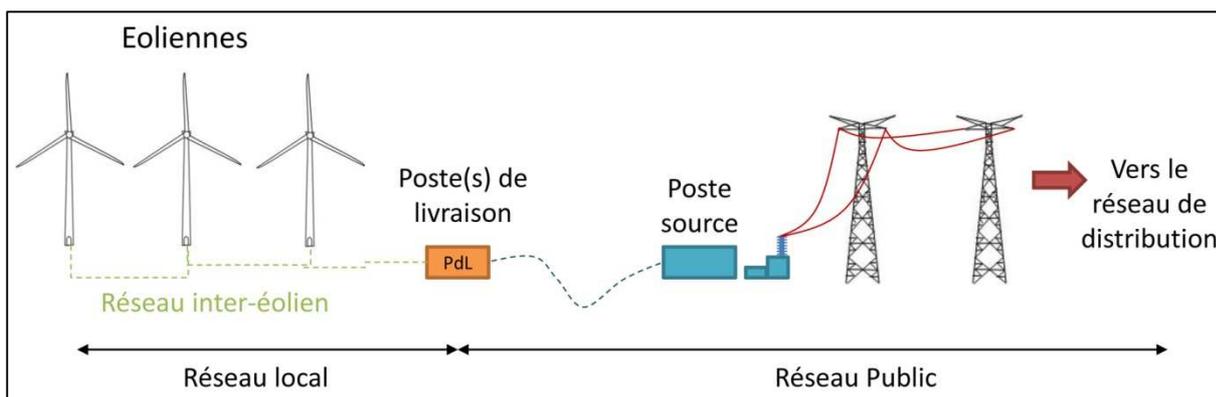


Figure 19 : Raccordement électrique des installations

7.3.1.1 Réseau inter-éolien

Le réseau inter-éolien permet de relier le transformateur au point de raccordement avec le réseau public. Ce réseau comporte également une liaison de télécommunication qui relie chaque éolienne au terminal de

télesurveillance. Ces câbles constituent le réseau interne de la centrale éolienne, ils sont tous enfouis à une profondeur minimale de 80 cm.

7.3.1.2 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).

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.

7.3.1.3 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.

7.3.2 Autres réseaux

Le parc éolien du Moulinet 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.

8. 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.

Il est réalisé notamment sur la base des Fiches de Données de Sécurité (FDS) des produits, de la nature et les caractéristiques techniques des éoliennes, des procédures d'exploitation.

A l'issue de cette étape, les événements redoutés liés à chaque installation ou équipement d'exploitation peuvent être mis en évidence et les dangers localisés au sein des parcs éoliens.

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.

8.1 Potentiels de dangers liés aux produits

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

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

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

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 le poste de livraison.

8.1.1 Inventaire des produits

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

- L'huile hydraulique (circuit haute pression) dont la quantité présente est de l'ordre de 260 litres. Le modèle d'huile utilisée est Texaco Rando WM 32 ;
- L'huile de lubrification du multiplicateur (environ 300 à 400 litres). Il s'agit de l'huile Mobil Gear SHCXMP 320 ;
- L'eau glycolée (mélange d'eau et d'éthylène glycol), qui est utilisée comme liquide de refroidissement, dont le volume total de la boucle est de 120 litres) ;
- Les graisses pour les roulements et systèmes d'entrainements ;
- L'hexafluorure de soufre (SF₆), qui est le gaz utilisé comme milieu isolant pour les cellules de protection électrique. La quantité présente varie entre 1,5 kg et 2,15 kg suivant le nombre de caissons composant la cellule.

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

8.1.2 Dangers des produits

8.1.2.1 Inflammabilité et comportement vis-à-vis de l'incendie

Les huiles, les graisses et l'eau glycolée ne sont pas des produits inflammables. Les huiles et les graisses sont néanmoins des produits combustibles qui sous l'effet d'une flamme ou d'un point chaud intense peuvent développer et entretenir un incendie. Dans les incendies d'éoliennes, ces produits sont souvent impliqués.

Certains produits de maintenance peuvent être inflammables mais ils ne sont amenés dans l'éolienne que pour les interventions et sont repris en fin d'opération.

Le SF₆ est pour sa part ininflammable.

8.1.2.2 Toxicité pour l'homme

Ces divers produits ne présentent pas de caractère de toxicité pour l'homme. Ils ne sont pas non plus considérés comme corrosifs (à causticité marquée).

8.1.2.3 Dangérosité pour l'environnement

Vis-à-vis de l'environnement, le SF₆ possède un potentiel de réchauffement global (gaz à effet de serre) très important, mais les quantités présentes sont très limitées (seulement 1 à 2 kg de gaz dans les cellules de protection).

Les huiles et graisses, même si elles ne sont pas classées comme dangereuses pour l'environnement, peuvent en cas de déversement au sol ou dans les eaux entraîner une pollution du milieu.

En conclusion, il ressort que les produits ne présentent pas de réel danger, si ce n'est lorsqu'ils sont soumis à un incendie, où ils vont entretenir cet incendie, ou s'ils sont déversés dans l'environnement générant un risque de pollution des sols ou des eaux.

8.2 Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation

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

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

Ces dangers potentiels sont recensés dans le tableau suivant.

Tableau 8 : Dangers potentiels liés au fonctionnement de l'installation

Installation ou système	Fonction	Phénomène redouté	Danger potentiel
Système de transmission	Transmission d'énergie mécanique	Survitesse	Echauffement des pièces mécaniques et flux thermique

Installation ou système	Fonction	Phénomène redouté	Danger potentiel
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

8.3 Réduction des potentiels de dangers à la source

8.3.1 Principales actions préventives

Dès la conception du projet, le parc éolien du Moulinet des champs a veillé à réduire autant que possible les potentiels de dangers en intégrant cet aspect dans le choix du positionnement des éoliennes. D'autre part, le choix d'un modèle d'éolienne certifié a été effectué afin d'assurer une sécurité optimale de l'installation.

8.3.1.1 Réduction des potentiels de dangers par le choix des caractéristiques de l'éolienne

L'éolienne choisie est l'éolienne VESTAS V100 2,2 MW. Il s'agit d'une éolienne de conception récente certifiée, respectant les normes européennes.

En ce qui concerne la résistance aux vents extrêmes, les éoliennes retenues présenteront les caractéristiques de la classe IEC 2B (norme IEC 61400-1). Le certificat de l'éolienne retenue est fourni en **annexe 3**.

Concernant la projection de bris de glace, la réduction des dangers est assurée via l'installation de détecteurs de givre sur les pales, ainsi que par l'arrêt complet de la machine en cas de gel sévère.

Concernant les incendies, la majorité des matériaux composants les éoliennes sont incombustibles. La maintenance permettra également de repérer et d'endiguer (si besoin est) les fuites de lubrifiants. Substitution des produits par des produits moins dangereux et réduction des quantités

Les produits présents sur chaque éolienne (huile, fluide de refroidissement) sont des produits classiques utilisés dans ce type d'activité. Ils ne présentent pas de caractère dangereux marqué et les quantités mises en œuvre sont adaptées aux volumes des équipements.

Le SF₆ est un très bon isolant et ne dispose pas à ce jour de produit de substitution présentant des qualités équivalentes. De plus, malgré son caractère de gaz à effet de serre, il ne présente pas de danger pour l'homme (inflammable et non toxique). Il n'est donc pas prévu de solution de substitution. Il faut rappeler que ce gaz est contenu dans les cellules d'isolement disposées en pied d'éolienne (cellules étanches) qui sont des matériels du commerce, et ne sont pas fabriqués par VESTAS.

8.3.1.2 Substitution des équipements

Les dangers des équipements sont principalement dus au caractère mobile de ceux-ci (pièces en rotation) et à leur situation (à plusieurs dizaines de mètres au-dessus du sol). Ceci peut entraîner des chutes ou projection de pièces au sol.

Un autre danger est lié à la présence d'installations électriques avec des tensions élevées (jusqu'à 35 000 volts), dont le dysfonctionnement peut être à l'origine d'incendies.

Les équipements qui constituent à ce jour l'éolienne sont tous indispensables à son fonctionnement. Il n'est donc pas possible à priori de les substituer.

Depuis les débuts du développement de l'éolien, des évolutions technologiques ont permis de mettre en place des équipements plus performants en termes d'optimisation des rendements et de diminution des risques :

- Remplacement de pales métalliques par des pales en matériaux composites, plus légères et moins sujettes aux phénomènes de fatigue ;
- Dispositif d'orientation des pales permettant de fonctionner par vent faible et de diminuer les contraintes par vent fort ;
- Dispositif aérodynamique d'arrêt en cas de survitesse ;
- Dispositifs de surveillance des dysfonctionnements électriques (détecteur d'arcs notamment).

Ces évolutions se poursuivent toujours afin d'améliorer la sécurité.

9. Analyse des retours d'expérience

Il n'existe actuellement aucune base de données officielle recensant l'accidentologie dans la filière éolienne. Néanmoins, il a été possible d'analyser les informations collectées en France et dans le monde par plusieurs organismes divers (associations, organisations professionnelles, littérature 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.

9.1 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 parc éolien du Moulinet. 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.

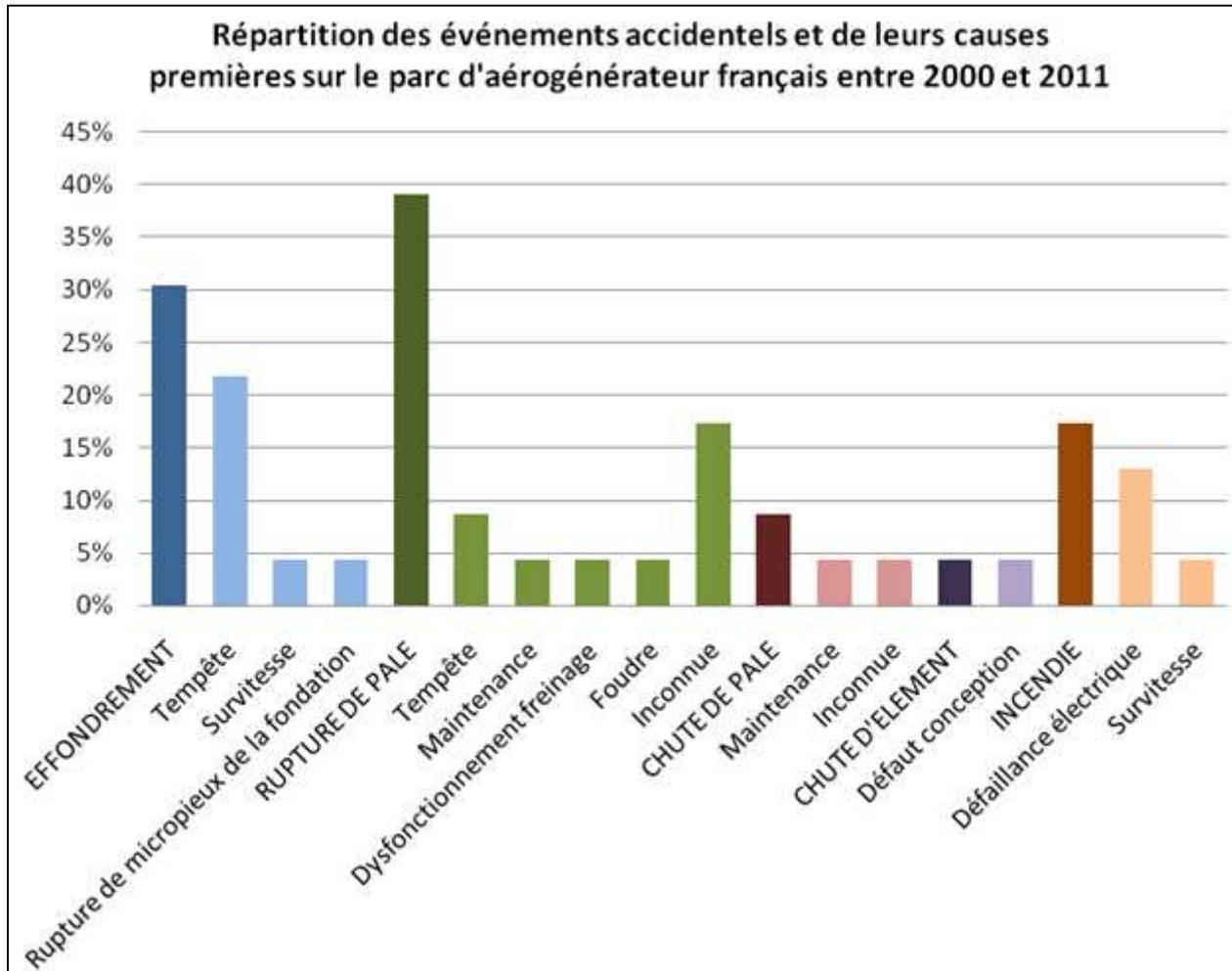


Figure 20 : Répartition des événements accidentels et leurs causes (source : VESTAS)

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.

9.2 Inventaire des accidents et incidents à l'international

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

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.

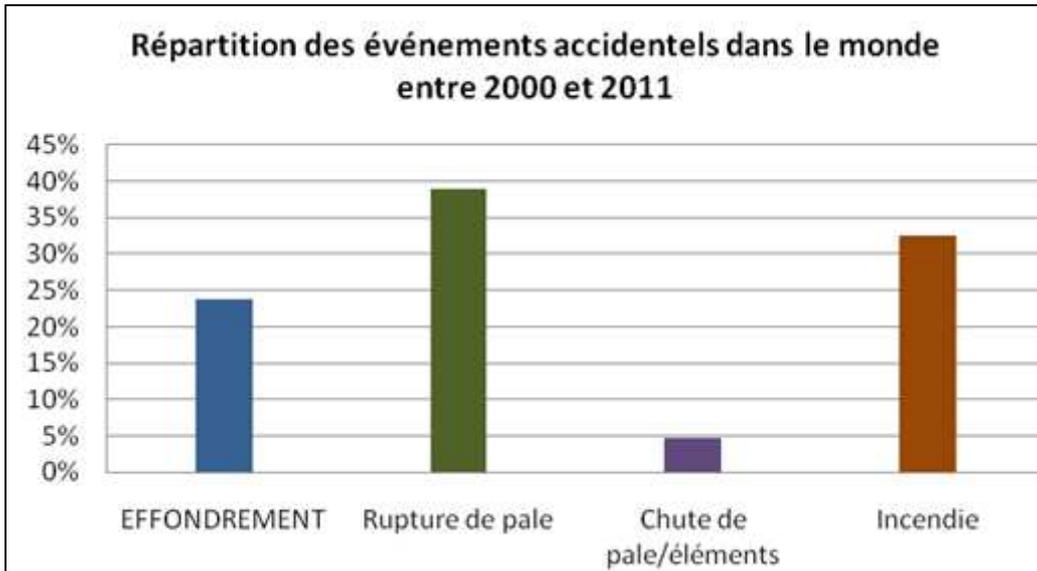


Figure 21 : Répartition des évènements accidentels dans le monde (source : VESTAS)

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).

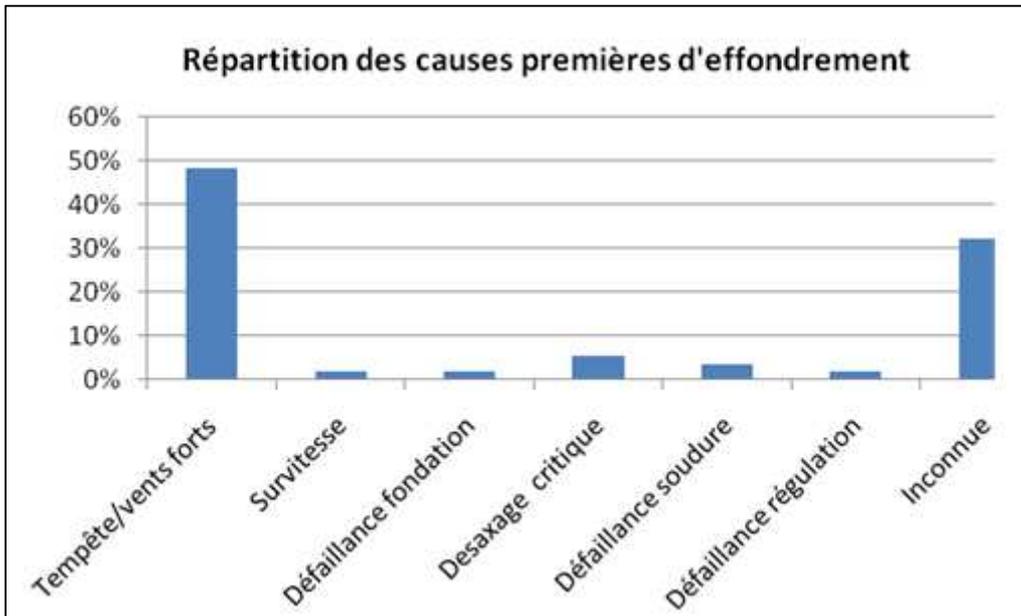


Figure 22 : Répartition des causes premières d'effondrement (source : VESTAS)

