1/12/2015

MSE LES DUNES

PROJET EOLIEN DE GRAND-ROZOY (AISNE, 02)

ETUDE DE DANGERS

MSE Les Dunes

Sommaire

1 Préambule 7
1.1 Objectif de l'étude de dangers 7
1.2 Contexte législatif et réglementaire 7
1.3 Nomenclature des installations classées 9
2 Informations générales concernant l'installation 10
2.1 Renseignements administratifs 10
2.2 Localisation du site 12
2.3 Définition de l'aire d'étude 13
3 Description de l'environnement de l'installation 15
3.1 Environnement humain 15
3.1.1 Zones urbanisées 15
3.1.2 Etablissements recevant du public (ERP) 17
3.1.3 Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) et installations nucléaires de base 17
3.1.4 Autres activités 19
3.2 Environnement naturel 20
3.2.1 Contexte climatique 20
3.2.2 Risques naturels 23
3.2.3 Zones naturelles sensibles 33
3.3 Environnement matériel 35
3.3.1 Voies de communication 35
3.3.2 Réseaux publics et privés 40
3.3.3 Autres ouvrages publics 40
3.3.4 Patrimoine historique et culturel 40
3.4 Cartographie de synthèse 42
4 Description de l'installation 45
4.1 Caractéristiques de l'installation 45
4.1.1 Caractéristiques générales d'un parc éolien 45
4.1.2 Activité de l'installation 47
4.1.3 Composition de l'installation 47
4.2 Fonctionnement de l'installation 49
4.2.1 Principe de fonctionnement d'un aérogénérateur 49
4.2.2 Sécurité de l'installation 53
4.2.3 Opérations de maintenance de l'installation 59
4.2.4 Stockage et flux de produits dangereux 61
4.3 Fonctionnement des réseaux de l'installation 62
4.3.1 Raccordement électrique 62

4.3.2 Autres réseaux 62
5 Identification des potentiels de dangers de l'installation 63
5.1 Potentiels de dangers liés aux produits 63
5.1.1 Les produits entrants 63
5.1.2 Les produits sortants 70
5.2 Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation 71
5.3 Réduction des potentiels de dangers à la source 72
5.3.1 Principales actions préventives 72
5.3.2 Utilisation des meilleures techniques disponibles 72
6 Analyse des Retours d'expérience 73
6.1 Inventaire des accidents et incidents en France 73
6.2 Inventaire des accidents et incidents à l'international 74
6.3 Inventaire des accidents majeurs survenus sur les sites de l'exploitant 77
6.4 Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience 77
6.4.1 Analyse de l'évolution des accidents en France 77
6.4.2 Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents 77
6.4.3 Limites d'utilisation de l'accidentologie 78
7 Analyse Préliminaire des Risques 79
7.1 Objectif de l'analyse préliminaire des risques 79
7.2 Recensement des événements exclus de l'analyse des risques 79
7.3 Recensement des agressions externes potentielles 80
7.3.1 Agressions externes liées aux activités humaines 80
7.3.2 Agressions externes liées aux phénomènes naturels 81
7.4 Scénarios étudiés dans l'Analyse Préliminaire des Risques 81
7.5 Effets dominos 86
7.6 Mise en place des mesures de sécurité 86
7.7 Conclusion de l'analyse préliminaire des risques 93
8 Etude détaillée des risques 94
8.1 Rappel des définitions 94
8.1.1 Cinétique 94
8.1.2 Intensité 95
8.1.3 Gravité 96
8.1.4 Probabilité 97
8.2 Caractérisation des scénarios retenus 99
8.2.1 Effondrement de l'aérogénérateur 99
8.2.2 Chute de glace 103
8.2.3 Chute d'éléments de l'aérogénérateur 106
8.2.4 Projection de pales ou de fragments de pales 109

8.2.5 Projection de glace 114
8.3 Effets cumulés 118
8.4 Synthèse de l'étude détaillée des risques 118
8.4.1 Tableau de synthèse des scénarios étudiés 118
8.4.2 Synthèse de l'acceptabilité des risques 119
8.4.3 Cartographie des risques 120
9 Conclusion 127
10 Annexes 134
10.1 Annexe 1 : Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'un aérogénérateur 134
10.2 Annexe 2 : Tableau de l'accidentologie française 137
10.3 Annexe 3 : Scénarios génériques issus de l'Analyse Préliminaire des Risques 143
10.4 Annexe 4 : Glossaire 147
10.5 Annexe 5 : Bibliographie et références utiles 151
10.6 Annexe 6 : Certificat de conformité IEC61400-1 : 2005 (MM92) 152
10.7 Annexe 7 : Eléments justificatifs du respect des normes IEC 61400-24 et EN 62305-3 (MM92) 153

LISTE DES CARTES

Carte 1 : Implantation des sites et parcs Maïa Eolis (source : Maïa Eolis – Octobre 2015) 10
Carte 2 : Extrait de la carte de la région Picardie (source : geoportail - 2012) 12
Carte 3 : Aire d'étude de l'installation 14
Carte 4 : Distances des habitations et zones urbanisaées aux aérogénérateurs 16
Carte 5 : Ilots de culture aux alentours de Grand-Rozoy (source : géoportail – 2014) 19
Carte 6 : Les climats en France (source : CNRS - 2000) 20
Carte 7 : Nombre de jours de gelée et de neige par an en France (source : alertes-meteo.com - 2008) 21
Carte 8 : Carte du potentiel éolien en France (source : ADEME - 1996) 22
Carte 9 : Zonages sismiques de la France et de la région Picardie (source : planseisme.fr - 2011) 23
Carte 10 : Mouvements de terrain (glissement, éboulement, coulée, effondrement, érosion des berges) aux alentours de la commune de Grand-Rozoy (source : BRGM – 2015) 24
Carte 11 : Carrières aux abords de la commune de Grand-Rozoy (source : BRGM – 2015) 25
Carte 12 : Aéa de retrait-gonflement des argiles sur la commune de Grand-Rozoy (source : BRGM – 2015) 25
Carte 13 : Nombre d'impacts de foudre par km²/an en France (source : Météo France - 2011) 26
Carte 14 : Vitesses de vents relevées pour différentes tempêtes (source : Météo-France – 2011) 27
Carte 15 : Communes exposées aux feux de forêt en France (source : developpement-durable.gouv.fr - 2015) . 28
Carte 16 : Bois et forêts aux environs de la commune de Grand-Rozoy (source : géoportail – 2012) 29
Carte 17 : Zones inondables liées aux cours d'eau et aux fleuves (source : developpement-durable.gouv.fr - 2010) 30
Carte 18 : Remontées de nappes aux environs de Grand-Rozoy (source : http://www.inondationsnappes.fr - 2015) 31
Carte 19 : Eloignement du projet par rapport aux côtes (source : géoportail - 2015) 32
Carte 20 : Protections et inventaires du patrimoine naturel et paysager aux environs de la commune de Grand-Rozoy (source : geoportail – 2015) 33
Carte 21 : Carte IGN des réseaux routiers de Grand-Rozoy (source geoportail – 2015) 35
Carte 22 : Extrait de la carte du réseau ferroviaire français (source : Réseaux Ferrés de France – 2015) 37
Carte 23 : Extrait de la carte des voies navigables (source : Voies Navigables de la Région Centre – 2015) 38

Carte 24 : Cartographie de synthèse des enjeux à protéger dans l'aire d'étude (source : Maïa Eolis – 2015)..... 44
Carte 25 : Plan détaillé de l'installation présentant l'emplacement des aérogénérateurs, des plateformes, des postes de livraison et des câbles électriques enterrés (source : Dossier de Permis de Construire – Maïa Eolis – 2012)..... 48
Carte 26 : Synthèse du risque d'effondrement (source : Maïa Eolis – 2015)..... 121
Carte 27: Synthèse du risque de chute de glace (source : Maïa Eolis – 2015)..... 122
Carte 28 : Synthèse du risque de chute d'éléments (source : Maïa Eolis – 2015)..... 123
Carte 29 : Synthèse du risque de projection de pale (source : Maïa Eolis – 2015)..... 124
Carte 30 : Synthèse du risque de projection de glace (source : Maïa Eolis – 2015)..... 125
Carte 31: Synthèse de l'ensemble des risques (source : Maïa Eolis – 2015)..... 126

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Rose des vents longue durée sur Grand-Rozoy à 82 mètres..... 22
Figure 2 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur (source : EDD SER-FEE & INERIS – 2012)..... 46
Figure 3 : Illustration des emprises au sol d'un aérogénérateur (source : EDD SER-FEE & INERIS – 2012)..... 46
Figure 4 : Vue générale d'un aérogénérateur REpower MM92 et vue en coupe de la nacelle (source : REpower – 2011)..... 52
Figure 5 : Raccordement électrique prévisionel des installations de MSE Les Dunes (source : EDD SER-FEE & INERIS – 2012)..... 62
Figure 6 : Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateur français entre 2000 et 2010 (source : EDD SER-FEE & INERIS – 2012)..... 74
Figure 7 : Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2010 (source : EDD SER-FEE & INERIS – 2012)..... 75
Figure 8 : Répartition des causes premières d'effondrement entre 2000 et 2010 (source : EDD SER-FEE & INERIS – 2012)..... 75
Figure 9 : Répartition des causes premières de ruptures de pale entre 2000 et 2010 (source : EDD SER-FEE & INERIS – 2012)..... 76
Figure 10 : Répartition des causes premières d'incendies entre 2000 et 2010 (source : EDD SER-FEE & INERIS – 2012)..... 76
Figure 11 : Evolution du nombre d'incidents annuels en France et du nombre d'éoliennes installées (source : EDD SER-FEE & INERIS – 2012)..... 77

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Nomenclature ICPE des aérogénérateurs (source : Décret n°2011-984 du 23 août 2011 - Légifrance) 9
Tableau 2 : Bilan financier de Maïa Eolis (source : Maïa Eolis - 2014)..... 10
Tableau 3 : Informations administratives de MSE Les Dunes (source : Maïa Eolis - 2015)..... 11
Tableau 4 : Habitations ou zones urbanisables répertoriées à proximité de l'aire d'étude (source : Maïa Eolis – 2015)..... 15
Tableau 5 : ICPE recensées à proximité de l'aire d'étude (source : Maïa Eolis – 2015)..... 18
Tableau 6 : Relevés de pluviométrie à la station météo de Braine (période 1981-2010)..... 21
Tableau 7 : Relevés de températures à la station météo de Braine (période 1981-2010)..... 21
Tableau 8 : Arrêtés de mouvements de terrains sur la commune de Grand-Rozoy (source : prim.net – 2015)..... 24
Tableau 9 : Arrêtés d'inondations sur la commune de Grand-Rozoy (source : prim.net – 2015)..... 30
Tableau 10 : Distance de l'aérogénérateur le plus proche du projet aux premiers enjeux à protéger (source : Maïa Eolis – 2015)..... 43
Tableau 11 : Implantation des aérogénérateurs et du poste de livraison du projet éolien de MSE Les Dunes (source : Maïa Eolis – 2015)..... 47
Tableau 12 : Synthèse du découpage fonctionnel de l'installation (source : Maïa Eolis et REpower - 2012)..... 50
Tableau 13 : Caractéristiques techniques d'un aérogénérateur REpower MM92 (source : REpower - 2011)..... 51
Tableau 14 : Mesures de sécurité des installations (source : REpower – 2011)..... 58
Tableau 15: Planning prévisionnel des maintenances (source : Maïa Eolis et REpower – 2012)..... 60

Tableau 16 : Produits entrants de l'installation (source : Maïa Eolis et REpower – 2012)..... 69
Tableau 17 : Signification des symboles de danger (source : www.inrs.fr – 2012)..... 69
Tableau 18 : Produits sortants de l'installation (source : Maïa Eolis et REpower – 2011)..... 70
Tableau 19 : Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation (source : Maïa Eolis – 2012)..... 71
Tableau 20 : Agressions externes liées aux activités humaines (source : Maïa Eolis – 2015)..... 80
Tableau 21 : Agressions externes liées aux phénomènes naturels (source : Maïa Eolis – 2015)..... 81
Tableau 22 : Analyse générique des risques (source : EDD SER-FEE & INERIS – 2012)..... 85
Tableau 23 : Mesures de sécurité de l'installation (source : EDD SER-FEE & INERIS – 2012)..... 92
Tableau 24 : Scénarios exclus de l'étude détaillée (source : EDD SER-FEE & INERIS – 2012)..... 93
Tableau 25 : Intensité et degré d'exposition (source : EDD SER-FEE & INERIS – 2012)..... 95
Tableau 26 : Nombre de personnes exposées et niveau de gravité correspondant (source : EDD SER-FEE & INERIS – 2015)..... 96
Tableau 27 : Echelle de probabilité (source : Arrêté du 29 septembre 2005 – Annexe 1)..... 97

1 PREAMBULE

1.1 OBJECTIF DE L'ETUDE DE DANGERS

La présente étude de dangers a pour objet de rendre compte de l'examen effectué par MSE Les Dunes pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques du parc éolien de Grand-Rozoy, 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 aérogénérateurs du parc de MSE Les Dunes. 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 de MSE Les Dunes, qui réduisent le risque à l'intérieur et à l'extérieur des aérogénérateurs à un niveau jugé acceptable par l'exploitant.

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

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

1.2 CONTEXTE LEGISLATIF ET REGLEMENTAIRE

Les objectifs et le contenu de l'étude de dangers sont définis dans la partie du Code de l'Environnement relative aux installations classées. Selon l'article L. 512-1, l'étude de dangers expose les risques que peut présenter l'installation pour les intérêts visés à l'article L. 511-1 en cas d'accident, que la cause soit interne ou externe à l'installation.

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

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

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

- Description de l'environnement et du voisinage ;
- Description des installations et de leur fonctionnement ;
- Identification et caractérisation des potentiels de danger ;
- Estimation des conséquences de la concrétisation des dangers ;
- Réduction des potentiels de danger ;
- Enseignements tirés du retour d'expérience (des accidents et incidents représentatifs) ;
- Analyse préliminaire des risques ;
- Etude 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.

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

Cette étude de dangers a été rédigée par Camille Dubus, responsable Qualité, Sécurité et Environnement chez Maïa Eolis sur la base de la trame-type réalisée par le bureau d'étude de l'INERIS et commandée par le Syndicat des Energies Renouvelables (SER) avec l'aide des participants au groupe de travail « étude de dangers » (développeurs, constructeurs, exploitants et mainteneurs).

1.3 NOMENCLATURE DES INSTALLATIONS CLASSEES

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

Tableau 1 : Nomenclature ICPE des aérogénérateurs (source : Décret n°2011-984 du 23 août 2011 - Légifrance)

A. – Nomenclature des installations classées			
N°	DÉSIGNATION DE LA RUBRIQUE	A, E, D, S, C (1)	RAYON (2)
2980	Installation terrestre de production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent et regroupant un ou plusieurs aérogénérateurs : 1. Comprenant au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m 2. Comprenant uniquement des aérogénérateurs dont le mât a une hauteur inférieure à 50 m et au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur maximale supérieure ou égale à 12 m et pour une puissance totale installée : *a)* Supérieure ou égale à 20 MW *b)* Inférieure à 20 MW	 A A D	 6 6
(1) A : autorisation, E : enregistrement, D : déclaration, S : servitude d'utilité publique, C : soumis au contrôle périodique prévu par l'article L. 512-11 du code de l'environnement. (2) Rayon d'affichage en kilomètres.			

Le parc éolien de MSE Les Dunes comprend 6 aérogénérateurs dont le mât a une hauteur supérieure à 50 m : cette installation est donc soumise à autorisation (A) au titre des installations classées pour la protection de l'environnement et doit présenter une étude de dangers au sein de sa demande d'autorisation d'exploiter.

Dans le cas du projet éolien de MSE Les Dunes, le mât des aérogénérateurs a une hauteur supérieure à 50 m. Le présent projet relève donc du régime de l'autorisation (A). Pour rappel, le rayon d'affichage est de 6 km.

2 INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION

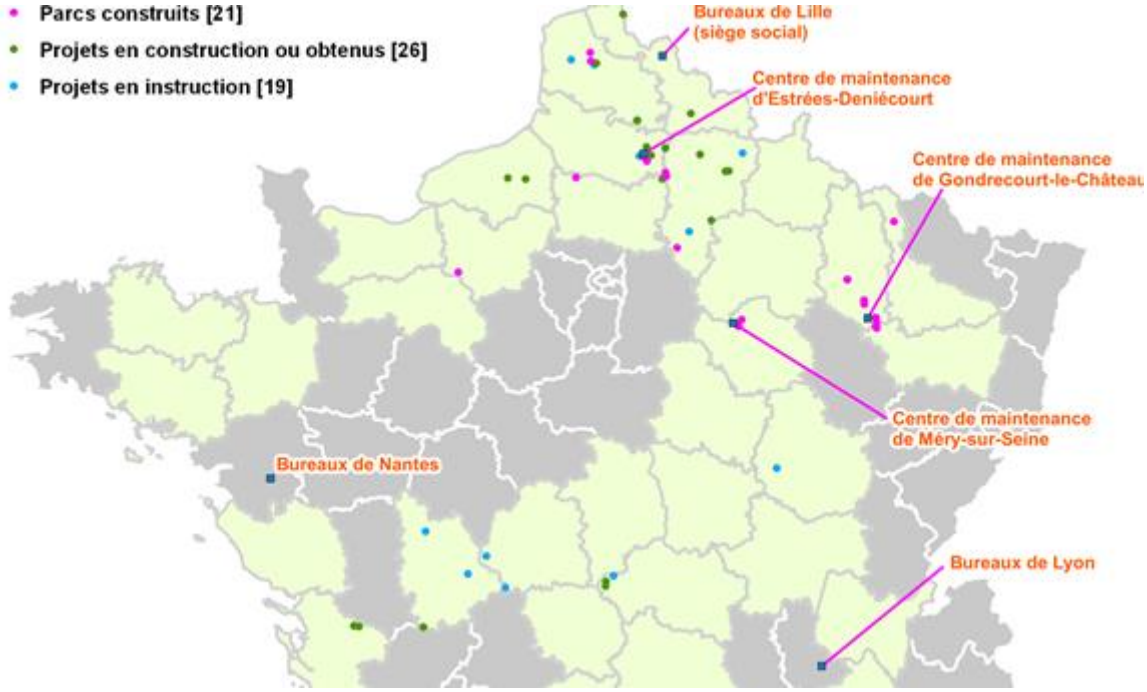
2.1 RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS

Propriétaire et exploitant : MSE Les Dunes.

MSE Les Dunes est une SNC (Société en Nom Collectif) créée et détenue à 99,99% par Maïa Eolis.

Fin 2006, la filiale MAÏA EOLIS est créée : 51 % MAÏA et 49 % GDF SUEZ.

Elle emploie 42 cadres, 28 ETAM et 5 apprentis (novembre 2015) afin de **développer, concevoir, construire et réaliser la maintenance et l'exploitation de parcs éoliens sur le territoire français**. A la date de rédaction de la présente notice, **Maïa Eolis exploite 21 parcs (120 aérogénérateurs soit 228 MW)**, répartis dans le nord et l'est de la France.



Carte 1 : Implantation des sites et parcs Maïa Eolis (source : Maïa Eolis – Octobre 2015)

Le tableau suivant expose l'évolution de la puissance installée, ainsi que le chiffre d'affaire de la société Maïa Eolis entre 2006 et 2011. Celui-ci met en évidence l'évolution importante de ses activités depuis quelques années.

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Puissance installée (MW)	48	78	88	150	200*	200	200	202	220
Production (GWh)	58	93,8	117	253,1	254,2	343,5	389	348	376
Chiffre d'affaire (M€)	4,7	7,9	9,5	21,3	21,4	29,6	34,4	31,2	33,7
Résultat net (M€)	2,9	3,1	1,5	1	0,1	0,9	3,8	3,4	3,5

** 48MW ont été mis en service au 30/12/2010

Tableau 2 : Bilan financier de Maïa Eolis (source : Maïa Eolis - 2014)

Configuration peu fréquente dans l'éolien, MAÏA Eolis présente ainsi un projet industriel global et complet, fondé sur trois centres de maintenance et dont un est également centre de conduite. Le premier est basé sur la ZAC Haute-Picardie sur la commune d'Estrées-Deniécourt dans le département de la Somme (80), le second, uniquement centre de maintenance, est situé à Gondrecourt dans la Meuse (55). Un troisième centre a été ouvert en 2014 à Méry-sur-Seine dans l'Aube (10).

Ce projet industriel s'appuie sur les compétences internes suivantes :

- ingénierie de projet ;
- expertise aérologique ;
- expertises des aérogénérateurs (mécanique, électrique, rendement…) ;
- expertise génie électrique ;
- financement : banques françaises partenaires de la société ;
- construction des parcs éoliens ;
- maîtrise d'œuvre des travaux ;
- exploitation et vente de l'énergie produite ;
- maintenance et entretien des aérogénérateurs.

Cette approche permet à la société d'**être l'interlocuteur unique** pour l'ensemble des phases d'études, de financement, de construction, d'exploitation et de maintenance de ses parcs éoliens. Le fait d'être pilote de l'intégralité de la filière éolienne est une particularité qu'il est important de souligner.

Afin d'asseoir industriellement l'activité de production d'électricité éolienne, il a été décidé de créer une société en nom collectif (SNC) sur chaque site à développer, soit pour le projet de la commune de Grand-Rozoy : SNC MSE Les Dunes dont le gérant est la société Maïa Eolis.

C'est une entreprise spécialisée dans le développement et l'exploitation des fermes éoliennes, dont les principales informations administratives sont les suivantes :

SNC	MSE Les Dunes
Capital	10 000 €
N° d'immatriculation au RCS	451 498 935 RCS Lille
Siège social	Tour de Lille (19è étage) Boulevard de Turin 59777 LILLE
Téléphone	03.20.214.214
Télécopie	03.20.131.231
Nom, Prénom et Qualité des mandataires	MAÏA EOLIS représentée par son Directeur Général Monsieur Christian BROY
Nationalité du mandataire	Française

Tableau 3 : Informations administratives de MSE Les Dunes (source : Maïa Eolis - 2015)

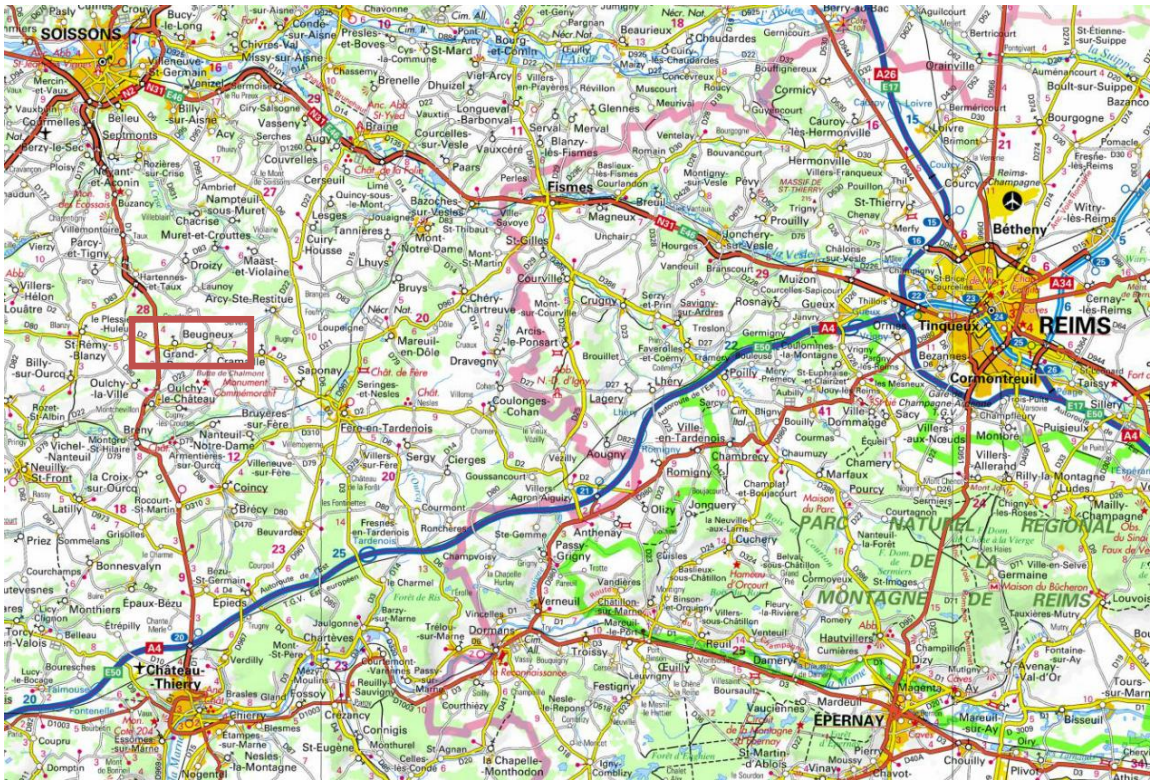
Le constructeur de l'aérogénérateur proposé pour le projet éolien sur la commune de Grand-Rozoy est REpower SAS. REpower SAS est une filiale à 100 % du turbinier allemand REpower Systems SE. Créée en 2001, REpower SAS est une société anonyme allemande concentrée sur le développement, la production et l'installation de centrales éoliennes multi-mégawatt. REpower SAS a été créée pour commercialiser les éoliennes multi-mégawatt en France. Pour être proche de ses clients, REpower SAS a opté pour une structure décentralisée avec onze centres de maintenance en France. Début 2012, REpower SAS employait 180 salariés répartis sur toute la France.

2.2 LOCALISATION DU SITE

Dans la présente étude, lorsque l'implantation exacte des aérogénérateurs n'est pas indispensable, la zone du projet éolien de Grand-Rozoy sera représentée par un rectangle rouge.

Le projet consiste en la **création d'un parc éolien**, composé de 6 aérogénérateurs REpower MM92 de puissance unitaire de 2,05 MW soit une puissance totale de 12,3 MW, **sur la commune de Grand-Rozoy située dans le département de l'Aisne (02) dans la région Picardie**. Elle se situe à 15 km au Sud de Soissons, 20km au Nord de Château-Thierry et à 45km à l'Ouest de Reims.

La commune de Grand-Rozoy appartient la Communauté de communes du Canton d'Oulchy-le-Château.



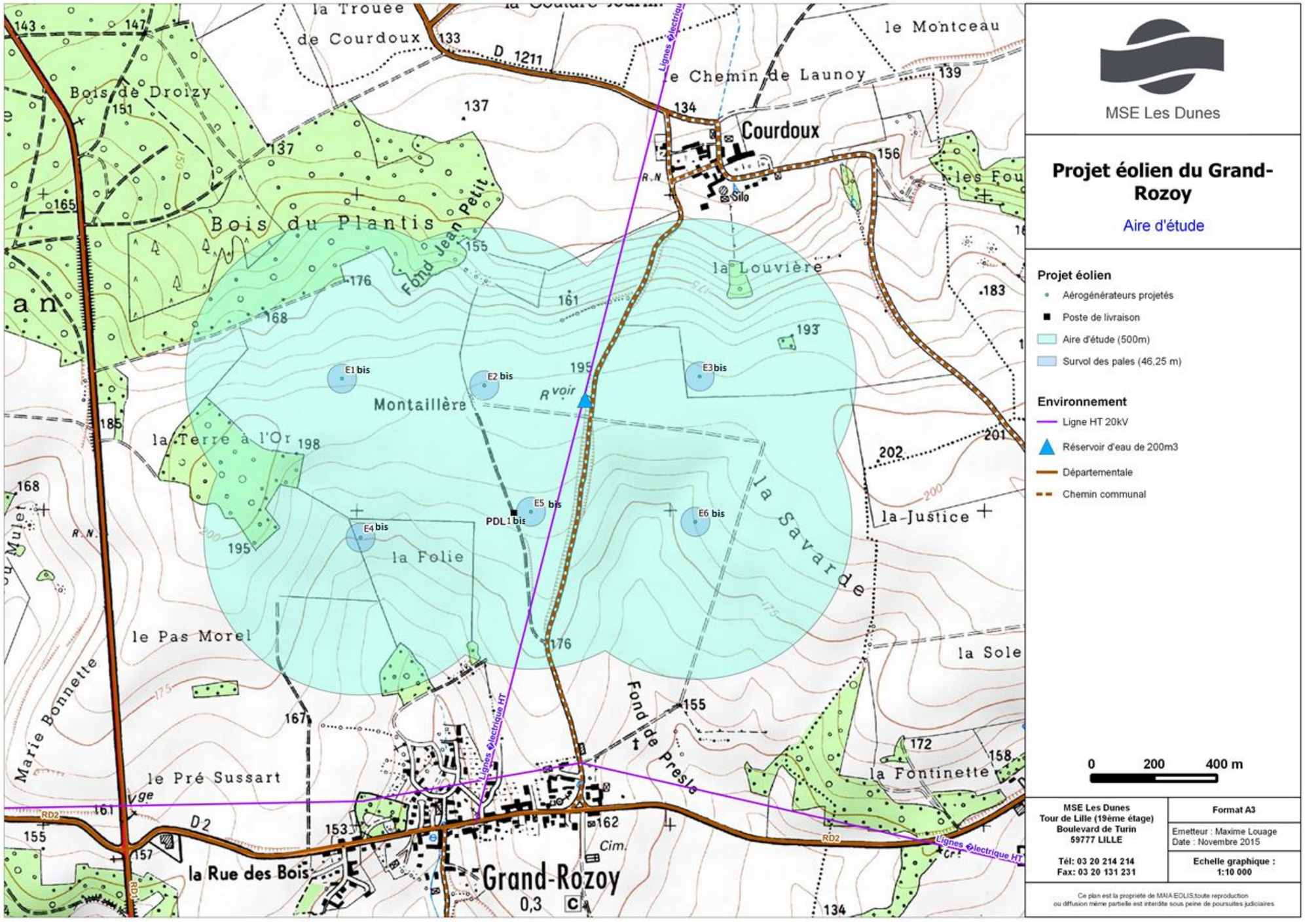
Carte 2 : Extrait de la carte de la région Picardie (source : geoportail - 2012)

2.3 DEFINITION DE L'AIRE D'ETUDE

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

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 8.2.4.

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



Carte 3 : Aire d'étude de l'installation

3 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).

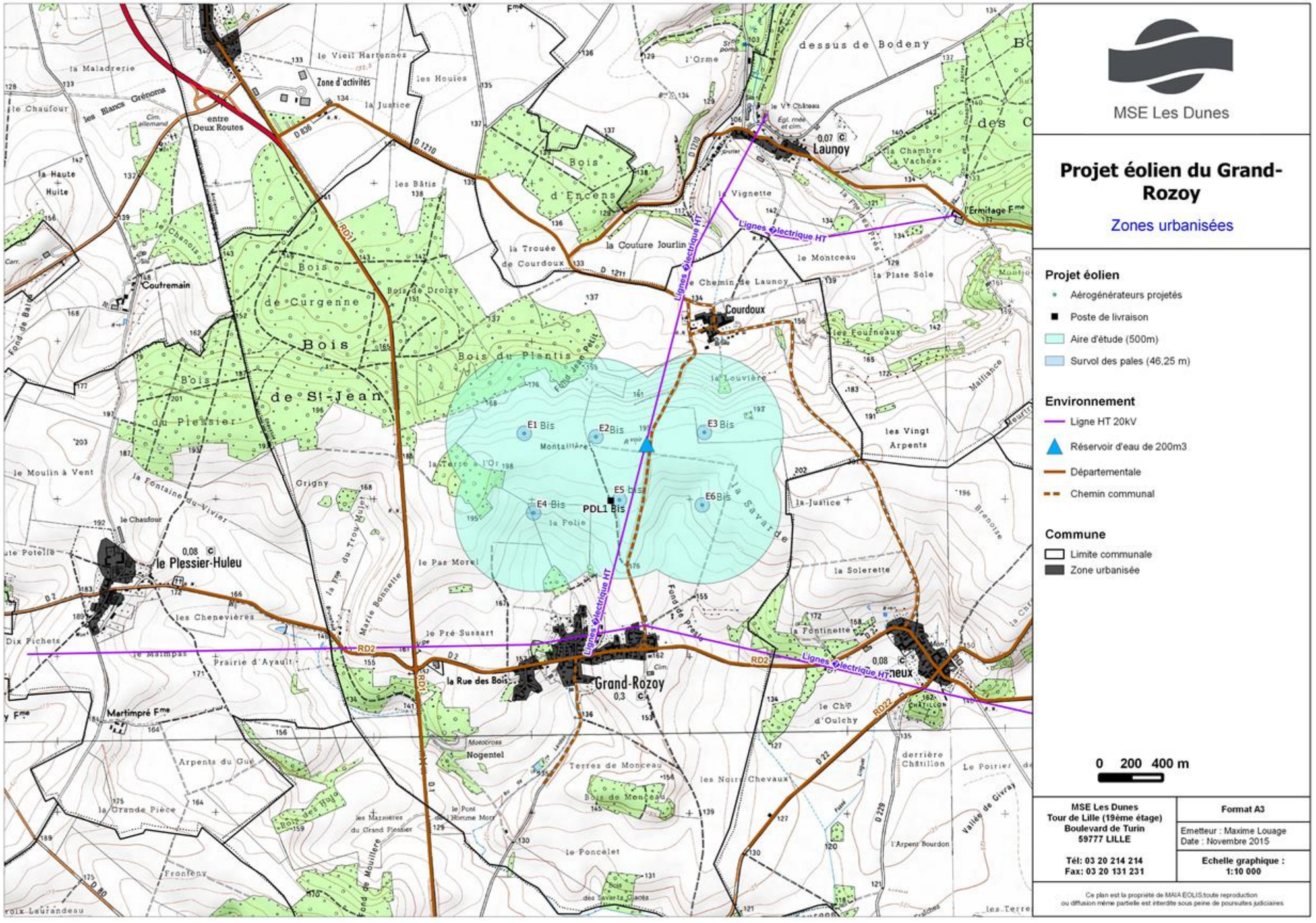
3.1 ENVIRONNEMENT HUMAIN

3.1.1 ZONES URBANISEES

Aucune zone bâtie n'est répertoriée dans un périmètre de 500 mètres autour de la zone d'implantation du projet. Sur Grand-Rozoy, la densité moyenne de population est de 23 habitants/km^2. Les principales zones d'habitations répertoriées autour de l'aire d'étude sont les suivantes :

Communes	**Nombre d'habitants** *(au recensement de l'Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques de 2012)*	**Distance minimale approximative par rapport à l'aérogénérateur le plus proche**
Courdoux	Dépendant de Grand-Rozoy	530 m (E3 bis)
Grand-Rozoy	310	680 m (E4 bis)
Beugneux	113	1400 m (E6 bis)
Le Plessier Huleu	78	2500 m (E4 bis)
Launoy	103	3000 m (E3 bis)

Tableau 4 : Habitations ou zones urbanisables répertoriées à proximité de l'aire d'étude (source : Maïa Eolis – 2015)



Carte 4 : Distances des habitations et zones urbanisaées aux aérogénérateurs

3. Description de l'environnement de l'installation

3.1.2 ETABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC (ERP)

Les **Etablissements Recevant du Public (ERP)** sont constitués de tous les bâtiments, locaux ou enceintes dans lesquels des personnes sont admises ou dans lesquels sont tenues des réunions. **L'ensemble des équipements et activités commerciales** (services généraux, artisans, écoles …) **se concentre sur la commune de Grand-Rozoy**. L'ERP le plus proche est la mairie de Grand-Rozoy située à 840 mètres de l'aérogénérateur le plus proche (E3 bis).

3.1.3 INSTALLATIONS CLASSEES POUR LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT (ICPE) ET INSTALLATIONS NUCLEAIRES DE BASE

La définition d'une Installation Classée pour la Protection de l'Environnement (ICPE) est donnée par le *Livre V, Titre I, art. L 511-1 du Code de l'Environnement* : « installations exploitées ou détenues par toute personne physique ou morale, publique ou privée, qui peuvent présenter des dangers ou des inconvénients soit pour la commodité du voisinage, soit pour la santé, la sécurité, la salubrité publiques, soit pour l'agriculture, soit pour la protection de la nature, de l'environnement et des paysages, soit pour l'utilisation rationnelle de l'énergie, soit pour la conservation des sites et des monuments ainsi que des éléments du patrimoine archéologique ».

11 ICPE SEVESO Seuil Haut et 8 ICPE SEVESO Seuil Bas ont été répertoriées dans l'Aisne, ce sont principalement des installations qui utilisent ou stockent des produits chimiques ou dangereux. D'après le site Gouvernemental des ICPE (www.installationsclassees.ecologie.gouv.fr) et le DDRM (Dossier Départemental des Risques Majeurs) de l'Aisne, **un établissement SEVESO seuil bas est recensé dans un rayon de 5 km autour du projet**. Le site de MJ Conditonnement sur la commune de Hartennes-et-Taux se situe à 2,8 km au nord de l'aérogénérateur le plus proche (E2 bis). Selon la DREAL Picardie, un parc éolien soumis à autorisation ou déclaration ne peut se situer à moins de 300 mètres d'une installation classée pour l'environnement soumise à l'arrêté du 10 mai 2000, conformément à l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent (rubrique 2980). En l'espèce, MJC est soumise à cet arrêté du 10 mai 2000. Cette distance de 300m est respectée et MSE les Dunes n'est pas concerné par un PPRT.

Selon les sources citées ci-dessus, aucune ICPE soumise à autorisation, déclaration ou enregistrement n'est présente dans l'aire d'étude. **Par conséquent, aucune ICPE, quelque soit son régime de classement (déclaration, enregistrement, autorisation), n'est présente dans l'aire d'étude. L'ICPE la plus proche se situe sur la commune de Le Plessier Huleu au sud-ouest du projet.**

Nom de l'ICPE **Commune**	**Régime de classement** **Rubrique correspondante**	**Accidents potentiels**	**Distance par rapport à l'aérogénérateur le plus proche**
EARL de la Chenevière Le Plessier Huleu	Autorisation 2211 : Elevage et vente de volailles	Incendie	2,7 km (E4 bis)

Nom de l'ICPE Commune	Régime de classement Rubrique correspondante	Accidents potentiels	Distance par rapport à l'aérogénérateur le plus proche
HUBAU Parcy et Tigny	Autorisation 2160 : Silos et stockage de céréales	Incendie / Explosion Rejet de matière dangereuse ou polluante	2,7 km (E 1 bis)
MJ Conditionnement Hartennes-et-Taux	Seveso Seuil Bas Autorisation 1412 : Stockage de gaz inflammable liquéfié 1414 : Distribution de gaz inflammable liquéfié	Incendie / Explosion Rejet de matière dangereuse ou polluante	2,8 km (E 1 bis)
SCREG Nord Picardie Oulchy-la-Ville	Autorisation 2510 : Exploitation de carrière	Incendie / Explosion Rejet de matière dangereuse ou polluante	7 km (E 4 bis)

Tableau 5 : ICPE recensées à proximité de l'aire d'étude (source : Maïa Eolis – 2015)

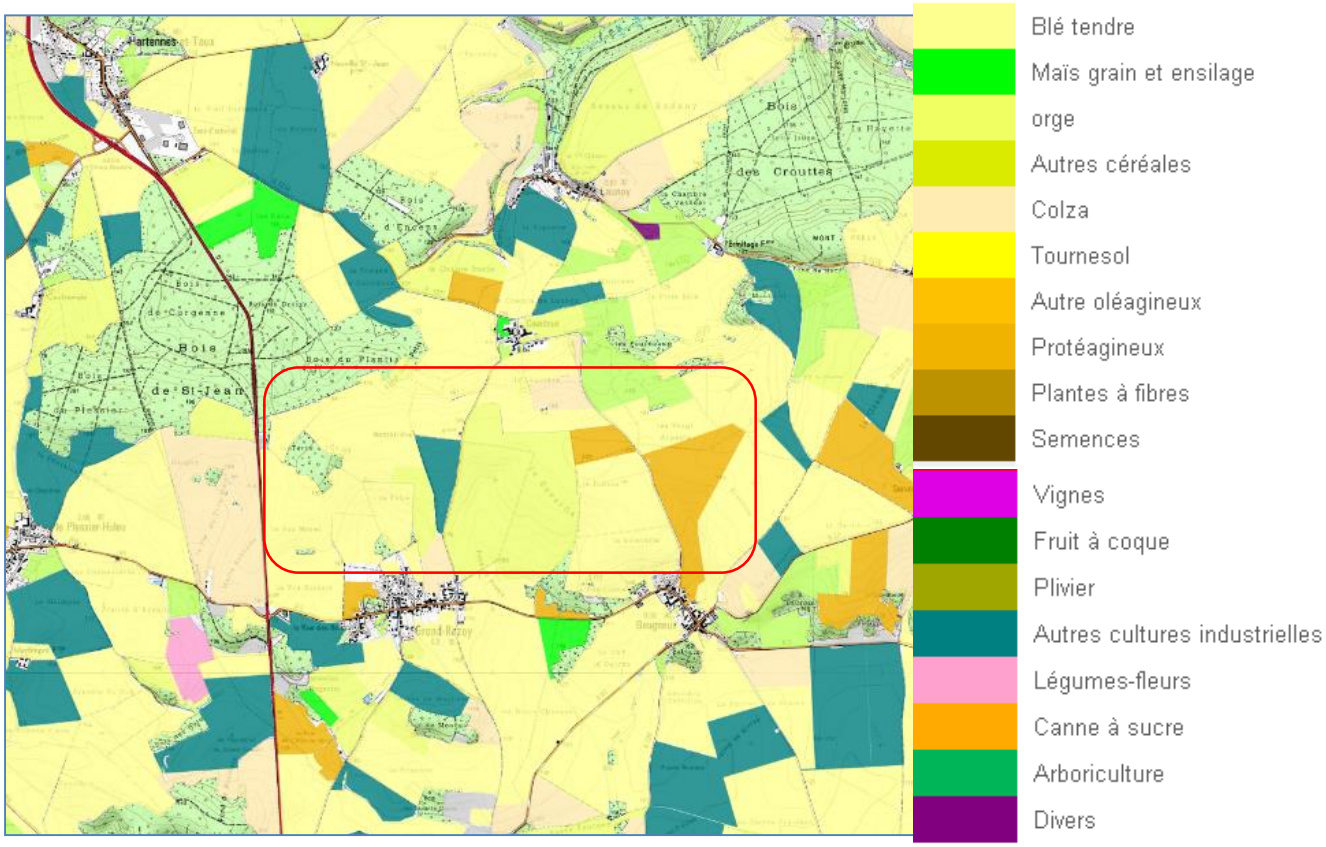
Cependant, l'établissement E.T.A. situé à 1100m au sud de l'aérogénérateur le plus proche (E4 bis) sera prochainement régularisé ICPE. C'est une entreprise agricole dirigée par M. Patrick Manscourt, maire de la commune de Grand-Rozoy.

Aucun silo n'est à signaler dans l'aire d'étude (source : Bilan Installations Classées – DREAL Picardie). Le silo le plus proche se situe à 600 m de E4 bis mais il n'est pas classé dans les silos SETI Silos à Enjeux Très Importants, le plus proche étant celui de Breny à 7 km au sud du projet.

L'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) ne répertorie aucune installation nucléaire dans un rayon d'au moins 30 km autour du projet. La centrale la plus proche est celle de Nogent sur Seine à 100 km au sud du projet.

3.1.4 AUTRES ACTIVITES

La zone d'implantation du projet est **une zone principalement dédiée aux activités agricoles**. Elle se situe au cœur d'îlots de culture où sont majoritairement cultivées des céréales.



Carte 5 : Ilots de culture aux alentours de Grand-Rozoy (source : géoportail – 2014)

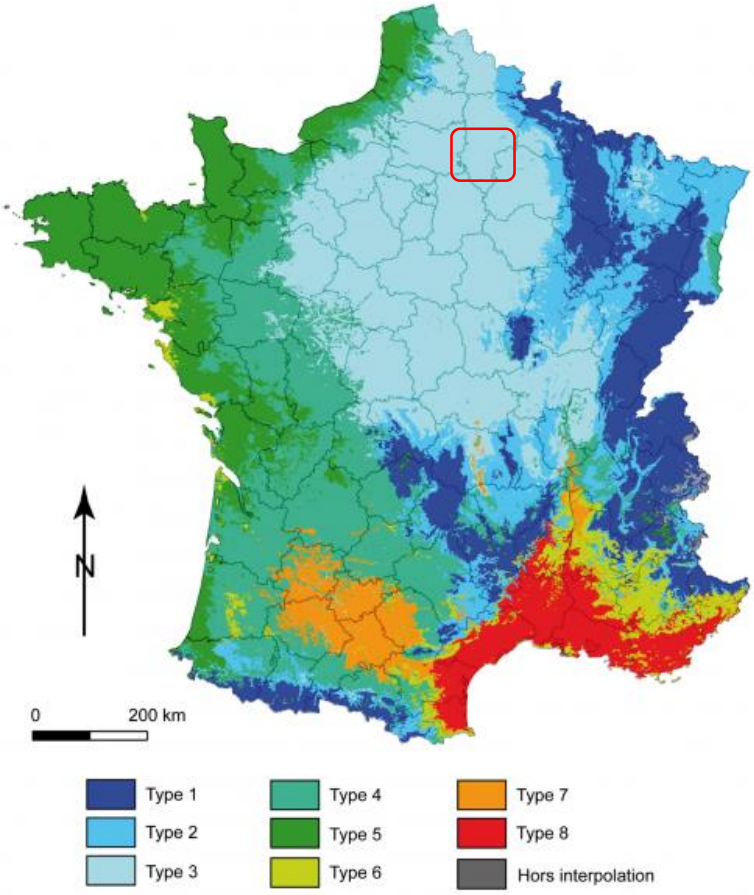
L'aire d'étude n'est concernée par aucun silo, ICPE ou activité nucléaire. L'ICPE la plus proche se situe à 2,7 km de l'aérogénérateur 4 bis. Il s'agit d'un élevage de volailles. Cependant, l'établissement E.T.A. situé à 1100m au sud de l'aérogénérateur le plus proche (E4 bis) sera prochainement régularisé ICPE (Entreprise agricole).

Aucune habitation, zone urbanisable ou ERP n'est à relever dans un périmètre de 500 mètres autour des aérogénérateurs du projet. L'aire d'étude et son environnement sont principalement à vocation agricole.

3.2 ENVIRONNEMENT NATUREL

3.2.1 CONTEXTE CLIMATIQUE

Le présent projet se situe au cœur d'un **climat océanique dégradé** (Type 3). Le CNRS donne pour valeurs : **11°C de température annuelle moyenne**, soit des **températures intermédiaires** et **moins de 700 mm de cumul annuel de précipitations** (**faibles**).



Type 1 : Montagne
Type 2 : Semi-continental et marges montagnardes
Type 3 : Océanique dégradé des plaines du centre et du Nord
Type 4 : Océanique altéré
Type 5 : Océnanique franc
Type 6 : Méditerranéen altéré
Type 7 : Bassin du sud-ouest
Type 8 : Méditerranéen franc

Carte 6 : Les climats en France (source : CNRS - 2000)

La **station météorologique de Braine** qui est retenue pour obtenir les données de températures, de pluviométrie et de vent se situe à environ 15 km de l'aire d'étude. Ces données sont détaillées ci-après. La station d'Oulchy-Le-Château est plus proche, située à 4,5 km du site mais elle ne dispose pas de toutes les informations climatologiques souhaitées.

	JANV	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC	TOTAL
HAUTEUR DES PRECIPITATIONS (MOYENNE EN MM)	57.1	47.5	52.1	51.7	56.5	54.4	61.6	65.1	47.4	56.9	54.7	70.4	675.4

Tableau 6 : Relevés de pluviométrie à la station météo de Braine (période 1981-2010)

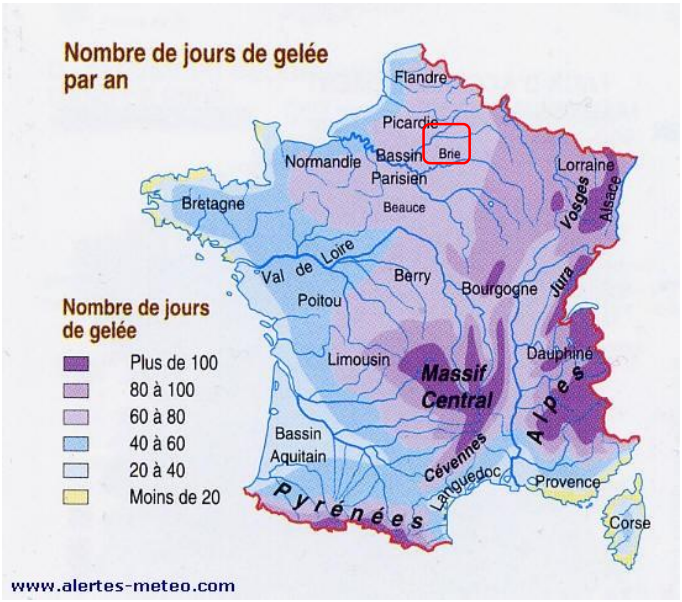
	JANV	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC	MOYENNE ANNEE
T MAX (°C)	6.5	8.1	12.2	15.3	19.6	22.4	25.1	25.0	20.7	16.0	10.0	6.6	15.7
T MIN (°C)	1.1	1.3	3.1	4.4	8.2	10.7	12.8	12.6	9.8	7.5	3.8	1.5	6.4
T MOY (°C)	3.8	4.7	7.7	9.8	13.9	16.5	19.0	18.8	15.3	11.7	6.9	4.1	11.1
NB DE JOURS AVEC UNE TEMPERATURE MAXIMALE DE 0°C	2.1	1.1	0.1								0.3	1.6	5.1

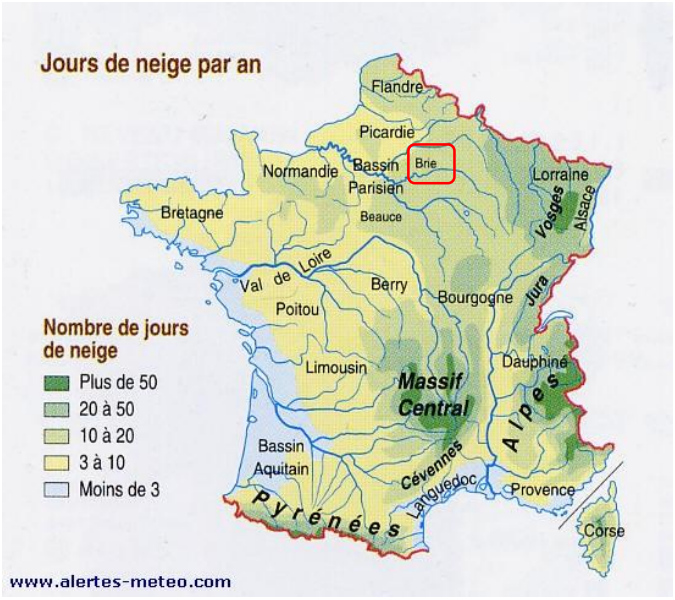
Tableau 7 : Relevés de températures à la station météo de Braine (période 1981-2010)

Ces diagrammes confirment les valeurs présentées par le CNRS et permet de les compléter :

- Des **températures moyennes variant de 3,8 à 19**°C tout au long de l'année ;
- Des **hauteurs moyennes de précipitations variant de 47,5 à 70,4 mm** tout au long de l'année.

Le site présente entre 60 à 80 jours de gelées et 10 à 20 jours de neige par an. **Le gel y est donc présent environ 20% de l'année**.





Carte 7 : Nombre de jours de gelée et de neige par an en France (source : alertes-meteo.com - 2008)

Les **vents dominants sur la région sont d'Ouest ou de Sud-Ouest** (apportant la pluie), en particulier si l'on considère les vitesses élevées.

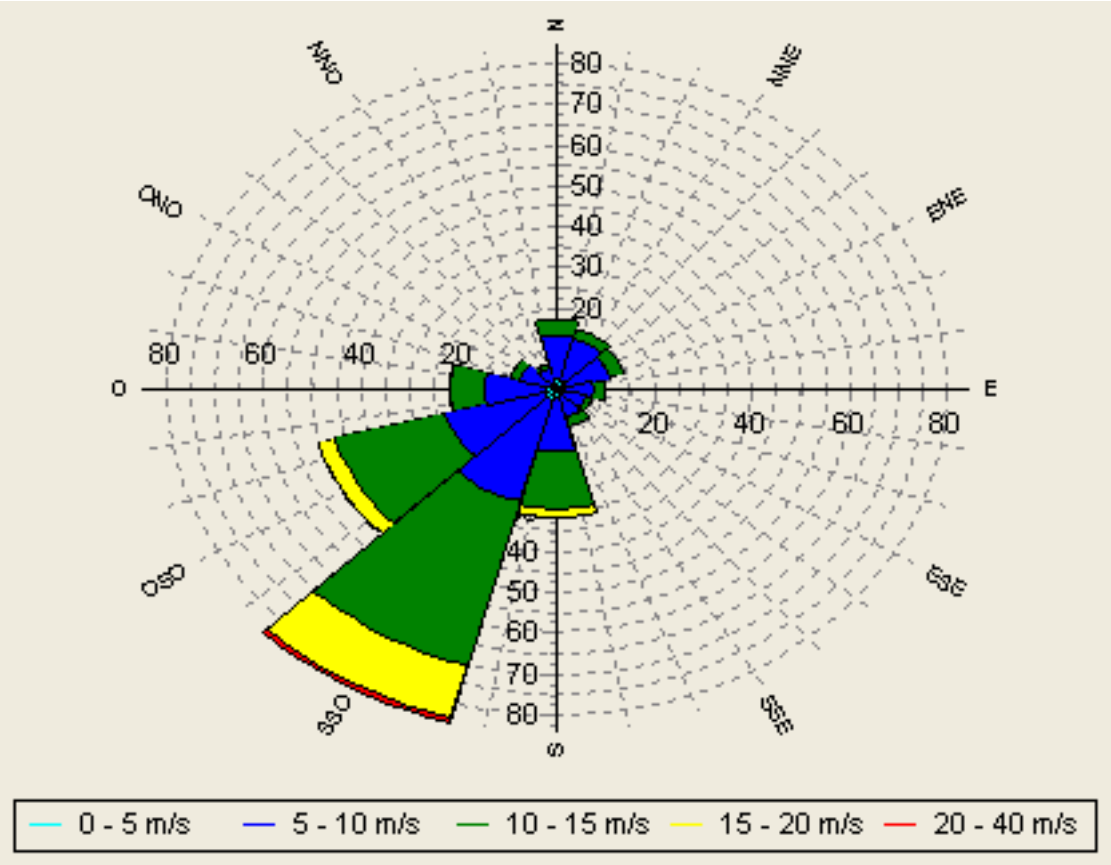
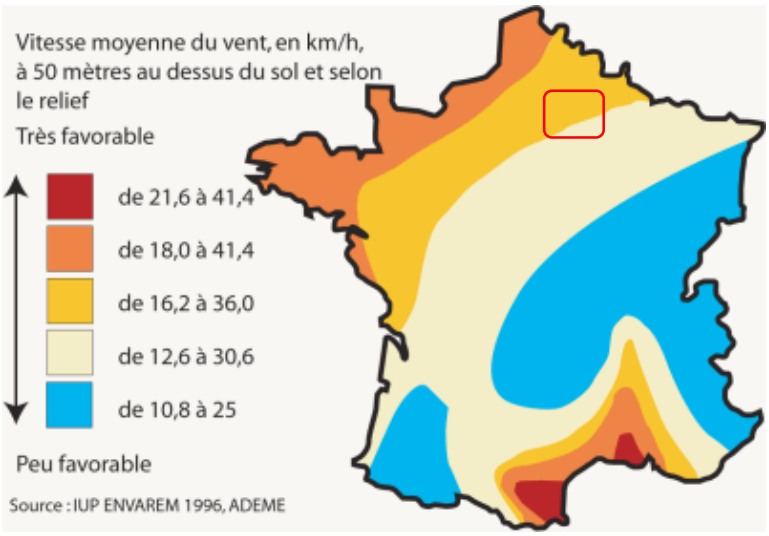


Figure 1 : Rose des vents longue durée sur Grand-Rozoy à 82 mètres

(Source: Mesure au mât de Grand Rozoy de décembre 2013 à février 2015 à 82m, corrélée avec la référence long terme MERRA sur la période 1983-2015.)

D'après la carte ci-dessous, le projet se situe dans une **zone de vents favorables, de 16,2 à 36,0 km/h à 50 m d'altitude**, propice à l'implantation d'aérogénérateurs.



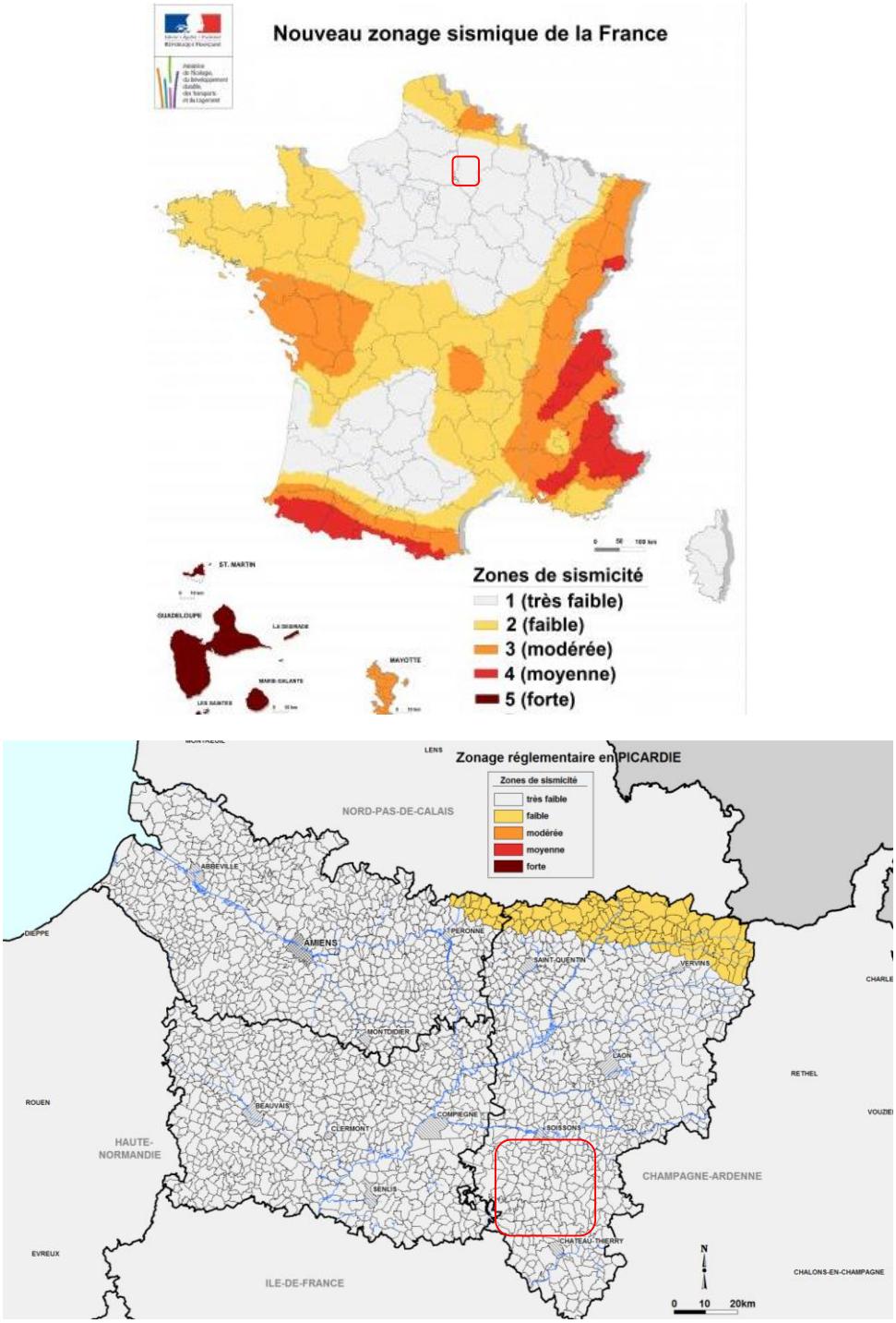
Carte 8 : Carte du potentiel éolien en France (source : ADEME - 1996)

3.2.2 RISQUES NATURELS

3.2.2.1 RISQUE SISMIQUE

Les données et cartes sont issues du Plan Séisme, un programme national de prévention du risque sismique. Elles sont entrées en vigueur le 1er mai 2011, suite aux *Décrets n°2010-1254 et 1255 du 22 octobre 2010* ainsi qu'à *l'Arrêté du 22 octobre 2010*.

Le projet présenté par MSE Les Dunes, sur la commune de Grand-Rozoy dans l'Aisne se situe sur une **zone de sismicité 1 : très faible**.



Carte 9 : Zonages sismiques de la France et de la région Picardie (source : planseisme.fr - 2011)

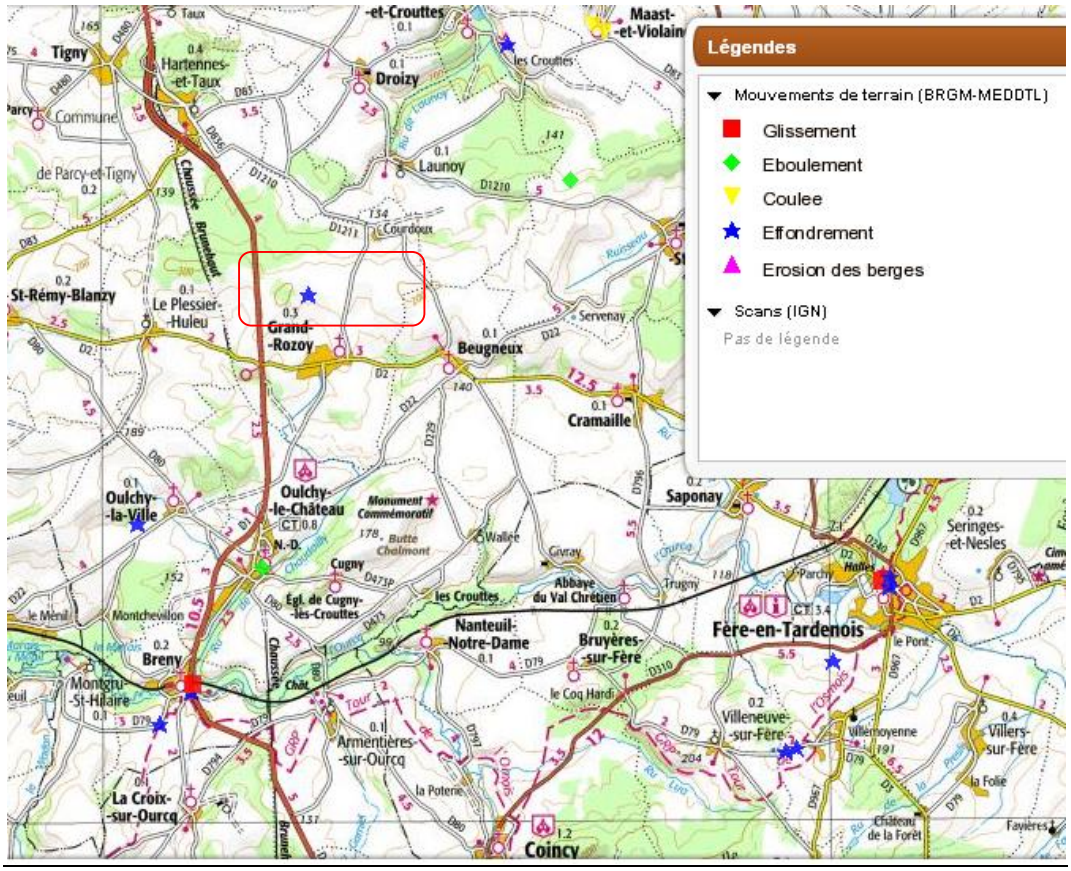
3.2.2.2 MOUVEMENTS DE TERRAIN

Le BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières) est le bureau de référence concernant les risques du sol et du sous-sol. Le risque de mouvement de terrain peut se traduire par :

- Un affaissement plus ou moins brutal de cavités souterraines naturelles ou artificielles ;
- Des phénomènes de gonflement ou de retrait liés aux changements d'humidité de sols argileux.

Un effondrement daté du 01/01/1990 a été répertorié sur la commune de Grand-Rozoy à 191m de l'aérogénérateur le plus proche (E4 bis**).**

2 cas d'éboulement sur les communes d'Arcy-Sainte-Restitue et Oulchy-Le-Château, respectivement à 3km et 4km des aérogénérateurs les plus proche (E5 bis et E6 bis), ainsi qu'un effondrement à Oulchy-La-Ville, à 4,5km de l'aérogénérateur le plus proche (E6 bis), sont à noter à proximité de l'aire d'étude.



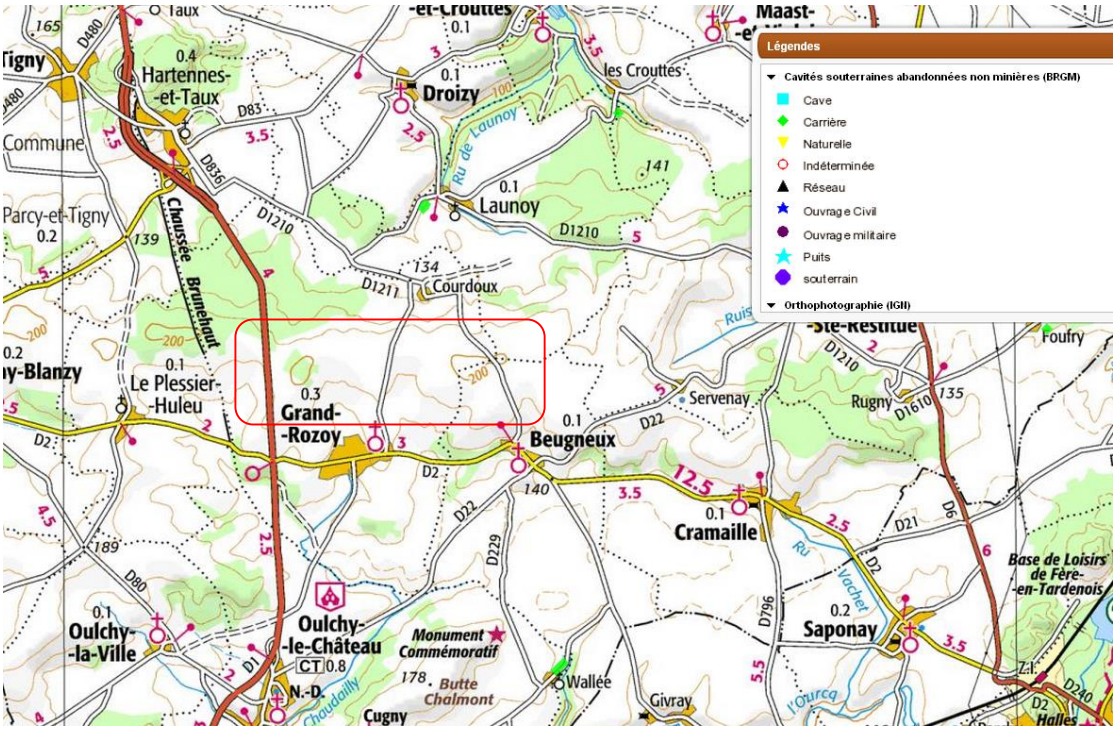
Carte 10 : Mouvements de terrain (glissement, éboulement, coulée, effondrement, érosion des berges) aux alentours de la commune de Grand-Rozoy (source : BRGM – 2015)

Un arrêté de reconnaissance de mouvements de terrain a été pris pour la commune de Grand-Rozoy depuis 1999 (tempête de 1999).