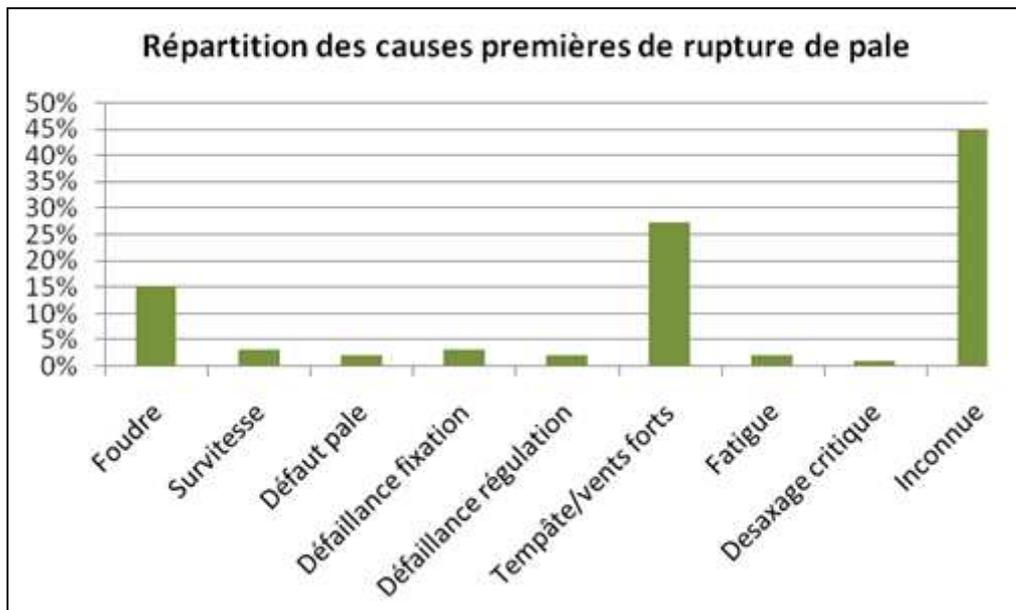


Figure 23 : Répartition des causes premières de rupture de pale (source : VESTAS)

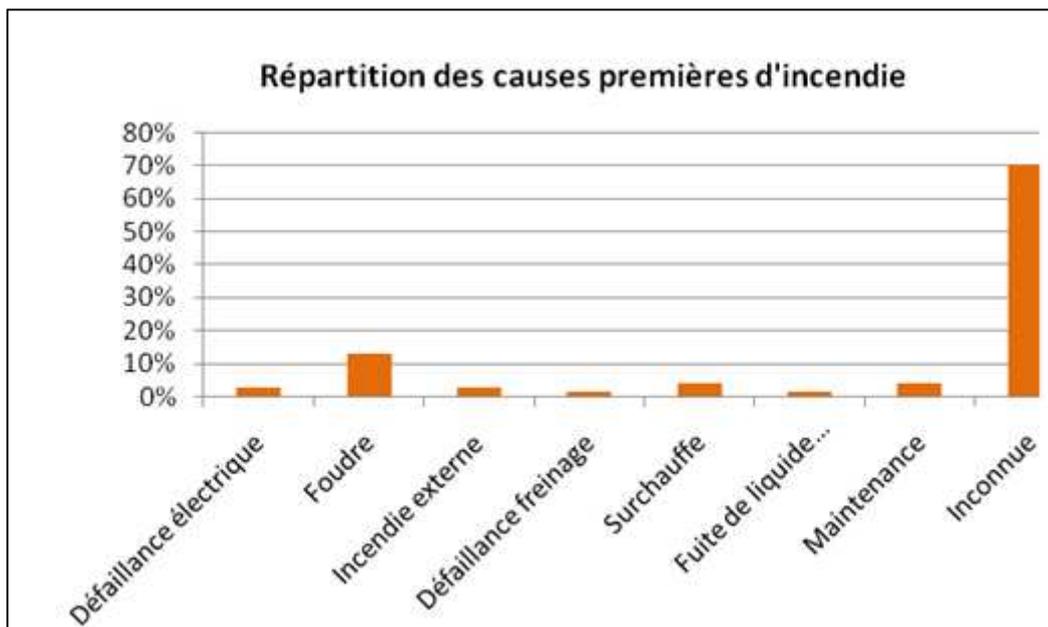


Figure 24 : Répartition des causes premières d'incendie (source : VESTAS)

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.

9.3 Inventaire des accidents majeurs survenus sur les sites de l'exploitant

D'après le guide de l'étude de dangers éolienne, la liste des accidents survenus sur le site de l'exploitant doit être fournie en cas d'extension d'une installation existante, ce qui n'est pas le cas ici.

9.4 Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience

9.4.1 Analyse de l'évolution des accidents en France

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

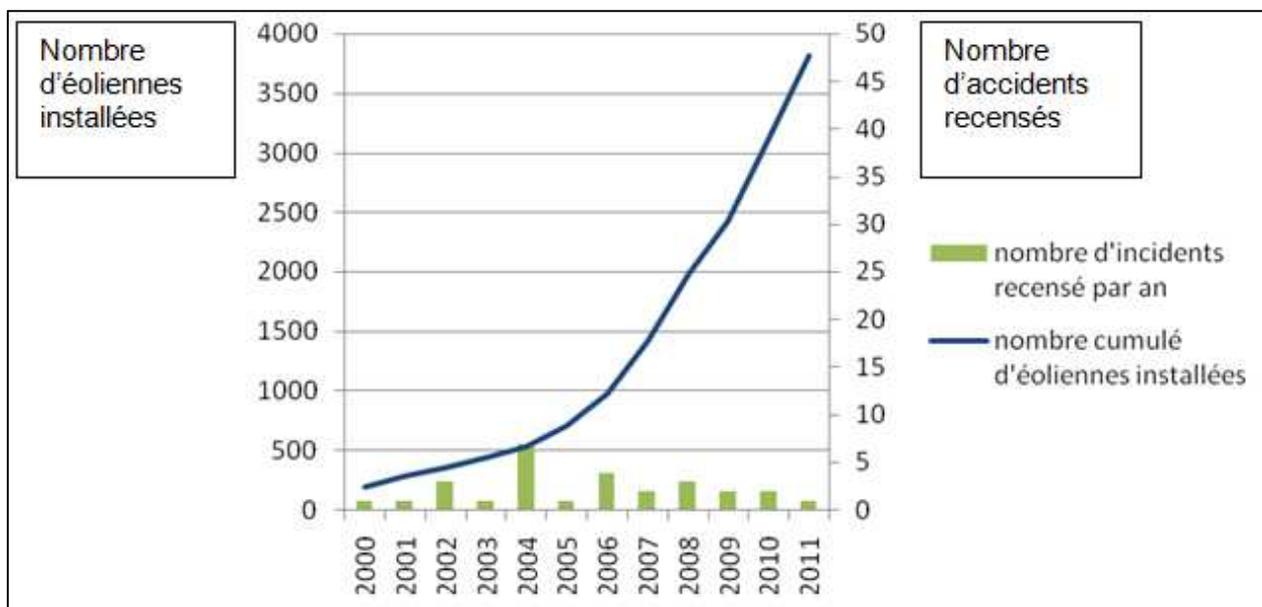


Figure 25 : Evolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées

On note bien l'essor de la filière française à partir de 2005, alors que le nombre d'accident reste relativement constant.

9.4.2 Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents

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

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

9.5 Limites d'utilisation de l'accidentologie

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

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

10. Analyse préliminaire des risques

10.1 Objectif de l'analyse préliminaire 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.

10.2 Recensement des événements 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 sur-accident 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.

10.3 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 agressions externes potentielles définies pour le projet du parc éolien du Moulinet sont issues des éléments présentés au chapitre 3.

10.3.1 Agressions externes liées aux activités humaines

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

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

Tableau 9 : Agressions externes liées aux activités humaines

Infrastruct ure	Fonction	Evénement redouté	Danger potentiel	Périmètre	Distance par rapport au mât des éoliennes							
					E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
Voies de circulation *	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Energie cinétique des véhicules et flux thermiques	200 m	55 m	-	-	55 m	-	-	60 m	40 m
Aérodrome	Transport aérien	Chute d'aéronef	Energie cinétique de l'aéronef, flux thermique	2 000 m	-	-	-	-	-	-	-	-
Ligne THT	Transport d'électricité	Rupture de câble	Arc électrique, surtensions	200 m	-	-	-	-	-	-	-	-
Autres aérogénérateurs	Production d'électricité	Accident générant des projections d'éléments	Energie cinétique des éléments projetés	500 m	-	-	E7 : 450 m E8 : 460 m	E5 : 300 m	E4 : 300 m E6 : 320 m	E5 : 320 m E7 : 330 m	E6 : 320 m E3 : 450 m	E3 : 460 m

* Hors chemins d'accès aux éoliennes

10.3.2 Agressions externes liées aux phénomènes naturels

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

Tableau 10 : Agressions externes liées aux phénomènes naturels

Agression externe	Intensité
Vents et tempête	La vitesse maximale a été enregistrée sur la station de mesure de Lille-Lesquin en 1990 avec 38 m/s (136,8 km/h). Le site d'étude n'est pas localisé au sein d'une zone affectée par les cyclones.
Foudre	Les communes d'étude sont situées en intensité de foudroiement : <ul style="list-style-type: none"> • Infime pour la commune de Ligny-Les-Aire ; • Faible pour la commune de Westrehem. Il est rappelé que les éoliennes du projet sont équipées d'un système de protection anti-foudre intégré conforme à la norme IEC 61400-24, relative à la protection contre la foudre des éoliennes.
Glissement de sols/ affaissement miniers	Le site d'étude est classé en aléa faible concernant les mouvements de terrain.

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

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

10.4 Scénarios étudiés dans l'analyse préliminaire des risques

Après avoir recensé, dans un premier temps, les potentiels de danger des installations, qu'ils soient constitués par des substances dangereuses ou des équipements dangereux, 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).

Tableau 11 : Scénarios de l'analyse des risques préliminaire

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

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
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
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

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
C03	Défaut fixation nacelle – pivot central – mât	Chute nacelle	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	1
P01	Survitesse	Contraintes trop importante sur les pales	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la 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
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
E03	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

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
				9)		
E04	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°14)	Chute fragments et chute mât	2
E05	Vents forts	Défaillance fondation	Effondrement éolienne	<p>Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)</p> <p>Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort (N°12)</p> <p>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)</p>	Projection/chute fragments et chute mât	2
E06	Fatigue	Défaillance mât	Effondrement éolienne	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E07	Désaxage critique du rotor	Impact pale – mât	Effondrement éolienne	<p>Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9)</p> <p>Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)</p>	Projection/chute fragments et chute mât	2

Ce tableau présentant le résultat d'une analyse des risques peut être considéré comme représentatif des scénarios d'accident pouvant potentiellement se produire sur les éoliennes.

10.5 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 ».

Mis à part les éoliennes du projet, il n'existe aucune autre installation classée dans le périmètre d'étude du projet. Le guide de l'INERIS préconise de négliger les effets dominos potentiels pour les installations ICPE situées à plus de 100 mètres des éoliennes.

10.6 Mise en place des mesures de sécurité

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

Les tableaux suivants ont pour objectif de synthétiser les fonctions de sécurité identifiées sur les éoliennes.

Un principe clé du processus d'élaboration d'une étude de dangers est qu'elle doit être proportionnelle au niveau de risques engendrés par les éoliennes sur leur environnement. Dans ce cadre, il est proposé aux exploitants de conduire une description simple des mesures de sécurité mises en œuvre sur leurs machines, et de leurs critères de défaillance. En particulier, il n'est pas demandé de conduire les analyses poussées demandées aux installations classées soumises à autorisation avec servitudes (AS).

Les tableaux suivants ont pour objectif de synthétiser les fonctions de sécurité identifiées et mises en œuvre sur les éoliennes du parc éolien du Moulinet. 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.

Tableau 12 : Liste des fonctions de sécurité

Fonction de sécurité	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	N° de la fonction de sécurité	1
Mesures de sécurité	Système de déduction de la formation de glace.		
Description	Ce système déduit la formation de glace sur les pales à partir des données de température et de rendement de l'éolienne (l'accumulation de glace alourdit les pales et diminue le rendement de la turbine). Une configuration du système SCADA permet d'alerter les opérateurs par un message type « Ice Climate ». Une mise à l'arrêt est ensuite effectuée de manière automatique ou manuelle, selon le type de contrat.		

	Les procédures de redémarrage sont définies par l'exploitant.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Mise à l'arrêt de la turbine < 1 min		
Efficacité	100 %		
Tests	NA		
Maintenance	Surveillance via la maintenance prédictive		
Fonction de sécurité	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	N° de la fonction de sécurité	2
Mesures de sécurité	Signalisation du risque en pied de machine Eloignement des zones habitées et fréquentées		
Description	Mise en place de panneaux de signalisation en pied de machines 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 m/s pour la V100. 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'orientation 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	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 (notamment de l'usure du frein et de pression du circuit de freinage d'urgence.) Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		
Fonction de sécurité	Prévenir 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 par le circuit hydraulique avec l'assistance complémentaire des accumulateurs disposés sur les vérins). En cas d'arrêt par survitesse (déclenchement du VOG), l'éolienne ne peut pas être redémarrée à distance. Il est nécessaire de venir acquitter localement le défaut et d'effectuer un contrôle de la machine avant de relancer l'éolienne.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection < 1 min Le couplage du système de détection de survitesse au système SCADA permet l'envoi en temps réel d'alertes par SMS et par courriel, selon les instructions de l'exploitant. L'exploitant sera ainsi en mesure de transmettre l'alerte aux services d'Urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur conformément à l'article 23 de l'arrêté du 26 août 2011.		
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	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis tous les 6 mois suivant les manuels de maintenance VESTAS. Ces vérifications sont consignées dans le document IRF VESTAS. Maintenance conforme aux dispositions des articles 15 et 18 de l'arrêté du 26 août 2011.		
Fonction de sécurité	Prévenir les courts-circuits	N° de la fonction de sécurité	5
Mesures de sécurité	Détecteur d'arc avec coupure électrique (salle transfo et armoires électriques).		
Description	Outre les protections traditionnelles contre les surintensités et les surtensions, les armoires électriques disposées dans les nacelles VESTAS (qui abritent notamment les divers jeux de barres), sont équipées de détecteurs d'arc. 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. Le fonctionnement de ce détecteur commande le déclenchement de la cellule HT située en pied de mât, conduisant ainsi à la mise hors tension de la machine. 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'acquittement manuel du défaut.		
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 6 mois.		
Maintenance	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. 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		
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 conçu pour répondre à la classe de protection I de la norme internationale IEC 61400.		
Description	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		

	<p>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>		
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 • 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>		

	Le système de détection incendie est alimenté par le réseau secouru (UPS). 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).		
Indépendance	oui		
Temps de réponse	Temps de détection de l'ordre de la seconde 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. 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.		
Efficacité	100%		
Tests	Test des détecteurs de fumée à la mise en service puis tous les ans.		
Maintenance	Contrôle tous les 6 mois du système de détection incendie pour être conforme à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2012 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	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. Nacelle et dernière plateforme de la tour formant rétention		
Description	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. Le système hydraulique, et notamment le maintien en pression des accumulateurs, est testé avant chaque démarrage de l'éolienne. La pression du circuit de lubrification du multiplicateur fait également l'objet d'un contrôle, asservissant le fonctionnement de l'éolienne.		

	<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.</p> <p>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 insuffisants, VESTAS se charge de faire intervenir une société spécialisée qui récupérera et traitera la terre souillée via les filières adéquates.</p> <p>5. La nacelle et la dernière plateforme de la tour font office de bacs de rétention en cas de fuite d'huile.</p>			
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	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. Dépendant du débit de fuite.			
Maintenance	Les vérifications d'absence de fuites sont effectuées à chaque service planifié. 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.			
Fonction de sécurité	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 70%; padding: 5px;">Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)</td> <td style="width: 10%; padding: 5px;">N° de la fonction de sécurité</td> <td style="width: 20%; padding: 5px; text-align: center;">9</td> </tr> </table>	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)	N° de la fonction de sécurité	9
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'assemblage (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		
Maintenance	NA		
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		
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		
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 m/s pour la V100. 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 ».		
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.		
Fonction de sécurité	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de cyclones dans les zones cycloniques	N° de la fonction de sécurité	13
Mesures de sécurité	NA		
Description			
Indépendance			
Temps de réponse			
Efficacité			
Tests			
Maintenance			

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.

10.7 Conclusion de l'analyse préliminaire des risques

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

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

Tableau 13 : Scénarios exclus de l'analyse des risques détaillés

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>
Chute et projection de glace dans les cas particuliers où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0°C	<p>Lorsqu'un aérogénérateur est implanté sur un site où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0°C, il peut être considéré que le risque de chute ou de projection de glace est nul.</p> <p>Des éléments de preuves doivent être apportés pour identifier les implantations où de telles conditions climatiques sont applicables.</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>

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

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

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.

11. Etude détaillée des risques

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

Ce chapitre présente les principes de l'étude détaillée et la démarche générale à suivre pour des aérogénérateurs. Il s'agit d'une approche pas à pas qui permet successivement de rassembler les données nécessaires à l'étude détaillée des risques puis d'estimer les risques sur la base des éléments génériques fournis dans le présent guide.

11.1 Rappel des définitions

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 toxiques, de suppression ou de rayonnement thermique.

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.

11.1.1 Cinétique

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

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

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

11.1.2 Intensité

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

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

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

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

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

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

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

Tableau 14 : Degré d'exposition

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

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

11.1.3 Gravité

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

Tableau 15 : seuils de gravité

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 »

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 est dérivée de 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.

11.1.4 Probabilité

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

Tableau 16 : Probabilités

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

11.2 Caractérisation des scénarios retenus

11.2.1 Effondrement de l'éolienne

11.2.1.1 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 (150 m dans le cas des éoliennes du parc éolien du Moulinet).

	Classe de vent	Hauteur de moyeu	Hauteur totale de l'éolienne en bout de pale (H)
V100 – 2,2 MW	IEC2B	100 m	150 m

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.

11.2.1.2 Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène d'effondrement de l'éolienne dans le cas du parc éolien du Moulinet.