Type de catastrophe	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	25/12/1999	29/12/1999	29/11/1999	30/12/1999

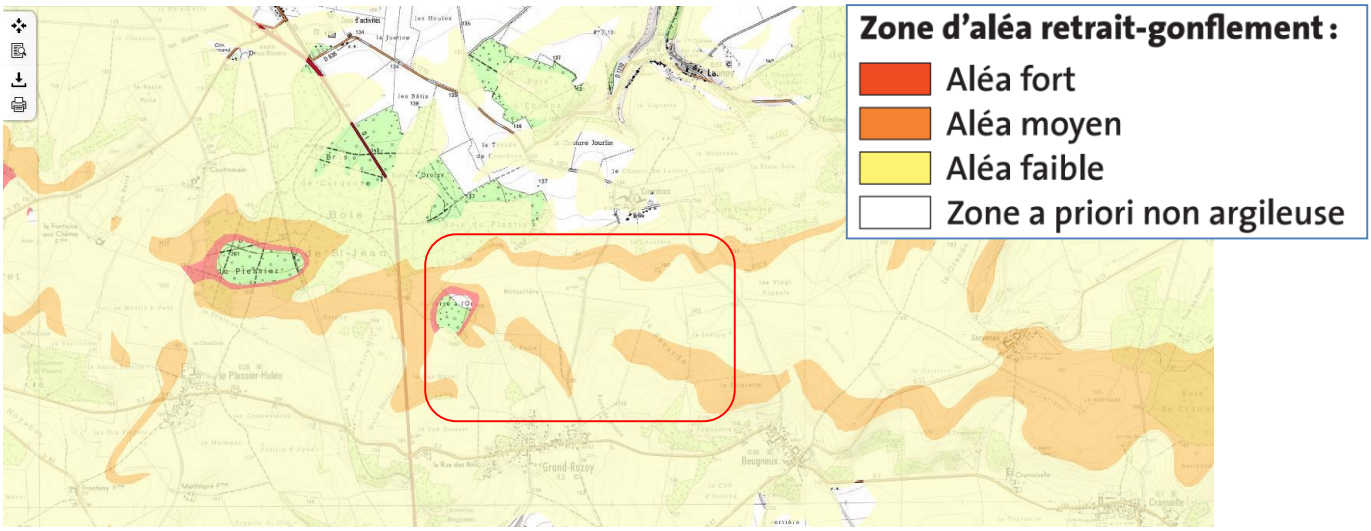
Tableau 8 : Arrêtés de mouvements de terrains sur la commune de Grand-Rozoy (source : prim.net – 2015)

Des carrières ont été répertoriées par le BRGM **autour de l'aire d'étude**, la plus proche à 1,7 km au nord de l'aérogénérateur le plus proche (E4 bis).



Carte 11 : Carrières aux abords de la commune de Grand-Rozoy (source : BRGM – 2015)

Sous l'effet de certaines conditions météorologiques, les horizons superficiels du sous-sol peuvent se dessécher plus ou moins profondément. Sur les formations argileuses, cette dessiccation se traduit par un phénomène de retrait, avec un réseau de fissures parfois très profondes. L'argile perd son eau et se rétracte. Lorsque ce phénomène se développe sous le niveau de fondations, la perte de volume du sol support génère des tassements différentiels pouvant entraîner des fissurations au niveau du bâti. **L'aléa de retrait-gonflement des argiles est faible à fort dans l'aire d'étude du projet.**

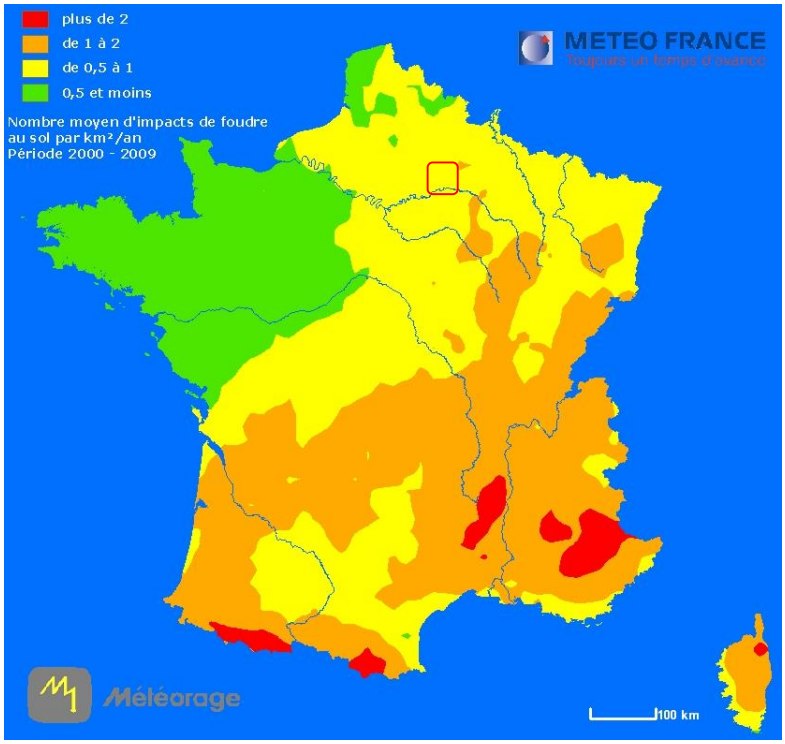


Carte 12 : Aéa de retrait-gonflement des argiles sur la commune de Grand-Rozoy (source : BRGM – 2015)

3.2.2.3 FOUDRE

Deux indicateurs permettent de situer le site au niveau du risque foudre :

- La densité de foudroiement (= nombre d'impacts de foudre par an et par km²) ;
- Le nombre de jours d'orage.



Carte 13 : Nombre d'impacts de foudre par km²/an en France (source : Météo France - 2011)

Météorage fournit les données suivantes à partir du réseau de détection des impacts de foudre pour la période 2002-2011 :

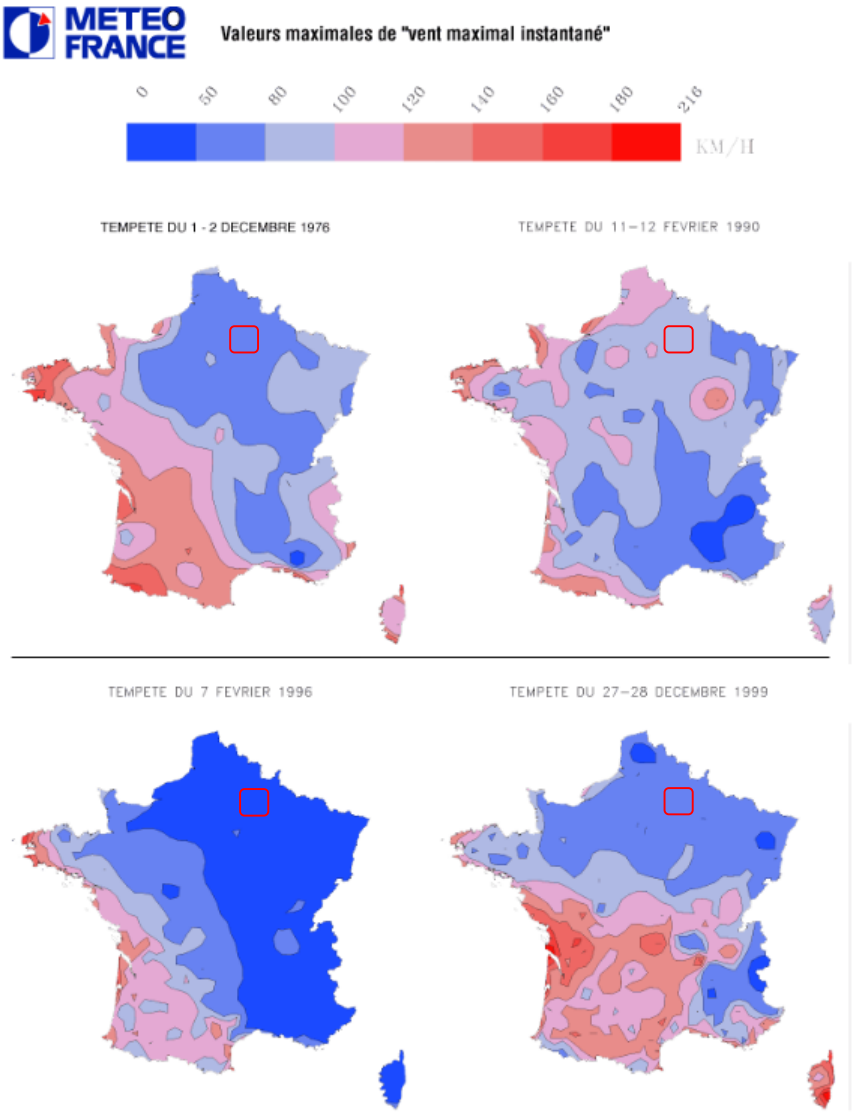
- **Commune de Grand-Rozoy** – Département de l'Aisne ;
- Nombre de jours d'orage : **9 jours par an** (moyenne française : 11,30) ;
- Densité d'arcs : 1,32 arcs par an et par km² (moyenne française : 1,59). La densité de foudroiement se calcule à partir de la densité d'arc grâce à la formule suivante :
  $D_f = \frac{D_a}{2,1}$ (Df = Densité de foudroiement et Da = Densité d'arcs)
  On obtient donc une **densité de foudroiement de 0,6286** pour Grand-Rozoy.

3.2.2.4 TEMPETES

Les tempêtes concernent une large partie de l'Europe, et notamment la France métropolitaine. Celles survenues en décembre 1999 ont montré que l'ensemble du territoire est exposé, et pas uniquement sa façade atlantique et les côtes de la Manche, fréquemment touchées. Aux vents pouvant dépasser 200 km/h en rafales, peuvent notamment s'ajouter des pluies importantes, facteurs de risques pour l'Homme et ses activités.

En France, ce sont **en moyenne chaque année quinze tempêtes qui affectent les côtes**, dont une à deux peuvent être qualifiées de « fortes » selon les critères utilisés par Météo-France.

Il existe peu de données permettant de situer la zone d'implantation du projet au niveau du risque tempête. Son éloignement d'environ 160 km à vol d'oiseau des Côtes de la Manche suppose de classer ce risque comme très faible.



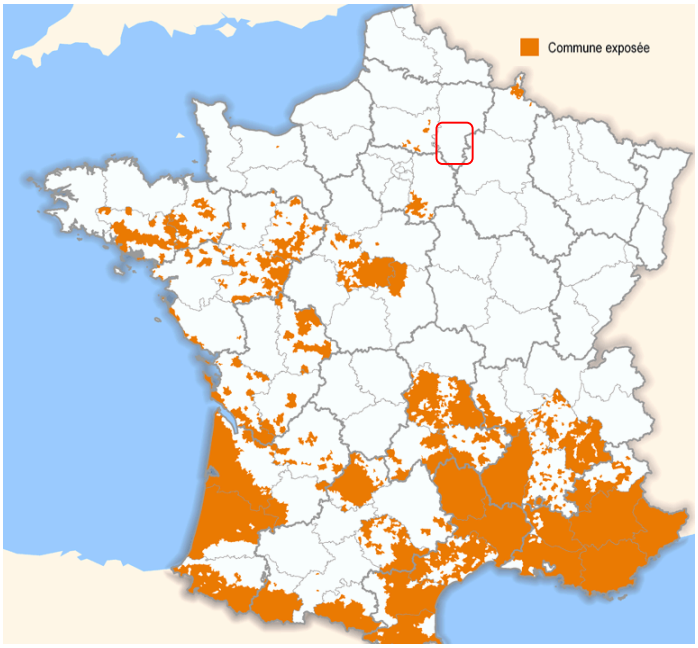
Carte 14 : Vitesses de vents relevées pour différentes tempêtes (source : Météo-France – 2011)

3.2.2.5 FEUX DE FORET

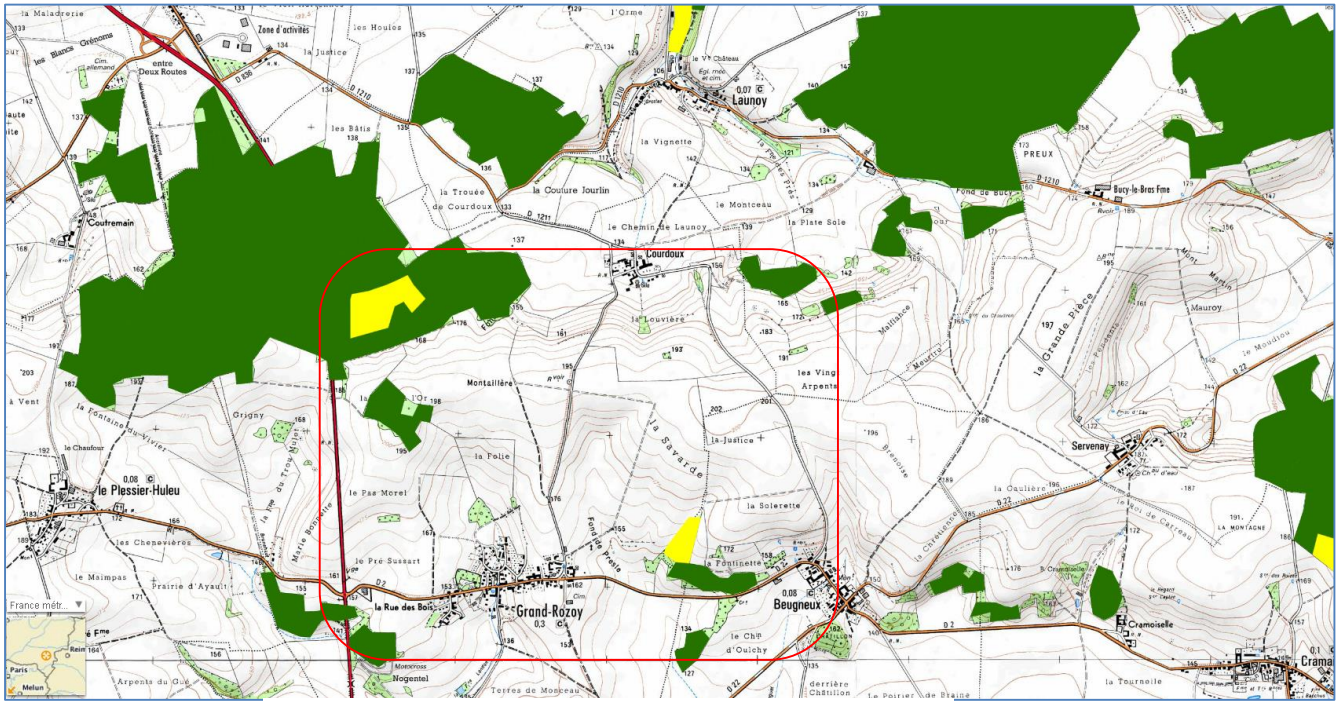
Le Gouvernement français a fourni une carte des communes exposées aux feux de forêt. **Le présent projet n'est pas concerné par ce risque**.

Le bois du Saint-Jean est répertorié dans l'aire d'étude (500m) du projet de Grand-Rozoy, à 250m environ au nord de l'aérogénérateur le plus proche (E1 bis). On trouve également à proximité :

- Le Bois d'Encens à 1,2 km au nord de l'aérogénérateur le plus proche (E2 bis).
- Le Bois de la Baillette à 2,4 km au sud de l'aérogénérateur le plus proche (E4 bis).



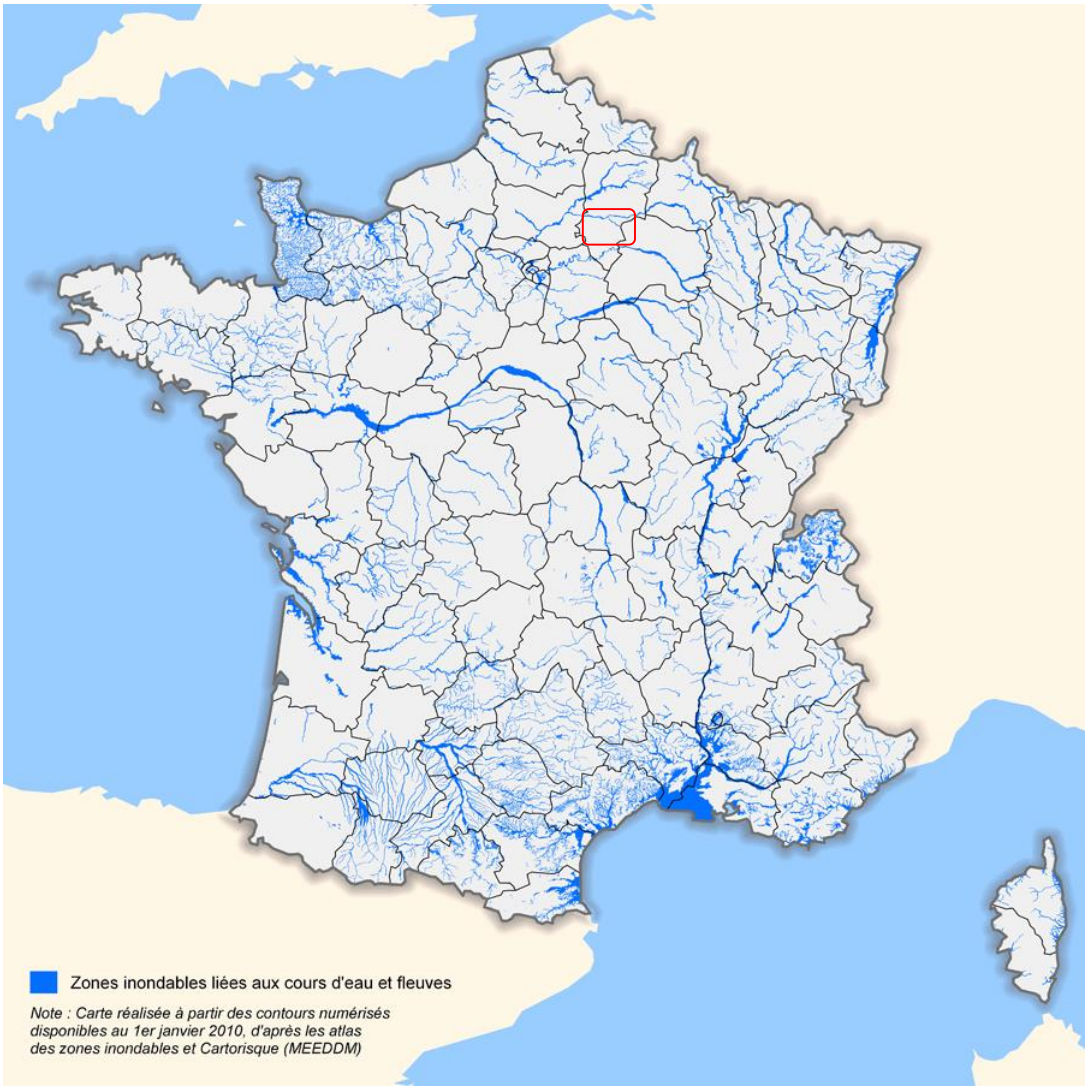
Carte 15 : Communes exposées aux feux de forêt en France (source : developpement-durable.gouv.fr - 2015)



Carte 16 : Bois et forêts aux environs de la commune de Grand-Rozoy (source : géoportail – 2012)

3.2.2.6 INONDATION

La zone d'implantation du projet s'inscrit sur une vaste zone de plateau, à proximité des ruisseaux de Launoy, de Chouy et de la Ferme Landon qui s'y écoulent. La commune de Grand-Rozoy n'est pas répertoriée comme commune à risque concernant les inondations.



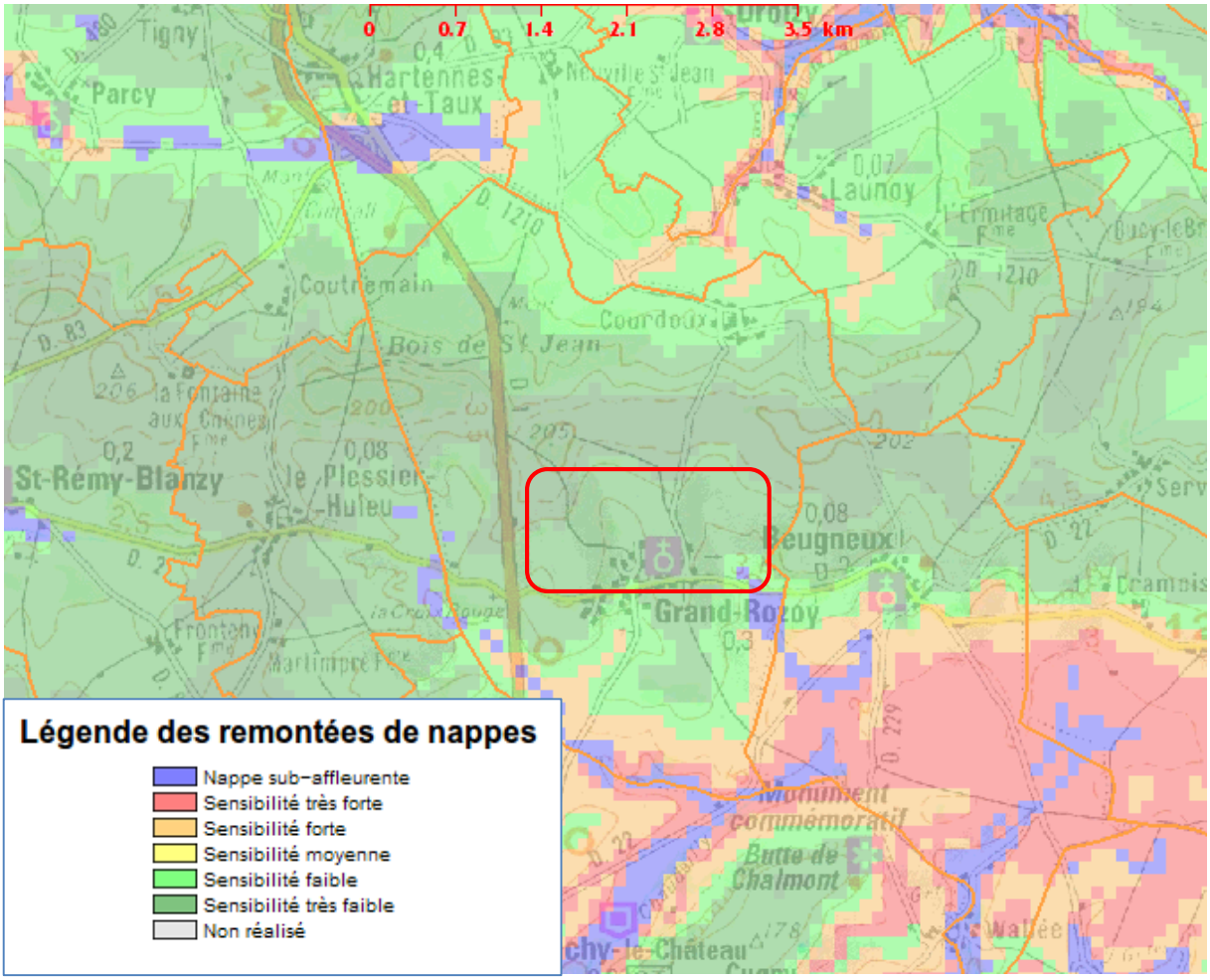
Carte 17 : Zones inondables liées aux cours d'eau et aux fleuves (source : developpement-durable.gouv.fr - 2010)

Un arrêté de reconnaissance d'inondations à été pris pour la commune de Grand-Rozoy (tempête de 1999).

Type de catastrophe	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	25/12/1999	29/12/1999	29/11/1999	30/12/1999

Tableau 9 : Arrêtés d'inondations sur la commune de Grand-Rozoy (source : prim.net – 2015)

La sensibilité aux remontées de nappes sur l'aire d'étude est classée comme faible.

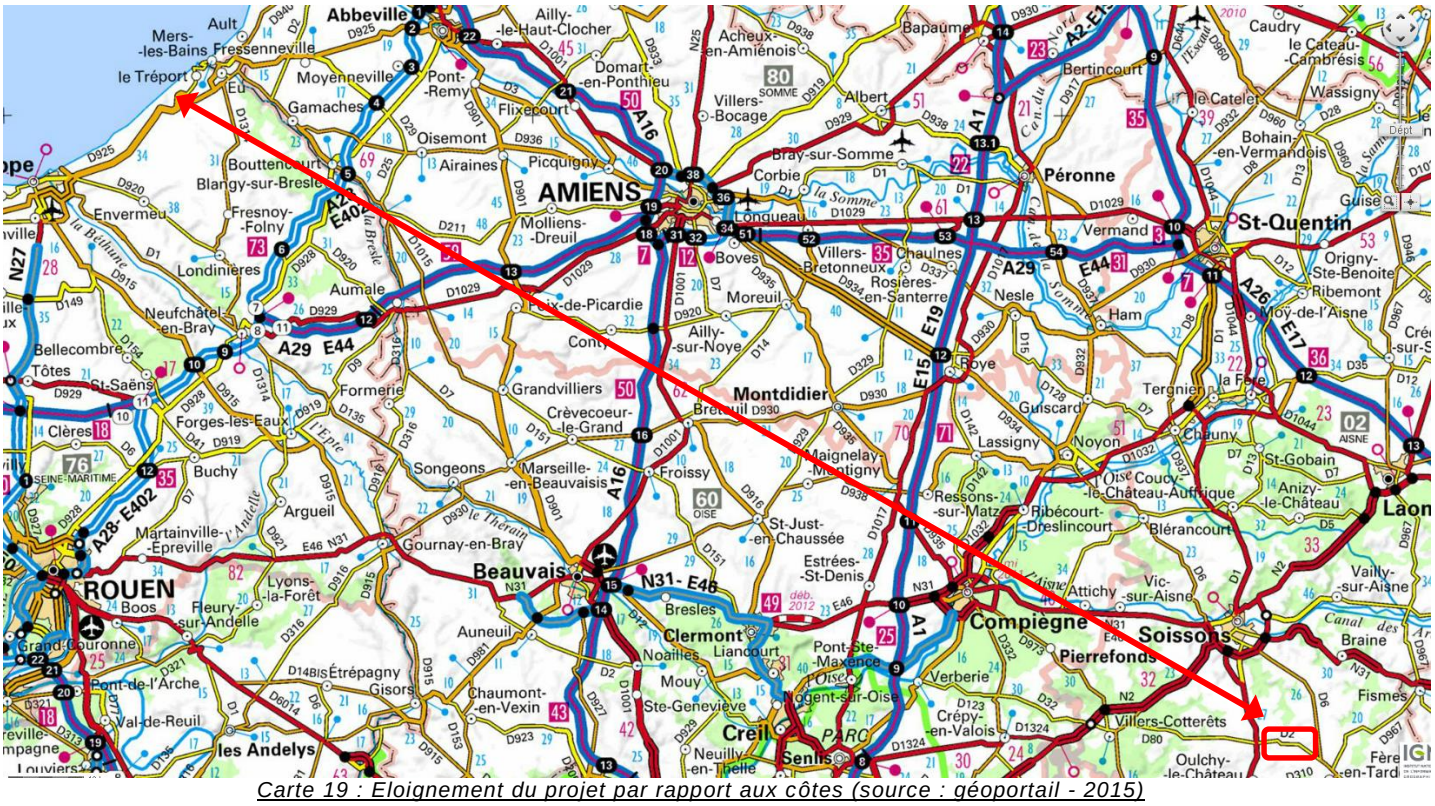


Carte 18 : Remontées de nappes aux environs de Grand-Rozoy (source : http://www.inondationsnappes.fr - 2015)

La commune de Grand-Rozoy n'est pas soumise à un PPRN (Plan de Prévention des Risques Naturels de type Inondation).

3.2.2.7 MAREES

Le projet se situe à environ 160 km à vol d'oiseau de la Manche. Cette distance rend le risque marées inexistant.



Carte 19 : Eloignement du projet par rapport aux côtes (source : géoportail - 2015)

3.2.3 ZONES NATURELLES SENSIBLES

La zone d'étude est caractérisée par sa dynamique de grandes cultures avec des boisements généralement de faibles superficies.

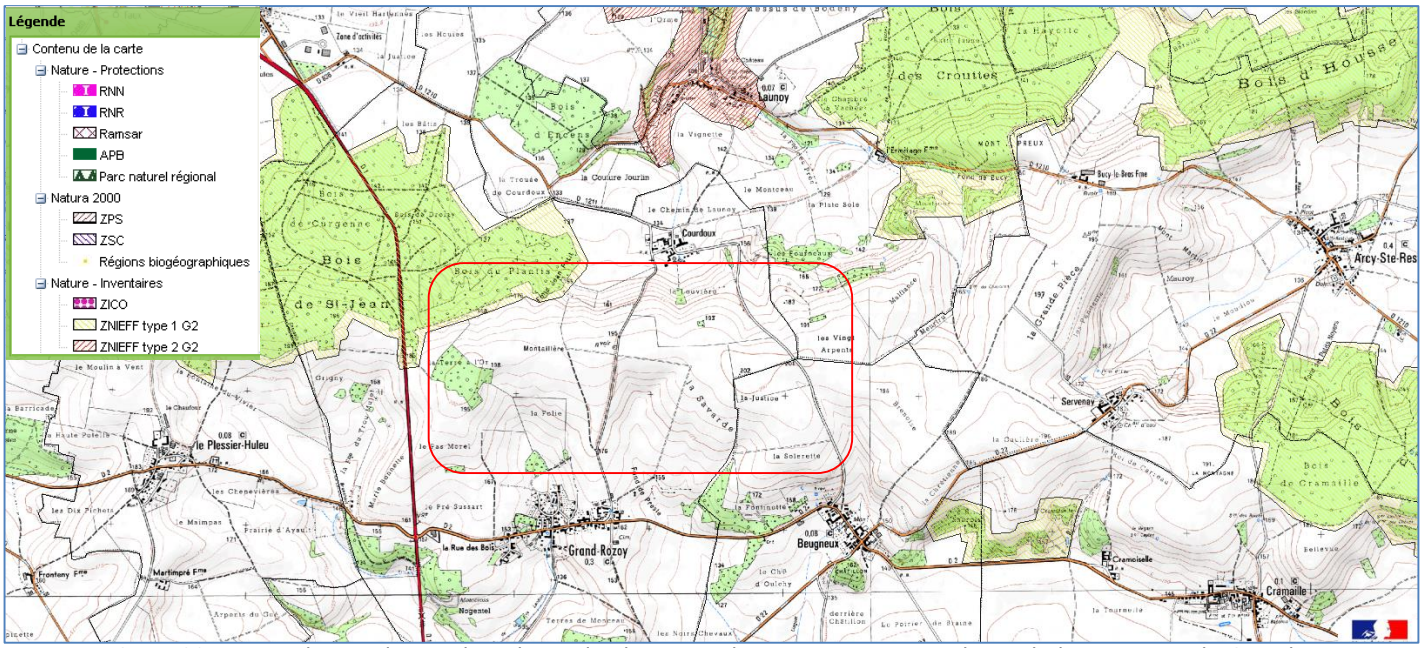
Une première zone inventoriée en tant que ZNIEFF (Zone d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique) **de type 1** se trouve à **250 m au nord-est de l'aérogénérateur le plus proche (E1 bis)**. Il s'agit du Bois de Saint-Jean. Cette forêt présente un intérêt pour la circulation et la reproduction de plusieurs mammifères. Le « Bois de Saint-Jean » est utilisé par les cervidés de passage en liaison avec la forêt domaniale de Retz.

Une deuxième zone inventoriée en tant que ZNIEFF de type 1, Bois des Crouttes et bois d'Housse, se trouve à **1,4 km au nord-est** des aérogénérateurs.

Une troisième zone inventoriée en tant que ZNIEFF de type 1, la Côte de Cramoiselle, se trouve à Cramaille, **à 2 km à l'est** des aérogénérateurs.

Une zone inventoriée en tant que ZNIEFF (Zone d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique) **de type 2** se trouve **à 1,5km au nord** des aérogénérateurs. Il s'agit de la Vallée de la Crise.

Une zone inventorié en tant que que site Natura 2000 (Coteaux calcaires du Tardenois et du Valois) est situé à 8 km a l'est de l'aire d'étude.



Carte 20 : Protections et inventaires du patrimoine naturel et paysager aux environs de la commune de Grand-Rozoy (source : geoportail – 2015)

L'aire d'étude se situe donc dans une zone climatique à températures modérées, avec des précipitations faibles, peu de neige, une présence de gel assez marquée (20% de l'année) et des vents favorables.

Le risque sismique peut être considéré comme faible. Le risque de mouvement de terrain peut être considéré comme faible sur l'aire d'étude. Des cavités souterraines abandonnées sont à relever aux environs à plus d'un kilomètre de l'aire d'étude. L'aléa retrait-gonflement des argiles est faible à fort sur l'aire d'étude. Le département de l'Aisne présente un risque d'inondation modéré mais l'aire d'étude du présent projet n'est pas directement exposée au risque inondation. Ce risque peut donc être considéré comme faible mais existant.

Avec une densité de foudroiement inférieure à 1 et moins de 10 jours d'orage par an, le risque foudre peut être considéré comme faible. Le risque tempête est très faible.

Le risque de feux de forêt peut être jugé comme faible.

Le risque marées est inexistant.

La zone naturelle la plus proche est une ZNIEFF de type 1 qui se situe à 250 mètres de l'aérogénérateur le plus proche E1 bis.

3.3 ENVIRONNEMENT MATERIEL

3.3.1 VOIES DE COMMUNICATION

3.3.1.1 TRANSPORT ROUTIER

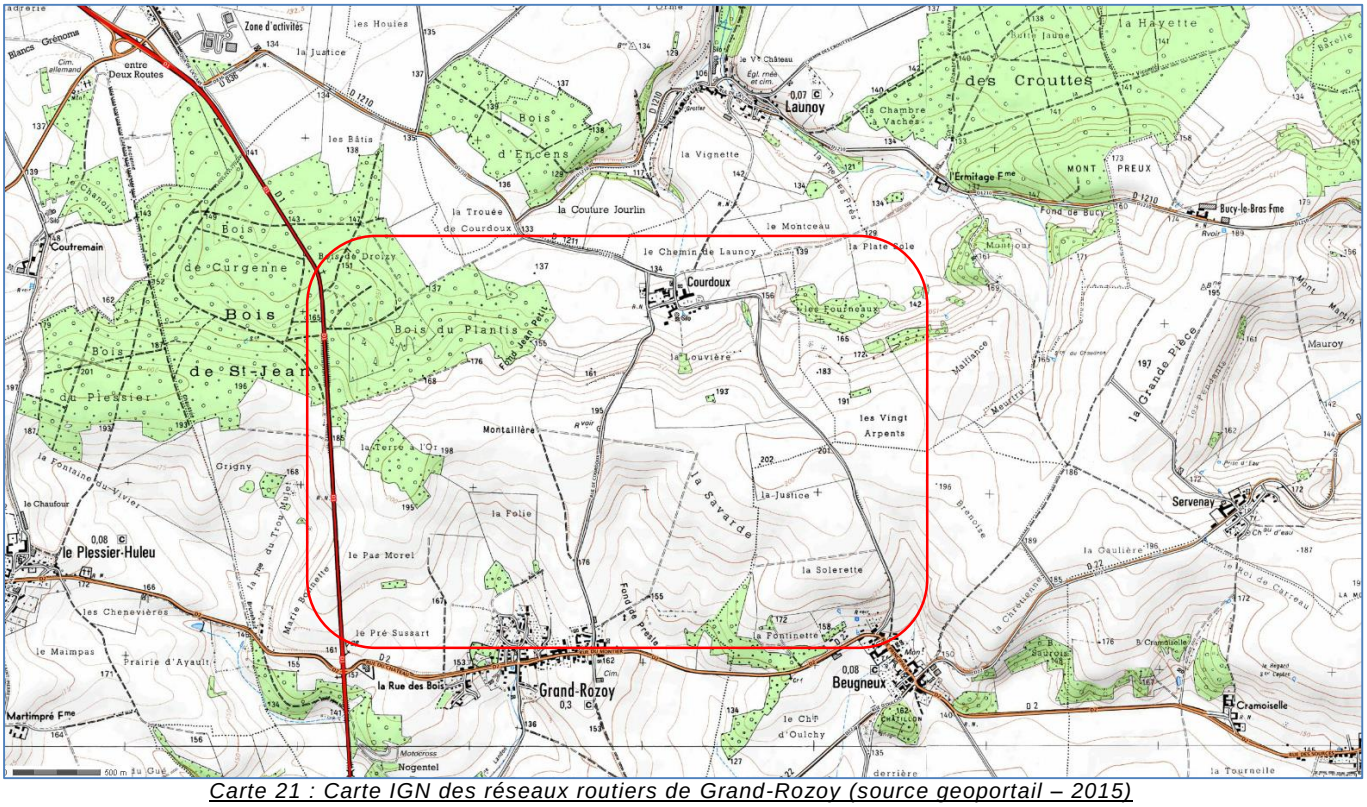
L'autoroute A4, la plus proche du projet, se situe à plus de 15 km au Sud de l'aire de l'aire d'étude. Il n'y a pas de voie nationale dans l'aire d'étude.

La route départementale 1, axe très fréquenté, se situe à 780 m à l'ouest de l'aérogénérateur E1 bis (contre 145m pour l'ancien projet à 10 éoliennes).

L'aire d'étude est traversée par la **route communale,** passant à **130 m à l'est** de l'aérogénérateur le plus proche (E5 bis) et reliant le bourg de Grand-Rozoy à Courdoux ;

Cette route n'est pas considérée comme structurante, la circulation y est inférieure à 2000 véhicules par jour.

Un **réseau de chemins communaux** maille également l'aire d'étude.



Carte 21 : Carte IGN des réseaux routiers de Grand-Rozoy (source geoportail – 2015)

Le Préfet du département de l'Aisne a fait réaliser un Dossier Départemental des Risques Majeurs (DDRM) pour son département. Ce dernier, datant du 21 avril 2011, expose tous les risques et conséquences auxquels sont soumis les citoyens, les biens et l'environnement, ainsi que les mesures de sauvegarde réalisées pour en limiter les effets. Une partie de ce DDRM est consacrée au Transport de Matières Dangereuses (TMD), soumis à une législation spécifique. Ce TMD a été répertorié sur l'ensemble du département.

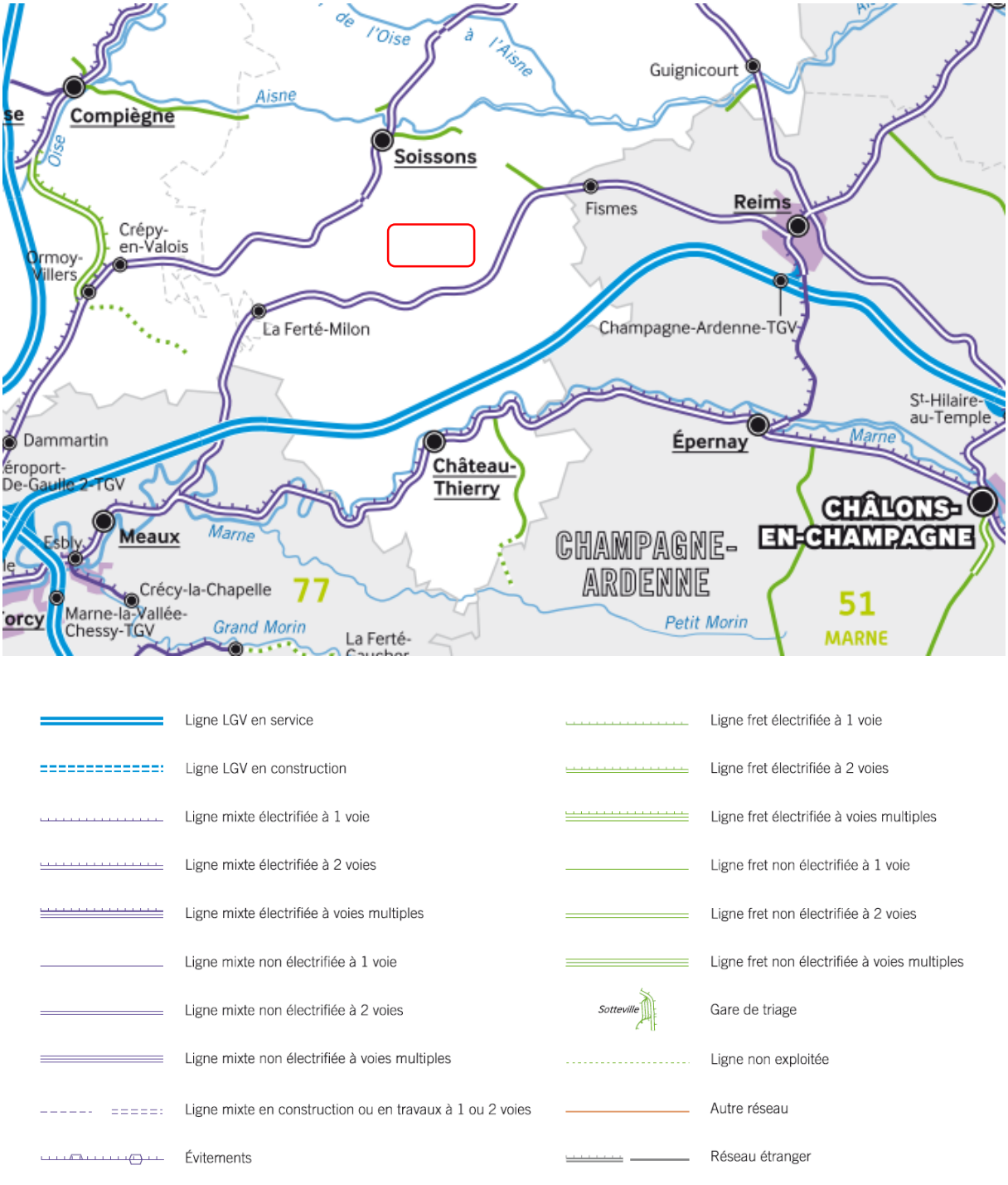
Selon le DDRM de l'Aisne, aucune commune à proximité de l'aire d'étude n'est concernée par le TMD.

Aucun Transport de Matières Dangereuses par voie routière n'est à signaler dans l'aire d'étude.

3.3.1.2 TRANSPORT FERROVIAIRE

La zone d'implantation du projet est encadrée par divers réseaux ferroviaires :

- La ligne mixte (fret + voyageurs) non électrifiée Reims – Meaux à environ 5 km au sud du projet ;
- La ligne mixte (fret + voyageurs) non électrifiée Soissons – Dammartin à environ 8 km au nord-ouest du projet ;
- La ligne LGV Est européen en service à 15 km au Sud-Est du projet.



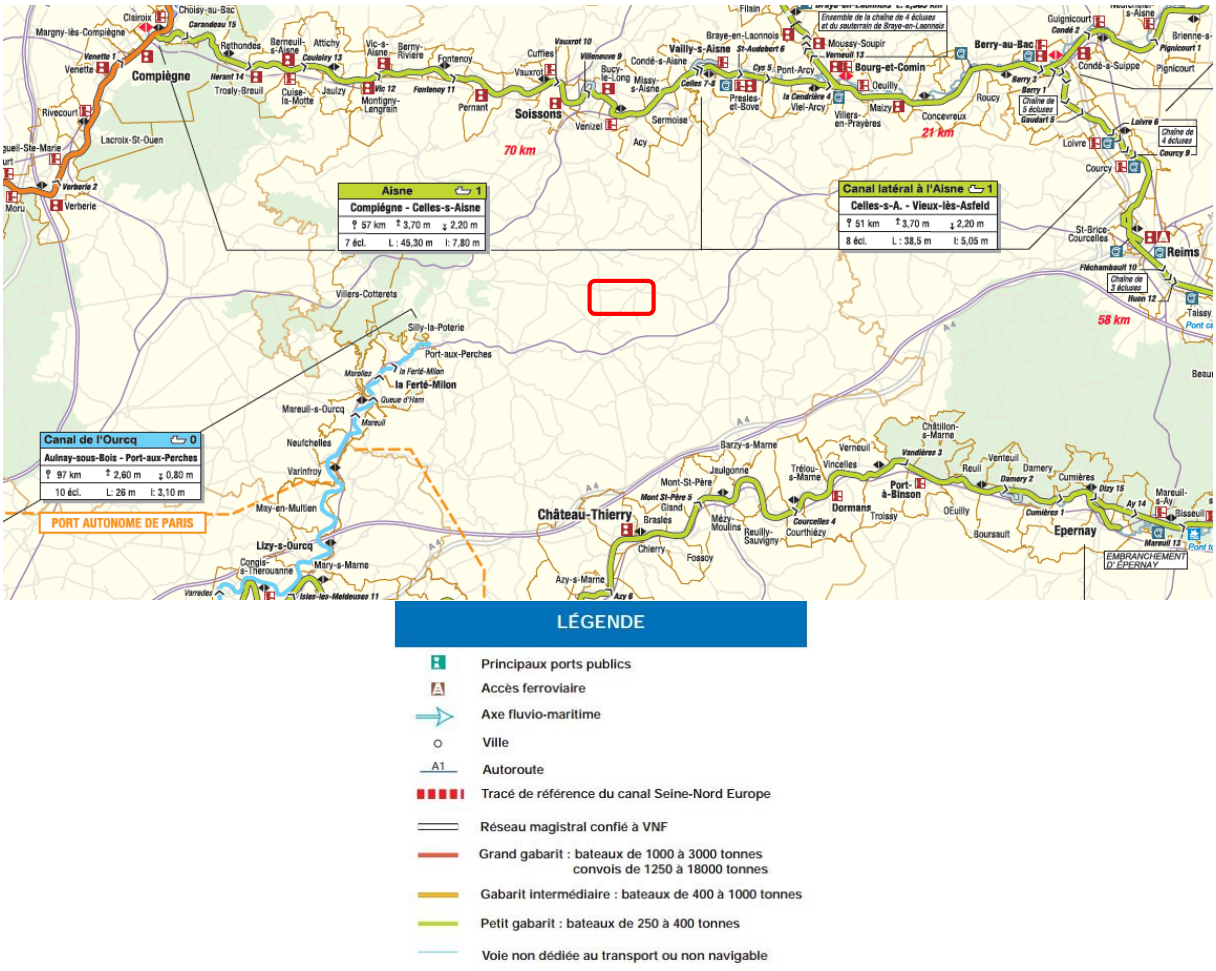
Carte 22 : Extrait de la carte du réseau ferroviaire français (source : Réseaux Ferrés de France – 2015)

Selon le DDRM de l'Aisne, la commune de la Oulchy-Breny (commune de passage de la ligne ferroviaire la plus proche du projet) n'est pas concernée par le TMD. Compte-tenu de l'éloignement des autres voies ferrées à l'aire d'étude, ce risque est considéré comme nul.

3.3.1.3 TRANSPORT FLUVIAL

Le projet ne se situe pas à proximité immédiate d'une voie navigable. Le canal le plus proche, celui de l'Aisne, se situe à plus de 18 kilomètres au nord du projet.

Aucun Transport de Matières Radioactives n'est autorisé par voie navigable.



Carte 23 : Extrait de la carte des voies navigables (source : Voies Navigables de la Région Centre – 2015)

Le transport fluvial (dont TMD) s'effectue à plus de 18 km de l'aire d'étude. Aucun barrage ni digue n'est à répertorier dans cette aire.

3.3.1.4 TRANSPORT AERIEN

- **Transport aérien civil**

Les aérodromes et aéro-club les plus proches du site sont :

- L'aérodrome de Soissons-Courmelles, à environ 15km au Nord de l'aire d'étude du projet ;
- L'aérodrome de Château-Thierry, à environ 25km au Sud de l'aire d'étude du projet ;
- L'aérodrome de Laon-Chambry à 50 km au Nord de l'aire d'étude du projet.

Associées à ces infrastructures, les servitudes aéronautiques sont destinées à assurer la protection d'un aérodrome contre les obstacles, de façon à ce que les avions puissent y atterrir et en décoller dans de bonnes conditions de sécurité et de régularité.

Différentes catégories de servitudes protègent les aérodromes notamment les servitudes aéronautiques de dégagement (S.A.D.) et les servitudes de balisage.

La DGAC a été consultée par courrier en date du 19/07/2012 (courrier joint dans l'étude d'impact ou dans le Dossier de Demande d'Autorisation d'Exploiter). **Elle ne fait mention d'aucune servitude et n'émet aucune objection à la réalisation du projet éolien de Grand-Rozoy tant que l'altitude maximale des aérogénérateurs est inférieure à 365,7m.**

- **Transport aérien militaire**

La Zone Aerienne de Défense Nord a été consultée par courrier en date du 28/08/2013 (courrier joint dans l'étude d'impact ou dans le Dossier de Demande d'Autorisation d'Exploiter). **Elle ne fait mention d'aucune servitude et n'émet aucune objection à la réalisation du projet éolien de Grand-Rozoy.**

Le présent projet ne se situe ni à proximité immédiate d'un aérodrome, ni dans le périmètre d'un couloir aérien.

3.3.2 RESEAUX PUBLICS ET PRIVES

- **Gaz**

Les DR n'existent plus et sont remplacées par les DT (déclaration de projet de travaux) qu'il est normalement obligatoire de faire. Sur le site de l'INERIS "construire sans détruire - réseaux et canalisations" GDF et GrDF ne sortent jamais en tant qu'exploitants de réseau sur la zone potentielle. Aucune DT ne leur a donc été envoyée.

- **Electricité**

Suite à la demande de renseignements, **RTE** nous informe qu'il n'y a **pas d'ouvrages exploités** par leur service au sein du secteur d'étude pressenti pour le parc éolien de Grand-Rozoy. Seule **une ligne électrique 20kV exploitée par ErDF est recensés à 70 mètres de l'aérogénérateur le plus proche (E5 bis)** (ligne Grand-Rozoy – Launoy). Il est prévu qu'elle soit enfouie sur la partie traversant l'aire d'étude. Une seconde ligne se situe en dehors de l'aire d'étude, au sud du site (lieu dit « le Pré-Sussart »).

- **Eau et assainissement**

Aucun captage d'eau potable ni périmètre de protection ne sont recensés à proximité du site d'implantation. La commune de Grand-Rozoy est alimentée par le captage d'alimentation en eau potable (AEP) de Droizy.

Un **réservoir d'eau potable** pour l'alimentation de Grand-Rozoy est situé à proximité de la voie communale reliant Grand-Rozoy à Courdoux à 350m à l'Est de l'aérogénérateur le plus proche (E2 bis).

3.3.3 AUTRES OUVRAGES PUBLICS

Aucun autre ouvrage n'est présent dans l'aire d'étude.

3.3.4 PATRIMOINE HISTORIQUE ET CULTUREL

Aucun monument historique inscrit ou classé ne se trouve au sein de l'aire d'étude.

Le monument historique classé et protégé le plus proche est l'église de Grand-Rozoy. Elle se situe à 900 m de de l'aérogénérateur le plus proche (E5 bis). La zone de protection des monuments historiques de 500 m est donc respectée.

Aucun sentier de grande randonnée ne passe dans l'aire d'étude.

Le sentier de grande randonnée le plus proche du projet est le GR Tour de l'Ornois traversant la commune de Brény. L'aérogénérateur le plus proche (E4 bis) de ce sentier se situe à une distance de 6km.

L'aire d'étude est directement traversée par une route communale reliant Courdoux à Grand-Rozoy à 130 m à l'est de l'aérogénérateur le plus proche (E5 bis). Le nouveau projet s'éloigne de la RD1, l'aérogénérateur le plus proche (E1 bis) étant à 780m contre 145m dans l'ancien projet.

La voie ferrée la plus proche est la ligne mixte non-électrifiée Reims-Meaux répertoriée à environ 5 km des aérogénérateurs du projet. Aucun Transport de Matières Dangereuses par voie routière ou ferroviaire n'est à signaler dans l'aire d'étude.

Le transport fluvial s'effectue à plus de 15 km de l'aire d'étude. Aucun barrage ni digue n'est à répertorier dans cette aire.

L'aérodrome le plus proche est celui de Soissons-Courmelles à 15km de l'aire d'étude.

Une ligne électrique HT de 20kV est recensée à 70 mètres de l'aérogénérateur le plus proche (E5 bis). Un enfouissement de cette ligne est prévu sur la partie traversant l'aire d'étude.

Aucun réseau de gaz n'est à relever dans l'aire d'étude.

Aucun captage d'Alimentation en Eau Potable (AEP) n'est relevé dans l'aire d'étude. Un réservoir d'eau potable pour l'alimentation de Grand-Rozoy est situé à proximité de la voie communale n°1 à 350m à l'Est de l'aérogénérateur le plus proche (E2 bis).

Le monument historique classé et protégé le plus proche est l'église de Grand-Rozoy, située à 900 m de l'aérogénérateur E5 bis.

3.4 CARTOGRAPHIE DE SYNTHESE

En conclusion de ce chapitre, la cartographie ci-dessous permet d'identifier géographiquement les enjeux à protéger dans la zone d'étude :

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

A partir de la *fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers*, il est possible de comptabiliser le nombre de personnes exposées.

Les personnes exposées, situées à plus de 500 m de l'aérogénérateur du présent projet, ne sont pas comptabilisées ci-dessous car hors de l'aire d'étude retenue.

Aucune habitation (ou ERP) n'est répertoriée dans l'aire d'étude. Plusieurs communes sont répertoriées au-delà de ce périmètre. Pour rappel, la commune la plus proche est **Grand-Rozoy : 285 habitants** (Valeur INSEE de 2009).

La **voie de circulation routière présente dans l'aire d'étude** est la **route communale reliant Grand-Rozoy à Courdoux.**

Cette route peut être considérée comme une **route non-structurante** (trafic routier inférieur à 2000 véhicules/jour : terrain aménagé mais peu fréquenté. Soit 1 personne permanente exposée par tranche de 10 hectares).

La présence humaine y est donc, selon la fiche n°1 mentionnée ci-dessus :

Axe de circulation	Circulation	Tronçon exposé	Présence humaine	Personnes exposée
Route communale reliant Grand-Rozoy à Courdoux	< 2000 véhicules/j	1510 m	1 personne exposée par tranche de 10 ha (largeur route 9m)	1510*9/100.000 = **0,14**

Plusieurs chemins communaux sont également répertoriés dans la zone d'implantation du projet. Il est difficile d'y comptabiliser véhicules et promeneurs. La fiche n°1 précise qu'ils ne sont pas à prendre en compte, car déjà comptabilisés en tant qu'habitants ou salariés des entreprises voisines.

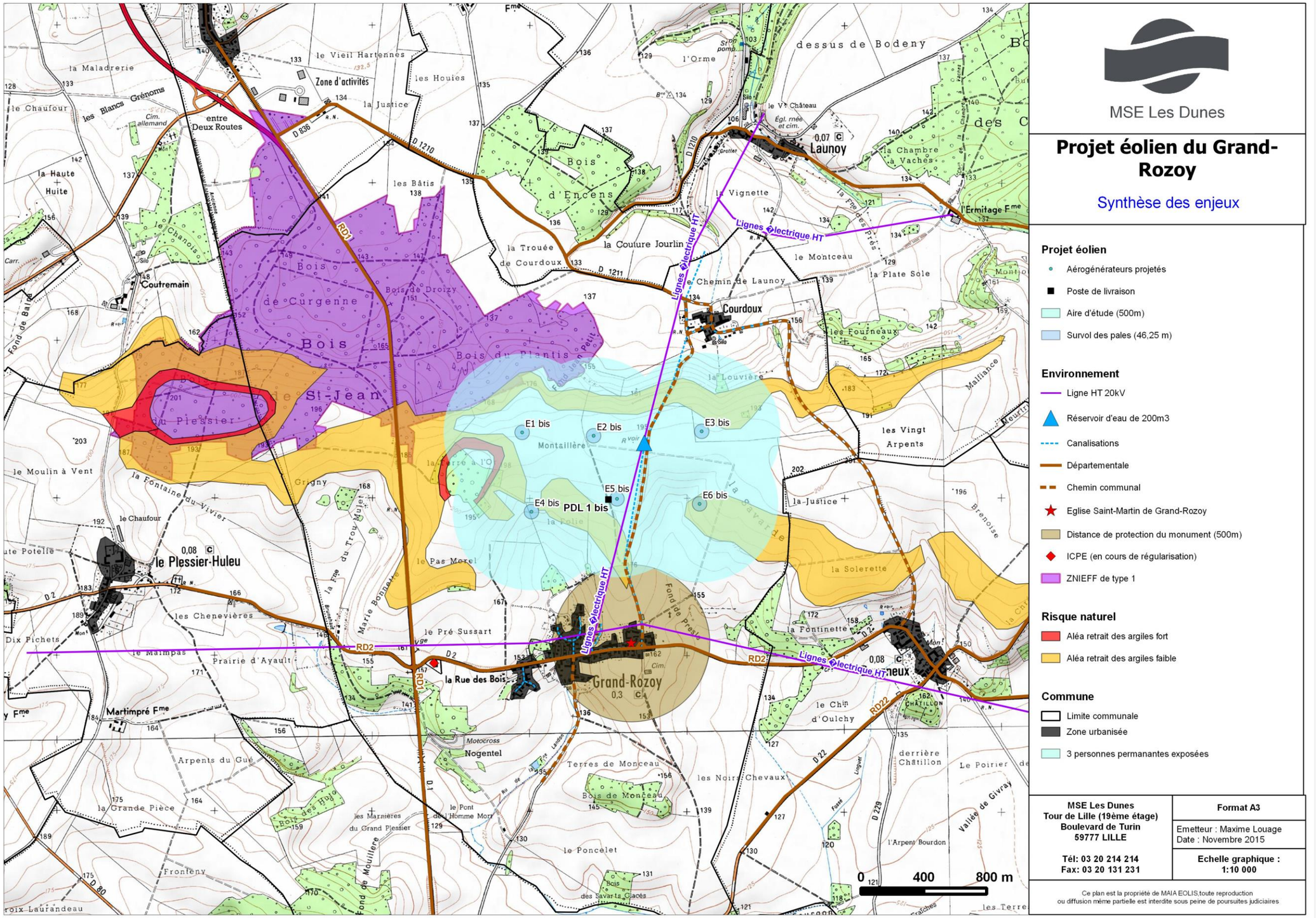
L'implantation du projet **au cœur d'îlots de culture implique la présence d'agriculteurs y travaillant**. Selon la fiche n°1 et les caractéristiques de l'environnement du projet, ces terrains peuvent être considérés comme non aménagés et très peu fréquentés soit 1 personne exposée par tranche de 100 hectares. En considérant sur un logiciel de cartographie l'implantation des 6 aérogénérateurs ainsi qu'un rayon de 500 mètres autour de ceux-ci, la zone exposée représente une surface de 2.780.000m^2 soit environ 278 hectares. On obtient ainsi **2,78 personnes exposées**.

Pour synthétiser, on peut prendre comme valeur de personnes permanentes exposées : 3 personnes permanentes exposées sur l'ensemble de l'aire d'étude (2,78+0,14=2,92).

Pour rappel et synthèse, le tableau suivant présente la distance de l'aérogénérateur le plus proche du projet aux premiers enjeux à protéger (dans (orange) et hors aire d'étude).

Type	Nom	Aérogénérateur	Distance
Réseau électrique	Lignes Haute Tension 20kV	Aérogénérateur 5 bis	70 m
Réseau d'eau	Canalisation	Aérogénérateur 5 bis	115 m
Route communale	Route de Grand-Rozoy à Courdoux	Aérogénérateur 2 bis	130 m
Zone Naturelle	ZNIEFF 1 Le Bois de Saint-Jean	Aérogénérateur 1 bis	250 m
Bois, forêt	Bois du Plantis	Aérogénérateur 1 bis	300 m
Réservoir eau potable	Alimentation Grand-Rozoy	Aérogénérateur 2 bis	350 m
Habitations	Courdoux (Grand-Rozoy)	Aérogénérateur 4 bis	570 m
Silo	Courdoux	Aérogénérateur 3 bis	600 m
Route départementale	RD1	Aérogénérateur 1 bis	800 m
Monument Historique	Eglise (Grand-Rozoy)	Aérogénérateur 5 bis	900 m
ICPE	Entreprise Travaux Agricoles	Aérogénérateur 4 bis	1100 m
Cours d'eau	Ruisseau de la Ferme Landon	Aérogénérateur 4 bis	1700 m
Voie ferroviaire	Gare de Brény	Parc éolien	5 km
Aérodrome	Aérodrome de Soissons	Parc éolien	15 km
Voie fluviale	Canal de l'Aisne	Parc éolien	18 km
Nucléaire	Centrale nucléaire de Nogent Sur Seine	Parc éolien	100 km
Mer	Côtes de la Manche	Parc éolien	160 km

Tableau 10 : Distance de l'aérogénérateur le plus proche du projet aux premiers enjeux à protéger (source : Maïa Eolis – 2015)



Carte 24 : Cartographie de synthèse des enjeux à protéger dans l'aire d'étude (source : Maïa Eolis – 2015)

4 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, au regard notamment de la sensibilité de l'environnement décrit précédemment.

4.1 CARACTERISTIQUES DE L'INSTALLATION

4.1.1 CARACTERISTIQUES GENERALES D'UN PARC EOLIEN

Un parc éolien est une centrale de production d'électricité à partir de l'énergie du vent. Il est composé de plusieurs aérogénérateurs et de leurs annexes (cf. schéma du raccordement électrique au paragraphe 4.3.1) :

- Plusieurs aérogénérateurs fixés 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 aérogénérateur vers le poste de livraison électrique (appelé « réseau inter-éolien ») ;
- Deux postes de livraison électriques, concentrant l'électricité des aérogénérateurs 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 poste de livraison vers le poste source (appelé « réseau externe » et appartenant le plus souvent au gestionnaire du réseau de distribution d'électricité) ;
- Un réseau de chemins d'accès.

- **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 sont définis comme un dispositif mécanique destiné à convertir l'énergie du vent en électricité, composé des trois principaux éléments suivants : un mât, une nacelle, le rotor auquel sont fixées les pales, ainsi que, le cas échéant, un transformateur.

Les aérogénérateurs se composent de trois principaux éléments :

- **Le rotor** qui est composé de trois pales construites en matériaux composites et réunies au niveau du moyeu. Il se prolonge dans la nacelle pour constituer l'arbre lent.
- **Le mât** est composé de 3 tronçons en acier. Le transformateur qui permet d'élever la tension électrique de l'aérogénérateur de 690 V au niveau de celle du réseau électrique égale à 20 000 V est extérieur à ce dernier pour le parc éolien de MSE Les Dunes.
- **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 (anémomètre, girouette) ;
    - le balisage diurne et nocturne nécessaire à la sécurité aéronautique.

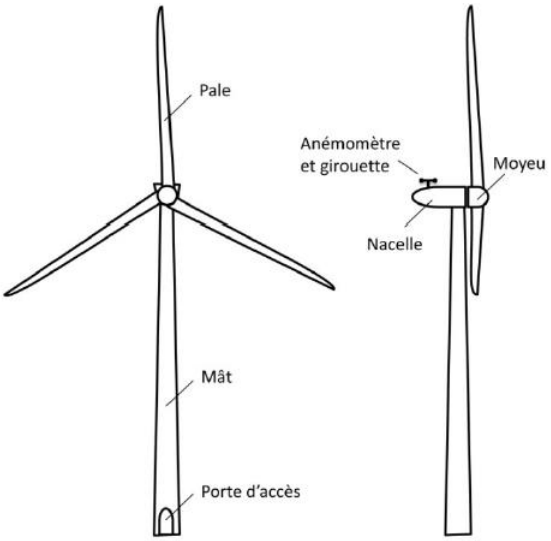


Figure 2 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur (source : EDD SER-FEE & INERIS – 2012)

- **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'aérogénérateur** 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 de 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.

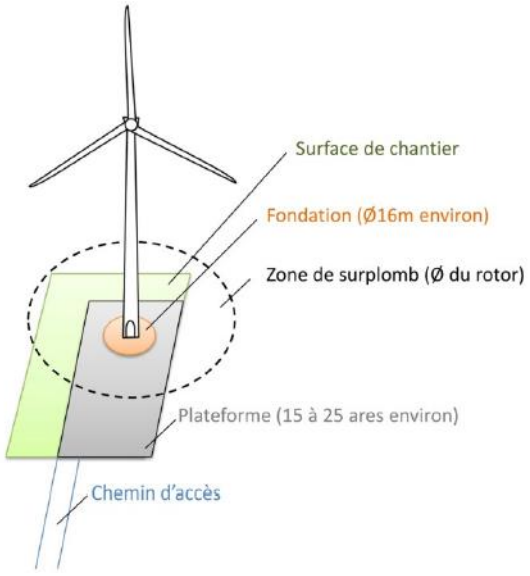


Figure 3 : Illustration des emprises au sol d'un aérogénérateur (source : EDD SER-FEE & INERIS – 2012)

- **Chemins d'accès**

Pour accéder à chaque aérogénérateur, des pistes d'accès sont aménagées pour permettre aux véhicules d'accéder aux aérogénérateurs aussi bien pour les opérations de construction 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 constituants les éoliennes et leurs annexes.