	Hauteur du mât H	Largeur moyenne de mât L	Longueur d'une pale R	Largeur d'une pale LB
V100 – 2,2 MW	100 m	3,0 m	50 m	3,9 m

Tableau 17 : Intensité pour le phénomène d'effondrement de l'éolienne

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)					
	Hauteur de moyeu <i>H</i>	Zone d'impact en m^2 $H \times L + 3 \cdot R \cdot LB / 2$	Zone d'effet du phénomène étudié en m^2 $\pi \times (H+R)^2$	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
V100 – 2,2 MW	100 m	592,5	70 686	0,9 %	Exposition modérée

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

11.2.1.3 Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005, 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 :

Si le phénomène de chute d'élément engendre une zone d'exposition modérée :

- 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 :

Tableau 18 : Gravité pour le phénomène d'effondrement de l'éolienne

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)						
Eolienne	Nombre de personnes exposées (N)				Niveau de gravité	
	Terrains non aménagés et très peu fréquentés (1 personne/100 ha)		Terrains aménagés mais peu fréquentés : chemins agricoles et voies non structurantes (1 personne/10 ha)			Nombre total de personnes exposées
	m ²	N	m ²	N		
E1	69 271	0,69	1 415	0,014	0,70	Modéré
E2	70 186	0,70	500	0,005	0,70	Modéré
E3	70 186	0,70	0	0	0,70	Modéré
E4	69 311	0,69	1 375	0,014	0,71	Modéré
E5	70 186	0,66	0	0	0,70	Modéré
E6	69 986	0,70	700	0,007	0,70	Modéré
E7	69 261	0,69	1 425	0,014	0,70	Modéré
E8	69 636	0,69	1 050	0,01	0,70	Modéré

11.2.1.4 Probabilité

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

Tableau 19 : Probabilité pour le phénomène d'effondrement de l'éolienne

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'expérience¹, soit une probabilité de $4,47 \times 10^{-4}$ par éolienne et par an.

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.

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* ».

11.2.1.5 Acceptabilité

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc du Moulinet, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable).

¹ 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.

Tableau 20 : Niveau de risque

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)		
<i>Eolienne</i>	<i>Niveau de gravité</i>	<i>Niveau de risque</i>
E1	Modéré	Acceptable
E2	Modéré	Acceptable
E3	Modéré	Acceptable
E4	Modéré	Acceptable
E5	Modéré	Acceptable
E6	Modéré	Acceptable
E7	Modéré	Acceptable
E8	Modéré	Acceptable

Ainsi, pour le parc éolien du Moulinet, le phénomène d'effondrement des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

11.2.2 Chute de glace

11.2.2.1 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.

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.

11.2.2.2 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 parc éolien du Moulinet, la zone d'effet à donc un rayon de 50 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.

	V100 – 2,2 MW
Rayon de la zone d'effet r	50 m

11.2.2.3 Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute de glace dans le cas du parc éolien du Moulinet.

Tableau 21 : Intensité du phénomène de chute de glace

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à $D/2$ = zone de survol)				
	Zone d'impact en m^2 $Z_I = SG$	Zone d'effet du phénomène étudié en m^2 $Z_E = \pi \times r^2$	Degré d'exposition du phénomène étudié en % $d = Z_I / Z_E$	Intensité
V100 – 2,2 MW	1	7 854	0,01 %	Exposition modérée

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

11.2.2.4 Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005, 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.

Tableau 22 : Gravité du phénomène de chute de glace

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)			
<i>Eolienne</i>	Nombre de personnes exposées (N)		<i>Niveau de gravité</i>
	Terrains non aménagés et très peu fréquentés (1 personne/100 ha) – Personnes non abritées		
	m ²	N	
E1	7 854	0,08	Modéré
E2	7 854	0,08	Modéré
E3	7 854	0,08	Modéré
E4	7 854	0,08	Modéré
E5	7 854	0,08	Modéré
E6	7 854	0,08	Modéré
E7	7 854	0,08	Modéré
E8	7 854	0,08	Modéré

11.2.2.5 Probabilité

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

11.2.2.6 Acceptabilité

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc du Moulinet, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable).

Tableau 23 : Acceptabilité du phénomène de chute de glace

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)		
<i>Eolienne</i>	<i>Niveau de gravité</i>	<i>Niveau de risque</i>
E1	Modéré	Acceptable
E2	Modéré	Acceptable
E3	Modéré	Acceptable
E4	Modéré	Acceptable

E5	Modéré	Acceptable
E6	Modéré	Acceptable
E7	Modéré	Acceptable
E8	Modéré	Acceptable

Ainsi, pour le parc éolien du Moulinet, 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.

11.2.3 Chute d'éléments de l'éolienne

11.2.3.1 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.

11.2.3.2 Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du parc éolien du Moulinet.

Remarque : Les calculs sont effectués en considérant que la pale est triangulaire avec une base de largeur LB, qui correspond à la largeur maximale de la pale. La zone d'impact et donc le degré d'exposition calculés sont donc supérieurs à la réalité.

Tableau 24 : Intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à $D/2$ = zone de survol)				
	Zone d'impact en m^2 $Z_I = R \cdot LB/2$	Zone d'effet du phénomène étudié en m^2 $Z_E = \pi \times D^2/4$	Degré d'exposition du phénomène étudié en % $d = Z_I/Z_E$	Intensité
V100 – 2,2 MW	96	7 854	1,2 %	Exposition forte

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

11.2.3.3 Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005, 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 100 personnes exposées → « Désastreux » ;
- Entre 10 et 100 personnes exposées → « Catastrophique » ;
- Entre 1 et 10 personnes exposées → « Important » ;
- Au plus 1 personne exposée → « Sérieux » ;
- Pas de zone de létalité en dehors de l'établissement → « Modéré ».

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

Tableau 25 : Gravité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)			
Eolienne	Nombre de personnes exposées (N)		Niveau de gravité
	Terrains non aménagés et très peu fréquentés (1 personne/100 ha) – Personnes non abritées		
	m ²	N	
E1	7 854	0,08	Sérieux
E2	7 854	0,08	Sérieux
E3	7 854	0,08	Sérieux
E4	7 854	0,08	Sérieux
E5	7 854	0,08	Sérieux
E6	7 854	0,08	Sérieux
E7	7 854	0,08	Sérieux
E8	7 854	0,08	Sérieux

11.2.3.4 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 » : « *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.

11.2.3.5 Acceptabilité

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

Tableau 26 : Acceptabilité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)		
<i>Eolienne</i>	<i>Gravité</i>	<i>Niveau de risque</i>
E1	Sérieux	Acceptable
E2	Sérieux	Acceptable
E3	Sérieux	Acceptable
E4	Sérieux	Acceptable
E5	Sérieux	Acceptable
E6	Sérieux	Acceptable
E7	Sérieux	Acceptable
E8	Sérieux	Acceptable

Ainsi, pour le parc éolien du Moulinet, le phénomène de chute de glace des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

11.2.4 Projection de fragments de pales

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].

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.

11.2.4.1 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 parc éolien du Moulinet.

Remarque : Ce cas est majorant, la projection peut concerner uniquement des fragments et non la pale entière.

Tableau 27 : Intensité du phénomène de projection de pale

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de r = 500 m autour de chaque éolienne)				
	Zone d'impact en m ² $Z_I = R * LB / 2$	Zone d'effet du phénomène étudié en m ² $Z_E = \pi * r^2$	Degré d'exposition du phénomène étudié en % $d = Z_I / Z_E$	Intensité
V100 – 2,2 MW	96	785 000	0,01 %	Exposition modérée

11.2.4.2 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.

Tableau 28 : Gravité du phénomène de projection de pale

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)						
Eolienne	Nombre de personnes exposées (N)				Nombre total de personnes exposées	Niveau de gravité
	Terrains non aménagés et très peu fréquentés (1 personne/100 ha)		Terrains aménagés mais peu fréquentés : chemins agricoles et voies non structurantes (1 personne/10 ha)			
	m ²	N	m ²	N		
E1	780 100	0,78	4 900	0,049	0,83	Modéré
E2	781 025	0,78	3 975	0,039	0,82	Modéré
E3	733 100	0,73	11 900	0,12	0,85	Modéré

E4	779 225	0,78	5 775	0,057	0,84	Modéré
E5	775 100	0,77	9 900	0,099	0,869	Modéré
E6	776 375	0,77	8 625	0,086	0,856	Modéré
E7	778 075	0,79	6 925	0,069	0,859	Modéré
E8	779 340	0,79	5 660	0,057	0,847	Modéré

11.2.4.3 Probabilité

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

Tableau 29 : Probabilité du phénomène de projection de pale

Source	Fréquence	Justification
Site specific hazard assesment 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* ».

11.2.4.4 Acceptabilité

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

Tableau 30 : Acceptabilité du phénomène de projection de pale

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)		
<i>Eolienne</i>	<i>Niveau de gravité</i>	<i>Niveau de risque</i>
E1	Modéré	Acceptable
E2	Modéré	Acceptable
E3	Modéré	Acceptable
E4	Modéré	Acceptable
E5	Modéré	Acceptable
E6	Modéré	Acceptable
E7	Modéré	Acceptable
E8	Modéré	Acceptable

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

11.2.5 Projection de glace

11.2.5.1 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 [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.

	Hauteur de moyeu H	Diamètre de rotor D	Distance d'effet R_{PG}
V100 – 2,2 MW	100 m	100 m	300 m

11.2.5.2 Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de glace dans le cas du parc éolien du Moulinet.

Tableau 31 : Intensité du phénomène de projection de morceaux de glace

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de $R_{PG} = 1,5 \times (H+D)$ autour de l'éolienne)					
	Hauteur de moyeu en m H	Zone d'effet du phénomène étudié en m ² $ZE = \pi \times R_{PG}^2$	Zone d'impact en m ² $Z_I = SG$	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
V100 – 2,2 MW	100	282 743	1	0,0004 %	Exposition modérée

11.2.5.3 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 a été observé dans la littérature disponible [17] qu'en cas de projection, les morceaux de glace se cassent en petits fragments dès qu'ils se détachent de la pale. La possibilité de l'impact de glace sur des personnes abritées par un bâtiment ou un véhicule est donc négligeable et ces personnes ne doivent pas être comptabilisées pour le calcul de la gravité.

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

Tableau 32 : Gravité du phénomène de projection de morceaux de glace

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)			
Eolienne	Nombre de personnes exposées (N)		Niveau de gravité
	Terrains non aménagés et très peu fréquentés (1 personne/100 ha) – Personnes non abritées		
	m ²	N	
E1	282 743	0,28	Modéré
E2	282 743	0,28	Modéré
E3	282 743	0,28	Modéré
E4	282 743	0,28	Modéré
E5	282 743	0,28	Modéré
E6	282 743	0,28	Modéré
E7	282 743	0,28	Modéré
E8	282 743	0,28	Modéré

Remarque : Les voies à faible circulation ne sont pas considérées ici. En effet, il a été observé dans la littérature disponible 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 véhicule est donc négligeable et ces personnes ne sont pas conséquent pas comptabilisées.

11.2.5.4 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.

11.2.5.5 Acceptabilité

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

Tableau 33 : Acceptabilité du phénomène de projection de morceaux de glace

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de $R_{PG} = 1,5 \times (H+2R)$ autour de l'éolienne)		
<i>Eolienne</i>	<i>Niveau de gravité</i>	<i>Niveau de risque</i>
E1	Modéré	Acceptable
E2	Modéré	Acceptable
E3	Modéré	Acceptable
E4	Modéré	Acceptable
E5	Modéré	Acceptable
E6	Modéré	Acceptable
E7	Modéré	Acceptable
E8	Modéré	Acceptable

Ainsi, pour le parc éolien du Moulinet, le phénomène de projection de glace constitue un risque acceptable pour les personnes.

11.3 Synthèse de l'étude détaillée des risques

11.3.1 Tableaux de synthèse des scénarios étudiés

Les tableaux suivants récapitulent, pour chaque événement redouté central retenu, les paramètres de risques : la cinétique, l'intensité, la gravité et la probabilité. Les tableaux regrouperont les éoliennes qui ont le même profil de risque.

Tableau 34 : Synthèse des scénarios étudiés

Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité
Chute d'éléments de l'éolienne	Zone de survol	Rapide	Exposition Forte	C	Sérieux pour toutes les éoliennes
Effondrement de l'éolienne	Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale	Rapide	Exposition Modérée	D	Modéré pour toutes les éoliennes
Chute de glace	Zone de survol	Rapide	Exposition modérée	A sauf si les températures hivernales sont supérieures à 0°C	Modéré pour toutes les éoliennes
Projection de fragments de pales	500 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	D	Modéré pour toutes les éoliennes
Projection de glace	1,5 x (H + 2R) autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	B sauf si les températures hivernales sont supérieures à 0°C	Modéré pour toutes les éoliennes

11.3.2 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.

Tableau 35 : Acceptabilité des risques

GRAVITÉ des Conséquences	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux			Chutes d'éléments de l'éolienne		
Modéré		Effondrement de l'éolienne Projection de fragments de pales		Projection de glace	Chute de glace

Légende de la matrice

Niveau de risque	Couleur	Acceptabilité
Risque très faible		acceptable
Risque faible		Acceptable sous réserve que toutes les mesures possibles du point de vue technico-économiques aient été prises
Risque important		non acceptable

Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée que :

- aucun accident n'apparaît dans les cases rouges de la matrice ;
- deux accidents figurent en case jaune (chute de glace et chute d'éléments d'éolienne). Pour cet accident, il convient de souligner que les fonctions de sécurité détaillées dans la partie 7.6 du présent document seront mises en place.

L'ensemble des accidents retenus présentent un risque acceptable, c'est-à-dire qu'ils ne nécessitent pas de mesures supplémentaires de réduction des risques autres que celles déjà prises.

11.3.3 Cartographie des risques

Les cartes de synthèse des risques disponibles en pages suivantes font apparaître pour chaque éolienne :

- Les enjeux étudiés dans l'étude détaillée des risques ;
- Les zones d'effets de chacun des risques identifiés.