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

4.1.2 ACTIVITE DE L'INSTALLATION

L'activité principale du parc éolien de MSE Les Dunes est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent avec une hauteur (mât + nacelle) de 84,5 m. Cette installation est donc soumise à la rubrique 2980 des installations classées pour la protection de l'environnement.

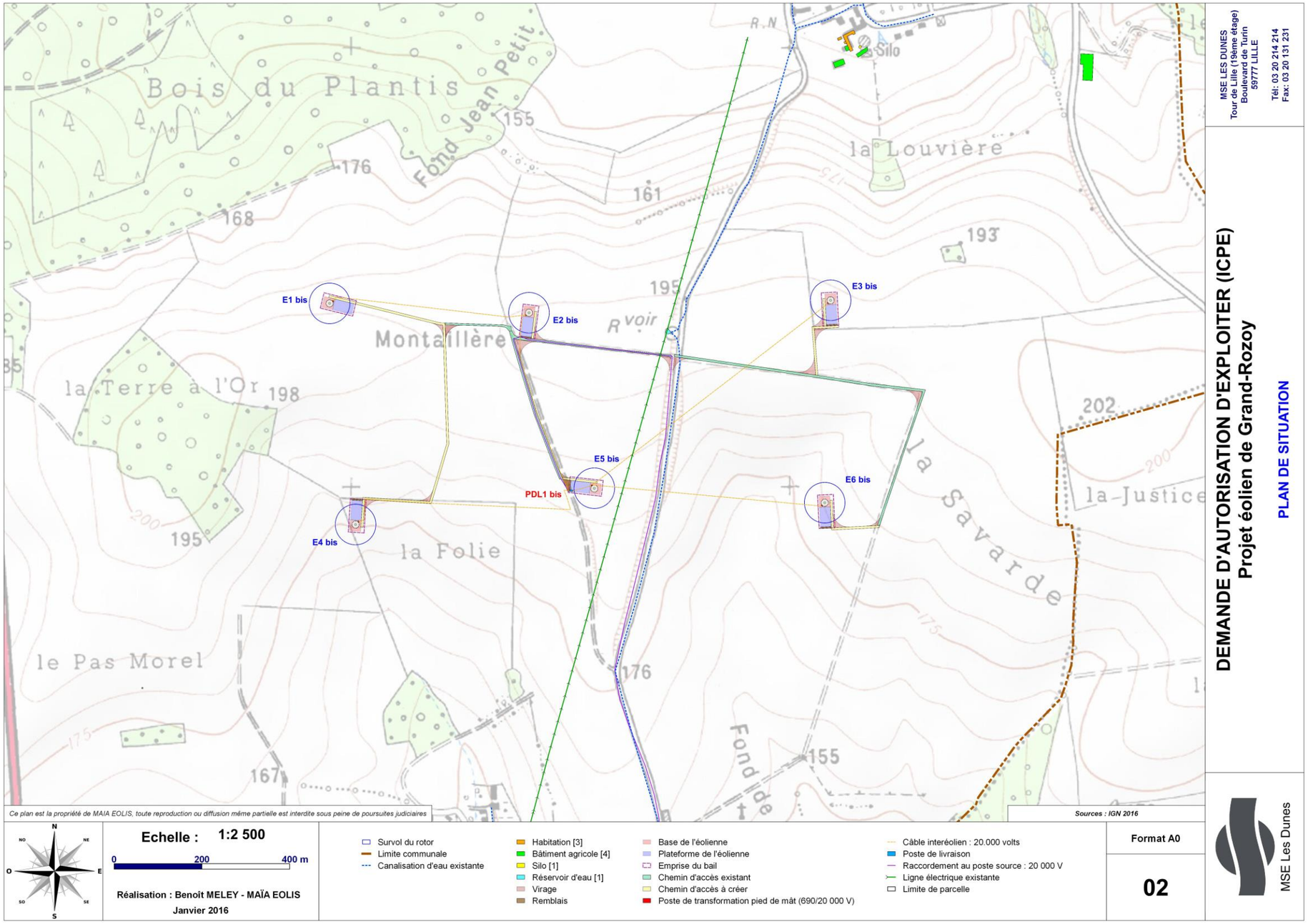
4.1.3 COMPOSITION DE L'INSTALLATION

Le parc éolien de MSE Les Dunes est composé de 6 aérogénérateurs et de 1 poste de livraison. Chaque aérogénérateur a une hauteur de moyeu de 80 mètres (soit une hauteur de mât de 84,5 m au sens de la réglementation ICPE) et un diamètre de rotor de 92,5 mètres, soit une hauteur totale en bout de pale de 126,25 mètres.

Le tableau suivant indique les coordonnées géographiques des aérogénérateurs projetés et du poste de livraison (en italique) dans le système de coordonnées NTF Lambert II étendu.

Numéro de l'éolienne	Longitude (X)	Latitude (Y)	Altitude en mètres (au sol) NGF
E1 bis	676 024	2 472 660	193
E2 bis	676 478	2 472 639	195
E3 bis	677 166	2 472 667	196
E4 bis	676 083	2 472 156	175
E5 bis	676 627	2 472 238	188
E6 bis	677 152	2 472 206	180
Poste de livraison 1bis	*676 572*	*2 472 233*	*188*

Tableau 11 : Implantation des aérogénérateurs et du poste de livraison du projet éolien de MSE Les Dunes (source : Maïa Eolis – 2015)



Carte 25 : Plan détaillé de l'installation présentant l'emplacement des aérogénérateurs, des plateformes, des postes de livraison et des câbles électriques enterrés (source : Dossier de Permis de Construire – Maïa Eolis – 2012)

4.2 FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

4.2.1 PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UN AEROGENERATEUR

4.2.1.1 PRINCIPE ET TABLEAU DE SYNTHESE DU DECOUPAGE FONCTIONNEL DE L'INSTALLATION

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

Les pales se mettent en mouvement lorsque **l'anémomètre** (positionné sur la nacelle) indique une vitesse de vent d'environ 10 km/h et c'est seulement à partir de 12 km/h que l'aérogénérateur peut être couplée au réseau électrique. Le rotor et l'arbre dit « lent » transmettent alors l'énergie mécanique à basse vitesse (entre 5 et 20 tr/min) aux engrenages du multiplicateur, dont l'arbre dit « rapide » tourne environ 100 fois plus vite que l'arbre lent. Certains aérogénérateurs sont dépourvues de multiplicateur et la génératrice est entraînée directement par l'arbre « lent » lié au rotor. La génératrice transforme l'énergie mécanique captée par les pales en énergie électrique.

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

Pour un aérogénérateur de 2 MW par exemple, la production électrique atteint 2.000 kWh dès que le vent atteint environ 50 km/h. L'électricité produite par la génératrice correspond à un courant alternatif de fréquence 50 Hz avec une tension de 690 V. La tension est ensuite élevée jusqu'à 20.000 V par un transformateur placé près de chaque aérogénérateur pour être ensuite injectée dans le réseau électrique public.

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

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

Elément de l'installation	Fonction	Caractéristiques
Fondation	Ancrer et stabiliser l'aérogénérateur dans le sol	Les fondations de l'aérogénérateur nécessitent 350 m³ de béton et 53 tonnes d'armature métallique et sont entièrement enterrées. Le dimensionnement des fondations est réalisé sur la base des descentes de charges fournies par REpower (normes IEC 61400-1). Leur dimensionnement et leur construction sont soumis au Contrôle Technique Obligatoire et à un regard et revue par REpower des designs de massifs de fondations, afin de s'assurer que ceux-ci respectent les règles et spécifications définies par REpower.
Mât	Supporter la nacelle et le rotor	Le mât est composé de 3 tronçons en acier et possède une hauteur de moyeu de 80 m.
Rotor / pales	Capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice	Le rotor possède une vitesse de rotation variable de 8 à 17 tr/min. Il est composé de trois pales construites en matériaux composites.
Nacelle	Supporter le rotor Abriter en particulier le multiplicateur, le dispositif de conversion de l'énergie mécanique en électricité (génératrice, etc.) ainsi que les dispositifs de contrôle et de sécurité	L'énergie mécanique du rotor est transmise par le multiplicateur et transformée en énergie électrique par le générateur. Le rotor du générateur tourne à grande vitesse et produit de l'électricité à une tension d'environ 690 V.
Transformateur	Elever la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau	Chaque aérogénérateur produit son électricité en 690 V (courant alternatif de fréquence 50 Hz) et dispose d'un poste de transformation 690 V/20 kV. Ces derniers sont situés à l'extérieur au pied des aérogénérateurs.
Réseau inter-éolien	Relier le transformateur de chaque aérogénérateur au point de raccordement avec le réseau public	Les câbles souterrains, d'une tension électrique de 20 kV, sont enterrés entre 1,10 et 1,20 mètre de profondeur.
Poste de livraison	Adapter les caractéristiques du courant électrique à l'interface entre le réseau privé et le réseau public	Le poste de livraison constitue la frontière entre le parc éolien et le réseau public de distribution (tension électrique de 20 kV). C'est un local fermé qui abrite les équipements de protection et comptage du parc éolien. Sa localisation est déterminée en fonction de la proximité du réseau inter-éolien et de la localisation du poste source.
Réseau externe	Evacuer l'électricité regroupée au poste de livraison vers le poste source	Réseau entièrement enterré réalisé par le gestionnaire du réseau de distribution (ERDF). Le parc éolien est finalement connecté au réseau de transport à travers un poste source 63/20 kV.

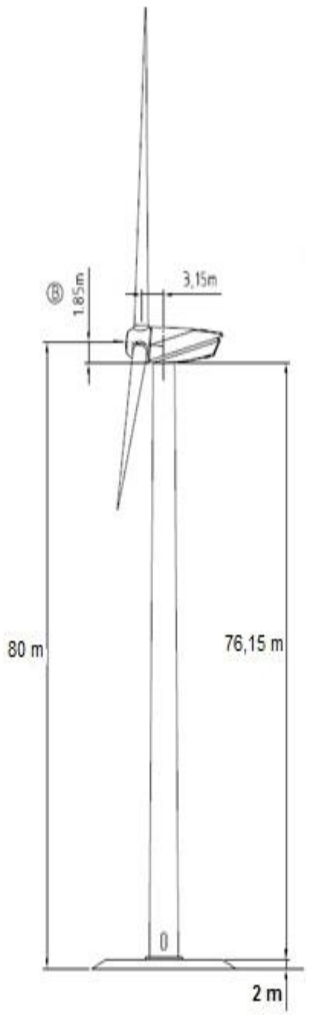
Tableau 12 : Synthèse du découpage fonctionnel de l'installation (source : Maïa Eolis et REpower - 2012)

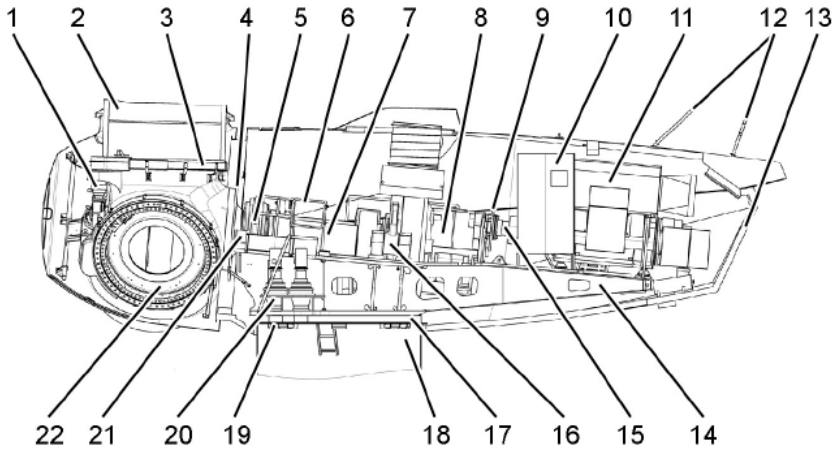
4.2.1.2 CARACTERISTIQUES DETAILLEES DE L'AEROGENERATEUR

Les caractéristiques techniques des aérogénérateurs REpower MM92 sont les suivantes :

Aérogénérateur	MM92
Puissance nominale	2050 kW
Diamètre du rotor	92,5 m
Hauteur du moyeu	80 m
Tour	Tubulaire en acier
Couleur	Blanche
Rotor :	
Type	Rotor face au vent avec système actif de réglage des pales
Sens de rotation	Sens horaire
Nombre de pales	3
Surface balayée	6720 m²
Matériau des pales	Composite en résine et fibre de verre
Vitesse de rotation	Variable : de 7,8 à 15 tr/min
Système d'orientation :	
Type	Roulement de rangée double, à quatre points de contact et denture extérieure
Entraînement	Motoréducteurs
Stabilisation	Frein à disques
Multiplicateur	Type épicycloïdal
Système électrique :	
Type de génératrice	Asynchrone à double alimentation
Classe de protection de la génératrice	IP 54
Type de convertisseur	IGBT à commande de modulation à largeur d'impulsion (MLI)
Principe de régulation	Pitch (calage électrique variable des pales) et vitesse de rotation variable
Vitesse de démarrage	3,0 m/s
Vitesse de vent nominale	12,5 m/s
Vitesse de vent de coupure	24,0 m/s
Surveillance à distance	SCADA REpower : REguard Monitoring (système de surveillance localisé à Estrées-Déniecourt dans la Somme)

Tableau 13 : Caractéristiques techniques d'un aérogénérateur REpower MM92 (source : REpower - 2011)





Ill. 4.2 - 1: Aperçu des sous-ensembles

1	Réglage des pales	12	Mât météo
2	Pale du rotor	13	Habillage de la nacelle
3	Palier de pale du rotor	14	Support machine
4	Disque de blocage du rotor	15	Accouplement
5	Palier du rotor	16	Appui de moment
6	Porte de verrouillage du rotor	17	Palier azimutal
7	Arbre du rotor	18	Mât tubulaire
8	Multiplicateur	19	Frein azimutal
9	Frein de maintien du rotor	20	Moteur azimutal
10	Cabine de la nacelle	21	Blocage du rotor
11	Génératrice	22	Moyeu du rotor

Figure 4 : Vue générale d'un aérogénérateur REpower MM92 et vue en coupe de la nacelle (source : REpower – 2011)

4.2.2 SECURITE DE L'INSTALLATION

Fonction de sécurité	Mesure de sécurité	Description
Prévenir la chute de glace et prévenir la mise en mouvement de l'aérogénérateur lors de la formation de glace	**Système de détection et stratégie d'arrêt et de redémarrage en cas de formation de givre ou glace**	Chaque aérogénérateur REpower est équipé en standard d'un système de détection redondant et correspondant à l'état de l'art, qui a été certifié par le bureau de contrôle TÜV Nord, qui permet efficacement de détecter la présence de givre aussi bien sur un aérogénérateur en rotation que sur un aérogénérateur à l'arrêt. Les conclusions de la certification du TÜV Nord sont les suivantes : *Le concept d'évaluation préalable du risque agissant sur la stratégie et chaîne de réaction de l'éolienne, de son arrêt jusqu'à son redémarrage, est consistant et logique. Le système installé par REpower pour la détection de glace sur les pales et l'arrêt des machines qui s'ensuit est plausible et en phase avec l'état de l'art technologique. L'examen du système a démontré qu'il est efficace afin d'éviter lors de la rotation du rotor des aérogénérateurs REpower la projection d'épais fragments de glace source de danger. En s'appuyant sur la stratégie et procédure de contrôle de l'aérogénérateur, il peut être déduit qu'il n'y aura pas de projection de fragments de taille importante lors du redémarrage de l'aérogénérateur lorsqu'elle aura été auparavant arrêtée sur détection de glace. La formation de glace sur un aérogénérateur à l'arrêt est comparable avec la formation de glace sur des tours, des ponts ou des mâts, et par conséquent, ne représente pas un risque significatif nécessitant de prendre des mesures additionnelles.* Les trois méthodes redondantes de détection utilisées sont : • Comparaison des mesures de vent par deux anémomètres sur la nacelle, l'un étant chauffé, l'autre non, associé à des paramètres climatiques additionnels (notamment critère de température) ; • Analyse de données de fonctionnement de l'aérogénérateur, le dépôt de givre modifiant le profil aérodynamique de la pale et impactant par conséquent la production électrique de la machine ; • Système de mesure des oscillations et des vibrations qui sont causées par le balourd provoqué par la formation de glace sur les pales qui peuvent, en cas extrême, déclencher un arrêt d'urgence (intégré dans la chaîne de sécurité de l'aérogénérateur, cf fonction de sécurité « survitesse » ci-après). Ces trois méthodes sont associées à l'envoi de codes d'état et d'information via le système SCADA. En cas de danger particulièrement élevé sur un site, des systèmes de détection redondants additionnels peuvent être envisagés, en sus des trois précédemment cités (par exemple système de mesure des fréquences propres d'oscillation des

Fonction de sécurité	Mesure de sécurité	Description
Prévenir la chute de glace et prévenir la mise en mouvement de l'aérogénérateur lors de la formation de glace	**Système de détection et stratégie d'arrêt et de redémarrage en cas de formation de givre ou glace**	pales ou bien azimut de l'aérogénérateur dans une position prédéfinie suite à la détection de givre). En cas de détection de glace, l'aérogénérateur est automatiquement mis à l'arrêt. Le redémarrage peut se faire (en fonction du site) : • Automatiquement après disparition des conditions de givre (i.e. lorsque le système de détection conclut à l'absence de glace) ; • Manuellement sur site, au terme d'une inspection visuelle concluant à l'absence de glace sur l'aérogénérateur. Tous les arrêts et redémarrages des éoliennes sont enregistrés et répertoriés dans le système SCADA. Des adaptations à ces stratégies standard de détection et d'arrêt / redémarrage peuvent être apportées de manière spécifique, selon la sensibilité du parc éolien. Pour cela, REpower demande aux exploitants de mener chaque année une évaluation des risques. Cette évaluation s'appuie sur une analyse de la présence ou non d'infrastructures dans un périmètre donné autour de l'aérogénérateur et classe les parcs selon différentes catégories de risques.
Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	**Capteurs de température agissant sur la commande de la machine**	Tous les principaux composants sont équipés de capteurs de température. Un certain nombre de seuils sont prédéfinis dans le système de contrôle de l'aérogénérateur. En cas de dépassement de seuils (caractéristiques sur chaque type d'aérogénérateur, type de composant et prédéfinis), des codes d'état associés à des alarmes sont activés et peuvent, le cas échéant, entraîner un ralentissement de la machine (bridage préventif) voire un arrêt de la machine. Tout phénomène anormal est ainsi répertorié, tracé via le système SCADA du parc et donne lieu à des analyses et si nécessaire interventions de maintenance sur site afin de corriger les problèmes constatés.
Prévenir la survitesse	**Système de freinage**	Le système de freinage comprend un frein aérodynamique principal et un frein mécanique auxiliaire. Le frein aérodynamique est assuré par les trois pales de l'aérogénérateur, chacune équipée de contrôleurs indépendants, de moteurs de calage et d'alimentation de secours, assurant un niveau élevé de redondance. Le freinage aérodynamique devient effectif en pivotant les pales jusqu'à la position dite en drapeau, avec la possibilité d'obtenir différentes vitesses de calage pour éviter les efforts trop importants. Chaque système de calage est complètement

Fonction de sécurité	Mesure de sécurité	Description
Prévenir la survitesse	**Système de freinage**	indépendant. En cas de perte de réseau, les moteurs de calage sont alimentés par des jeux d'accumulateurs. La force de freinage liée au réglage d'une seule pale est suffisante pour ralentir l'éolienne à une vitesse sécurisée. Le système de freinage est donc trois fois redondant. Le système de freinage du rotor mécanique est installé sur l'arbre rapide. Il est activé en cas de défaillance partielle ou totale des systèmes de sécurité principaux et arrête le rotor conjointement au système de réglage des pales. Il est également utilisé pour immobiliser le rotor une fois celui-ci arrêté par le système de freinage aérodynamique afin de sécuriser les opérations de maintenance. Le système de freinage est conçu pour remplir la fonction « fail safe ». Cela signifie qu'en cas de dysfonctionnement d'un composant du système, l'aérogénérateur est arrêté en toute sécurité. Des systèmes de coupure au niveau du rotor et au niveau du multiplicateur s'enclenchant en cas de dépassement de seuils de vitesse prédéfinis sont directement intégrés à la chaîne de sécurité de l'aérogénérateur. La chaîne de sécurité de l'aérogénérateur est un circuit à câblage direct dans lequel tous les contacts sont couplés en série pour déclencher un arrêt d'urgence. Lorsque la chaîne de sécurité est interrompue, l'aérogénérateur s'arrête immédiatement. La remise en marche n'est admissible que si la cause qui a entrainé son déclenchement a été éliminée. A ce jour, REpower ne recense aucun cas d'entrée en survitesse d'un de ses aérogénérateurs.
Prévenir les courts-circuits	**Opérations de maintenance**	Des vérifications de tous les composants électriques ainsi que des mesures d'isolement, serrage des câbles sont intégrées dans les procédures de maintenance préventive mises en œuvre.
Protéger l'environnement en cas de fuite et prévenir l'infiltration d'huile dans le sol	**Système de rétention** **Capteurs pression et niveau**	Les fuites depuis le moyeu ou la nacelle sont évitées par les systèmes passifs suivants : • Labyrinthe dans le spinner ; • Chicanes de récupération et de rétention d'huile dans le capotage de la nacelle ; • Collecteur de graisse sous les engrenages de l'azimut ; • Système clos pour le graissage central des couronnes et des pales ; • Utilisation d'huiles et fluides hydrauliques dont la viscosité à température ambiante est élevée. En cas malgré tout de fuite vers l'environnement extérieur, des mesures de nettoyage de l'éolienne et de dépollution des sols sont engagées.

Fonction de sécurité	Mesure de sécurité	Description
Protéger l'environnement en cas de fuite et prévenir l'infiltration d'huile dans le sol	**Système de rétention** **Capteurs pression et niveau**	Il est à noter que la technologie pitch électrique, et non pas hydraulique, mise en œuvre sur tous les aérogénérateurs REpower œuvre à une réduction considérable des risques liés aux fuites depuis le moyeu. Le groupe hydraulique et le multiplicateur entre autres sont équipés de capteurs de pression et de niveau de fluide, reliés au système de contrôle de la machine et au SCADA. En cas de phénomène anormal, des alertes sont ainsi émises et des vérifications par des équipes de maintenance peuvent être engagées. Dans les postes électriques, l'ensemble du poste constitue une rétention pour la totalité du contenu des transformateurs à huile. Les capteurs de pression et de température sont suivis en permanence sur le système de conduite de l'exploitant et des alarmes sont associées à des dépassements de seuils. Des vérifications des niveaux sont également partie intégrante des opérations de maintenance préventive, tant dans les postes électriques que dans les aérogénérateurs.
Prévenir la dégradation des pales	**Inspection**	Des contrôles visuels sont prévus à chaque maintenance. De plus, des fonctions d'alarme sont intégrées en cas de dégradation anormale des performances aérodynamiques de l'aérogénérateur (ce qui peut être causé par une dégradation des pales).
Prévenir les erreurs d'assemblage / prévenir les erreurs de maintenance / détecter les défauts qualité	**Procédure assemblage** **Procédure maintenance** **Procédures de contrôle** **Procédure qualité**	Les procédures de certification-type des aérogénérateurs, couplées aux procédures de qualification fournisseurs, contrôles qualité, respect scrupuleux des instructions de montage et maintenance des machines, permettent d'assurer un niveau de sécurité important. De plus, REpower impose des contrôles supplémentaires : • Vérification de la compatibilité des aérogénérateurs avec les conditions de vent du site en phase d'avant-projet ; • Revue des designs des massifs de stabilité lorsqu'ils ne font pas partie du périmètre de fourniture de REpower.
Prévenir la dégradation de l'état des équipements	**Inspection**	Toutes les pièces de l'aérogénérateur sont protégées contre la corrosion et les autres influences néfastes de l'environnement au moyen d'un revêtement spécial à plusieurs couches. Le système de revêtement satisfait aux exigences de la norme ISO 12944. Des contrôles visuels
Prévenir la dégradation de l'état des équipements	**Inspection**	sont prévus lors de toutes les maintenances préventives, suivant les préconisations du manuel de maintenance.

Fonction de sécurité	Mesure de sécurité	Description
Prévenir le fonctionnement de l'aérogénérateur en cas de vents forts	**Détection vents forts + alarme automate + arrêt automatique**	La procédure de coupure sera lancée si la vitesse du vent est supérieure à la vitesse du vent de coupure, en valeur moyennée sur 10 min. Cependant, pour faire face aux rafales, l'aérogénérateur lancera également la procédure de coupure si la vitesse du vent dépasse certains seuils prédéfinis dans le système de contrôle de l'aérogénérateur en valeur moyennée sur 30s, ou en valeur moyennée sur 1s. La procédure d'arrêt fera pivoter les pales en position drapeau et arrêtera l'aérogénérateur en toute sécurité.
Protection incendie de l'aérogénérateur **Intervention incendie**	**Système de protection contre la foudre / conception de l'aérogénérateur**	L'aérogénérateur est pourvue d'une installation de protection anti-foudre et satisfait au degré de protection défini dans la norme internationale IEC 61024-1 II. La foudre est capturée par des récepteurs dans les pales du rotor et déviée depuis le rotor vers le mât via des contacts glissants et des éclateurs. Le courant de foudre est ainsi dérivé dans le sol via des prises de terre de fondation. Globalement, l'aérogénérateur REpower est de Classe de Protection Foudre 1 (LPC 1). Par ailleurs le design global de l'aérogénérateur est fait pour minimiser les risques d'incendie : • Transport de l'énergie produite par l'aérogénérateur entre nacelle et pied de mât par gaine–barres, afin d'assurer une protection optimale en cas de court-circuit ; • Capteurs de températures sur les principaux composants de l'éolienne agissant, si nécessaire, en cas de dépassements de seuils, sur le fonctionnement de la machine (bridage voire mise à l'arrêt et envoi d'alarme via le système SCADA) ; • Transformateur à huile implanté hors de l'aérogénérateur. En outre, un système de détection incendie relié à une alarme est mis en œuvre : des détecteurs sont placés au voisinage des principaux composants électriques (transformateur, cellules, convertisseur, génératrice) et permettent, en cas de détection : • D'arrêter l'aérogénérateur ; • D'émettre une alarme sonore afin d'informer les éventuelles équipes de maintenance en cours d'intervention dans l'aérogénérateur ; • D'émettre une alarme informant immédiatement de la survenance de l'incendie, ce qui peut lui
Protection incendie de l'aérogénérateur	**Système de protection contre la foudre /**	• permettre d'informer les services de secours. Il est enfin à noter que les analyses de risques internes menées par REpower (AMDEC) confirment le caractère tout à fait improbable d'une perte de contrôle totale de

Fonction de sécurité	Mesure de sécurité	Description
Intervention incendie	**conception de l'aérogénérateur**	l'aérogénérateur du fait d'un incendie. En effet, si un incendie se déclare en nacelle ou dans le mât, le système de freinage principal de l'aérogénérateur (frein aérodynamique par pitch) reste fonctionnel et permet la mise en arrêt de l'aérogénérateur. Si un incendie se déclare dans le moyeu, il est considéré comme improbable qu'il entraîne simultanément, sans défaillance préalable et sans signe avant-coureur la mise hors d'état des trois systèmes autonomes et indépendants de pitch.
Prévenir les intrusions	**Porte verrouillable anti-panique**	Les portes des aérogénérateurs et des postes électriques sont équipées de serrures ainsi que d'un système anti-panique (elles peuvent être ouvertes de l'intérieur même si elles sont verrouillées à l'extérieur). Des procédures claires de fermeture des portes ont été rédigées et communiquées à l'ensemble des intervenants sur le parc et des vérifications sont régulièrement menées. Ces portes sont toujours verrouillées en cas d'absence de personnel dans la machine ou le poste. Le personnel verrouille également la porte dès qu'il effectue des opérations qui font sortir cette dernière de son champ de vision (montée dans l'aérogénérateur, travail dans le poste uniquement …). L'ouverture de la porte de l'aérogénérateur enclenche l'allumage automatique des éclairages de l'aérogénérateur. L'ouverture des postes électriques entraîne leur allumage ainsi qu'une alarme visuelle et sonore sur le système de contrôle à distance des aérogénérateurs de Maïa Eolis. Les portes de ces postes se verrouillent automatiquement dès qu'elles sont fermées.

Tableau 14 : Mesures de sécurité des installations (source : REpower – 2011)

4.2.3 OPERATIONS DE MAINTENANCE DE L'INSTALLATION

Les opérations de maintenance préventives préconisées par REpower sont détaillées dans des manuels dédiés. Le suivi de ces préconisations est impératif car leur respect conditionne le maintien opérationnel de l'aérogénérateur et de ses fonctions de sécurité. Le manuel de maintenance de chaque aérogénérateur est par ailleurs dûment établi et validé dans le cadre de sa certification-type.

Ces opérations incluent des contrôles visuels, serrages, graissages, changement d'huile, vérification de niveaux, test des systèmes de sécurité, remplacement des charbons des collecteurs, mesures de niveau d'isolement électrique, … Ces opérations sont détaillées et regroupées par ensemble fonctionnel de l'aérogénérateur : ils constituent une check-list suivie par les équipes de maintenance, dûment renseignée, signée, et mise à la disposition des exploitants. A la sortie de garantie du parc éolien, Maïa Eolis effectuera les maintenances conformément aux recommandations du constructeur.

Ci-après les rubriques du manuel de maintenance de l'aérogénérateur REpower MM92 :

- Contrôles visuels généraux
- Pales (vérifications visuelles, relevé des cartes foudre)
- Ecrous de pale (serrages)
- Roulements de pale
- Système de pitch (orientation de la pale)
- Moyeu
- Roulement du rotor
- Système de blocage du rotor
- Multiplicateur
- Slip ring (collecteur à bagues rotatives)
- Frein de sécurité actif
- Accouplement
- Génératrice
- Groupe hydraulique
- Système de refroidissement du convertisseur
- Freins d'azimut
- Roulement d'azimut
- Mécanisme d'orientation de la nacelle
- Système électrique (câbles / gaines à barre)
- Equipement de la tour
- Système de contrôle commande et convertisseur
- Transformateur sec en pied de mât
- Câbles électriques en haut de mât
- Cellules HTA
- Câblage électrique en pied de mât
- Fonctions de sécurité
- Nettoyage de l'aérogénérateur
- Massif de fondation
- Environnement de l'aérogénérateur

Diverses opérations de maintenance sont réalisées suivant un cycle et des protocoles de maintenance définis selon les préconisations et le manuel du constructeur. Chaque maintenance ou dépannage est archivé dans le registre de suivi de l'installation. Le tableau suivant présente un extrait du cycle de ces maintenances.

Parc éolien	**Année**										
	0	**0,5**	**1**	**1,5**	**2**	**2,5**	**3**	**3,5**	**4**	**4,5**	**5**
Maintenance 500 H (Torquage tour, pales ...)	X										
Maintenance semi-annuelle (Contrôle pièces d'usure, graissage, nettoyage et inspections visuelles) (1 jour / aérogénérateur)		X		X		X		X		X	
Maintenance annuelle (semi-annuelle + convertisseur et transformateur + serrage + tests sécurité (survitesse, arrêt urgence)) (3 jours / aérogénérateur)			X		X		X		X		
Maintenance de reprise (Torquage tour, pales, vidanges ...) (3-4 jours / aérogénérateur)			X								
Maintenance Haute Tension (Maintenance réseau HTA inter-éolien + poste de livraison) (1 jour / parc)					X				X		
Inspections périodiques (électricité, moyens d'extinction, engins de levage)	X		X		X		X		X		
Maintenance 5 ans (Vidange motoréducteur yaw, pitch + nettoyage centrale de graissage) (3-4 jours / aérogénérateur)											X
Inspections de pales (1 jour / aérogénérateur)	Tous les 2/3 ans (évolutif selon l'âge de l'aérogénérateur)										
Réparations de pales	Selon inspections de pales et maintenances										
Dépannages (dont remplacement de pièces)	Tout au long du fonctionnement du parc éolien										

Tableau 15: Planning prévisionnel des maintenances (source : Maïa Eolis et REpower – 2012)

4.2.4 STOCKAGE ET FLUX DE PRODUITS DANGEREUX

Conformément à l'article 16 de l'arrêté du 26 août 2011, aucun produit dangereux ne sera stocké dans les aérogénérateurs du parc de MSE Les Dunes.

De l'huile et de la graisse sont nécessaires au bon fonctionnement des installations, mais sont alors en circulation dans les machines. Le flux de produit dangereux est créé par les opérations de maintenance qui peuvent nécessiter une vidange ou un nettoyage : les huiles et graisses neuves sont amenées dans les aérogénérateurs puis les huiles usagées et les chiffons souillés sont évacués des aérogénérateurs.

Le volume de ces déchets est difficile à estimer mais il sera inférieur à 30 litres par semaine en moyenne pour les chiffons et contenants souillés, pour un volume de renouvellement maximum d'huile et de graisse de 600 litres/an/aérogénérateur.