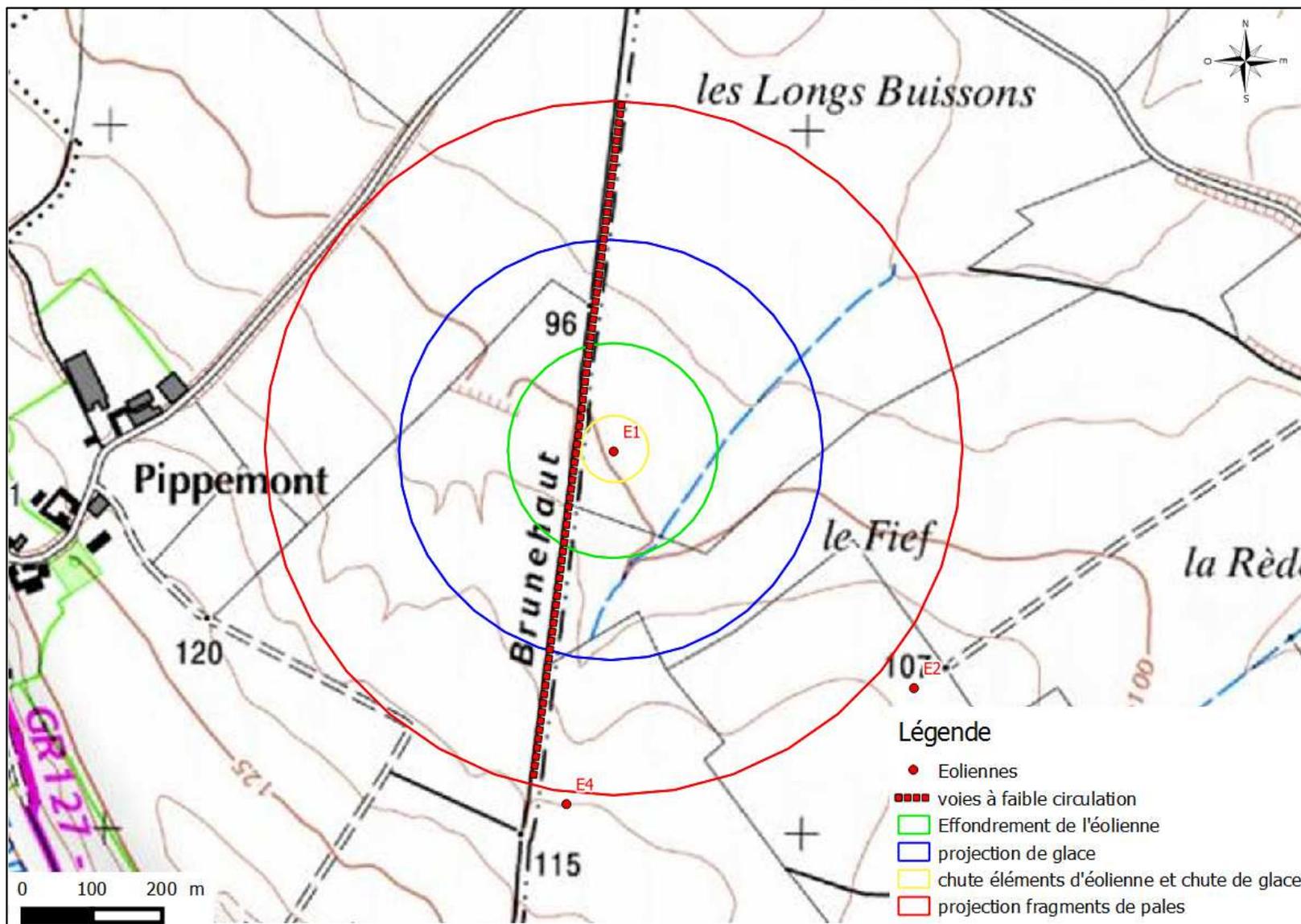


Figure 26 : Synthèse des zones d'effets – éolienne E1

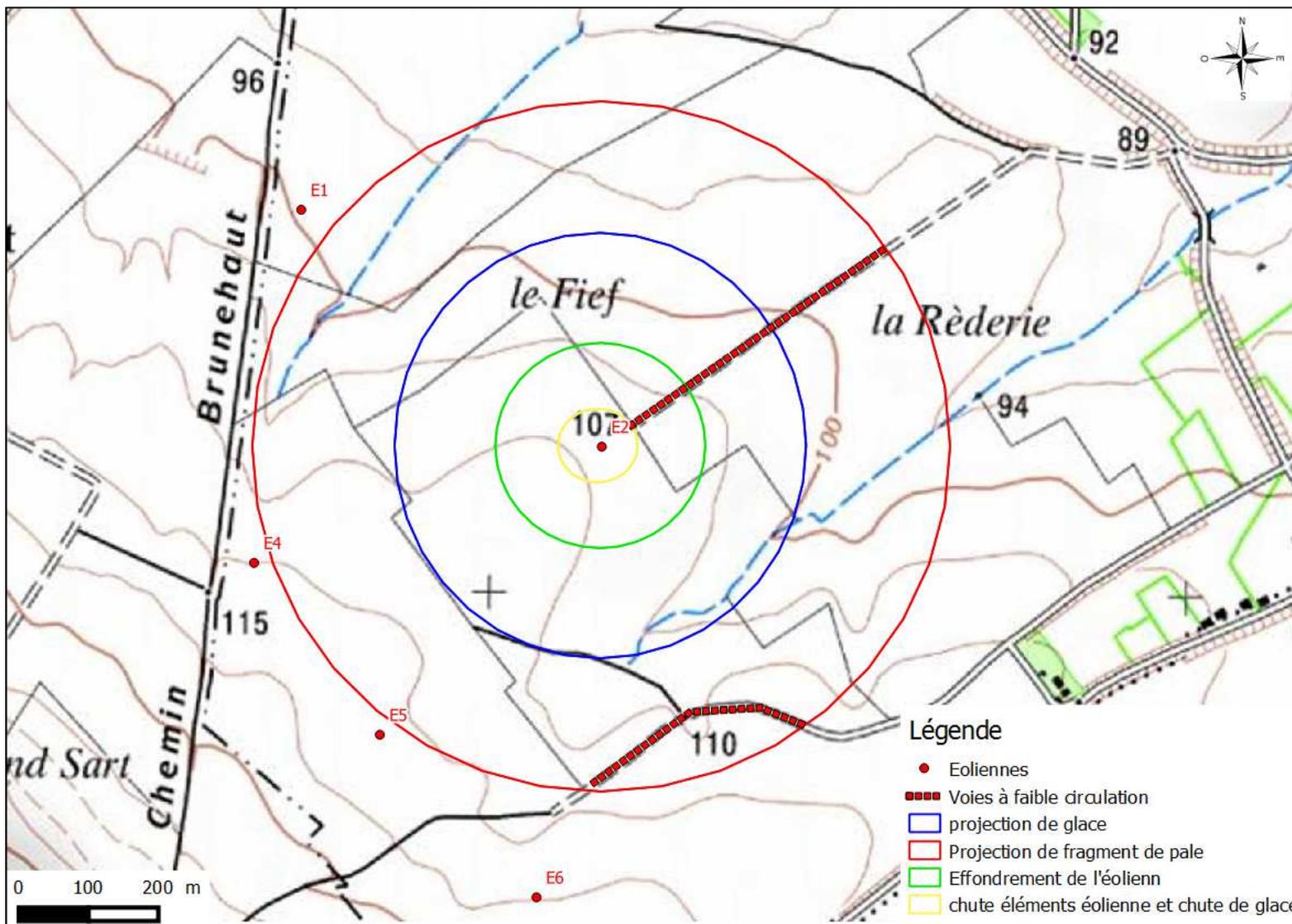


Figure 27 : Synthèse des zones d'effets – éolienne E2

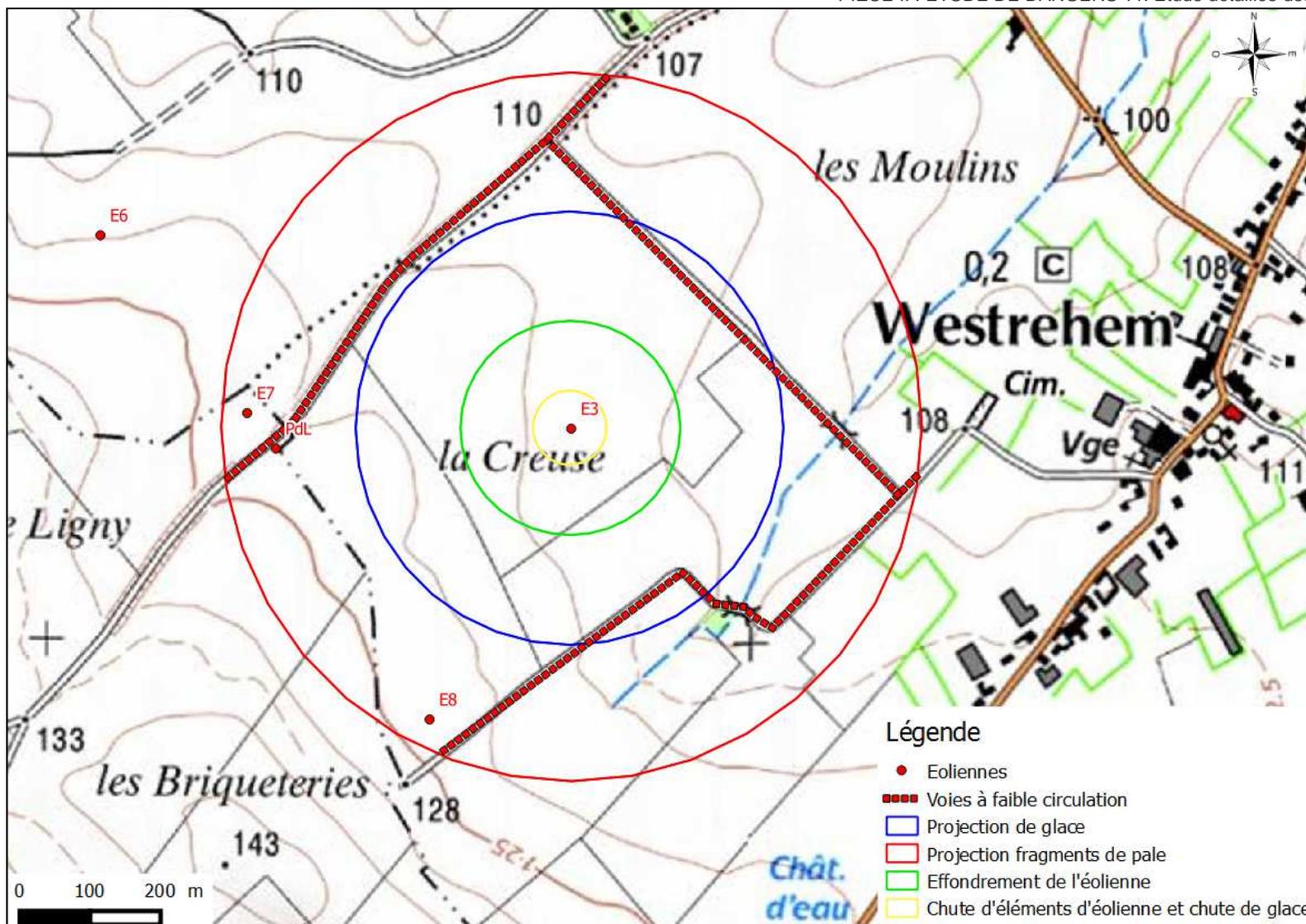


Figure 28 : Synthèse des zones d'effets – éolienne E3

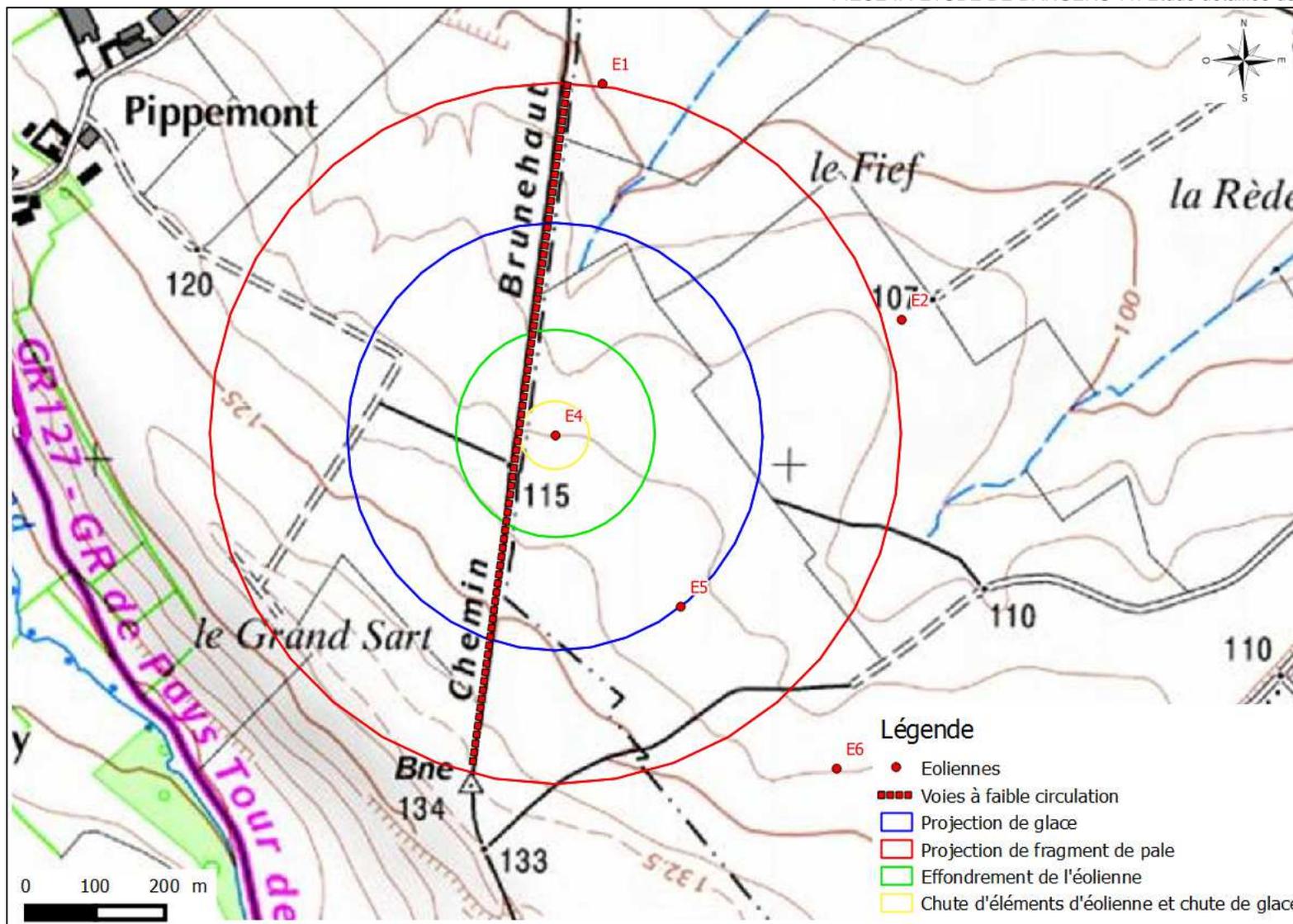


Figure 29 : Synthèse des zones d'effets – éolienne E4

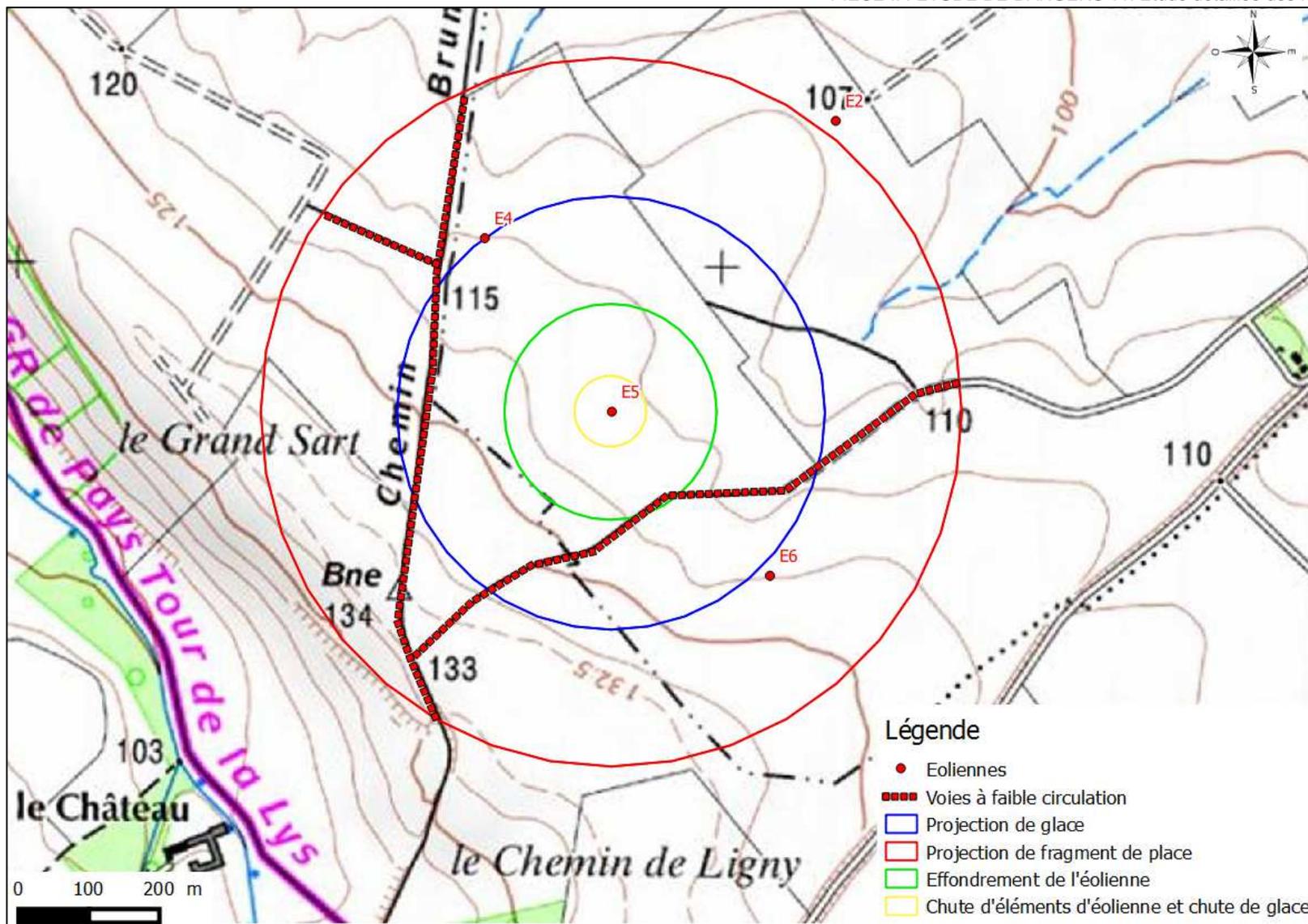


Figure 30 : Synthèse des zones d'effets – éolienne E5

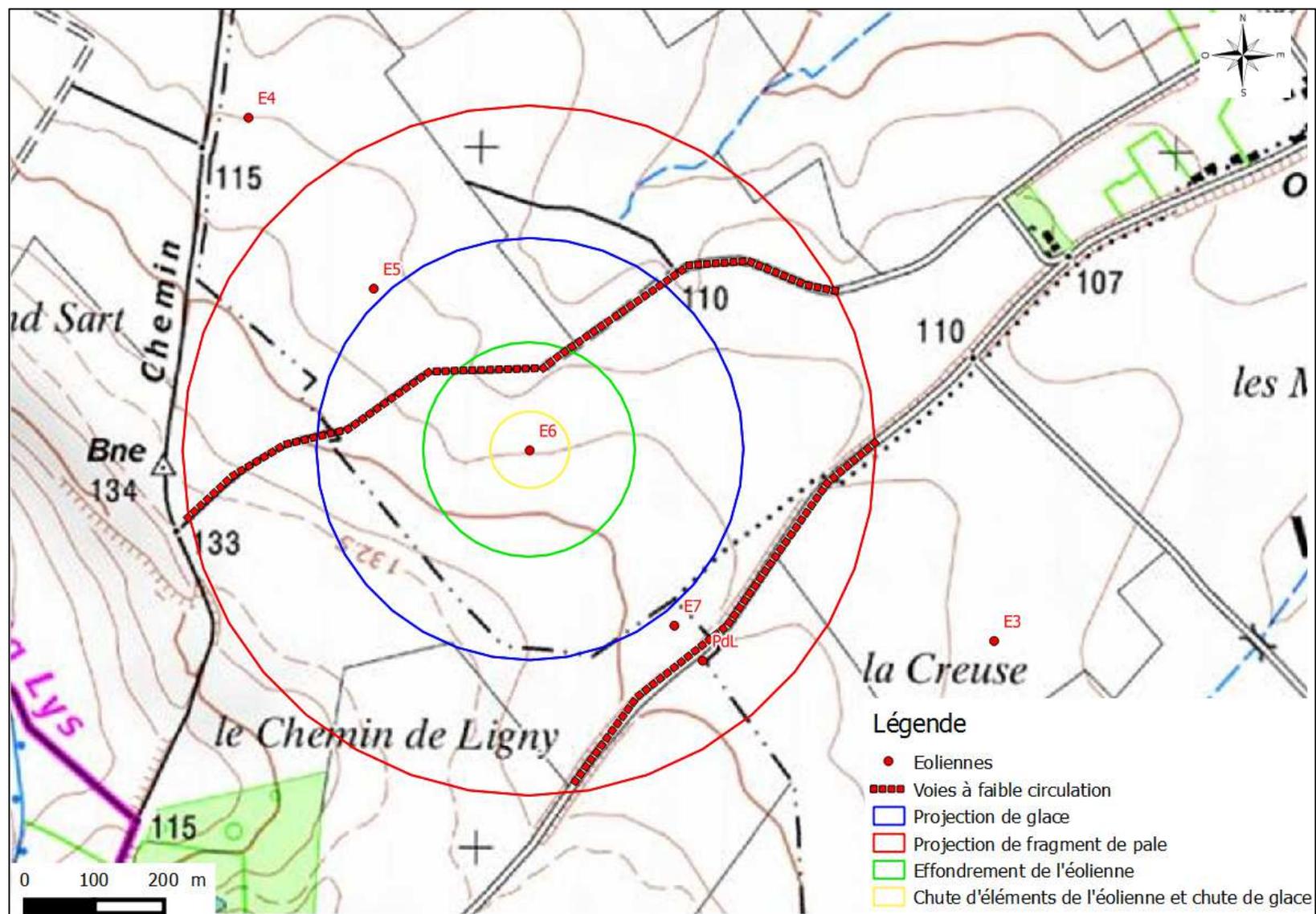


Figure 31 : Synthèse des zones d'effets – éolienne E6

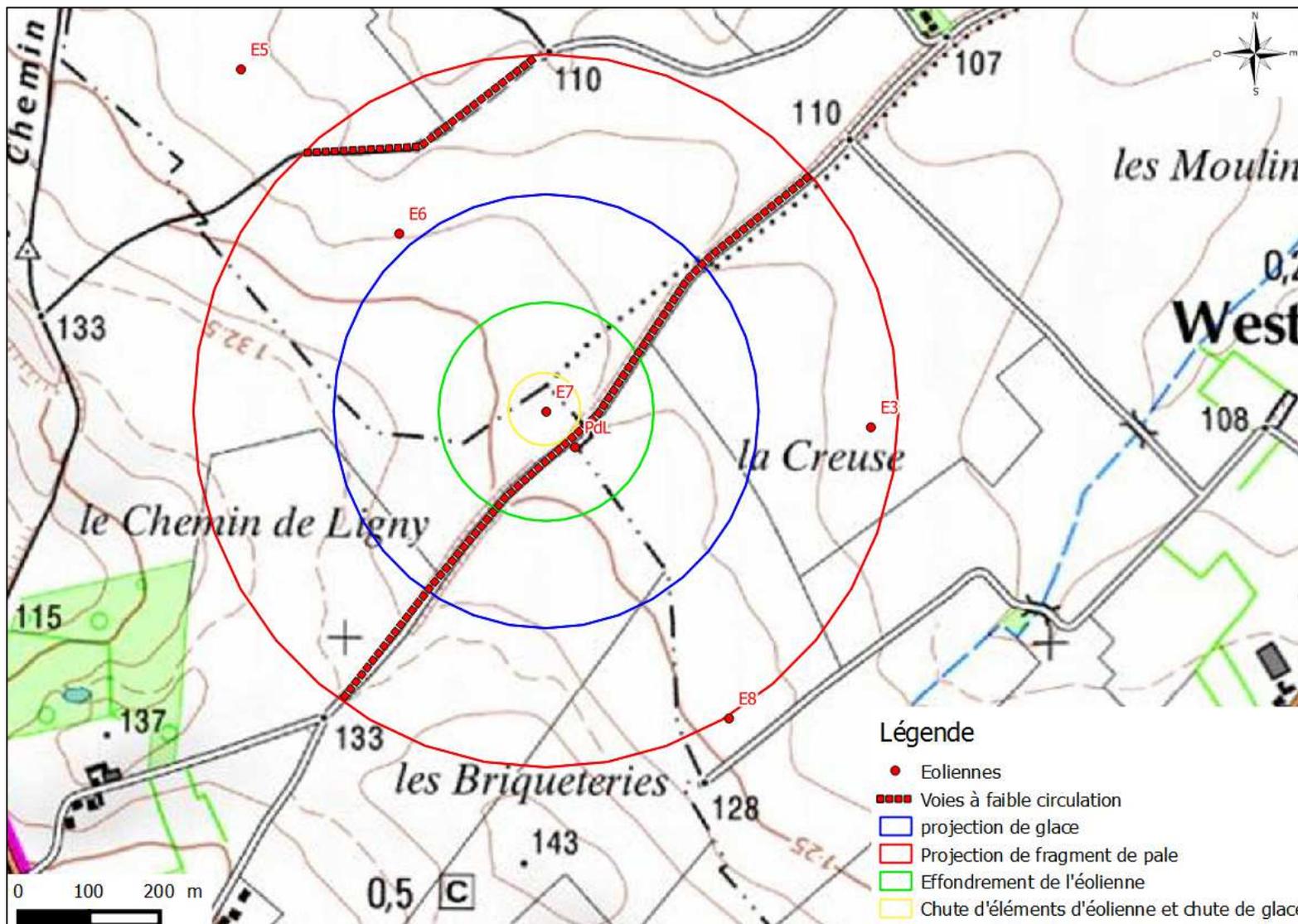


Figure 32: Synthèse des zones d'effets – éolienne E7

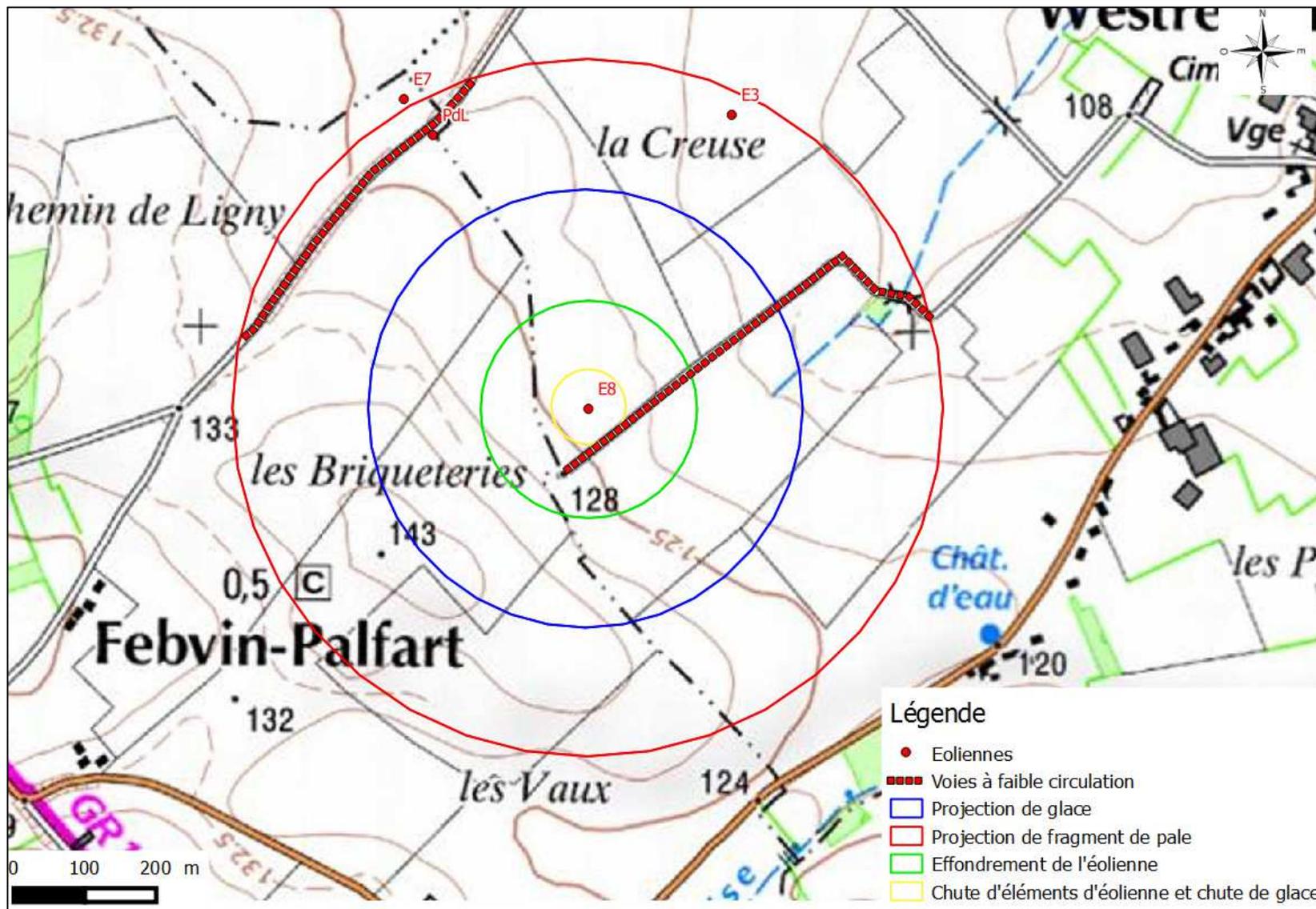


Figure 33 : Synthèse des zones d'effets – éolienne E8

12. Conclusion

La présente étude de dangers du projet éolien du Moulinet sur les communes de Ligny-les-Aire et Westrehem, réalisée dans le cadre réglementaire des installations classées pour la protection de l'environnement et selon la méthodologie décrite par le « Guide technique de l'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens », a retenu les 5 événements suivants susceptibles de générer un risque pour les enjeux humains présents dans le périmètre de l'étude :

- Effondrement de l'éolienne (rayon de zone d'effets de 150 m, rare) ;
- Chute d'éléments de l'éolienne (rayon de zone d'effets de 50 m, improbable) ;
- Chute de glace (rayon de zone d'effets de 50 m, courant) ;
- Projection de glace (rayon de zone d'effets de 300 m, probable) ;
- Projection d'éléments de pale (rayon de zone d'effets de 500 m, rare).

Les enjeux humains considérés sont ceux liés à la fréquentation des différents périmètres concernés : terrains non aménagés et voies à faible circulation.

Compte tenu de la probabilité des événements retenus et des enjeux humains répertoriés, les risques ont pu être classés de très faible à faible pour toutes les éoliennes. L'ensemble des risques étudiés se situe dans la zone d'acceptabilité de la grille de criticité applicable, c'est-à-dire qu'ils ne nécessitent pas de mesures supplémentaires de réduction des risques autres que celles déjà prises.

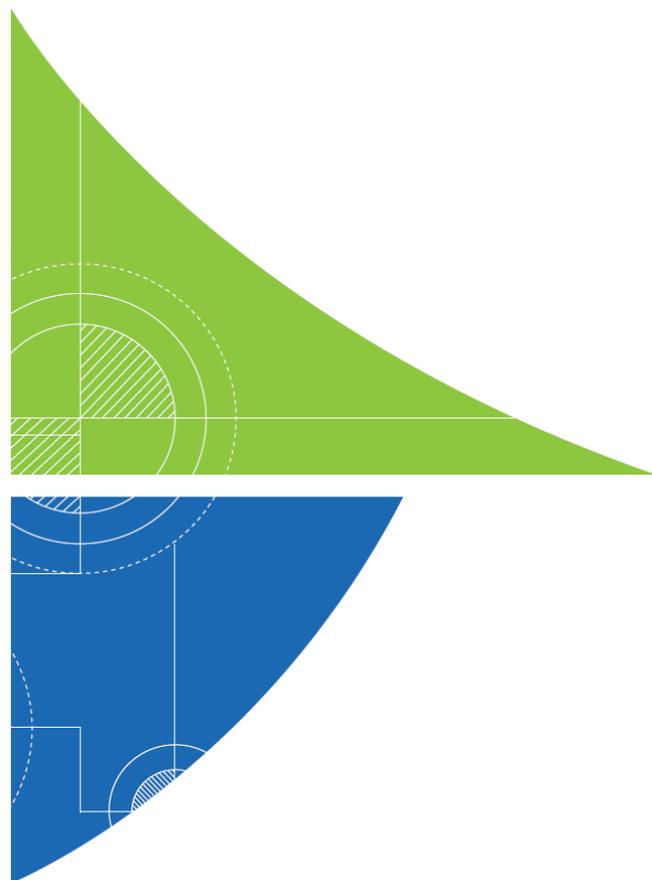
Le tableau suivant détaille pour chaque scénario, l'acceptabilité des risques ainsi que les mesures prises afin de réduire les risques.

Tableau 36 : Synthèse de l'acceptabilité des risques

Scénario	Probabilité	Gravité	Mesures de maîtrise des risques	Acceptabilité
Chute d'élément de l'éolienne	C	Modéré pour toutes les éoliennes	Contrôles réguliers des assemblages de structure Procédures et contrôle qualité Procédure maintenance Prévention des courts-circuits et incendies	Acceptable

Effondrement de l'éolienne	D	Modéré pour toutes les éoliennes	Contrôles réguliers des fondations et des assemblages de structure Procédure maintenance Actions de prévention dans le cadre du plan de prévention Prévention de la dégradation de l'état des équipements	Acceptable
Chute de glace	A sauf si les températures hivernales sont supérieures à 0°C	Modéré pour toutes les éoliennes	Signalisation en pied de machine Eloignement des zones habitées et fréquentées	Acceptable
Projection de pales	D	Modéré pour toutes les éoliennes	Détection de vent fort et freinage aérodynamique Détection de survitesse du générateur VESTAS Overspeed Guard Classe d'éolienne adaptée Contrôles réguliers des assemblages des assemblages de structure Procédures et contrôle qualité	Acceptable
Projection de glace	B sauf si les températures hivernales sont supérieures à 0°C	Modéré pour toutes les éoliennes	Système de déduction de glace	Acceptable

ANNEXES



Annexe 1. Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne

Cette annexe contient 2 pages.

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 bâtis

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

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

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

► 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 × 0,5 × 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 piétonnes

Les chemins et voies piétonnes ne sont pas à prendre en compte, sauf pour les chemins de randonnée, car les personnes les fréquentant sont généralement déjà comptées comme habitants ou salariés exposés.

Pour les chemins de promenade, de randonnée : compter 2 personnes pour 1 km par tranche de 100 promeneurs/jour en moyenne.

► 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'activité

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

Annexe 2. Solutions VESTAS pour répondre à l'arrêté du 26 août 2011

Cette annexe contient 7 pages.

► SECTION 2 : IMPLANTATION

Art. 4 – L'installation est implantée 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. (...)

VESTAS développe actuellement une Technologie furtive qui a pour but de minimiser l'impact des éoliennes sur les radars.

Art. 5 – Afin de limiter l'impact sanitaire lié aux effets stroboscopiques, lorsqu'un aérogénérateur est implanté à moins de 250 mètres d'un bâtiment à usage de bureaux, l'exploitant réalise une étude démontrant que l'ombre projetée de l'aérogénérateur n'impacte pas plus de trente heures par an et une demi-heure par jour le bâtiment.

VESTAS est en mesure de proposer en option, un système de détection et d'arrêt automatique en cas d'effets stroboscopiques sur des cibles éventuelles qui consiste en un paramétrage du système SCADA, qui détecte ces effets en fonction de l'angle de la nacelle, du moment de la journée et du moment de l'année.

Art. 6 – L'installation est implantée de telle sorte que les habitations ne sont pas exposées à un champ magnétique émanant des aérogénérateurs supérieur à 100 microteslas à 50-60 Hz.

L'exposition des travailleurs aux champs électromagnétiques est un enjeu sur lequel VESTAS travaille depuis plusieurs années. Une étude a été réalisée en juin 2010 par la CRAM et les membres du CHSCT afin d'estimer cette exposition. Les résultats montrent que les valeurs d'exposition sont très inférieures aux « valeurs déclenchant l'action » (VDA).

De nouvelles mesures ont été réalisées afin d'évaluer la valeur du champ électromagnétique émis par un parc d'éoliennes VESTAS de 2 MW en fonctionnement. L'induction magnétique maximale mesurée est de 1,049 μ T, elle est donc 100 fois inférieure à la valeur limite. (Source EMITECH)

► SECTION 3 : DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES

Art. 7 – Le site dispose en permanence d'une voie d'accès carrossable au moins pour permettre l'intervention des services d'incendie et de secours.

Cet accès est entretenu.

Les abords de l'installation placés sous le contrôle de l'exploitant sont maintenus en bon état de propreté.

VESTAS assure à travers ses contrats de maintenance, l'entretien et le maintien en bon état des voies d'accès. Les contrats de fourniture proposés par VESTAS prévoient systématiquement la mise en place d'une voie d'accès carrossable permettant l'intervention des services d'incendie et de secours.

Art. 8 – L'aérogénérateur est conforme aux dispositions de la norme NF EN 61 400-1 dans sa version de juin 2006 ou CEI 61 400-1 dans sa version de 2005 ou toute norme équivalente en vigueur dans l'Union européenne, à l'exception des dispositions contraires aux prescriptions du présent arrêté.

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

En outre l'exploitant tient à disposition de l'inspection des installations classées les justificatifs démontrant que chaque aérogénérateur de l'installation est conforme aux dispositions de l'article R.111-38 du code de la construction et de l'habitation.

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).

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.

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.

Art. 9 – L'installation est mise à la terre. Les aérogénérateurs respectent les dispositions de la norme IEC 61400-24 (version de juin 2010). L'exploitant tient à disposition de l'inspection des installations classées les rapports des organismes compétents attestant de la conformité des aérogénérateurs à la norme précitée. Les opérations de maintenance incluent un contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre.

L'ensemble des éoliennes VESTAS respectent le standard IEC 61400-24.

Le contrôle visuel des pales est inclus dans nos opérations de maintenance annuelles (visite planifiée Inspection Record Form - IRF).

Art. 10 – Les installations électriques à l'intérieur de l'aérogénérateur respectent les dispositions de la directive du 17 mai 2006 susvisée qui leur sont applicables. Les installations électriques extérieures à l'aérogénérateur sont conformes aux normes NFC 15-100 (version compilée de 2008), NFC 13-100 (version de 2001) et NFC 13-200 (version de 2009). Ces installations sont entretenues et maintenues en bon état et sont contrôlées avant la mise en service industrielle puis à une fréquence annuelle, après leur installation ou leur modification par une personne compétente. La périodicité, l'objet et l'étendue des vérifications des installations électriques ainsi que le contenu des rapports relatifs auxdites vérifications sont fixés par l'arrêté du 10 octobre 2000 susvisé.

Le certificat de conformité « Declaration of Conformity », remis avec chaque machine, atteste du respect de la Directive européenne dite « machine » du 17 mai 2006.

Les installations électriques doivent faire l'objet d'un contrôle avant la mise en service industrielle du parc éolien, puis annuellement, ce contrôle donnant lieu à un rapport, dit rapport de vérification annuel, réalisé par un organisme agréé.

VESTAS propose à ses clients des contrôles électriques supplémentaires dans le cadre des maintenances annuelles.

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

VESTAS propose un balisage conforme aux dispositions citées dans cet article.

► SECTION 4 : EXPLOITATION

Art. 12 – Au moins une fois au cours des trois premières années de fonctionnement de l'installation puis une fois tous les dix ans, l'exploitant met en place un suivi environnemental permettant notamment d'estimer la mortalité de l'avifaune et des chiroptères due à la présence des aérogénérateurs.