4.3 FONCTIONNEMENT DES RESEAUX DE L'INSTALLATION

4.3.1 RACCORDEMENT ELECTRIQUE

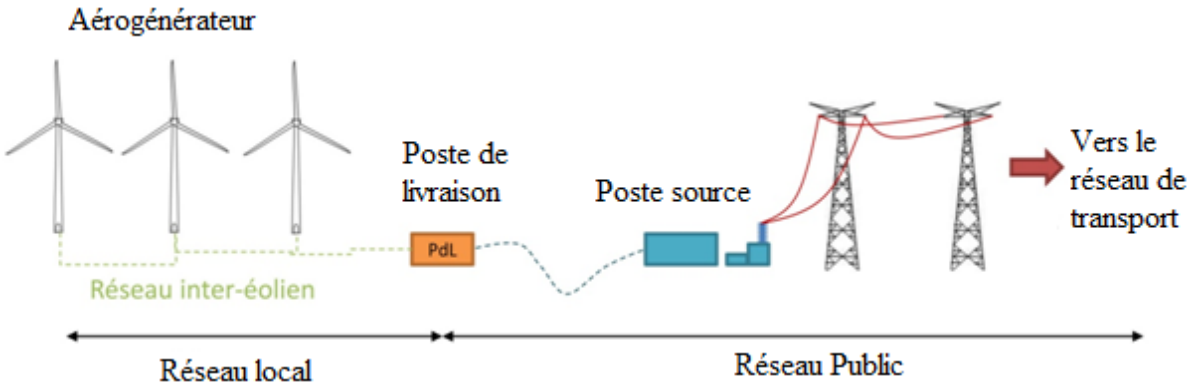


Figure 5 : Raccordement électrique prévisionel des installations de MSE Les Dunes (source : EDD SER-FEE & INERIS – 2012)

- **Réseau inter-éolien**

Le réseau inter-éolien permet de relier le transformateur, situé à l'extérieur du mât, à proximité immédiate, dans un local fermé, au point de raccordement avec le réseau public. Ce réseau comporte également une liaison de télécommunication qui relie chaque aérogénérateur au terminal de télésurveillance basé à Estrées-Déniecourt dans la Somme (80). Ces câbles constituent le réseau interne de la centrale éolienne, ils sont enterrés entre 1,10 et 1,20 mètre de profondeur.

- **Poste de livraison**

Le poste de livraison est le nœud de raccordement de tous les aérogénérateurs avant que l'électricité ne soit injectée dans le réseau public. Situé à proximité de l'aérogénérateur E5 bis, il constitue la frontière entre le parc éolien et le réseau public de distribution. Le poste de livraison est un local fermé qui abrite les équipements de protection et de comptage du parc éolien.

La localisation exacte de l'emplacement du poste de livraison est fonction de la proximité du réseau inter-éolien et de la localisation du poste source vers lequel l'électricité est ensuite acheminée.

- **Réseau électrique externe**

Le réseau électrique externe relie le poste de livraison avec le poste source (réseau public de transport d'électricité). Ce réseau est réalisé par le gestionnaire du réseau de distribution (généralement ERDF- Électricité Réseau Distribution France) ; il est entièrement enterré.

4.3.2 AUTRES RESEAUX

Le parc éolien de MSE Les Dunes 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.

5 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 aérogénérateurs, des produits contenus dans l'installation, des modes de fonctionnement, etc.

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

5.1 POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX PRODUITS

L'activité de production d'électricité par les aérogénérateurs 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 de MSE Les Dunes sont utilisés pour le bon fonctionnement des aérogénérateurs, leur maintenance et leur entretien :

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

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

5.1.1 LES PRODUITS ENTRANTS

Les produits référencés dans ce paragraphe sont utilisés pour le fonctionnement du parc (huiles, gaz …), la maintenance et l'entretien de l'installation (graisses, solvants, peintures …). Pour chaque produit identifié, les dangers ont été inventoriés à partir de leur Fiche de Données Sécurité.

Le tableau ci-dessous synthétise les dangers liés aux produits présents sur site ou pouvant y être amenés. Ces dangers dépendent de 3 facteurs :

- Les caractéristiques dangereuses de ce produit ;
- La quantité de produit utilisée ;
- Les conditions d'utilisation.

Nom du produit *(Fabricant)*	Type de produit	Emploi	Quantités maximales utilisées	Classification	Phrases de risque (R) Phrases de prudence (S)	Commentaires
Plantohyd 46S *(Fuchs)*	Huile	Groupe hydraulique	6L / an / machine	-	-	Point éclair 300°C Non explosif
Mobilgear SHC XMP 320 *(ESSO)*	Huile	Motoréducteurs yaw (4) Multiplicateur	570 L / machine	-	-	Point éclair 205°C
Optigear Synthetic A 320 *(CASTROL)*	Huile	Motoréducteurs yaw (4) Multiplicateur	570 L / machine		R43 : Peut entraîner une sensibilisation par contact avec la peau R52/53 : Nocif pour les organismes aquatiques, peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique S28 : Après contact avec la peau, se laver immédiatement et abondamment avec de l'eau et du savon S36/37/39 : Porter un vêtement de protection approprié, des gants et un appareil de protection des yeux/du visage S61 : Eviter le rejet dans l'environnement. Consulter les instructions spéciales/la fiche de données de sécurité	Remplacement possible par la Mobilgear SHC XMP 320
Optigear Synthetic X 320 *(CASTROL)*	Huile	Motoréducteurs yaw (4) Multiplicateur	570 L / machine	-	-	Idem ci-dessus
Mobilgear SHC XMP 150 *(ESSO)*	Huile	Motoréducteurs pitch (3)	20 L	-	-	Point éclair >218°C
Mobilith SHC 100 *(ESSO)*	Graisse	Roulements génératrice	0,5 kg / an / machine	-	-	Cartouche Point éclair >204°C
Molykote Longterm 2 plus *(Dow)*	Graisse	Roulements yaw et pales	6 kg / an / machine	-	S24/25 : Eviter le contact avec la peau et les yeux S51 : Utiliser seulement dans des zones bien ventilées	Cartouche Non explosif
Graisse neutre silicone	Graisse	Graissage connexions HTA	10 ml / an / machine	-	-	Tube 20 mL

Nom du produit *(Fabricant)*	Type de produit	Emploi	Quantités maximales utilisées	Classification	Phrases de risque (R) Phrases de prudence (S)	Commentaires
Graisse LGEP 2 *(SKF)*	Graisse	Roulement principal rotor	6 kg / an / machine		R38 : Irritant pour la peau R41 : Risque de lésions oculaires graves R51/53 : Toxique pour les organismes aquatiques, peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique S24/25 : Eviter le contact avec la peau et les yeux S37 : Porter des gants appropriés	Cartouche Non inflammable mais combustible Point éclair >150°C
OKS 495 *(OKS)*	Graisse	Engrenage extérieur yaw	0,5 kg / an / machine	-	R53: Peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement	Non explosif
Aquabase *(Ambratec)*	Dégraissant	Nettoyage sols de l'aérogénérateur	5 L / an / machine	 	R38 : Irritant pour la peau R41 : Risque de lésions oculaires graves R43 : Peut entraîner une sensibilisation par contact avec la peau R52/53 : Nocif pour les organismes aquatiques, peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique S2 : Conserver hors de portée des enfants S24 : Eviter le contact avec la peau S26 : En cas de contact avec les yeux, laver immédiatement et abondamment avec de l'eau et consulter un spécialiste S37 : Porter des gants appropriés S46 : En cas d'ingestion, consulter immédiatement un médecin et lui montrer l'étiquette ou l'emballage S64 : En cas d'ingestion, rincer la bouche avec de l'eau (seulement si la personne est consciente)	Non explosif En alternance avec Proroc, selon commandes

Nom du produit *(Fabricant)*	Type de produit	Emploi	Quantités maximales utilisées	Classification	Phrases de risque (R) Phrases de prudence (S)	Commentaires
Dinitrol 4010 *(Dinol)*	Protection anticorrosion	Correction peintures pour protection puis peinture Principalement en extérieur (escaliers), très peu en intérieur	Selon utilisation	 	R10 : Inflammable R52/53 : Nocif pour les organismes aquatiques, peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique R66 : L'exposition répétée peut provoquer dessèchements ou gerçures de la peau R67 : L'inhalation de vapeurs peut provoquer somnolence et vertiges S2 : Conserver hors de portée des enfants S23 : Ne pas respirer les aérosols S29/56 : Ne pas jeter les résidus à l'égout, éliminer ce produit et son récipient dans un centre de collecte des déchets dangereux ou spéciaux S36 : Porter un vêtement de protection approprié S43 : En cas d'incendie, utiliser du sable, du dioxyde de carbone ou un agent d'extinction à poudres inertes. Ne jamais utiliser d'eau S46 : En cas d'ingestion, consulter immédiatement un médecin et lui montrer l'étiquette ou l'emballage	Récipient sous pression
WD40 Aérosol *(WD40)*	Protection anticorrosion	Tout l'aérogénérateur	Très peu		R66 : L'exposition répétée peut provoquer dessèchements ou gerçures de la peau S23 : Ne pas respirer les vapeurs/aérosols S24 : Eviter le contact avec la peau S35 : Ne pas se débarrasser de ce produit et de son récipient qu'en prenant toutes les précautions d'usage S46 : En cas d'ingestion, consulter immédiatement un médecin et lui montrer l'étiquette ou l'emballage S51 : Utiliser seulement dans des zones bien ventilées	Récipient sous pression

Nom du produit *(Fabricant)*	Type de produit	Emploi	Quantités maximales utilisées	Classification	Phrases de risque (R) Phrases de prudence (S)	Commentaires
Esso HD Hand Cleaner *(ESSO)*	Solution aqueuse	Nettoyage mains	-	-	-	-
Nettoyant freins aerosol *(Orapi)*	Dégraissant	Dégraissage des disques de frein	6 bombes / an / machine		R11 : Facilement inflammable R36/38 : Irritant pour les yeux et la peau R50/53 : Très toxique pour les organismes aquatiques, peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement R67 : L'inhalation de vapeurs peut provoquer somnolence et vertiges S16 : Conserver à l'écart de toute flamme ou source d'étincelles – Ne pas fumer S23 : Ne pas respire les aérosols S26 : En cas de contact avec les yeux, laver immédiatement et abondamment avec de l'eau et consulter un spécialiste S37 : Porter des gants appropriés S61 : Eviter le rejet dans l'environnement. Consulter les instructions spéciales/la fiche de données de sécurité	Récipient sous pression Point éclair <21°C
Proroc *(LaboReal)*	Dégraissant	Nettoyage sols de l'éolienne	5 L / an / machine		R36/38 : Irritant pour les yeux et la peau S2 : Conserver hors de portée des enfants S24/25 : Eviter le contact avec la peau et les yeux S26 : En cas de contact avec les yeux, laver immédiatement et abondamment avec de l'eau et consulter un spécialiste S27 : En cas de contact avec la peau, laver immédiatement et abondamment avec de l'eau S37/39 : Porter des gants et lunettes de protection	Non explosif En alternance avec Aquabase, selon commandes

Nom du produit *(Fabricant)*	Type de produit	Emploi	Quantités maximales utilisées	Classification	Phrases de risque (R) Phrases de prudence (S)	Commentaires
RAL Spray acrylique *(Motip Dupli)*	Peinture	Toute retouche de peinture	Selon utilisation		R12 : Extrêmement inflammable R36 : Irritant pour les yeux R66 : L'exposition répétée peut provoquer dessèchements ou gerçures de la peau R67 : L'inhalation de vapeurs peut provoquer somnolence et vertiges S2 : Conserver hors de portée des enfants S16 : Conserver à l'écart de toute flamme ou source d'étincelles – Ne pas fumer S23 : Ne pas respirer les aérosols S24/25 : Eviter le contact avec la peau et les yeux S29/56 : Ne pas jeter les résidus à l'égout, éliminer ce produit et son récipient dans un centre de collecte des déchets dangereux ou spéciaux S46 : En cas d'ingestion, consulter immédiatement un médecin et lui montrer l'étiquette ou l'emballage S51 : Utiliser seulement dans des zones bien ventilées	Récipient sous pression
Galvanisant brillant *(Motip Dupli)*	Peinture	Retouches de peinture sur les surfaces galvanisées (échelles, trappes …)	Selon utilisation		R12 : Extrêmement inflammable R36/37 : Irritant pour les yeux et les voies respiratoires R66 : L'exposition répétée peut provoquer dessèchements ou gerçures de la peau R67 : L'inhalation de vapeurs peut provoquer somnolence et vertiges S2 : Conserver hors de portée des enfants S23 : Ne pas respirer l'aérosol S26 : En cas de contact avec les yeux, laver immédiatement et abondamment avec de l'eau et consulter un spécialiste S46 : En cas d'ingestion, consulter immédiatement un médecin et lui montrer l'étiquette ou l'emballage S51 : Utiliser seulement dans des zones bien ventilées	Récipient sous pression

Nom du produit *(Fabricant)*	Type de produit	Emploi	Quantités maximales utilisées	Classification	Phrases de risque (R) Phrases de prudence (S)	Commentaires
Ecrimetal *(Intrama)*	Peinture	Ecriture sur les écrous (torquage)	Très peu		R10 : Inflammable R66 : L'exposition répétée peut provoquer dessèchements ou gerçures de la peau R67 : L'inhalation de vapeurs peut provoquer somnolence et vertiges	Point éclair 27,5°C

Tableau 16 : Produits entrants de l'installation (source : Maïa Eolis et REpower – 2012)

Symbole de danger	Signification
	Ces produits ont un ou plusieurs des effets suivants : ils empoisonnent à forte dose, ils sont irritants pour les yeux, la peau ou les voies respiratoires, ils peuvent provoquer des allergies cutanées (eczémas et ils peuvent provoquer une somnolence ou des vertiges.
	Ces produits peuvent s'enflammer, suivant le cas : au contact d'une flamme, d'une étincelle, d'électricité statique, sous l'effet de la chaleur, de frottements, au contact de l'air, au contact de l'eau s'ils dégagent des gaz inflammables.
	Ces produits provoquent des effets néfastes sur les organismes du milieu aquatique (poisons, crustacés, algues, autres plantes aquatiques …).

Tableau 17 : Signification des symboles de danger (source : www.inrs.fr – 2012)

5.1.2 LES PRODUITS SORTANTS

Les produits sortants sont constitués des déchets issus des maintenances et des dépannages :

Code	Désignation	Contenu	Quantités émises	Stockage avant enlèvement	BSD	Opération de traitement
13 02 06	Huiles usagées	Huiles issues des vidanges lors des opérations de maintenance et de dépannage	570L / an / aérogénérateur	Cuve fermée sur rétention	Oui	Régénération
15 01 01	Cartons	Contenants des produits utilisés lors des maintenances	-	Container fermé	Non	Recyclage
15 01 02	Emballages plastiques	Contenants des produits utilisés lors des maintenances	-	Container fermé	Non	Recyclage
15 02 02	Matériaux souillés	Chiffons, contenants souillés par de la graisse, de l'huile, de la peinture …	250 kg / maintenance	Bacs fermés sur rétention	Oui	Valorisation énergétique
16 01 07	Filtres à huile ou carburant	Filtres remplacés lors des opérations de maintenance et de dépannage	60 kg / maintenance	Fûts fermés sur rétention	Oui	Recyclage
16 05 04	Aérosols	Aérosols usagés de peinture, graisse, solvants … utilisés lors des maintenances et dépannages	10 kg / maintenance	Fûts fermés sur rétention	Oui	Traitement
16 06 01	Batteries au plomb et acide	Batteries des équipements électriques et électroniques remplacées lors des maintenances et dépannages	-	Bacs sur rétention	Oui	Recyclage
17 04 11	Câbles alu	Câbles électriques remplacés lors des maintenances	-	Bacs	Non	Recyclage
20 01 35	DEEE	Disjoncteurs, relais, condensateurs, sondes, prises de courant …	60 kg / maintenance	Bacs	Oui	Recyclage
20 01 40	Ferraille	Visserie, ferrailles diverses …	-	Bacs	Non	Recyclage
20 03 01	DIB	Equipements de Protection Individuelle usagés, déchets divers (alimentaires, poussières …)	-	Container fermé	Non	Valorisation énergétique

BSD = Bordereau de Suivi des Déchets - DEEE =Déchets d'Equipement Electrique et Électronique - DIB = Déchets Industriels Banaux

Tableau 18 : Produits sortants de l'installation (source : Maïa Eolis et REpower – 2011)

5.2 POTENTIELS DE DANGERS LIES AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

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

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

Ces dangers potentiels sont recensés dans le tableau suivant :

Installation du système	Fonction	Phénomène redouté	Danger* potentiel
Pale	Prise au vent	Bris de pale ou chute de pale	Energie cinétique d'éléments de pales
Système de transmission	Transmission d'énergie mécanique	Survitesse	Echauffement des pièces mécaniques et flux thermique
Nacelle	Protection des équipements destinés à la production électrique	Chute de la nacelle ou d'éléments	Energie cinétique de la nacelle ou des éléments
Nacelle	Protection des équipements destinés à la production électrique	Court-circuit interne	Arc électrique
Nacelle	Protection des équipements destinés à la production électrique	Fuite d'huile	Toxicité / Nocivité
Aérogénérateur	Production d'énergie électrique à partir d'énergie éolienne	Effondrement	Energie cinétique de chute
Intérieur de l'aérogénérateur	Réseau électrique	Court-circuit interne des équipements électriques	Arc électrique
Poste de transformation	Réseau électrique	Court-circuit interne	Arc électrique
Poste de transformation	Réseau électrique	Fuite d'huile	Toxicité / Nocivité
Câbles électriques enterrés	Réseau électrique	Coupure / Cisaillement	Arc électrique
Poste de livraison	Réseau électrique	Court-circuit interne	Arc électrique

Tableau 19 : Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation (source : Maïa Eolis – 2012)

Danger : cette notion définit une propriété intrinsèque à une substance, à un système technique, à une disposition, à un organisme … de nature à entraîner un dommage sur un « élément vulnérable » (source : circulaire du 10/05/2010).

5.3 REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS A LA SOURCE

5.3.1 PRINCIPALES ACTIONS PREVENTIVES

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

L'implantation des aérogénérateurs du présent projet a été effectuée de façon à les éloigner le plus possible des enjeux, à savoir :

- Limiter le nombre d'axes routiers dans l'aire d'étude ;
- Assurer un éloignement des habitations supérieur aux 500 m réglementaires ;
- Assurer un éloignement suffisant aux lignes électriques, selon les recommandations de RTE notamment (hauteur de l'aérogénérateur en bout de pale par rapport au pied du mât et au câble le plus proche + 10 mètres de sécurité soit 136,5 m dans le cas du présent projet), ou **enfouir les lignes dont l'éloignement est insuffisant.**

5.3.2 UTILISATION DES MEILLEURES TECHNIQUES DISPONIBLES

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

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

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

6 ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE

Il n'existe actuellement aucune base de données officielle recensant l'accidentologie dans la filière éolienne. Néanmoins, il a été possible d'analyser les informations collectées en France et dans le monde par plusieurs organismes divers (associations, organisations professionnelles, littératures spécialisées …). 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 8. pour l'analyse détaillée des risques.

6.1 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 de MSE Les Dunes. 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 (Mai 2012).

Plusieurs sources ont été utilisées pour effectuer ce recensement. Il s'agit à la fois de sources officielles, d'articles de le presse locale ou de base 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 (*http://www.aria.developpementdurable. gouv.fr/*) ;
- 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 notamment pour les incidents les moins graves.

Dans l'état actuel, la base de données du groupe de travail 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 32 incidents a pu être recensé entre 2000 et 2010 par le groupe de travail (voir tableau détaillé en annexe 2). Ce tableau a été validé par les membres du groupe de travail.

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 2010. Cette synthèse exclut les accidents du travail et les événements qui n'ont pas conduits à des effets sur les zones autour des aérogénérateurs. L'identification des causes est nécessairement réductrice. 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.

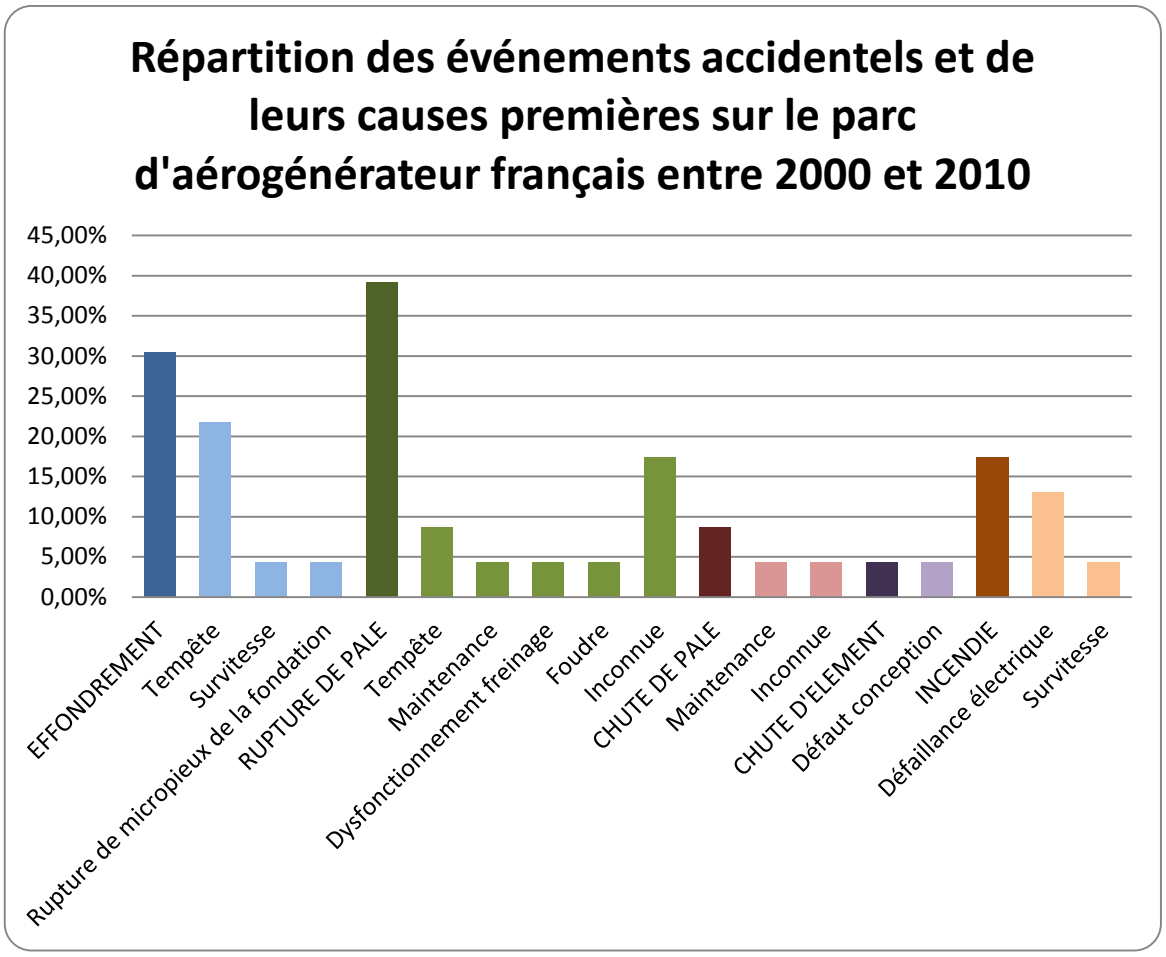


Figure 6 : Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateur français entre 2000 et 2010 (source : EDD SER-FEE & INERIS – 2012)

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'aérogénérateur. La principale cause de ces accidents est les tempêtes.

6.2 INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS A L'INTERNATIONAL

Un inventaire des incidents et accidents à l'international a également été réalisé. Il se base lui aussi sur le retour d'expérience de la filière éolienne fin 2010. La synthèse ci-dessous provient de l'analyse de la base de données réalisée par l'association Caithness Wind Information Forum (CWIF). Sur les 994 accidents décrits dans la base de données au moment de sa consultation par le groupe de travail, seuls 236 sont considérés comme des « accidents majeurs » - les autres concernant plutôt des accidents du travail, des presque-accidents, des incidents ... 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.

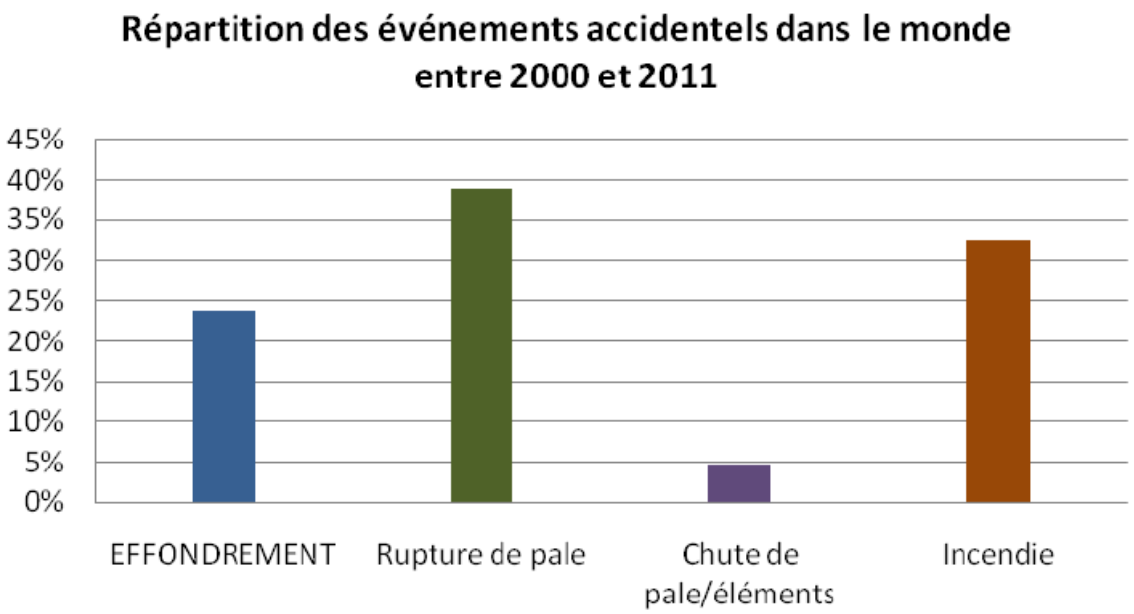


Figure 7 : Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2010 (source : EDD SER-FEE & INERIS – 2012)

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).

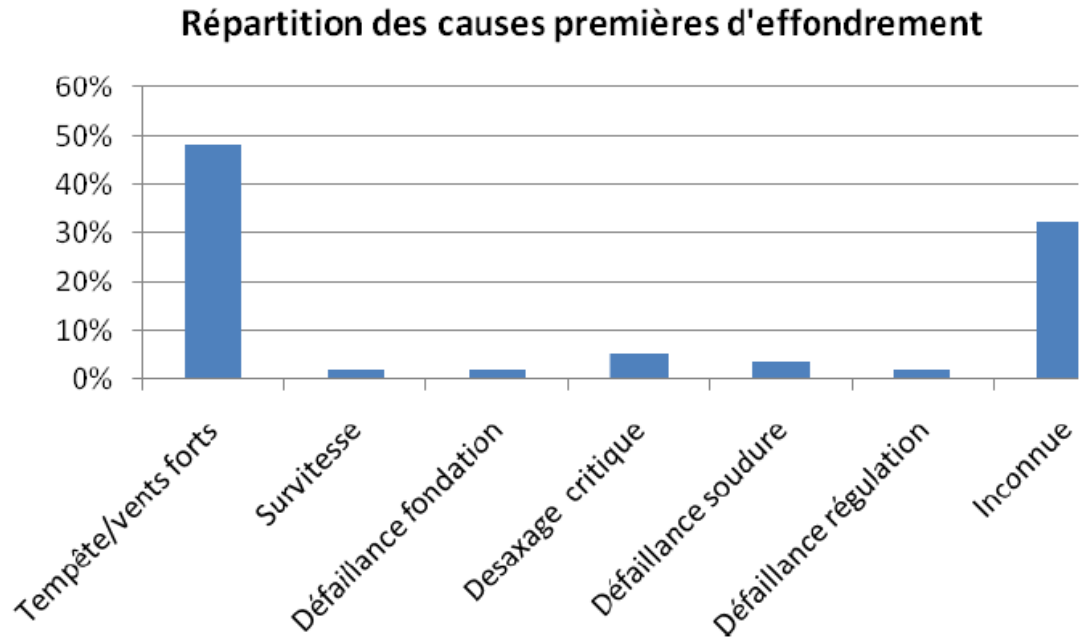


Figure 8 : Répartition des causes premières d'effondrement entre 2000 et 2010 (source : EDD SER-FEE & INERIS – 2012)

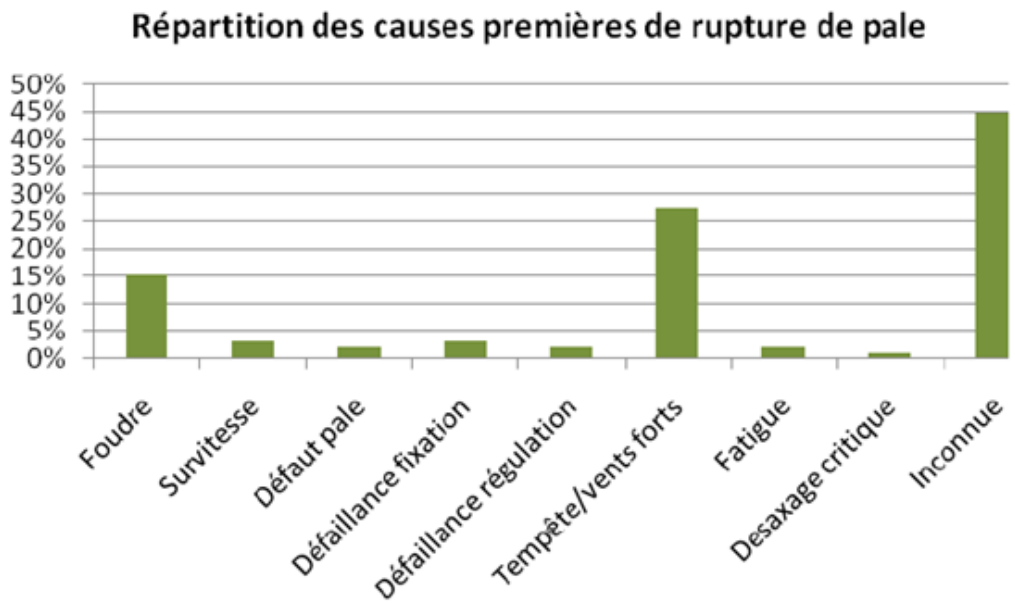


Figure 9 : Répartition des causes premières de ruptures de pale entre 2000 et 2010 (source : EDD SER-FEE & INERIS – 2012)

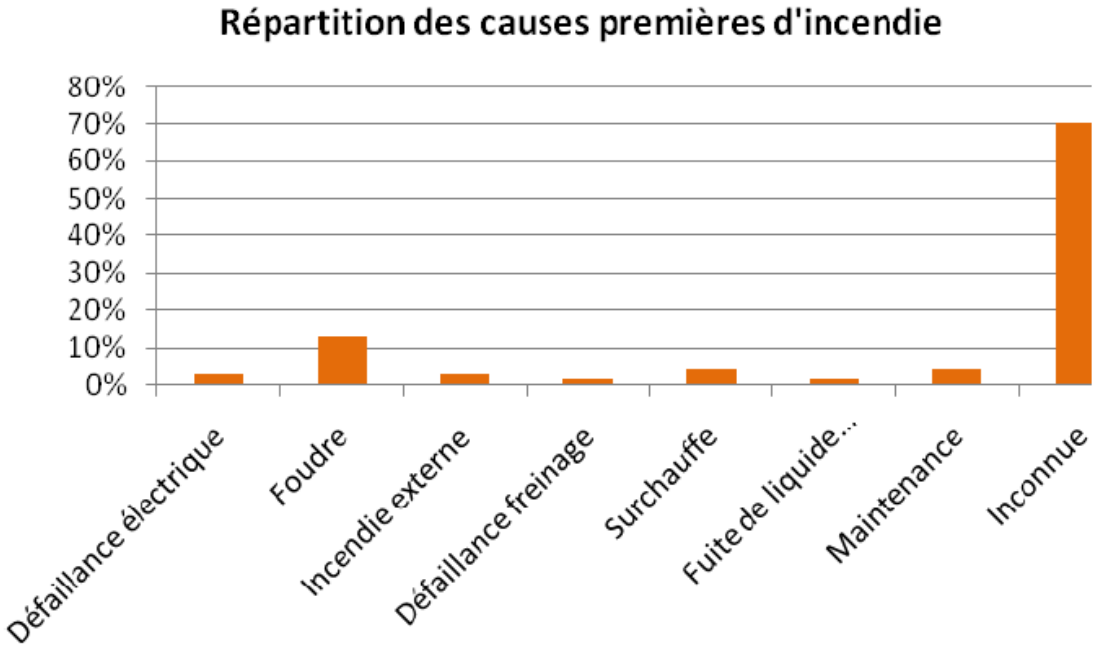


Figure 10 : Répartition des causes premières d'incendies entre 2000 et 2010 (source : EDD SER-FEE & INERIS – 2012)

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.

6.3 INVENTAIRE DES ACCIDENTS MAJEURS SURVENUS SUR LES SITES DE L'EXPLOITANT

A la date de rédaction de la présente étude, aucun accident majeur n'est survenu sur les sites exploités par Maïa Eolis.