Lorsqu'un protocole de suivi environnemental est reconnu par le ministre chargé des installations classées, le suivi mis en place par l'exploitant est conforme à ce protocole.

Ce suivi est tenu à disposition de l'inspection des installations classées.

Le suivi environnemental est mandaté par l'exploitant, il peut être réalisé par des organismes externes qui produisent un protocole de suivi, mis à disposition de l'inspection des installations classées.

Art. 13 – Les personnes étrangères à l'installation n'ont pas d'accès libre à l'intérieur des aérogénérateurs. Les accès à l'intérieur de chaque aérogénérateur, du poste de transformation, de raccordement ou de livraison sont maintenus fermés à clef afin d'empêcher les personnes non autorisées d'accéder aux équipements.

Afin d'empêcher l'accès de toute personne non autorisée à l'intérieur de nos turbines, les portes des aérogénérateurs fournies par VESTAS sont équipées de verrous. Les postes de raccordement et de livraison sont également maintenus fermés à clef.

Art. 14 – Les prescriptions à observer par les tiers sont affichées soit en caractères lisibles, soit au moyen de pictogrammes sur un panneau sur le chemin d'accès de chaque aérogénérateur, sur le poste de livraison et, le cas échéant, sur le poste de raccordement. Elles concernent notamment :

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

L'installation de panneaux est à la charge de l'exploitant. VESTAS est en mesure de fournir les pictogrammes respectant les dispositions de cet article.

Art. 15 – Avant la mise en service industrielle d'un aérogénérateur, l'exploitant réalise des essais permettant de s'assurer du fonctionnement correct de l'ensemble des équipements. Ces essais comprennent :

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

Suivant une périodicité qui ne 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.

Lors de la mise en service d'une éolienne, une série de tests est réalisée afin de s'assurer du fonctionnement et de la sécurité de l'éolienne. Parmi ces tests, les arrêts simples, d'urgence et de survitesse sont effectués.

Les essais des différents arrêts sont ensuite effectués tous les 6 mois suivant nos manuels de maintenance et sont reportés sur nos documents IRF attestant la réalisation de l'ensemble des opérations de maintenance. La mise à l'arrêt de la turbine est testée lors de la mise en service de la turbine puis à chaque intervention.

Art. 16 – L'intérieur de l'aérogénérateur est maintenu propre. L'entreposage à l'intérieur de l'aérogénérateur de matériaux combustibles ou inflammables est interdit.

Le maintien de la propreté des équipements fait partie intégrante des prestations réalisées par les équipes VESTAS dans le cadre des contrats de maintenance. Afin d'assurer un suivi précis, un rapport de service, intégrant des photos de l'intérieur des turbines, est réalisé après nos maintenances planifiées.

Aucun matériau combustible ou inflammable n'est entreposé dans les éoliennes VESTAS.

Art. 17 – Le fonctionnement de l'installation est assuré par un personnel compétent disposant d'une formation portant sur les risques présentés par l'installation, ainsi que sur les moyens mis en œuvre pour les éviter.

Il connaît les procédures à suivre en cas d'urgence et procède à des exercices d'entraînement, le cas échéant, en lien avec les services de secours.

La formation BST (Basic Safety Training) forme tous les techniciens VESTAS et ses sous-traitants aux risques et à la conduite à tenir en cas de problème. Nos techniciens disposent également de formations leur permettant de travailler en toute sécurité. Parmi ces formations : utilisation des extincteurs, habilitation au travail en hauteur, habilitations électriques ou encore formation Sauveteur Secouriste du Travail (SST).

Art. 18 – Trois mois, puis un an après la mise en service industrielle, puis suivant une périodicité qui ne peut excéder trois ans, l'exploitant procède à un contrôle de l'aérogénérateur consistant en un contrôle des brides de fixations, des brides de mât, de la fixation des pales et un contrôle visuel du mât.

Selon une périodicité qui ne peut excéder un an, l'exploitant procède à un contrôle des systèmes instrumentés de sécurité. Ces contrôles font l'objet d'un rapport tenu à la disposition de l'inspection des installations classées.

Tous ces contrôles sont effectués par la société VESTAS.

Art. 19 – L'exploitant dispose d'un manuel d'entretien de l'installation dans lequel sont précisées la nature et les fréquences des opérations d'entretien afin d'assurer le bon fonctionnement de l'installation. L'exploitant tient à jour pour chaque installation un registre dans lequel sont consignées les opérations de maintenance ou d'entretien et leur nature, les défaillances constatées et les opérations correctives engagées.

Le manuel de maintenance remis à l'exploitant fait état de la nature et de la fréquence des entretiens et opérations de maintenance. L'exploitant pourra tenir à jour un registre dans lequel sont consignées toutes les opérations de maintenance.

Toutes nos opérations sont sanctionnées par des Rapports de Service, reprenant l'ensemble des informations nécessaires, qui sont communiqués à l'exploitant au travers d'un Customer Portal.

Art. 20 – L'exploitant élimine ou fait éliminer les déchets produits dans des conditions propres à garantir les intérêts mentionnés à l'article L. 511-1 du code de l'environnement. Il s'assure que les installations utilisées pour cette élimination sont régulièrement autorisées à cet effet. Le brûlage des déchets à l'air libre est interdit.

VESTAS a mis en place en 2011 le système d'Eolainer, dans le but d'améliorer la gestion de nos déchets et de respecter les objectifs environnementaux fixés à l'article L. 511-1 du code de l'environnement. Ces containers sont mis à disposition des techniciens directement sur site pendant les phases de maintenances programmées.

Durant les maintenances correctives, le tri est effectué au centre de maintenance.

A l'issue du service, l'Eolainer est récupéré par notre prestataire qui assure le traitement des déchets en centre agréé, et qui nous fournit ensuite un suivi sur chaque parc.

Le contrôle et la traçabilité des déchets jusqu'à leur élimination finale sont assurés grâce l'édition d'un BSD (Bordereau de Suivi des Déchets), qui est une obligation réglementaire. Ces BSD sont ensuite mis à disposition de nos clients via le Customer Portal.

Art. 21 – Les déchets non dangereux (par exemple bois, papier, verre, textile, plastique, caoutchouc) et non souillés par des produits toxiques ou polluants sont récupérés, valorisés ou éliminés dans des installations autorisées. Les seuls modes d'élimination autorisés pour les déchets d'emballage sont la valorisation par réemploi, recyclage ou toute autre action visant à obtenir des matériaux utilisables ou de l'énergie. Cette disposition n'est pas applicable aux détenteurs de déchets d'emballage qui en produisent un volume hebdomadaire inférieur à 1 100 litres et qui les remettent au service de collecte et de traitement des collectivités.

Les déchets non dangereux sont triés au centre de maintenance dans des contenants adaptés. Leur collecte et leur élimination sont assurées par des sociétés spécialisées.

Art. 22 – Des consignes de sécurité sont établies et portées à la connaissance du personnel en charge de l'exploitation et de la maintenance. Ces consignes indiquent :

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

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

Les consignes de sécurité et procédures mentionnées dans cet article se retrouvent dans les deux documents :

- Le manuel SST VESTAS répertorie l'ensemble des directives générales de santé et de sécurité au travail, ainsi que les conduites à tenir et les procédures à suivre en cas de fonctionnement anormal.

- Le document « Safety Regulations for operators and technicians » regroupe les règles de sécurité pour le travail à l'intérieur des turbines.

Les éoliennes VESTAS ne sont pas concernées par les situations suivantes : haubans rompus ou relâchés et fixations détendues.

Art. 23 – *Chaque aérogénérateur est doté d'un système de détection qui permet d'alerter, à tout moment, l'exploitant ou un opérateur qu'il aura désigné, en cas d'incendie ou d'entrée en survitesse de l'aérogénérateur.*

L'exploitant ou un opérateur qu'il aura désigné est en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de quinze minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur. L'exploitant dresse la liste de ces détecteurs avec leur fonctionnalité et détermine les opérations d'entretien destinées à maintenir leur efficacité dans le temps.

Les détecteurs de fumée font partie des équipements de série sur les turbines VESTAS.

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.

La détection de survitesse est également en série sur les turbines VESTAS, et testée lors de nos opérations de maintenance.

Art. 24 – *Chaque aérogénérateur est doté de moyens de lutte contre l'incendie appropriés aux risques et conformes aux normes en vigueur, notamment :*

– d'un système d'alarme qui peut être couplé avec le dispositif mentionné à l'article 23 et qui informe l'exploitant à tout moment d'un fonctionnement anormal. Ce dernier est en mesure de mettre en œuvre les procédures d'arrêt d'urgence mentionnées à l'article 22 dans un délai de soixante minutes ;

– d'au moins deux extincteurs situés à l'intérieur de l'aérogénérateur, au sommet et au pied de celui-ci. Ils sont positionnés de façons bien visibles et facilement accessibles. Les agents d'extinction sont appropriés aux risques à combattre. Cette disposition ne s'applique pas aux aérogénérateurs ne disposant pas d'accès à l'intérieur du mât.

Le système d'alarme contre les incendies est celui décrit précédemment. Par ailleurs, toutes nos éoliennes VESTAS sont équipées d'extincteurs en pied de tour et dans la nacelle. Nos techniciens sont formés à leur utilisation.

Art. 25 – *Chaque aérogénérateur est équipé d'un système permettant de détecter ou de déduire la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur.*

En cas de formation importante de glace, l'aérogénérateur est mis à l'arrêt dans un délai maximal de soixante minutes. L'exploitant définit une procédure de redémarrage de l'aérogénérateur en cas d'arrêt automatique lié à la présence de glace sur les pales. Cette procédure figure parmi les consignes de sécurité mentionnées à l'article 22.

Lorsqu'un référentiel technique permettant de déterminer l'importance de glace formée nécessitant l'arrêt de l'aérogénérateur est reconnu par le ministre des installations classées, l'exploitant respecte les règles prévues par ce référentiel. Cet article n'est pas applicable aux installations implantées dans les départements où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0°C.

VESTAS propose le paramétrage SCADA permettant de déduire la formation de givre à partir des données de puissance et température, lorsque la turbine est en fonctionnement. Un message d'alerte type « Ice climate » est transmis aux opérateurs. La mise à l'arrêt se fait ensuite manuellement ou automatiquement.

► SECTION 6 : BRUIT

Art. 26 – L'installation est construite, équipée et exploitée de façon telle que son fonctionnement ne puisse être à l'origine de bruits transmis par voie aérienne ou solide susceptibles de compromettre la santé ou la sécurité du voisinage.

Les émissions sonores émises par l'installation ne sont pas à l'origine, dans les zones à émergence réglementée, d'une émergence supérieure aux valeurs admissibles définies dans le tableau suivant :

NIVEAU DE BRUIT AMBIANT EXISTANT dans les zones à émergence réglementée incluant le bruit de l'installation	ÉMERGENCE ADMISSIBLE POUR LA PÉRIODE allant de 7 heures à 22 heures	ÉMERGENCE ADMISSIBLE POUR LA PÉRIODE allant de 22 heures à 7 heures
Sup à 35 dB (A)	5 dB (A)	3 dB (A)

Les valeurs d'émergence mentionnées ci-dessus peuvent être augmentées d'un terme correctif en dB (A), fonction de la durée cumulée d'apparition du bruit de l'installation égal à :

- Trois pour une durée supérieure à vingt minutes et inférieure ou égale à deux heures ;
- Deux pour une durée supérieure à deux heures et inférieure ou égale à quatre heures ;
- Un pour une durée supérieure à quatre heures et inférieure à huit heures ;
- Zéro pour une durée supérieure à huit heures.

En outre, le niveau de bruit maximal est fixé à 70 dB (A) pour la période jour et de 60 dB (A) pour la période nuit. Ce niveau de bruit est mesuré en n'importe quel point du périmètre de mesure du bruit défini à l'article 2. Lorsqu'une zone à émergence réglementée se situe à l'intérieur du périmètre de mesure du bruit, le niveau de bruit maximal est alors contrôlé pour chaque aérogénérateur de l'installation à la distance R définie à l'article 2. Cette disposition n'est pas applicable si le bruit résiduel pour la période considérée est supérieur à cette limite.

Dans le cas où le bruit particulier de l'établissement est à tonalité marquée au sens du point 1.9 de l'annexe à l'arrêté du 23 janvier 1997 susvisé, de manière établie ou cyclique, sa durée d'apparition ne peut excéder 30 % de la durée de fonctionnement de l'établissement dans chacune des périodes diurne ou nocturne définies dans le tableau ci-dessus.

Lorsque plusieurs installations classées, soumises à autorisation au titre de rubriques différentes, sont exploitées par un même exploitant sur un même site, le niveau de bruit global émis par ces installations respecte les valeurs limites ci-dessus.

VESTAS met à la disposition de l'exploitant :

- Les courbes acoustiques garanties par vitesse de vent de chaque modèle d'aérogénérateur (reprises dans les Spécifications Générales de chaque modèle)
- Des rapports de mesure incluant les données acoustiques par bandes d'octave

Le bruit à tonalité marquée

Il s'agit d'un bruit émettant une fréquence émergente pouvant être considérée comme gênante. Ce bruit dépend du type d'éolienne, des technologies choisies, mais également de l'emplacement et du nombre de machines. Cette mesure doit donc être effectuée sur site. VESTAS se tient à votre disposition pour préciser les solutions adéquates à mettre en place au cas par cas.

Art. 27 – Les véhicules de transport, les matériels de manutention et les engins de chantier utilisés à l'intérieur de l'installation sont conformes aux dispositions en vigueur en matière de limitation de leurs émissions sonores. En particulier, les engins de chantier sont conformes à un type homologué.

L'usage de tous appareils de communication par voie acoustique (par exemple sirènes, avertisseurs, haut-parleurs), gênant pour le voisinage, est interdit, sauf si leur emploi est exceptionnel et réservé à la prévention et au signalement d'incidents graves ou d'accidents.

VESTAS respecte les normes en vigueur lors des phases d'installation, et dans l'exécution de ses contrats de maintenance. Ces normes concernent les véhicules, matériels, engins et appareils de communication.

Annexe 3. Certificat de conformité de l'éolienne à la norme EC61400-1

Cette annexe contient 1 page.

PUBLIC

DNV·GL

TYPE CERTIFICATE

Certificate No.:
TC-DNVGL-SE-0074-00195-7

Issued:
2017-05-09

Valid until:
2020-04-29

Issued for:

Vestas V100-2 MW 50 Hz VCS Mk 10

Specified in Annex 1

Issued to:

Vestas Wind Systems A/S

Hedeager 42
8200 Aarhus N
Denmark

According to:

IEC 61400-22:2010-05 Wind turbines – Part 22: Conformity testing and certification and BEK 73:2013 Bekendtgørelse om teknisk certificeringsordning for vindmøller

Based on the documents:

DB-DNVGL-SE-0074-00196-5
DE-DNVGL-SE-0074-00197-5
TT-DNVGL-SE-0074-00199-5
ME-DNVGL-SE-0074-00198-7

Design Basis Conformity Statement, dated 2017-05-09
Design Evaluation Conformity Statement, dated 2017-05-09
Type Test Conformity Statement, dated 2017-05-09
Manufacturing Evaluation Conformity Statement, dated 2017-05-09

TCM-DNVGL-SE-0074-00753-3

Type Characteristics Measurements Conformity Statement, dated 2017-05-09

FER-TC-DNVGL-SE-0074-00195-7

Final Evaluation Report, dated 2017-05-09

Changes of the system design, the production and erection or the manufacturer's quality system are to be approved by DNV GL.

Hellerup, 2017-05-09

For DNV GL Renewables Certification

for

Christer Eriksson
Service Line Leader for Type Certification



By DAkkS according to DIN EN ISO/IEC 17065 accredited Certification Body for products. The accreditation is valid for the fields of certification listed in the certificate.

Hellerup, 2017-05-09

For DNV GL Renewables Certification


Mark Wollenberg
Project Manager

The accredited certification body is Germanischer Lloyd Industrial Services GmbH, Brooktorial 18, 20457 Hamburg.

DNV GL Renewables Certification is the trading name of DNV GL's certification business in the renewable energy industry.

VERBODEN REPRODUCTIE: Dit document bevat vertrouwelijke informatie van Vestas Wind Systems A/S. Het is beschermd door auteursrecht als een gepubliceerd werk. Vestas bewaart alle rechten, copyright, handelsmerk, en andere intellectuele eigendomsrechten in dit document. Het document mag niet worden verspreid, gereproduceerd, of anderszins openbaar gemaakt. Vestas aanvaardt geen aansprakelijkheid voor schade van welke aard ook voortvloeiende uit het gebruik van dit document, tenzij het voortvloeit uit een tekort aan kennis van de feiten. Vestas aanvaardt geen aansprakelijkheid voor schade van welke aard ook voortvloeiende uit het gebruik van dit document, tenzij het voortvloeit uit een tekort aan kennis van de feiten.