6.4 SYNTHESE DES PHENOMENES DANGEREUX REDOUTES ISSUS DU RETOUR D'EXPERIENCE

6.4.1 ANALYSE DE L'EVOLUTION 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'aérogénérateurs installés. 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 aérogénérateurs de nouvelle génération, équipés de technologies plus fiables et plus sûres.

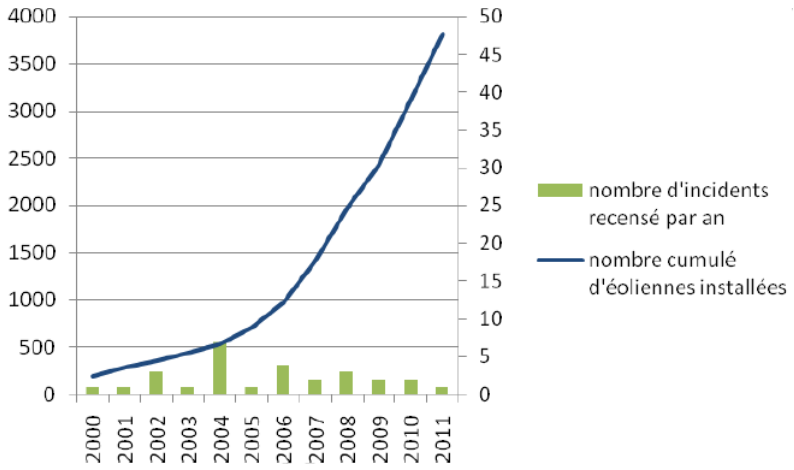


Figure 11 : Evolution du nombre d'incidents annuels en France et du nombre d'éoliennes installées (source : EDD SER-FEE & INERIS – 2012)

6.4.2 ANALYSE DES TYPOLOGIES D'ACCIDENTS LES PLUS FREQUENTS

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

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

6.4.3 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 évènements** : ce retour d'expérience, constitué à partir de sources variées, ne provient pas d'un système de recensement organisé et systématique. Dès lors certainement évènements ne sont pas reportés. En particulier, les évènements 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.

7 ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

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

7.1 OBJECTIF DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

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

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

7.2 RECENSEMENT DES EVENEMENTS 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 ;
- Evénements 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 évènements, 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'aérogénérateur est considéré comme négligeable dans le cas des évènements 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'aérogénérateur.

7.3 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.

7.3.1 AGRESSIONS EXTERNES LIEES AUX ACTIVITES HUMAINES

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

Infrastructure	Fonction	Evénement redouté	Danger potentiel	Distance par rapport au mât de l'aérogénérateur le plus proche
Chasse	Loisir	Balle perdue sur les parois de la machine	Energie cinétique de la balle	0 m
Agriculture	Exploitation agricole	Engin agricole percutant le poste de livraison ou l'aérogénérateur	Energie cinétique des véhicules	10 m
Agriculture	Exploitation agricole	Coupure de câble	Matériel agricole	10 m
Ligne électrique HT (enfouissement prévu)	*Transport d'électricité*	*Rupture du câble*	*Arc électrique, surtension*	*70m (E5 bis)*
Voies de circulation	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Energie cinétique des véhicules et flux thermiques	130 m (E5 bis)

Tableau 20 : Agressions externes liées aux activités humaines (source : Maïa Eolis – 2015)

7.3.2 AGRESSIONS EXTERNES LIEES AUX PHENOMENES NATURELS

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

Agression externe	Intensité
Vents et tempête	• Intensité maximale des vents : 40 m/s • Zone non affectée par des cyclones tropicaux
Foudre	• Respect de la norme IEC 61 400-24 (Juin 2010)
Glissement de sols / affaissements miniers	• Non applicable

Tableau 21 : Agressions externes liées aux phénomènes naturels (source : Maïa Eolis – 2015)

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

Le cas spécifique des effets directs de la foudre et du risque de « tension de pas » n'est pas traité dans l'analyse des risques et dans l'étude détaillée des risques dès lors 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 …). 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.

7.4 SCENARIOS ETUDIES DANS L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

Après avoir recensé, dans un premier temps, les potentiels de danger des installations, qu'ils soient constitués par des substances dangereuses ou des équipements dangereux (voir paragraphes 5.1 et 5.2), l'APR doit identifier l'ensemble des séquences accidentelles et phénomènes dangereux associés pouvant déclencher la libération du danger.

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

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

- Une évaluation qualitative de l'*intensité* de ces événements.

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

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

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 par le groupe de travail (« 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'aérogénérateur, « P » pour ceux concernant les risques de projection, « E » pour ceux concernant les risques d'effondrement).

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité	Phénomène dangereux	Intensité
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 aérogénérateurs sont arrêtés	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 aérogénérateurs sont en mouvement	Prévenir la mise en mouvement de l'aérogénérateur 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'aérogénérateur	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'aérogénérateur	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'aérogénérateur	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3) Prévenir la survitesse (N°4)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I04	Désaxage de la génératrice Pièce défectueuse Défaut de lubrification	Echauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'aérogénérateur	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I05	Conditions climatiques défavorables	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 d'huile 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

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité	Phénomène dangereux	Intensité
C01	Défaut de fixation	Chute de trappe	Chute d'élément de l'aérogénérateur	Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Impact sur cible	1
C02	Défaillance fixation anémomètre	Chute anémomètre	Chute d'élément de l'aérogénérateur	Prévenir les défauts de stabilité de l'aérogénérateur et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	1
C03	Défaut fixation nacelle – pivot central - mât	Chute nacelle	Chute d'élément de l'aérogénérateur	Prévenir les défauts de stabilité de l'aérogénérateur 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 de 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 aérogénérateur	Prévenir les défauts de stabilité de l'aérogénérateur 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 aérogénérateur	Prévenir les défauts de stabilité de l'aérogénérateur 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	Phénomène dangereux	Intensité
E03	Crash d'aéronef	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement aérogénérateur	Prévenir les défauts de stabilité de l'aérogénérateur et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E04	Effondrement engin de levage travaux	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement aérogénérateur	Actions de prévention mises en œuvre dans le cadre du plan de prévention	Chute fragments et chute mât	2
E05	Vents forts	Défaillance fondation	Effondrement aérogénérateur	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9) Prévenir les risques de dégradation de l'aérogénérateur en cas de vent fort (N°11)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E06	Fatigue	Défaillance mât	Effondrement aérogénérateur	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 aérogénérateur	Prévenir les défauts de stabilité de l'aérogénérateur et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9) Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Projection/chute fragments et chute mât	2

Tableau 22 : Analyse générique des risques (source : EDD SER-FEE & INERIS – 2012)

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

7.5 EFFETS DOMINOS

Lors d'un accident majeur sur un aérogénérateur, 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 aérogénérateurs sont décrits dans le tableau d'analyse des risques générique présenté ci-après.

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

C'est la raison pour laquelle il est proposé de négliger les conséquences des effets dominos dans le cadre de la présente étude. Il est également proposé de limiter l'évaluation de la probabilité d'impact d'un élément de l'aérogénérateur sur une autre installation ICPE que lorsque celle-ci se situe dans un **rayon de 100 mètres**.

7.6 MISE EN PLACE DES MESURES DE SECURITE

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

Dans le cadre de l'étude de dangers des parcs éoliens, les aspects relatifs aux fonctions de sécurité qui seront détaillés sont donc les 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 « d'empêcher, d'éviter, de détecter, de contrôler ou de 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** : cette colonne 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 colonne permet d'identifier les mesures assurant la fonction concernée. Dans le cas de systèmes instrumentés de sécurité, tous les éléments de la chaîne devront être présentés (détection + traitement de l'information + action).
- **Description** : cette colonne permet de préciser la description de la mesure de maîtrise des risques, lorsque des détails supplémentaires sont nécessaires, pour permettre à l'inspection de comprendre leur fonctionnement.
- **Indépendance** (« oui » ou « non ») : cette caractéristique décrit le niveau d'indépendance d'une mesure de maîtrise des risques vis-à-vis des autres systèmes de sécurité et des

scénarios d'accident. Cette condition peut être considérée comme remplie (renseigner « oui ») ou non (renseigner « non »).

- **Temps de réponse** (en secondes ou en minutes) : cette caractéristique mesure le temps requis entre la sollicitation et l'exécution de la fonction de sécurité. Il s'agit ici de vérifier que la mesure de maîtrise des risques agira « à temps » pour prévenir ou pour limiter les accidents majeurs.
- **Efficacité** (100% ou 0%) : l'efficacité mesure la capacité d'une mesure de maîtrise des risques à remplir la fonction de sécurité qui lui est confiée pendant une durée donnée et dans son contexte d'utilisation. Il s'agit de vérifier qu'une mesure de sécurité est bien dimensionnée pour remplir la fonction qui lui a été assigné.
- **Test (fréquence)** : dans ce champ sont rappelés les tests/essais qui seront réalisés sur les mesures de maîtrise des risques. Conformément à la réglementation, un essai d'arrêt, d'arrêt d'urgence et d'arrêt à partir d'une situation de survitesse seront réalisés avant la mise en service de l'aérogénérateur. Dans tous les cas, les tests effectués sur les mesures de maîtrise des risques seront tenus à la disposition de l'inspection des installations classées pendant l'exploitation de l'installation.
- **Maintenance (fréquence)** : ce critère porte sur la périodicité des contrôles qui permettront de vérifier la performance de la mesure de maîtrise des risques dans le temps. Pour rappel, la réglementation demande qu'à minima : un contrôle tous les ans soit réalisé sur la performance des mesures de sécurité permettant de mettre à l'arrêt, à l'arrêt d'urgence et à l'arrêt à partir d'une situation de survitesse et sur tous les systèmes instrumentés de sécurité.

Note : Pour certaines mesures de maîtrise des risques, certains de ces critères peuvent ne pas être applicables (acronyme « NA » : Non Applicable).

Fonction de sécurité	Prévenir la mise en mouvement de l'aérogénérateur lors de la formation de glace	N° de la fonction de sécurité	1
Mesures de sécurité	Système de détection du givre et de mise à l'arrêt de la machine Procédure adéquate de redémarrage		
Description	Système de détection redondant du givre (par exemple : analyse des données de fonctionnement de l'aérogénérateur + système de mesure des oscillations et des vibrations) permettant, en cas de détection de glace, une mise à l'arrêt immédiate de l'aérogénérateur. Le redémarrage peut ensuite se faire soit automatiquement après disparition des conditions de givre, soit manuellement après inspection visuelle sur site.		
Indépendance	Non Les systèmes traditionnels s'appuient généralement sur des fonctions et des appareils propres à l'exploitation du parc. En cas de danger particulièrement élevé sur site (survol d'une zone fréquentée sur site soumis à des conditions de gel importantes), des systèmes additionnels peuvent être envisagés.		
Temps de réponse	Quelques minutes (<60 min.) conformément à l'article 25 de l'arrêté du 26 août 2011		
Efficacité	100 %		
Tests	Tests menés par le concepteur au moment de la construction de l'éolienne		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement		

Fonction de sécurité	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	N° de la fonction de sécurité	2
Mesures de sécurité	Panneautage en pied de machine Eloignement des zones habitées et fréquentées		
Description	Mise en place de panneaux informant de la possible formation de glace en pied de machines (conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011).		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %		
Tests	NA		
Maintenance	Vérification de l'état général du panneau, de l'absence de détérioration, entretien de la végétation afin que le panneau reste visible		

Fonction de sécurité	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	N° de la fonction de sécurité	3
Mesures de sécurité	Capteurs de température des pièces mécaniques Définition de seuils critiques de T° pour chaque type de composant avec alarmes Mise à l'arrêt ou bridage jusqu'à refroidissement		
Description	/		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %		
Tests	NA		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011. Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	4
Mesures de sécurité	Détection de survitesse et système de freinage.		
Description	Systèmes de coupure s'enclenchant en cas de dépassement des seuils de vitesse prédéfinis, indépendamment du système de contrôle commande. NB : Le système de freinage est généralement constitué d'un frein aérodynamique principal (mise en drapeau des pales) et / ou d'un frein mécanique auxiliaire.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection < 1 minute L'exploitant est en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur conformément aux dispositions de l'arrêté du 26 août 2011		
Efficacité	100 %		
Tests	Test d'arrêt simple, d'arrêt d'urgence et de la procédure d'arrêt en cas de survitesse avant la mise en service des aérogénérateurs conformément à l'article 15 de l'arrêté du 26 août 2011.		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 (notamment de l'usure du frein et de pression du circuit de freinage d'urgence.) Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

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

Fonction de sécurité	Prévenir les effets de la foudre	N° de la fonction de sécurité	6
Mesures de sécurité	Mise à la terre et protection des éléments de l'aérogénérateur.		
Description	Respect de la norme IEC 61 400 – 24 (juin 2010) (en annexe 7) Dispositif de capture + mise à la terre Parasurtenseurs sur les circuits électriques		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Immédiat dispositif passif		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	Contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre inclus dans les opérations de maintenance, conformément à l'article 9 de l'arrêté du 26 août 2011.		

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

Fonction de sécurité	Prévention et rétention des fuites	N° de la fonction de sécurité	8
Mesures de sécurité	Détecteurs de niveau d'huiles Procédure d'urgence Kit antipollution		
Description	Nombreux détecteurs de niveau d'huile permettant de prévenir les éventuelles fuites d'huile et d'arrêter l'aérogénérateur en cas d'urgence. Les opérations de vidange font l'objet de procédures spécifiques. Dans tous les cas, le transfert des huiles s'effectue de manière sécurisée via un système de tuyauterie et de pompes directement entre l'élément à vidanger et le camion de vidange. Des kits de dépollution d'urgence composés de grandes feuilles de textile absorbant pourront être utilisés afin : – de contenir et arrêter la propagation de la pollution ; – d'absorber jusqu'à 20 litres de déversements accidentels de liquides (huile, eau, alcools ...) et produits chimiques (acides, bases, solvants ...) ; – de récupérer les déchets absorbés. Si ces kits de dépollution s'avèrent insuffisants, une société spécialisée récupérera et traitera le gravier souillé via les filières adéquates, puis le remplacera par un nouveau revêtement.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Dépendant du débit de fuite		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	Inspection des niveaux d'huile plusieurs fois par an		

Fonction de sécurité	Prévenir les défauts de stabilité de l'aérogénérateur et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)	N° de la fonction de sécurité	9
Mesures de sécurité	Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints, etc.) Procédures qualités		
Description	La norme IEC 61 400-1 (certificat en annexe 6) « 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'aérogénérateur. Ainsi la nacelle, le nez, les fondations et la tour répondent au standard IEC 61 400-1. Les pales respectent le standard IEC 61 400-1 ; 12 ; 23. Les aérogénérateurs sont protégés contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %		
Tests	NA		
Maintenance	Les couples de serrage (brides sur les diverses sections de la tour, bride de raccordement des pales au moyeu, bride de raccordement du moyeu à l'arbre lent, éléments du châssis, éléments du pitch system, couronne du Yam Gear, boulons de fixation de la nacelle…) sont vérifiés au bout de 3 mois de fonctionnement puis tous les 3 ans, conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011.		

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

Fonction de sécurité	Prévenir les risques de dégradation de l'aérogénérateuren cas de vent fort	N° de la fonction de sécurité	11
Mesures de sécurité	Classe d'aérogénérateur adaptée au site et au régime de vents. Détection et prévention des vents forts et tempêtes Arrêt automatique et diminution de la prise au vent de l'aérogénérateur (mise en drapeau progressive des pales) par le système de conduite		
Description	L'aérogénérateur est mise à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale pour laquelle elle a été conçue.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	< 1 min		
Efficacité	100 %.		
Tests	NA		
Maintenance	NA		

Tableau 23 : Mesures de sécurité de l'installation (source : EDD SER-FEE & INERIS – 2012)

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.

7.7 CONCLUSION DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

Dans le cadre de l'APR générique, trois catégories de scénarios sont à priori exclues de l'étude détaillée, en raison de leur faible intensité :

Nom du scénario exclu	Justification
Incendie de l'aérogénérateur (effets thermiques)	En cas d'incendie de nacelle, et en raison de la hauteur des nacelles, les effets thermiques ressentis au sol seront mineurs. Par exemple, dans le cas d'un incendie de nacelle située à 50 mètres de hauteur, la valeur seuil de 3 kW/m^2 n'est pas atteinte. Dans le cas d'un incendie au niveau du mât, les effets sont également mineurs et l'arrêté du 26 août 2011 encadre déjà largement la sécurité des installations. Ces effets ne sont donc pas étudiés dans l'étude détaillée des risques. Néanmoins il peut être redouté que des chutes d'éléments (ou des projections) interviennent lors d'un incendie. Ces effets sont étudiés avec les projections et les chutes d'éléments.
Incendie du poste de livraison	En cas d'incendie du poste de livraison, les effets ressentis à l'extérieur des bâtiments (poste de livraison) seront mineurs ou inexistants du fait notamment de la structure en béton des postes de livraison. De plus la réglementation encadre déjà largement la sécurité de ces installations (l'arrêté du 26 Août 2011 [9] impose le respect des normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200).
Infiltration d'huile dans le sol *F01 et F02*	En cas d'infiltration d'huiles dans le sol, les volumes de substances libérés dans le sol restent mineurs. Ce scénario ne sera pas détaillé dans le chapitre de l'étude détaillée des risques.

Tableau 24 : Scénarios exclus de l'étude détaillée (source : EDD SER-FEE & INERIS – 2012)

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'aérogénérateur ;
- Chute d'éléments de l'aérogénérateur ;
- 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.

8 ETUDE DETAILLEE DES RISQUES

L'étude détaillée des risques vise à caractériser les scénarios sélectionnés 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.

8.1 RAPPEL DES DEFINITIONS

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

Cet arrêté ne prévoit de détermination de lintensité et de la gravité pour les phénomènes de surpression, de rayonnement thermique et de toxique.

Cet arrêté est complété par la circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention de réduction 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 aérogénérateurs.

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

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

8.1.1 CINETIQUE

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

Selon l'article 8 de l'arrêté du 29 septembre 2005 [10], 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 de cette étude de dangers pour un parc éolien, 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.

8.1.2 INTENSITE

L'intensité des effets des phénomènes dangereux est définie par rapport à des valeurs de référence exprimées sous forme de seuils d'effets toxiques, d'effets de surpression, d'effets thermiques et d'effets liés à l'impact d'un projectile, pour les hommes et les structures (article 9 de l'arrêté du 29 septembre 2005 [10]).

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 chutes d'éléments (glace ou toute ou partie de pale) ou d'effondrement.

Or les seuils d'effets proposés dans l'arrêté du 29 Septembre 2005 [10] caractérisent des phénomènes dangereux dont l'intensité s'exerce dans toutes les directions autour de l'origine du phénomène, et décroit en fonction de la distance (par exemple un incendie ou une explosion). 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 évènements accidentels retenus (chute d'éléments, chute de glace, effondrement et projection), deux valeurs de référence ont été retenues :

- 5% d'exposition : seuil des effets très importants ;
- 1% d'exposition : seuil des effets importants.

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

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

Tableau 25 : Intensité et degré d'exposition (source : EDD SER-FEE & INERIS – 2012)

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

8.1.3 GRAVITE

Les niveaux de gravité à retenir dans une étude de dangers sont décrits dans l'annexe III de l'arrêté du 29 Septembre 2005. Ils sont déterminés en fonction du nombre équivalent de personnes permanentes dans chacune des zones d'effet définies dans le paragraphe précédent.

Intensité / Gravité	Zone d'effet d'un évènement accidentel à intensité très forte	Zone d'effet d'un évènement accidentel à intensité forte	Zone d'effet d'un évènement accidentel à intensité significative
« 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 de 1 personne exposée	Entre 1 et 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées
« Sérieux »	Aucune personne exposée	Au plus 1 personne exposée	Moins de 10 personnes exposées
« Modéré »	Pas de zone de létalité en dehors de l'établissement	Pas de zone de létalité en dehors de l'établissement	Présence humaine exposée inférieure à « une personne »

Tableau 26 : Nombre de personnes exposées et niveau de gravité correspondant (source : EDD SER-FEE & INERIS – 2015)

La détermination du nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) présentes dans chacune des zones d'effets est effectuée à l'aide de la méthode présentée en annexe 1. Cette méthode se base sur la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers. Cette fiche permet de compter aussi simplement que possible, selon des règles forfaitaires, le nombre de personnes exposées.

8.1.4 PROBABILITE

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

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.	$P \leq 10^{-5}$

Tableau 27 : Echelle de probabilité (source : Arrêté du 29 septembre 2005 – Annexe 1)

Dans le cadre de cette étude de dangers, la probabilité de chaque évènement accidentel identifié pour un aérogénérateur est déterminée en fonction :

- De la bibliographie relative à l'évaluation des risques pour des aérogénérateurs ;
- 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 évènement redouté se produise sur l'aérogénérateur (probabilité de départ) et non à la probabilité que cet évènement 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'évènement redouté.

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

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

Avec :

P_{ERC} = Probabilité qu'un événement redouté central (défaillance) se produise = probabilité de départ ;

$P_{orientation}$ = Probabilité que l'aérogénérateur soit orienté 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'aérogénérateur soit en rotation au moment ou l'évènement redouté se produit (en fonction de la vitesse de vent notamment) ;

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

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

Dans le cadre de cette étude de dangers, une approche majorante assimilant la probabilité d'accident ($P_{accident}$) à la probabilité de l'évènement redouté central (P_{ERC}) a été retenue.

8.2 CARACTERISATION DES SCENARIOS RETENUS

8.2.1 EFFONDREMENT DE L'AEROGENERATEUR

- **Zone d'effet**

La zone d'effet de l'effondrement d'un aérogénérateur correspond à une surface circulaire de rayon égal à la hauteur totale de l'aérogénérateur en bout de pale, soit **126,25 m dans le cas des aérogénérateurs du parc de MSE Les Dunes.**

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

- **Intensité**

Pour le phénomène d'effondrement de l'aérogénérateur, 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 des aérogénérateurs dans le cas du parc éolien de MSE Les Dunes. R est la longueur de la pale (R = 46,25 m), H la hauteur du mât (H = 80 m), L la largeur du mât (L = 4,3 m) et LB la largeur de pale (LB = 2,2m).

Effondrement de l'aérogénérateur (dans un rayon inférieur ou égal à 126,25 m)			
Zone d'impact en m²	*Zone d'effet du phénomène étudié en m²*	*Degré d'exposition du phénomène étudié en %*	*Intensité*
*H x L + 3*R*LB/2* Pour R = 46,25m, H = 80m, LB = 2,2m et L = 4,3m La zone d'impact est de 496,625 m²	*Π x (H + R)²* La zone d'effet est de 50.074 m²	$d = Z_{Impact} / Z_{Effet}$ 0,992 % (<1%)	**Exposition modérée**

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

- **Gravité**

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 8.1.3), il est possible de définir différentes classes de gravité pour le phénomène d'effondrement, dans le rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'aérogénérateur :

- 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 inférieure à « une personne » → « Modéré »

Le tableau suivant indique, pour les aérogénérateurs, le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène d'effondrement et la gravité associée :

Effondrement de l'aérogénérateur **(dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'aérogénérateur en bout de pale) = 126.25 m**		
Aérogénérateur	*Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)*	*Gravité*
Aérogénérateur n°1 bis	Terrain non aménagé et très peu fréquenté : 1 personne par tranche de 100 hectares (soit 1.000.000 m²) 50.074 / 1.000.000 = 0,05 **soit inférieure à « une personne »**	**Modéré**
Aérogénérateur n°2 bis	Terrain non aménagé et très peu fréquenté : 1 personne par tranche de 100 hectares (soit 1.000.000 m²) 50.074 / 1.000.000 = 0,05 **soit inférieure à « une personne »**	**Modéré**
Aérogénérateur n°3 bis	Terrain non aménagé et très peu fréquenté : 1 personne par tranche de 100 hectares (soit 1.000.000 m²) 50.074 / 1.000.000 = 0,05 **soit inférieure à « une personne »**	**Modéré**
Aérogénérateur n°4 bis	Terrain non aménagé et très peu fréquenté : 1 personne par tranche de 100 hectares (soit 1.000.000 m²) 50 074 / 1.000.000 = 0,05 **soit inférieure à « une personne »**	**Modéré**
Aérogénérateur n°5 bis	Terrain non aménagé et très peu fréquenté : 1 personne par tranche de 100 hectares (soit 1.000.000 m²) 50.074 / 1.000.000 = 0,05 **soit inférieure à « une personne »**	**Modéré**
Aérogénérateur n°6 bis	Terrain non aménagé et très peu fréquenté : 1 personne par tranche de 100 hectares (soit 1.000.000 m²) 50.074 / 1.000.000 = 0,05 **soit inférieure à « une personne »**	**Modéré**

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

- **Probabilité**

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

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

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

Le retour d'expérience français montre également une classe de probabilité « C ». En effet, il a été recensé seulement 7 évènements pour 15.667 années d'expérience (une année d'expérience correspondant à un aérogénérateur observé pendant une année), soit une probabilité de $4,47 \times 10^{-4}$ par éolienne et par an.

Ces évènements correspondent également à la définition qualitative de l'arrêté du 29 septembre 2005 d'une probabilité « C », à savoir : « *Evènement 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'évènement.

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

- Respect intégral de la norme IEC 61 400-1 ;
- Contrôles réguliers des fondations et des différents systèmes d'assemblage ;
- 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.

On note d'ailleurs, dans le retour d'expérience français, qu'aucun effondrement n'a eu lieu sur les aérogénérateurs 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 aérogénérateurs font l'objet de mesures réduisant significativement la probabilité d'effondrement.

Il est considéré la classe de probabilité de l'accident « D », à savoir : *« S'est produit mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement la probabilité* ».

- **Acceptabilité**

Dans le cas d'implantation d'aérogénérateurs équipés des technologies récentes et compte tenu de la classe de probabilité d'un effondrement, on pourra conclure à l'acceptabilité de ce phénomène si moins de 10 personnes sont exposées.

Le tableau suivant rappelle, pour les aérogénérateurs du parc de MSE Les Dunes, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Effondrement de l'aérogénérateur (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'aérogénérateur en bout de pale)		
Aérogénérateur	*Gravité*	*Acceptabilité*
Aérogénérateur n°1 bis	**Modéré**	**Acceptable**
Aérogénérateur n°2 bis	**Modéré**	**Acceptable**
Aérogénérateur n°3 bis	**Modéré**	**Acceptable**
Aérogénérateur n°4 bis	**Modéré**	**Acceptable**
Aérogénérateur n°5 bis	**Modéré**	**Acceptable**
Aérogénérateur n°6 bis	**Modéré**	**Acceptable**

Ainsi, pour le parc éolien de MSE Les Dunes, le phénomène d'effondrement des aérogénérateurs constitue un risque acceptable pour les personnes.

8.2.2 CHUTE DE GLACE

- **Considérations générales**

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

Selon l'étude WECO [14], une grande partie du territoire français (hors zones de montagne) est concernée par moins d'un jour de formation de glace par an. Certains secteurs du territoire comme les zones côtières affichent des moyennes variant entre 2 et 7 jours de formation de glace par an.

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

- **Zone d'effet**

Le risque de chute de glace est cantonné à la zone de survol des pales, soit un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor autour du mât de l'éolienne. Pour le parc éolien de MSE Les Dunes, **la zone d'effet a donc un rayon de 46,25 mètres**. Cependant, il convient de noter que, lorsque l'aérogénérateure est à l'arrêt, les pales n'occupent qu'une faible partie de cette zone.

- **Intensité**

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute de glace dans le cas des aérogénérateurs du parc de MSE Les Dunes. Z_I est la zone d'impact, Z_E est la zone d'effet, R est la longueur de pale (R = 46,25 m) et SG est la surface du morceau de glace majorant (SG = 1m²).

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)			
Zone d'impact en m²	*Zone d'effet du phénomène étudié en m²*	*Degré d'exposition du phénomène étudié en %*	*Intensité*
$Z_I = SG$ 1 m²	$Z_E = \Pi \times R^2$ 6.720 m²	$d = Z_I / Z_E$ 0,015% (< 1%)	**Exposition modérée**

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

- **Gravité**

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 8.1.3), il est possible de définir différentes classes de gravité pour le phénomène de chute de glace, dans la zone de survol de l'aérogénérateur :

- 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 inférieure à « une personne » → « Modéré »

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

Chute de glace **(dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol) = 46,25 m**		
Aérogénérateur	*Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)*	*Gravité*
Aérogénérateur n°1 bis	Terrain non aménagé et très peu fréquenté : 1 personne par tranche de 100 hectares (soit 1.000.000 m²) 6.720 / 1.000.000 = 0,0067 **soit inférieure à « 1 personne »**	**Modéré**
Aérogénérateur n°2 bis	Terrain non aménagé et très peu fréquenté : 1 personne par tranche de 100 hectares (soit 1.000.000 m²) 6.720 / 1.000.000 = 0,0067 **soit inférieure à « 1 personne »**	**Modéré**
Aérogénérateur n°3 bis	Terrain non aménagé et très peu fréquenté : 1 personne par tranche de 100 hectares (soit 1.000.000 m²) 6.720 / 1.000.000 = 0,0067 **soit inférieure à « 1 personne »**	**Modéré**
Aérogénérateur n°4 bis	Terrain non aménagé et très peu fréquenté : 1 personne par tranche de 100 hectares (soit 1.000.000 m²) 6.720 / 1.000.000 = 0,0067 **soit inférieure à « 1 personne »**	**Modéré**
Aérogénérateur n°5 bis	Terrain non aménagé et très peu fréquenté : 1 personne par tranche de 100 hectares (soit 1.000.000 m²) 6.720 / 1.000.000 = 0,0067 **soit inférieure à « 1 personne »**	**Modéré**

Aérogénérateur	*Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)*	*Gravité*
Aérogénérateur n°6 bis	Terrain non aménagé et très peu fréquenté : 1 personne par tranche de 100 hectares (soit 1.000.000 m^2) 6.720 / 1.000.000 = 0,0067 **soit inférieure à « 1 personne »**	**Modéré**

- **Probabilité**

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

- **Acceptabilité**

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

Le tableau suivant rappelle, pour les aérogénérateurs du parc de MSE Les Dunes, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = 46,25 m)		
Aérogénérateur	*Gravité*	*Acceptabilité*
Aérogénérateur n°1 bis	**Modéré**	**Acceptable**
Aérogénérateur n°2 bis	**Modéré**	**Acceptable**
Aérogénérateur n°3 bis	**Modéré**	**Acceptable**
Aérogénérateur n°4 bis	**Modéré**	**Acceptable**
Aérogénérateur n°5 bis	**Modéré**	**Acceptable**
Aérogénérateur n°6 bis	**Modéré**	**Acceptable**

Ainsi, pour le parc éolien de MSE Les Dunes, le phénomène de chute de glace des aérogénérateurs constitue un risque acceptable pour les personnes.

Il convient 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 (donc 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 par grand froid.

8.2.3 CHUTE D'ELEMENTS DE L'AEROGENERATEUR

- **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 la chute de pale. Il est retenu dans l'étude détaillé des risques pour représenter toutes les chutes d'éléments.

Le risque de chute d'élément 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'aérogénérateur. Pour le parc éolien de MSE Les Dunes, **la zone d'effet a donc un rayon de 46,25 mètres**.

- **Intensité**

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène d'éléments dans le cas des aérogénérateurs du parc de MSE Les Dunes. Z_I est la zone d'impact, Z_E est la zone d'effet, R est la longueur de pale (R = 46,25 m) et LB la largeur de la base de la pale (LB = 2,2 m).

Chute d'éléments de l'aérogénérateur (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)			
Zone d'impact en m²	*Zone d'effet du phénomène étudié en m²*	*Degré d'exposition du phénomène étudié en %*	*Intensité*
$Z_I = R * LB / 2$ 51 m²	$Z_E = \Pi \times R^2$ 6.720 m²	$d = Z_I / Z_E$ 0,76% (< 1%)	**Exposition modérée**

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

- **Gravité**

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 8.1.3), il est possible de définir différentes classes de gravité pour le phénomène de chute d'éléments de l'aérogénérateur, dans la zone de survol de l'aérogénérateur :

- 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 inférieure à « une personne » → « Modéré »

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

Chute d'éléments de l'aérogénérateur (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)		
Aérogénérateur	*Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)*	*Gravité*
Aérogénérateur n°1 bis	Terrain non aménagé et très peu fréquenté : 1 personne par tranche de 100 hectares (soit 1.000.000 m²) 6.720 / 1.000.000 = 0,0067 **soit inférieure à « 1 personne »**	**Modéré**
Aérogénérateur n°2 bis	Terrain non aménagé et très peu fréquenté : 1 personne par tranche de 100 hectares (soit 1.000.000 m²) 6.720 / 1.000.000 = 0,0067 **soit inférieure à « 1 personne »**	**Modéré**
Aérogénérateur n°3 bis	Terrain non aménagé et très peu fréquenté : 1 personne par tranche de 100 hectares (soit 1.000.000 m²) 6.720 / 1.000.000 = 0,0067 **soit inférieure à « 1 personne »**	**Modéré**
Aérogénérateur n°4 bis	Terrain non aménagé et très peu fréquenté : 1 personne par tranche de 100 hectares (soit 1.000.000 m²) 6.720 / 1.000.000 = 0,0067 **soit inférieure à « 1 personne »**	**Modéré**
Aérogénérateur n°5 bis	Terrain non aménagé et très peu fréquenté : 1 personne par tranche de 100 hectares (soit 1.000.000 m²) 6.720 / 1.000.000 = 0,0067 **soit inférieure à « 1 personne »**	**Modéré**
Aérogénérateur n°6 bis	Terrain non aménagé et très peu fréquenté : 1 personne par tranche de 100 hectares (soit 1.000.000 m²) 6.720 / 1.000.000 = 0,0067 **soit inférieure à « 1 personne »**	**Modéré**

- **Probabilité**

Peu d'éléments sont disponibles dans la littérature pour évaluer la fréquence des évènements de chute de pales ou d'éléments d'aérogénérateurs.