Original Instruction: T05 0051-7379 VER 07

T05 0051-7379 Ver 07 - Approved - Exported from DMS: 2017-06-06 by PHITHO

PUBLIC

Original Instruction: T05-0051-7379-VER-07

TYPE CERTIFICATE - ANNEX 1

Certificate No.: TC-DNVGL-SE-0074-00195-7

Page 2 of 6

Wind turbine type certification

Basic standard

IEC 61400-1 ed. 3 + A1

IEC WT class

IEC S (specified below for each configuration ID numbers)

General

Power regulation

pitch-controlled

Rotor orientation

upwind

Rotor tilt

6°

Cone angle

3°

Rated power

ID1, ID2, ID3, ID4: 2.0 MW

ID5, ID6: 2.0-2.2 MW

Note reduced active power capability, reduced grid voltage range and derating of output power from 2.2 MW to 2.0 MW for temperatures above 20°C

 Rated wind speed v_r

ID1, ID2, ID3, ID4: 10.0 m/s

ID5, ID6: 10.3 m/s (2.2MW)

Rotor diameter

100 m

Hub height(s)

80 m, T2X202, T2X203

95 m, T2X221

 Hub height operating wind speed range $v_{in} - v_{out}$

3 - 22 m/s

Design life time

20 years

Software version

ID2, ID4: VMP Global 15.01

ID1, ID3, ID5, ID6: VMP Global 16.01

Wind conditions

ID1 to ID2: Wind turbine class S

 Annual average wind speed at hub height v_{ave}

8.5 m/s

 Reference wind speed v_{ref}

40 m/s

Mean flow inclination

8°

 Hub height extreme wind speed v_{e50}

56 m/s

 Mean turbulence intensity I_{ref} at $v_{hub} = 15$ m/s

0.12 (IEC turbulence class C)

Weibull shape factor (k) for wind speed distribution

2.0

ID3 to ID4: Wind turbine class S (IIB except for temperature ranges)

 Annual average wind speed at hub height v_{ave}

8.5 m/s

 Reference wind speed v_{ref}

42.5 m/s (IEC wind class II)

Mean flow inclination

8°

 Hub height extreme wind speed v_{e50}

59.5 m/s

 Mean turbulence intensity I_{ref} at $v_{hub} = 15$ m/s

0.14 (IEC turbulence class B)

Weibull shape factor (k) for wind speed distribution

2.0

ID5: Wind turbine class S

 Annual average wind speed at hub height v_{ave}

8.50 m/s at 2.00 MW

decreased to

7.50 m/s at 2.20 MW

 Reference wind speed v_{ref}

40 m/s

Mean flow inclination

8°

 Hub height extreme wind speed v_{e50}

56 m/s

 Mean turbulence intensity I_{ref} at $v_{hub} = 15$ m/s

0.12 (IEC turbulence class C)

Weibull shape factor (k) for wind speed distribution

2.0 (for 2.0 MW)

2.2 (for power > 2.0 MW)

The accredited certification body is Germanischer Lloyd Industrial Services GmbH, Brooktorke 18, 20457 Hamburg.
 DNV GL Renewables Certification is the trading name of DNV GL's certification business in the renewable energy industry.

VESTAS PROPRIETARY NOTICE

T05-0051-7379 Ver 07 - Approved - Exported from DMS: 2017-08-06 by PHTHO

PUBLIC

TYPE CERTIFICATE - ANNEX 1

Certificate No.: TC-DNVGL-SE-0074-00195-7

Page 3 of 6

ID6: Wind turbine class S

Annual average wind speed at hub height v_{ave}	8.50 m/s at 2.00 MW decreased to 7.50 m/s at 2.20 MW
Reference wind speed v_{ref}	42.5 m/s (IEC wind class III)
Mean flow inclination	8°
Hub height extreme wind speed v_{e50}	59.5 m/s
Mean turbulence intensity I_{ref} at $v_{hub} = 15$ m/s	0.14 (IEC turbulence class B)
Weibull shape factor (k) for wind speed distribution	2.0 (for 2.0 MW) 2.2 (for power > 2.0 MW)

Electrical network conditions

Normal supply voltage and range	10.5 kV-35 kV
Normal supply frequency and range	50 Hz
Voltage imbalance	<3 %
Maximum duration of electrical power network outages	Not dimensioning
Number of electrical network outages	50

Other environmental conditions

Standard temperature turbine (IEC standard temperature range)	
Operating temperature	-20°C to +40°C
Extreme temperature, stand still	-30°C to +50°C

Low temperature turbine (LT, turbine components and operating strategy are identical to the standard temperature turbine but additional heating elements are installed for low temperature usage)

Operating temperature	-30°C to +40°C
Extreme temperature, stand still	-40°C to +50°C

Relative humidity of the air 100 % (max 10 % of lifetime)

Air density	1.225 kg/m ³ 1.325 kg/m ³
-------------	--

Note for LT: The -30°C minimum operating temperature has been verified for loads and structural integrity by considering an air density of 1.325 kg/m³.

Solar radiation The turbine shall resist solar radiation (including UV) with 1000 W/m² and 8000 MJ/m² per year throughout the design lifetime

Description of lightning protection system IEC 61400-24:2010, Protection Level 1

Major components

Blade	Type	Prepreg
	Manufacturer	Vestas
	Material	Glass fibre and carbon fibre reinforced epoxy
	Blade length	49 m
	Number of blades	3
	Drawing / Data sheet / Part no.	Vestas item number 29021600
Blade bearing	Type	2 row 4-point contact ball bearing
	Manufacturer	Rollix
	Drawing / Data sheet / Part no.	13-1920-02-DD0-5
	Type	2 row 4-point contact ball bearing
	Manufacturer	Liebherr
	Drawing / Data sheet / Part no.	648 VO 802-000

The accredited certification body is Germanischer Lloyd Industrial Services GmbH, Brooktorkal 18, 20457 Hamburg.
DNV GL Renewables Certification is the trading name of DNV GL's certification business in the renewable energy industry.

VESTAS PROPRIETARY NOTICE

Original Instruction: T05 0061-7379 VER 07

T05 0061-7379 Ver 07 - Approved - Exported from DMS: 2017-06-08 by PHTHO

PUBLIC

TYPE CERTIFICATE - ANNEX 1

Certificate No.: TC-DNVGL-SE-0074-00195-7

Page 4 of 6

	Type	2 row 4-point contact ball bearing
	Manufacturer	TMB
	Drawing / Data sheet / Part no.	B030.65.1920K
Pitch system	Type	One cylinder per blade
	Manufacturer	LJM, Glual and Hine
	Controller type	Hydraulic
	Motor / actuator	Hydraulic
Main shaft	Type	Forged hollow trumpet shaft
	Material	42CrMo4
	Drawing / Data sheet / Part no.	76400581
Main bearing	Type	Two double row spherical roller bearing
	Manufacturer	SKF
	Drawing / Data sheet / Part no.	230/630 CA/HM2 W33 24188 ECA/HM2 W33
	Manufacturer	KOYO
	Drawing / Data sheet / Part no.	230/630 RHAW33T 24188 RHAW33
	Manufacturer	FAG
	Drawing / Data sheet / Part no.	F-582558.PRL-WPO F-582559.PRL-WPO
Gearbox	Type	3 stage planetary gearbox
	Manufacturer	Winergy
	Gear Ratio	1:112.2
	Drawing / Data sheet / Part no.	PEAB 4440
	Manufacturer	ZF
	Gear Ratio	1:112.36
	Drawing / Data sheet / Part no.	Atlas 1.2, 1.21
Yaw system	Drive type	Planetary-/worm gear combination, 3 step planetary / 1 step worm gear
	Manufacturer	ABB or Lafert
	Drawing / Data sheet / Part no.	0039-3093.V0 29005012 (Vestas item number)
	Bearing Type	Friction Bearing (PETP slide plate)
	Manufacturer	Vestas Wind System A/S
	Drawing / Data sheet / Part no.	29011239.V1
	Gear Type	Planetary-/worm gear combination, 3 step planetary / 1 step worm gear
	Manufacturer	Bonfiglioli, Comer
	Drawing / Data sheet / Part no.	Bonfiglioli 2T709T4VA79A05/06 Comer PG1603 PR

The accredited certification body is Germanischer Lloyd Industrial Services GmbH, Brooktorkeal 18, 20457 Hamburg.
DNV GL Renewables Certification is the trading name of DNV GL's certification business in the renewable energy industry.

VESTAS PROPRIETARY NOTICE

Original Instruction: T05 0051-7379 VER 07

T05 0051-7379 Ver 07 - Approved - Exported from DMS: 2017-06-06 by PHTHO

PUBLIC

Original Instruction: T05 0051-7379-VER-07

TYPE CERTIFICATE - ANNEX 1

Certificate No.: TC-DNVGL-SE-0074-00195-7

Page 5 of 6

	Brake Type	Friction brake, motor brake included in the motor unit			
	Manufacturer	ABB or Lafert			
	Drawing / Data sheet / Part no.	0039-3093.V0 29005012 (Vestas item number)			
Generator	Manufacturer	VND (Vestas Nacelles Deutschland)			
	Type	DVSG 500/4M (Three phase Asynchronous generator with wound rotor)			
	Rated power	2000 kW, 2020 kW			
	Rated frequency	50 Hz			
	Rated speed	1680 rpm			
	Rated voltage	690 VAC			
	Rated stator current	1505 A or 1530 A			
	Rated rotor current	606 A or 610 A			
	Insulation class	H/H			
	Degree of protection	IP54			
	Drawing / Data sheet / Part no.	0048-7754.V2 (2000 kW) 0007-0081.V9 (2020 kW)			
	Manufacturer	VND (Vestas Nacelles Deutschland)			
	Type	DVSG 500/4M SP. (Three phase Asynchronous generator with wound rotor)			
	Rated power	2060 kW or 2260 kW			
	Rated frequency	50 Hz			
	Rated speed	1680 rpm			
	Rated voltage	690 VAC			
	Rated stator current	1573 A or 1713 A			
	Rated rotor current	610 A or 569 A			
	Insulation class	H/H			
	Degree of protection	IP54			
	Drawing / Data sheet / Part no.	0007-0081.V9 (2060 kW) 0057-1280.V0 (2260kW)			
Converter	Manufacturer	Vestas Wind System A/S			
	Type	Full quadrant IGBT			
	Rated voltage	480 V			
	Nominal current (at 2.0 MW)				
	Grid	240 A			
	Rotor	592 A			
	Nominal current (at 2.2 MW)				
	Grid	256 A			
	Rotor	655 A			
	Degree of protection	IP 54			
Transformer	Manufacturer	Siemens, SGB, JST			
	Type	Dry type			
	Rated voltage	HV side: 10.5-35.0 [kV] LV side: 690 [V] +/-2% & 480 [V] +/-2%			
Tower (tubular steel)	Tower	HH	Sections	Drawing	Configuration ID
	T2X202	80 m	4	0044-9014.V2	ID1, ID2 and ID5
	T2X203	80 m	3	0044-7632.V1	ID3, ID4 and ID6
	T2X221	95 m	4	0044-7224.V2	ID3, ID4 and ID6

T05 0051-7379 Ver 07 - Approved - Exported from DMS: 2017-06-06 by PHTHO

The accredited certification body is Germanischer Lloyd Industrial Services GmbH, Brooktorkei 18, 20457 Hamburg.
DNV GL Renewables Certification is the trading name of DNV GL's certification business in the renewable energy industry.

VESTAS PROPRIETARY NOTICE

PUBLIC



Original instruction: T05 0051-7379 VER 07

TYPE CERTIFICATE - ANNEX 1

Certificate No.: TC-DNVGL-SE-0074-00195-7

Page 6 of 6

Foundation load(s)	Tower	Foundation loads	Configuration ID
	T2X202	0057-5949.V0	ID1
	T2X202	0045-9081.V2	ID2
	T2X202	0057-5955.V0	ID5
	T2X203	0057-5946.V0	ID3
	T2X203	0046-3836.V1	ID4
	T2X203	0057-5956.V0	ID6
	T2X221	0057-5953.V0	ID3
	T2X221	0046-3039.V2	ID4
	T2X221	0057-5959.V0	ID6
Manuals	O&M manual	See list of manuals 0059-8859.V3	
	Transport manual	See list of manuals 0059-8859.V3	
	Installation / Commissioning manual	See list of manuals 0059-8859.V3	
Service lift (optional)		Not included	
Crane (optional)		Not included	

T05 0051-7379 Ver 07 - Approved - Exported from DMS: 2017-06-06 by PHTHO

The accredited certification body is Germanischer Lloyd Industrial Services GmbH, Brooktorkeal 18, 20457 Hamburg.
DNV GL Renewables Certification is the trading name of DNV GL's certification business in the renewable energy industry.

VESTAS PROPRIETARY NOTICE

Annexe 4. Tableau de l'accidentologie française

Cette annexe contient 4 pages.

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 cartériser la partie haute d'un transformateur 690V/20kV en tension. Le mètre utilisé par la victime, déroulé sur 1,46m, s'est soudainement plié et est entré dans la zone du transformateur, créant un arc électrique.	Rapport du CGM	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)	-
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)	-

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	22/06/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2001	Non	Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5 m à 50 m, mât intact	Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage)	Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004)	-
Rupture de pale	08/07/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2001	Non	Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5m à 50m, mat intact	Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage)	Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004)	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
Rupture de pale	08/10/2006	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2004	Non	Chute d'une pale de 20 m pesant 3 tonnes	Allongement des pales et retrait de sécurité (débridage), pas de REX suite aux précédents accidents sur le même parc	Site FED Articles de presse (Ouest France) Journal FR3	-
Incendie	18/11/2006	Roquetaillade	Aude	0,66	2001	Oui	Acte de malveillance: explosion de bonbonne de gaz au pied de 2 éoliennes. L'une d'entre elles a mis le feu en pieds de mat qui s'est propagé jusqu'à la nacelle.	Malveillance / incendie criminel	Communiqués de presse exploitant Articles de presse (La Dépêche, Midi Libre)	-
Effondrement	03/12/2006	Bondues	Nord	0,08	1993	Non	Sectionnement du mât puis effondrement d'une éolienne dans une zone industrielle	Tempête (vents mesurés à 137Kmh)	Article de presse (La Voix du Nord)	-
Rupture de pale	31/12/2006	Ally	Haute-Loire	1,5	2005	Oui	Chute de pale lors d'un chantier de maintenance visant à remplacer les rotors	Accident faisant suite à une opération de maintenance	Site Vent de Colère	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)	-

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
Emballlement	03/2008	Dinéault	Finistère	0,3	2002	Non	Emballlement de l'éolienne mais pas de bris de pale	Tempête + système de freinage hors service (boulon manquant)	Base de données ARIA	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (événement unique et sans répercussion potentielle sur les personnes)
Collision avion	04/2008	Plouguin	Finistère	2	2004	Non	Léger choc entre l'aile d'un bimoteur Beechcraftch (liaison Quessant-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)	-
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)

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	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)
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 5. Scénarios génériques issus de l'analyse préliminaire des risques

Cette annexe contient 4 pages.

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).

► Scénarios relatifs aux risques liés à la glace (G01 et G02)

► Scénario G01

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

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

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

► Scénario G02

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

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

► Scénarios relatifs aux risques d'incendie (I01 à I07)

Les éventuels incendies interviendront dans le cas où 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. Certains dispositifs sont de série ou en option. Le choix des options est effectué par l'exploitant en fonction des caractéristiques du site.

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

- Perte de réseau électrique : l'alimentation électrique de l'installation est nécessaire pour assurer le fonctionnement des éoliennes (orientation, appareils de mesures et de contrôle, balisage, ...)
- Perte de communication : le système de communication entre le parc éolien et le superviseur à distance du parc peut être interrompu pendant une certaine durée.

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

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

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

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

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

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.

► Scénarios relatifs aux risques de fuites (F01 à F02)

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

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

► Scénario F01

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

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

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

Deux événements peuvent être aggravants :

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

► Scénario 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.

► Scénarios relatifs aux risques de chute d'éléments (C01 à 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.

► Scénarios relatifs aux risques de projection de pales ou de fragments de pales (P01 à 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).

► Scénario 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.

► Scénario 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

► Scénarios 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.

► Scénarios relatifs aux risques d'effondrement des éoliennes (E01 à E10)

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

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

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

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

Annexe 6. Probabilité d'atteinte et risque individuel

Cette annexe contient 1 page.

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 7. Manuel SST VESTAS

Cette annexe contient 14 pages.

Item no.: 0000-0595.V00
Issued by: Technology
Type: T09 – Manual

Manuel SST Vestas
4. Plan et procédures d'intervention d'urgence

Date: 2007-04-16
Class: I
Page 1 of 14

Manuel SST Vestas

History of this Document

Rev. no.	Date	Description of changes
00	2007-04-16	First edition

Table of Contents

1	Plan et procédures d'intervention d'urgence	2
1.1	Généralités :	2
1.2	Accidents (sauf électriques)	3
1.3	Accidents électriques	3
1.4	Emballément de l'éolienne	4
1.5	Incendie	4
1.6	Descente d'urgence – sauvetage d'une personne blessée	5
1.6.1	Sauvetage d'un blessé depuis la nacelle	7
1.6.2	Sauvetage dans la tour	8
1.6.3	Évacuation de l'ascenseur de maintenance	10
1.7	Incident – déversement de produits chimiques	13
1.8	Boutons d'arrêt d'urgence	14
1.8.1	Ascenseur (facultatif)	14
1.8.2	Treuil interne	14

1 Plan et procédures d'intervention d'urgence

1.1 Généralités :

Plan d'intervention d'urgence pour éoliennes

Le département Technology R&D doit s'assurer qu'un plan d'intervention d'urgence documenté existe pour chaque type d'éolienne. Les plans d'intervention d'urgence doivent couvrir au moins les éléments suivants :

- accidents du travail ;
- incendie ;
- accidents environnementaux,

Plan d'intervention d'urgence sur site d'éoliennes

Le supérieur responsable du site ou de l'activité doit s'assurer qu'un plan d'intervention d'urgence documenté est disponible pour chaque site/emplacement d'éoliennes. Le plan d'intervention d'urgence doit couvrir au moins les éléments suivants :

- accidents du travail ;
- incendie ;
- accidents environnementaux ;
- procédure d'alerte d'urgence.

La procédure d'alerte comprend un système de communication (radio, téléphones portables, etc.) permettant d'avertir tous les employés présents sur le site ainsi que la caserne de pompiers la plus proche en cas d'urgence. Une liste de numéros de téléphone utiles, p. ex. police, services d'urgence, direction Vestas, propriétaire, compagnie d'électricité et autres parties concernées, doit être à disposition dans les situations d'urgence. Le supérieur responsable du site ou de l'activité doit mettre cette liste régulièrement à jour.

Les plans d'intervention d'urgence doivent être révisés et mis à jour régulièrement. Les plans d'intervention d'urgence doivent être mis à la disposition des employés de Vestas dans la langue locale.

Les plans d'intervention d'urgence doivent être testés en partie ou dans leur ensemble au moins tous les deux ans. Un bref rapport des résultats des tests doit être rédigé et les plans d'urgence doivent être modifiés en conséquence, si besoin est.

Les besoins de formation et d'apprentissage doivent être identifiés et conséquemment mis en pratique. Des formations à la lutte contre les incendies, à la descente d'une hauteur et aux premiers secours doivent cependant être organisées dans tous les cas pour garantir une intervention rapide en cas d'urgence.

Chaque responsable doit s'assurer que tous les employés et visiteurs présents dans sa zone de responsabilité sont informés des procédures d'urgence et les comprennent parfaitement.

1.2 Accidents (sauf électriques)

La procédure générale est la suivante :

1. Aider le blessé pour éviter une aggravation de ses blessures, sauf si cela doit mettre la vie d'une autre personne en danger.
2. S'assurer que les premiers secours sont effectués aussi vite que possible.
3. Appeler à l'aide et informer le supérieur responsable et les autres personnes concernées sur le site de l'accident.
4. Décrire les circonstances et le lieu de l'accident.
5. Envoyer une personne à l'entrée/sortie d'urgence désignée pour guider l'équipe de secours ou l'ambulance vers le lieu de l'accident.
6. Quand l'équipe de secours ou l'ambulance arrive sur le site, ses membres doivent prendre le relais et le supérieur responsable doit, si nécessaire, désigner des personnes pour aider l'équipe de secours.
7. Vestas doit fournir un équipement de sauvetage en hauteur. C'est à l'équipe de secours de décider si, oui ou non, elle souhaite utiliser l'équipement de sauvetage. Le personnel Vestas sur le site doit s'assurer que l'équipe de secours sait utiliser l'équipement de sauvetage.
8. Le travail ne doit reprendre qu'après avoir mené une enquête prouvant que l'on peut recommencer à travailler dans des conditions sûres. L'enquête doit se conclure par un rapport sur les causes de l'accident et les actions correctives et par une analyse des procédures de travail ; elle doit indiquer que l'équipement a été inspecté afin de détecter s'il est défectueux.
9. Ne rien toucher dans la zone de l'accident sauf pour aider le blessé ou pour des raisons de sécurité.
10. Observer les lieux de l'accident pour rechercher des facteurs susceptibles d'aider l'enquête.

Une enquête doit être menée au sujet de l'accident conformément à la procédure d'enquête figurant à la Section 5.2. Si l'accident doit être signalé, utiliser la procédure de signalement figurant à la Section 5.1.

1.3 Accidents électriques

En cas de choc électrique, procéder comme suit :

1. Ne pas toucher le blessé tant que l'alimentation n'a pas été coupée et qu'il n'a pas été vérifié que l'alimentation a bien été coupée. L'interrupteur doit être verrouillé afin que personne ne puisse rétablir le courant par inadvertance.

La procédure décrite au point 4.2 doit ensuite être suivie.

1.4 Emballage de l'éolienne

Par un concours de circonstances, il arrive parfois qu'une éolienne ne soit plus contrôlable.

Dans ce cas, procéder comme suit :

- Protéger les vies humaines. Ne pas essayer de « jouer au héros » – on peut remplacer une éolienne, pas une vie humaine.
- Évacuer immédiatement l'éolienne et la zone alentour en courant face au vent.
- Évacuer le site de l'éolienne et ne pas approcher à moins de 500 mètres du site tant que l'éolienne n'est pas à nouveau sous contrôle. Des débris de pales ou autres peuvent s'envoler et représenter un risque pour les personnes présentes.
- Appeler les secours si nécessaire.
- Contacter le département de maintenance local de Vestas pour obtenir de plus amples informations.

1.5 Incendie

En cas d'incendie, suivre les instructions décrites dans le plan d'intervention d'urgence. Les directives ci-dessous s'appliquent dans tous les cas :

- Évacuer l'éolienne immédiatement.
- Ne porter qu'un équipement de sauvetage et n'utiliser qu'un équipement de lutte contre les incendies pour s'assurer une voie d'évacuation sûre de l'éolienne.
- Interdire l'accès à la zone.
- Informer le supérieur responsable et les services d'urgence.
- Si cela ne comporte aucun danger, couper immédiatement l'interrupteur principal ou le coupleur de l'éolienne. Si cela n'est pas possible depuis le site, demander immédiatement au superviseur du réseau local de couper la connexion.
- Si le feu a pris à l'extérieur de l'éolienne, essayer si possible d'éteindre l'incendie, mais sans prendre de risques.
- Utiliser l'agent extincteur approprié. Ne jamais utiliser d'eau sur les incendies électriques, ou sur de l'huile ou de l'essence en feu. Utiliser les extincteurs fournis.
- Aider le chef des pompiers.

- S'assurer que tout le monde a bien évacué, personnel et visiteurs compris. Ces informations doivent être immédiatement transmises aux services d'urgence.

Personne n'est autorisé à retourner sur le site tant que les services d'urgence n'ont pas donné leur feu vert.

1.6 Descente d'urgence – sauvetage d'une personne blessée

Si la voie d'évacuation par la tour est coupée par un incendie ou par un autre événement imprévisible, utiliser le dispositif de sauvetage et de descente qui a été apporté ou le dispositif de sauvetage et de descente présent dans la nacelle. Consulter le manuel d'utilisation pour de plus amples informations sur l'équipement de sauvetage.

- S'attacher en revêtant l'équipement antichute et en le fixant à un point d'ancrage prévu à cet effet à proximité de la sortie de secours.
- Ouvrir et fixer les panneaux de sortie de secours et vérifier qu'aucun obstacle n'obstrue la voie d'évacuation.
- Vider le sac ou la boîte du dispositif de sauvetage.
- Vérifier qu'il ne manque rien.
- Accrocher le dispositif de descente à un point d'ancrage prévu à cet effet.
- Accrocher le mousqueton de la corde du dispositif de descente aux deux anneaux en D situés à l'avant du harnais.



S'attacher en revêtant l'équipement antichute et en le fixant à un point d'ancrage prévu à cet effet à proximité de la sortie de secours.



Ouvrir les panneaux de sortie de secours dans la nacelle.

- Vérifier que la corde n'est pas enroulée autour d'un obstacle quelconque et que rien n'est susceptible de la coincer ou de l'écraser.
- Tendre la corde pour se rapprocher de la poulie.

Item no.: 0000-0595.V00
Issued by: Technology
Type: T09 – Manual

Manuel SST Vestas
4. Plan et procédures d'intervention d'urgence

Date: 2007-04-16
Class: I
Page 6 of 14

- Fixer la corde dans le frein de corde du dispositif de descente.
- En cas de tension sur la longe de maintien ou la longe avec absorbeur de choc, utiliser le volant de commande du dispositif de descente et se hisser jusqu'à pouvoir détacher les mousquetons.



Accrocher le dispositif de descente d'urgence à un point d'ancrage prévu à cet effet.



Accrocher l'équipement de descente d'urgence aux anneaux en D situés à l'avant du harnais et tirer sur la corde pour la tendre.



Se laisser descendre jusqu'en bas.



Utiliser le volant pour se soulever.

- Libérer la corde du frein du dispositif de descente,
- Se laisser descendre jusqu'en bas.

Le sauvetage d'un blessé s'effectue en plusieurs phases.

1.6.1 Sauvetage d'un blessé depuis la nacelle

- Apporter le dispositif de sauvetage.
- Vider le sac ou la boîte du dispositif de sauvetage.
- Vérifier qu'il ne manque rien.
- Amener le blessé jusqu'à la sortie de secours.
- Équiper les sauveteurs d'un équipement de protection antichute adéquat relié à un point d'ancrage prévu à cet effet à proximité de la sortie.
- Ouvrir et fixer les panneaux de sortie de secours et vérifier qu'aucun obstacle n'obstrue l'issue.
- Accrocher le dispositif de descente à un point d'ancrage prévu à cet effet.
- Relier le dispositif de descente à l'anneau situé à l'arrière du harnais du blessé.



S'attacher en revêtant l'équipement antichute et en le fixant à un point d'ancrage prévu à cet effet à proximité de la sortie de secours.



Ouvrir les panneaux de sortie de secours dans la nacelle.

- Vérifier que la corde n'est pas enroulée autour d'un obstacle quelconque et que rien n'est susceptible de la coincer ou de l'écraser.
- Vérifier que la corde est tendue pour éviter que le blessé ne tombe.
- Fixer la corde dans le frein de corde du dispositif de descente.
- Si le blessé est coincé par la longe de maintien ou la longe avec absorbeur de choc, utiliser le volant de commande du dispositif de descente pour hisser le blessé de manière à pouvoir détacher les mousquetons.



Faire descendre le blessé.



Tourner le volant pour hisser le blessé.

- Libérer la corde du frein du dispositif de descente.
- Si le blessé se trouve dans la nacelle, le guider pour le faire passer par un panneau d'évacuation.
- Si le blessé se trouve à l'extérieur de la nacelle, le guider pour le faire passer par-dessus le toit de la nacelle.
- Faire descendre le blessé.
- Si possible, une troisième personne doit aider et soutenir le blessé quand il atteint le sol.

1.6.2 Sauvetage dans la tour

Si quelqu'un se blesse ou est pris d'un malaise à l'intérieur de la tour alors qu'il est en train de travailler ou de grimper, il sera arrêté par le dispositif antichute et la barre ou le câble de l'échelle.

Pour effectuer une opération de sauvetage depuis l'échelle de la tour, procéder comme suit :

- Attacher les sauveteurs en leur faisant enfiler un équipement de protection antichute adéquat.
- Empêcher la progression de l'accident et mettre le blessé en sécurité.
- Protéger les vies humaines – dispenser les premiers secours, si nécessaire.
- Appeler les secours en utilisant les numéros d'urgence disponibles sur site.

- Le sauveteur doit attacher le sac contenant le matériel de sauvetage à son dispositif antichute et grimper pour aller se placer juste au-dessus du blessé.
- Attacher le sac à l'échelle.
- En sortir le dispositif de descente.
- Enrouler l'élingue autour du montant juste au-dessus des fixations qui relient l'échelle à la tour, et attacher le dispositif de descente à l'élingue.
- Vider les éléments du sac un par un et les accrocher à l'échelle.



Accrocher le dispositif de descente aux barreaux de l'échelle.



Accrocher les autres éléments à l'échelle.

- Libérer le frein de corde du dispositif de descente et tirer la corde de manière à ce que le crochet soit à la portée du blessé.
- Accrocher la corde à l'arrière du dispositif antichute.
- Il suffit de tourner le volant du dispositif de descente et de hisser le blessé jusqu'à pouvoir détacher le dispositif antichute ou l'absorbeur de choc.



Attacher le mousqueton à l'anneau.



Tourner le volant pour hisser le blessé.

- Le sauveteur doit accrocher un mousqueton à l'anneau au niveau de la hanche et laisser filer la corde de descente pour guider le blessé jusqu'en bas.
- Si possible, placer d'autres personnes sur les plates-formes pour guider le blessé à travers les passages.

1.6.3 Évacuation de l'ascenseur de maintenance

Les personnes qui utilisent l'élévateur doivent porter leur équipement de protection contre les chutes. L'équipement de protection contre les chutes est composé d'un harnais de protection, d'un dispositif antichute pour câble ou rail, d'une ligne de sécurité comportant une longe avec absorbeur de choc et une longe de maintien.

Si l'ascenseur tombe en panne avec une personne à l'intérieur, qu'il s'arrête entre la nacelle et le bas de la tour et que la personne ne veut pas utiliser le dispositif de descente d'urgence intégré, mais préfère sortir par l'échelle, elle doit procéder comme suit :

- Accrocher le mousqueton de la longe avec absorbeur de choc au point d'ancrage jaune ou à un autre point d'ancrage sécurisé dans/sur l'ascenseur.



Accrocher le mousqueton à un point d'ancrage sécurisé.

- En gardant les deux pieds dans l'ascenseur, se pencher vers l'échelle et accrocher le mousqueton de la longe de maintien au travail autour du montant juste au-dessus des fixations qui relient l'échelle à la paroi de la tour et tendre la corde au maximum. Attraper l'échelle d'une main en plaçant un pied sur la marche située dans l'ascenseur et l'autre main sur le câble de l'ascenseur, et, avec l'autre jambe, enjamber l'ascenseur pour atteindre l'avant de l'échelle.



Fixer le mousqueton de la longe de maintien autour des montants de l'échelle.



Attraper l'échelle d'une main et placer l'autre pied sur l'échelle.

- Placer un pied sur le barreau de l'échelle. Libérer la longe avec absorbeur de choc du point d'ancrage situé dans l'ascenseur en décrochant le mousqueton et l'accrocher sur le montant juste au-dessus des fixations qui relient l'échelle à la paroi de la tour.
- Se hisser vers l'échelle en faisant passer l'autre jambe devant l'ascenseur et en plaçant aussi sur le barreau de l'échelle. Une fois debout sur l'échelle, en se tenant d'une main, décrocher la longe de maintien au travail du montant et ranger le mousqueton dans la ceinture ventrale.



Debout à l'extérieur de l'échelle.

- Passer de l'autre côté de l'échelle, s'appuyer contre la paroi de la tour et accrocher le dispositif antichute au support d'assurage rigide, puis décrocher la longe avec absorbeur de choc du point d'ancrage sur le montant de l'échelle.



Passer de l'autre côté de l'échelle et accrocher le dispositif antichute au support d'assurage rigide.

- Descendre l'échelle avec le dispositif antichute relié au support d'assurage rigide.

1.7 Incident – déversement de produits chimiques

La procédure suivante concerne les déversements de produits chimiques ou de déchets dangereux.

Contenir les déversements autant que possible sans se mettre en danger ou mettre d'autres personnes en danger.

- Éloigner hommes et animaux du lieu de l'incident.
- Faire tout ce qui peut être fait de façon immédiate et sûre pour maîtriser la pollution. Utiliser les matériaux absorbants présents (matériau spécial ou sable).
- Avertir le responsable.
- Le responsable décide de la suite des opérations.
- Contacter les autorités environnementales locales (le numéro de téléphone figure dans les « Contacts d'urgence »).
- Suivre, le cas échéant, les instructions des autorités locales.
- Continuer à essayer de maîtriser l'incident. Si possible, demander l'aide des départements Safety & Environment, People & Culture de chez Vestas.

Impact sur le sol

- Extraire la terre contaminée et la stocker dans des conteneurs conçus à cet effet.
- Si nécessaire, prélever des échantillons de terre pour documenter les opérations de nettoyage.
- Éliminer la terre contaminée de la même façon que les déchets dangereux.

Impact sur l'eau (lac, mer)

- Si possible, se procurer des barrages flottants et les mettre en place.
- Absorber les produits chimiques présents à la surface de l'eau.
- Éliminer le liquide contaminé de la même façon que les déchets dangereux liquides.

Impact sur les rochers ou les machines

- Placer du matériau absorbant sur la zone contaminée.
- Balayer le matériau absorbant contaminé et le stocker dans des conteneurs conçus à cet effet.

- Éliminer la terre contaminée de la même façon que les déchets dangereux.

Indiquer au responsable et aux autres personnes concernées toute information pertinente.

Le responsable doit enregistrer l'incident, rédiger un rapport (cf. instructions pour établir un rapport interne) et archiver un exemplaire du rapport d'incident.

1.8 Boutons d'arrêt d'urgence

Pour des raisons de sécurité, il est important de noter l'emplacement des boutons d'arrêt d'urgence.

Les boutons-poussoirs d'arrêt d'urgence sont rouges sur fond jaune. Un arrêt d'urgence est activé lorsque l'on appuie sur l'un des boutons rouges. Lorsqu'un arrêt d'urgence est activé, l'unité de contrôle passe en mode « EMERGENCY STOP », ce qui signifie que les contacteurs magnétiques ne seront plus alimentés, les pales s'inclineront (mise en drapeau totale), le frein s'enclenchera et l'éolienne s'arrêtera. Le système d'orientation, la pompe hydraulique, la pompe à huile du multiplicateur et le ventilateur de la nacelle s'arrêteront également. Tous les équipements en mouvement seront donc immobilisés.

Toutefois, l'alimentation de l'éclairage, de la nacelle, du moyeu et des unités de contrôle au sol sera toujours en marche.

Note : le bouton d'arrêt d'urgence ne doit pas être réinitialisé tant que cela ne peut être effectué en toute sécurité.

1.8.1 Ascenseur (facultatif)

Les ascenseurs disposent de plusieurs boutons d'arrêt d'urgence. Ces boutons n'arrêtent que l'ascenseur. Les boutons d'arrêt d'urgence de l'éolienne n'ont aucun effet sur l'ascenseur.

1.8.2 Treuil interne

Le treuil est équipé d'un bouton-poussoir d'arrêt d'urgence. Ce bouton ne concerne que le treuil. Les boutons d'arrêt d'urgence de l'éolienne n'ont aucun effet sur le treuil.

Annexe 8. Glossaire

Cette annexe contient 3 pages.

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 : Evénement 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.

Evénement initiateur : Evénement, 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.

Evénement redouté central : Evénement 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 9. Bibliographie

Cette annexe contient 1 page.

- [1] L'évaluation des fréquences et des probabilités à partir des données de retour d'expérience (ref DRA-11-117406-04648A), INERIS, 2011
- [2] NF EN 61400-1 Eoliennes – Partie 1 : Exigences de conception, Juin 2006
- [3] Wind Turbine Accident data to 31 March 2011, Caithness Windfarm Information Forum
- [4] Site Specific Hazard Assessment for a wind farm project – Case study – Germanischer Lloyd, Windtest Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH, 2010/08/24
- [5] Guide for Risk-Based Zoning of wind Turbines, Energy research centre of the Netherlands (ECN), H. Braam, G.J. van Mulekom, R.W. Smit, 2005
- [6] Specification of minimum distances, Dr-ing. Veenker ingenieuresgesellschaft, 2004
- [7] Permitting setback requirements for wind turbine in California, California Energy Commission – Public Interest Energy Research Program, 2006
- [8] Oméga 10: Evaluation des barrières techniques de sécurité, INERIS, 2005
- [9] Arrêté du 26 août 2011 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 Gütisch : 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