Le retour d'expérience connu en France montre que ces évènements ont une classe de probabilité « C » (2 chutes et 5 incendies pour 15.667 années d'expérience, soit 4,47 x 10^{-4} évènements par éolienne et par an).

Ces évènements correspondent également à la définition qualitative de l'arrêté du 29 septembre 2005 d'une probabilité « C », à savoir : « *Evènement 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'évènement.

- **Acceptabilité**

Avec une classe de probabilité « C », le risque de chute d'éléments pour les aérogénérateurs est évalué comme acceptable dans le cas d'un nombre de personnes permanentes (ou équivalent) inférieur à 10 dans la zone d'effet.

Le tableau suivant rappelle, pour les aérogénérateurs du parc de MSE Les Dunes, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Chute d'éléments de l'aérogénérateur (dans un rayon inférieur ou égal à 2/D = zone de survol)		
Aérogénérateur	*Gravité*	*Acceptabilité*
Aérogénérateur n°1 bis	**Modéré**	**Acceptable**
Aérogénérateur n°2 bis	**Modéré**	**Acceptable**
Aérogénérateur n°3 bis	**Modéré**	**Acceptable**
Aérogénérateur n°4 bis	**Modéré**	**Acceptable**
Aérogénérateur n°5 bis	**Modéré**	**Acceptable**
Aérogénérateur n°6 bis	**Modéré**	**Acceptable**

Ainsi, pour le parc éolien de MSE Les Dunes, le phénomène de chute d'éléments des aérogénérateurs constitue un risque acceptable pour les personnes.

8.2.4 PROJECTION DE PALES OU DE FRAGMENTS DE PALES

- **Zone d'effet**

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

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

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

- 1300 mètres rapporté pour un accident à Hundhammerfjellet en Norvège le 20/01/06 ;
- 1000 mètres rapporté pour un accident à Burgos en Espagne le 09/12/00.

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

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

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

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

- **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 se détachant de l'aérogénérateur) et la superficie de la zone d'effet du phénomène (500 m).

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de pale ou de fragment de pale dans le cas des aérogénérateurs du parc de MSE Les Dunes. Z_I est la zone d'impact, Z_E est la zone d'effet, R est la longueur de pale (R = 46,25 m) et LB la largeur de la base de la pale (LB = 2,2 m).

Projection de pale ou de fragment de pale (Zone de 500 m autour des aérogénérateurs)			
Zone d'impact en m^2	*Zone d'effet du phénomène étudié en m^2*	*Degré d'exposition du phénomène étudié en %*	*Intensité*
$Z_I = R * LB / 2$ 51 m^2	$Z_E = \Pi \times R_E^2$ 785.398 m^2	$d = Z_I / Z_E$ 0,007% (< 1%)	**Exposition modérée**

- **Gravité**

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 8.1.3), il est possible de définir différentes classes de gravité pour le phénomène de projection, dans la zone de 500 m autour de l'aérogénérateur :

- 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 inférieure à « une personne » → « Modéré »

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

Projection de pale ou de fragment de pale **(Zone de 500 m autour des aérogénérateurs)**		
Aérogénérateur	*Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)*	*Gravité*
Aérogénérateur n°1 bis	Terrain non aménagé et très peu fréquenté : 1 personne par tranche de 100 hectares (soit 1.000.000 m^2) 785.398 / 1.000.000 = **0,785 personne permanente exposée soit inférieure à « 1 personne »**	**Modéré**
Aérogénérateur n°2 bis	Terrain non aménagé et très peu fréquenté : 1 personne par tranche de 100 hectares (soit 1.000.000 m^2) 785.398 / 1.000.000 = 0,785 personne Route communale Grand-Rozoy - Courdoux : 1 personne exposée par tranche de 10 hectares (tronçon exposé 650 m, largeur de route 9m) $\frac{9 * 650}{100.000}$ = 0,0585 personne **Au total : 0,785+0,0585=0,8435 personne permanente exposée soit inférieure à « 1 personne »**	**Modéré**
Aérogénérateur n°3 bis	Terrain non aménagé et très peu fréquenté : 1 personne par tranche de 100 hectares (soit 1.000.000 m^2) 785.398 / 1.000.000 = 0,785 personne Route communale Grand-Rozoy - Courdoux : 1 personne exposée par tranche de 10 hectares (tronçon exposé 900 m, largeur de route 9m) $\frac{9 * 900}{100.000}$ = 0,081 personne **Au total : 0,785+0,081=0,866 personne permanente exposée soit inférieure à « 1 personne »**	**Modéré**

Aérogénérateur	*Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)*	*Gravité*
Aérogénérateur n°4 bis	Terrain non aménagé et très peu fréquenté : 1 personne par tranche de 100 hectares (soit 1.000.000 m^2) 785.398 / 1.000.000 = **0,785 personne permanente exposée soit inférieure à « 1 personne »**	**Modéré**
Aérogénérateur n°5 bis	Terrain non aménagé et très peu fréquenté : 1 personne par tranche de 100 hectares (soit 1.000.000 m^2) 785.398 / 1.000.000 = 0,785 personne Route communale Grand-Rozoy - Courdoux : 1 personne exposée par tranche de 10 hectares (tronçon exposé 960 m, largeur de route 9m) $\frac{9 * 960}{100.000}$ = 0,086 personne **Au total : 0,785+0,086=0,871 personne permanente exposée soit inférieure à « 1 personne »**	**Modéré**
Aérogénérateur n°6 bis	Terrain non aménagé et très peu fréquenté : 1 personne par tranche de 100 hectares (soit 1.000.000 m^2) 785.398 / 1.000.000 = 0,785 personne Route communale Grand-Rozoy - Courdoux : 1 personne exposée par tranche de 10 hectares (tronçon exposé 615 m, largeur de route 9m) $\frac{9 * 615}{100.000}$ = 0,055 personne **Au total : 0,785+0,055=0,84 personne permanente exposée soit inférieure à « 1 personne »**	**Modéré**

- **Probabilité**

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

Source	Fréquence	Justification
Site specific hazard assessment for a windfarm 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 « B », « C » ou « E ».

Le retour d'expérience français montre également une classe de probabilité « C » (12 évènements pour 15.667 années d'expérience, soit $7{,}66 \times 10^{-4}$ évènement par éolienne et par an).

Ces évènements correspondent également à la définition qualitative de l'arrêté du 29 septembre 2005 d'une probabilité « C », à savoir : « *Evènement 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'évènement. Néanmoins, les dispositions constructives des éoliennes ayant fortement évoluées, 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 de la norme 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 ;
- Utilisation de matériaux résistants pour la fabrication des pales (fibres de verre ou de carbone, résines …).

De manière générale, le respect des prescriptions de l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation permet de s'assurer que les éoliennes font l'objet de mesures réduisant significativement la probabilité de projection.

Il est considéré que la classe de probabilité de l'accident est « D » : « *S'est produit mais a fait l'objet de mesures correctrices réduisant significativement la probabilité* ».

- **Acceptabilité**

Avec une classe de probabilité « D », le risque de projection de tout ou partie de pale pour les aérogénérateurs est évalué comme acceptable dans le cas d'un nombre de personnes permanentes (ou équivalent) inférieur à 1000 dans la zone d'effet.

Le tableau suivant rappelle, pour les aérogénérateurs du parc de MSE Les Dunes, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Projection de pale ou de fragment de pale (Zone de 500 m autour des aérogénérateurs)		
Aérogénérateur	*Gravité*	*Acceptabilité*
Aérogénérateur n°1 bis	**Modéré**	**Acceptable**
Aérogénérateur n°2 bis	**Modéré**	**Acceptable**
Aérogénérateur n°3 bis	**Modéré**	**Acceptable**
Aérogénérateur n°4 bis	**Modéré**	**Acceptable**
Aérogénérateur n°5 bis	**Modéré**	**Acceptable**
Aérogénérateur n°6 bis	**Modéré**	**Acceptable**

Ainsi, pour le parc éolien de MSE Les Dunes, le phénomène de projection de pale ou de fragment de pale des aérogénérateurs constitue un risque acceptable pour les personnes.

8.2.5 PROJECTION DE GLACE

- **Zone d'effet**

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

En ce qui concerne la distance maximale atteinte par ce type de projectiles, il n'existe pas d'information dans l'accidentologie. La référence [14] propose une distance d'effet fonction de la hauteur et du diamètre de l'éolienne, dans le cas où le nombre de jours de glace est important et où l'éolienne n'est pas équipée d'un système d'arrêt en cas de givre ou de glace :

Distance d'effet = 1,5 x (hauteur de moyeu + diamètre du rotor) soit 259 m pour le présent projet

Cette distance de projection est jugée conservative dans des études postérieures [16]. A défaut de données fiables, il est proposé de considérer cette formule pour le calcul de la distance d'effet pour les projections de glace.

- **Intensité**

Pour le phénomène de projection de glace, le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface d'un morceau de glace (cas majorant de 1 m^2) 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 des aérogénérateurs du parc de MSE Les Dunes. Z_I est la zone d'impact, Z_E est la zone d'effet, R est la longueur de pale (R = 46,25 m), H la hauteur du moyeu (H = 80 m) et SG la surface majorante d'un morceau de glace (SG = 1 m^2).

Projection de morceaux de glace (Dans un rayon de RPG = 1,5 x (H + 2R) autour des aéréogénérateurs)			
Zone d'impact en m²	*Zone d'effet du phénomène étudié en m²*	*Degré d'exposition du phénomène étudié en %*	*Intensité*
$Z_I = SG$ 1 m²	$Z_E = \Pi \times (1,5 \times (H + 2*R))^2$ 210.335 m²	$d = Z_I / Z_E$ 0,00048% (< 1%)	**Exposition modérée**

- **Gravité**

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 8.1.3), il est possible de définir 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 inférieure à « une personne » → « Modéré »

Il a été observé dans la littérature disponible [16] 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 les aérogénérateurs le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène de projection de glace et la gravité associée :

Projection de morceaux de glace (Dans un rayon de Risque de Projection de Glace = 259 m)		
Aérogénérateur	*Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)*	*Gravité*
Aérogénérateur n°1 bis	Terrain non aménagé et très peu fréquenté : 1 personne par tranche de 100 hectares (soit 1.000.000 m²) 210.335/ 1.000.000 = **0,21 personne permanente exposée soit inférieure à « 1 personne »**	**Modéré**
Aérogénérateur n°2 bis	Terrain non aménagé et très peu fréquenté : 1 personne par tranche de 100 hectares (soit 1.000.000 m²) 210.335/ 1.000.000 = **0,21 personne permanente exposée soit inférieure à « 1 personne »**	**Modéré**

Aérogénérateur	*Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)*	*Gravité*
Aérogénérateur n°3 bis	Terrain non aménagé et très peu fréquenté : 1 personne par tranche de 100 hectares (soit 1.000.000 m²) 210.335/ 1.000.000 = **0,21 personne permanente exposée soit inférieure à « 1 personne »**	**Modéré**
Aérogénérateur n°4 bis	Terrain non aménagé et très peu fréquenté : 1 personne par tranche de 100 hectares (soit 1.000.000 m²) 210.335/ 1.000.000 = **0,21 personne permanente exposée soit inférieure à « 1 personne »**	**Modéré**
Aérogénérateur n°5 bis	Terrain non aménagé et très peu fréquenté : 1 personne par tranche de 100 hectares (soit 1.000.000 m²) 210.335/ 1.000.000 = 0,21 Route communale Grand-Rozoy - Courdoux : 1 personne exposée par tranche de 10 hectares (tronçon exposé 435 m, largeur de route 9m) $\frac{9 * 435}{100.000}$ = 0,03915 **Au total : 0,21+0,039=0,249 personne permanente exposée soit inférieure à « 1 personne »**	**Modéré**
Aérogénérateur n°6 bis	Terrain non aménagé et très peu fréquenté : 1 personne par tranche de 100 hectares (soit 1.000.000 m²) 210.335/ 1.000.000 = **0,21 personne permanente exposée soit inférieure à « 1 personne »**	**Modéré**

- **Probabilité**

Au regard de la difficulté d'établir un retour d'expérience précis sur cet évènement et considérant les 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 – évènement probable » est proposé pour cet évènement.

- **Acceptabilité**

Le risque de projection pour chaque aérogénérateur est évalué comme acceptable dans le cas d'un niveau de gravité « sérieux ». Cela correspond pour cet évènement à un nombre équivalent de personnes permanentes inférieures à 10 dans la zone d'effet.

Le tableau suivant rappelle, pour les aérogénérateurs du parc de MSE Les Dunes, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Projection de morceaux de glace (Dans un rayon de Risque de 259 m autour des aérogénérateurs)			
Aérogénérateur	*Gravité*	*Présence d'un système d'arrêt en cas de détection ou de déduction de glace et de procédure de redémarrage*	*Acceptabilité*
Aérogénérateur n°1 bis	**Modéré**	**Oui**	**Acceptable**
Aérogénérateur n°2 bis	**Modéré**	**Oui**	**Acceptable**
Aérogénérateur n°3 bis	**Modéré**	**Oui**	**Acceptable**
Aérogénérateur n°4 bis	**Modéré**	**Oui**	**Acceptable**
Aérogénérateur n°5 bis	**Modéré**	**Oui**	**Acceptable**
Aérogénérateur n°6 bis	**Modéré**	**Oui**	**Acceptable**

Ainsi, pour le parc éolien de MSE Les Dunes, le phénomène de projection de glace des aérogénérateurs constitue un risque acceptable pour les personnes.

8.3 EFFETS CUMULES

Les effets cumulés apparaissent lorsque deux scénarios d'accident (représentés par des cercles de différents diamètres autour des éoliennes) se chevauchent. En général, les éoliennes sont suffisamment éloignées les unes des autres pour que seuls les phénomènes de projection de glace et de pale puissent être considérés comme effets cumulés.

Le niveau de risque d'un scénario d'accident est évalué selon plusieurs paramètres. Parmi ceux-ci, la probabilité et la gravité peuvent faire augmenter le niveau de risque dans le cas d'effets cumulés.

Au niveau de la probabilité, afin de changer de classe et de passer à la classe de probabilité supérieure, il faudrait un nombre élevé de scénarios qui se recoupent au même endroit (par exemple, si la probabilité d'un scénario est de 10^{-4}, la probabilité d'effets cumulés de 3 fois ce scénario sera de $3x10^{-4}$ et restera donc dans la même classe de probabilité).

La gravité est déterminée à partir du nombre de personnes exposées. Ce dernier dépend de la surface de la zone concernée par le scénario et la composition de cette zone (champs, routes …). En général, les intersections représentent une petite partie de l'aire d'étude, qui elle-même ne comporte que peu de personnes exposées. Au final, le nombre de personnes exposées dans les intersections est bien inférieur à celui présent dans l'aire d'étude entière.

En conclusion, on peut considérer que les effets cumulés sont inclus dans les scénarios simples et n'ont donc pas besoin d'être développés dans la présente étude.

8.4 SYNTHESE DE L'ETUDE DETAILLEE DES RISQUES

8.4.1 TABLEAU DE SYNTHESE DES SCENARIOS ETUDIES

Le tableau suivant récapitule, pour chaque évènement redouté central retenu, les paramètres de risques : la cinétique, l'intensité, la gravité et la probabilité. Le tableau regroupe les aérogénérateurs qui ont le même profil de risque.

Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité
Effondrement de l'aérogénérateur	Disque dont le rayon correspond à la hauteur totale en bout de pale de l'aérogénérateur 126,25 m	Rapide	Exposition modérée	D (pour des aérogénérateurs récents)	Modéré Pour les aérogénérateurs 1 bis à 6 bis
Chute d'élément de l'aérogénérateur	Zone de survol 46,25 m	Rapide	Exposition modérée	C	Modéré Pour les aérogénérateurs 1 bis à 6 bis

Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité
Chute de glace	Zone de survol 46,25 m	Rapide	Exposition modérée	A	Modéré Pour les aérogénérateurs 1 bis à 6 bis
Projection de pale ou de fragment de pale	500 m autour de l'aérogénérateur	Rapide	Exposition modérée	D (pour des aérogénérateurs récents)	Modéré Pour les aérogénérateurs 1 bis à 6 bis
Projection de glace	1,5 x (H + 2R) autour de l'aérogénérateur 259 m	Rapide	Exposition modérée	B	Modéré Pour les aérogénérateurs 1 bis à 6 bis

8.4.2 SYNTHESE DE L'ACCEPTABILITE DES RISQUES

Enfin, la dernière étape de l'étude détaillée des risques consiste à rappeler l'acceptabilité des accidents potentiels pour chacun des phénomènes dangereux étudiés.

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

Conséquence	Classe de probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux					
Modéré		**Effondrement de l'aérogénérateur** **Projection de pale ou de fragment de pale**	**Chute d'éléments de l'aérogénérateur**	**Projection de glace**	**Chute de glace**

Légende de la matrice :

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

Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée que :

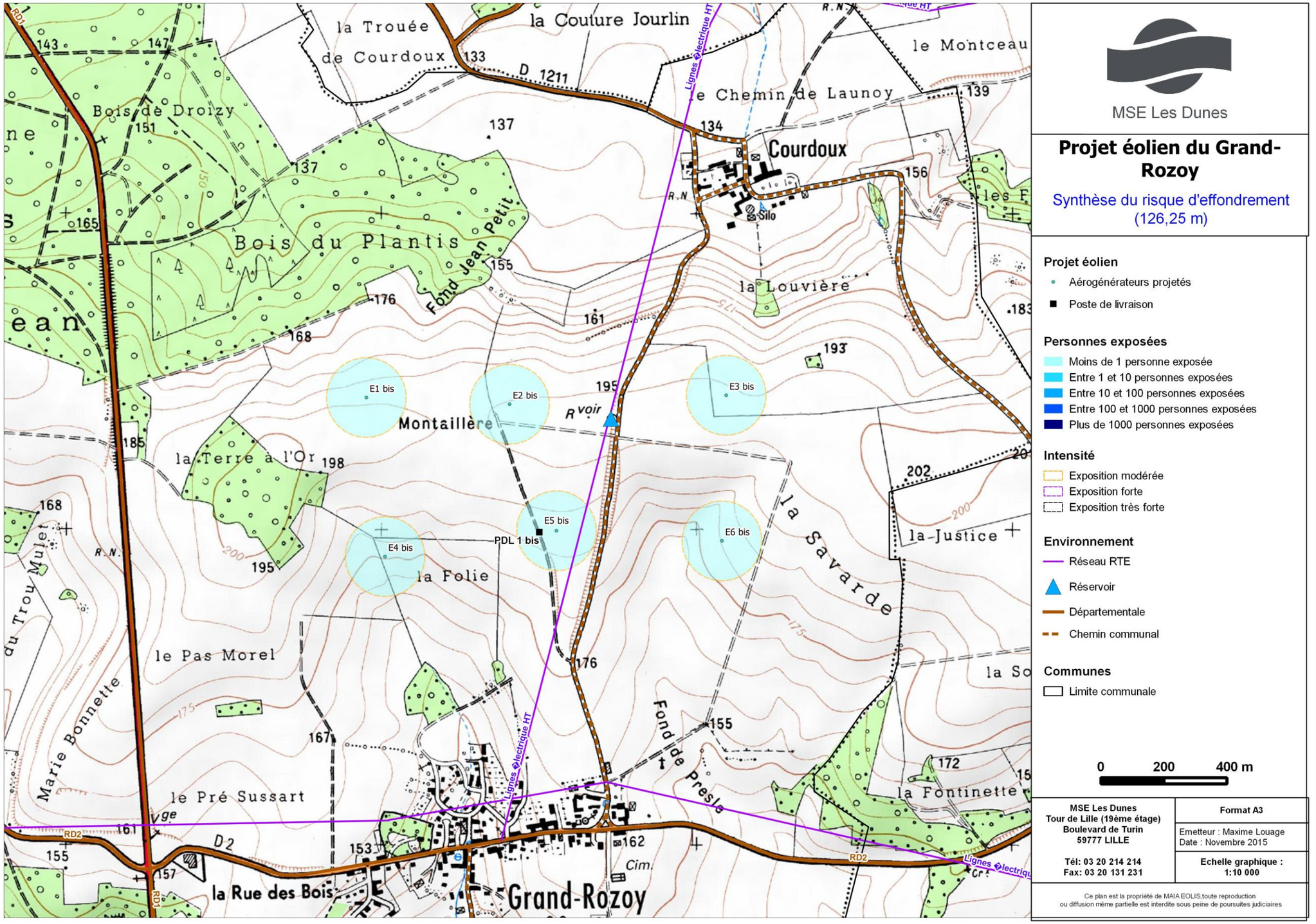
- Aucun accident n'apparaît dans les cases rouges de la matrice ;
- Certains accidents figurent en case jaune. Pour ces accidents, il convient de souligner que les fonctions de sécurité détaillées dans la partie 7.6 sont mises en place.

Il convient aussi de noter que ce nouveau projet à 6 aérogénérateurs au lieu de 10 permet de réduire les risques.

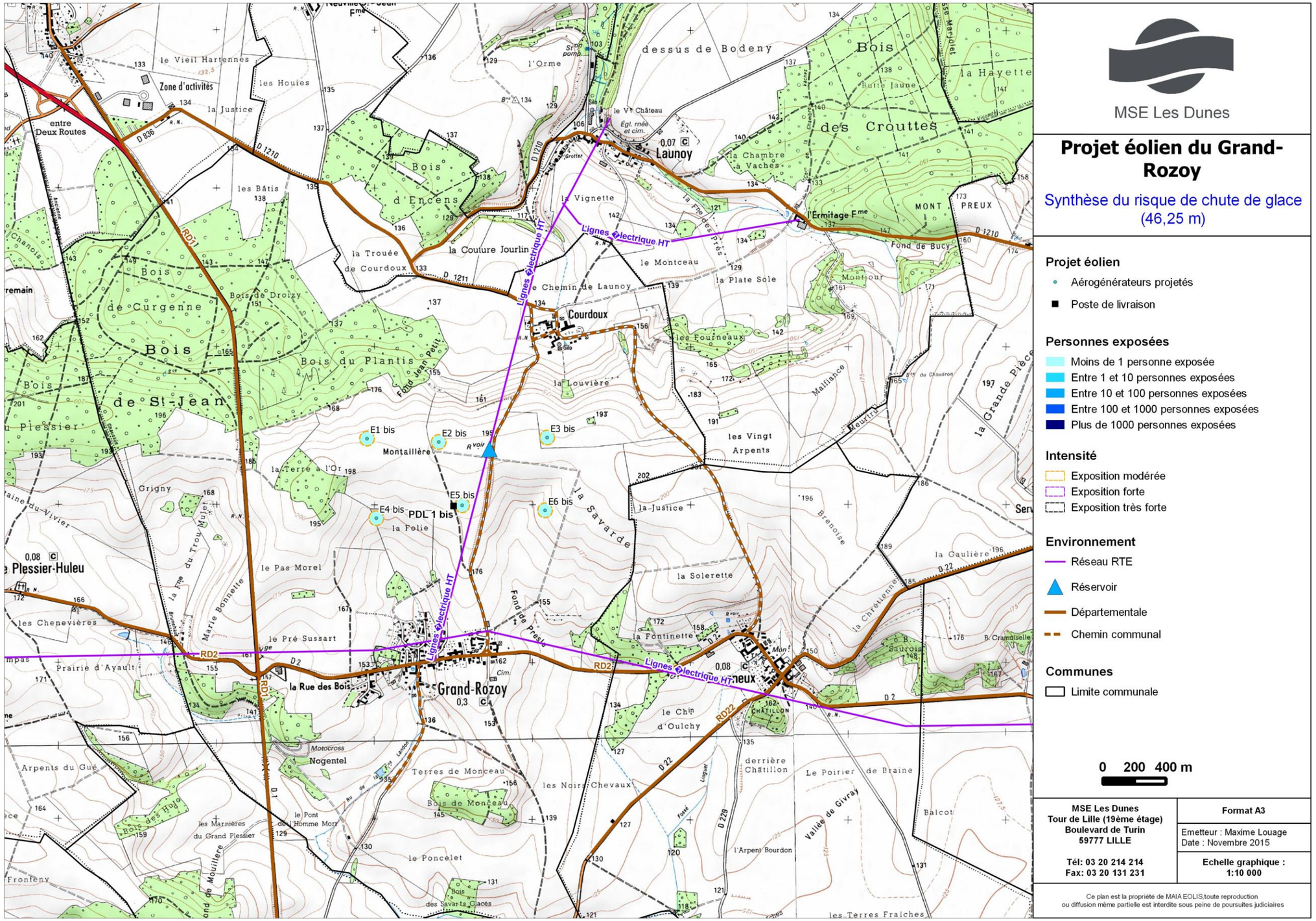
8.4.3 CARTOGRAPHIE DES RISQUES

Les cartes ci-dessous synthétisent chaque scénario détaillé pour les aérogénérateurs de MSE Les Dunes. Elles font apparaître :

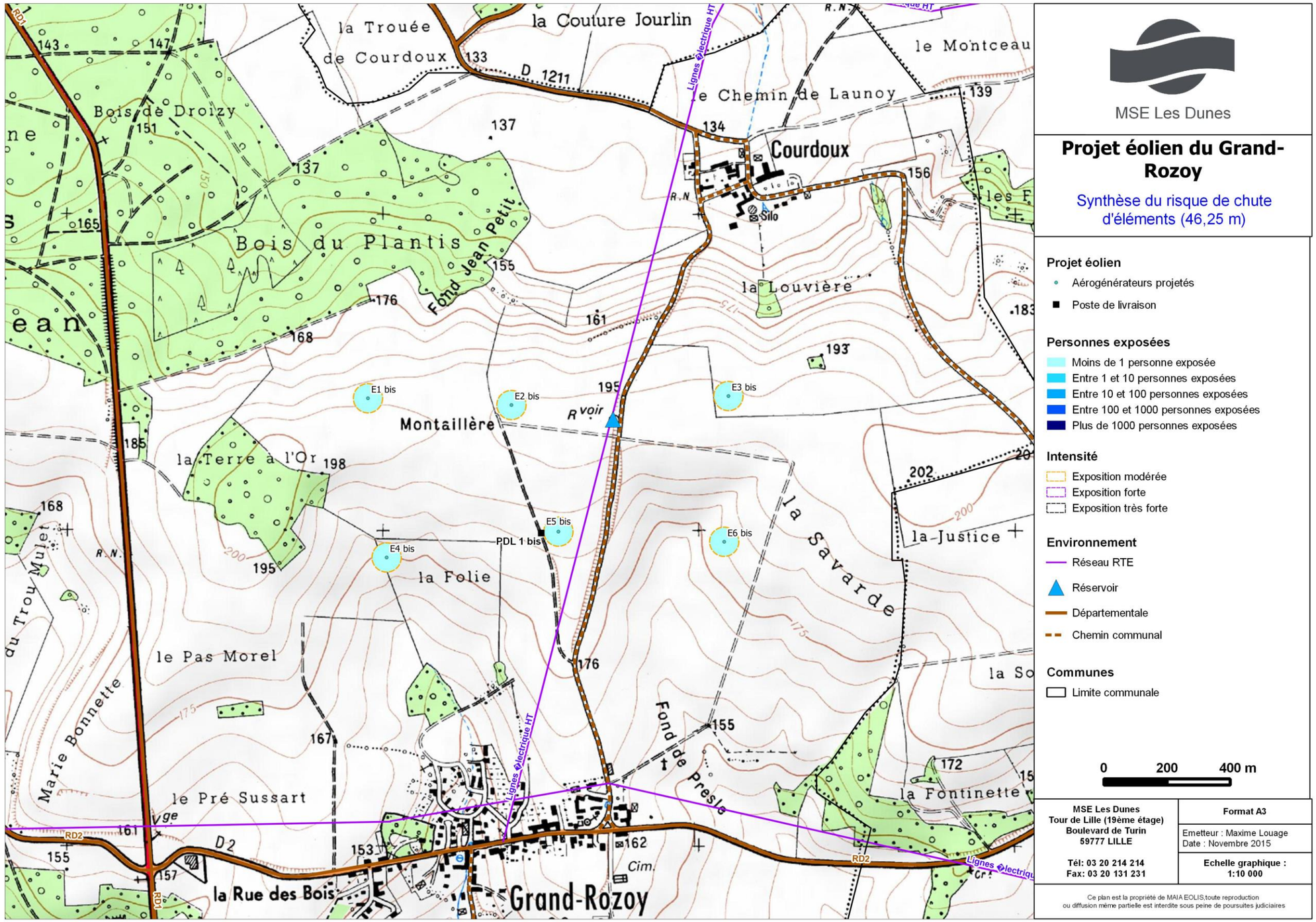
- les enjeux étudiés dans l'étude détaillée des risques ;
- l'intensité des phénomènes dangereux ;
- une représentation graphique de la probabilité d'atteinte des enjeux.



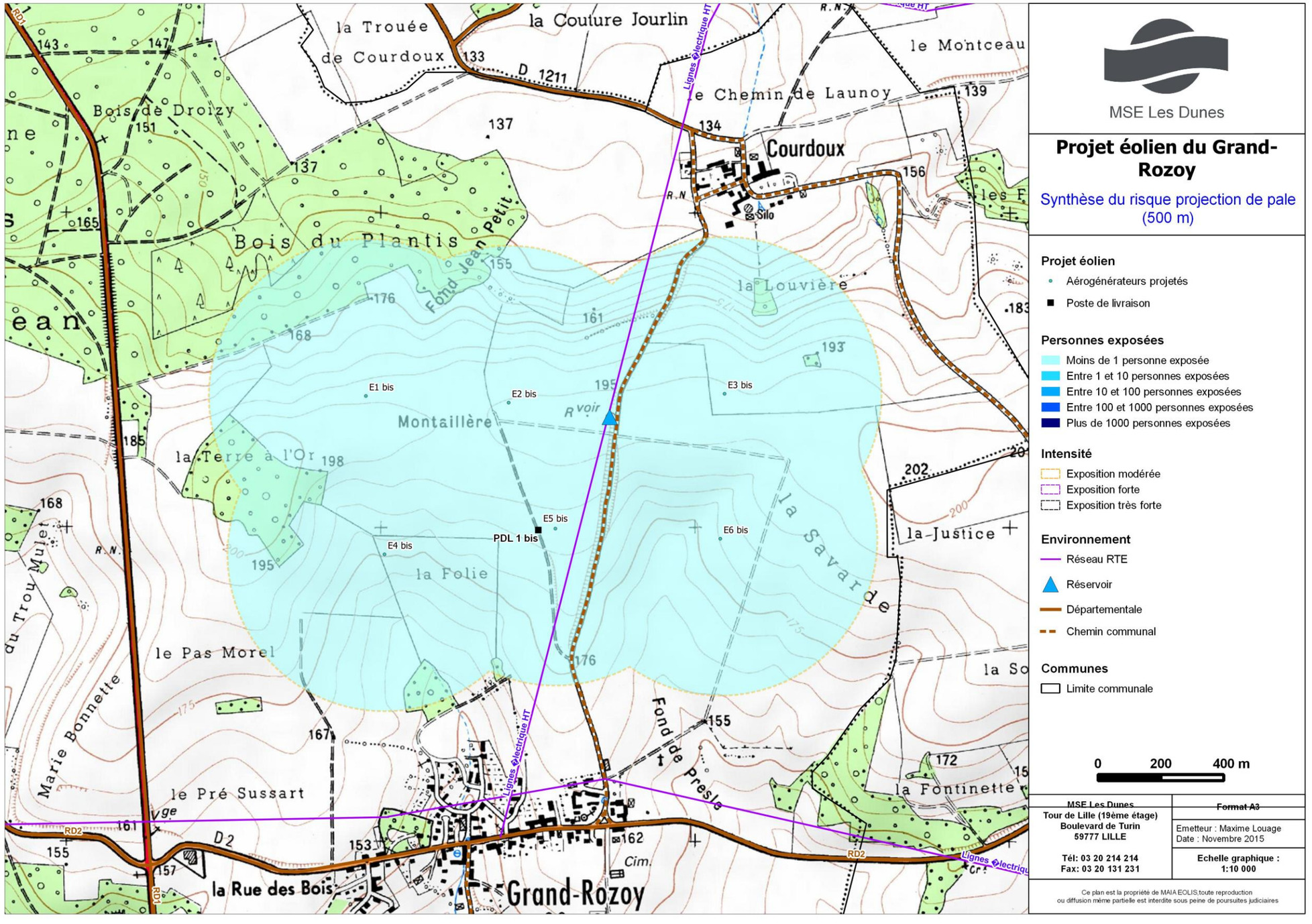
Carte 26 : Synthèse du risque d'effondrement (source : Maïa Eolis – 2015)



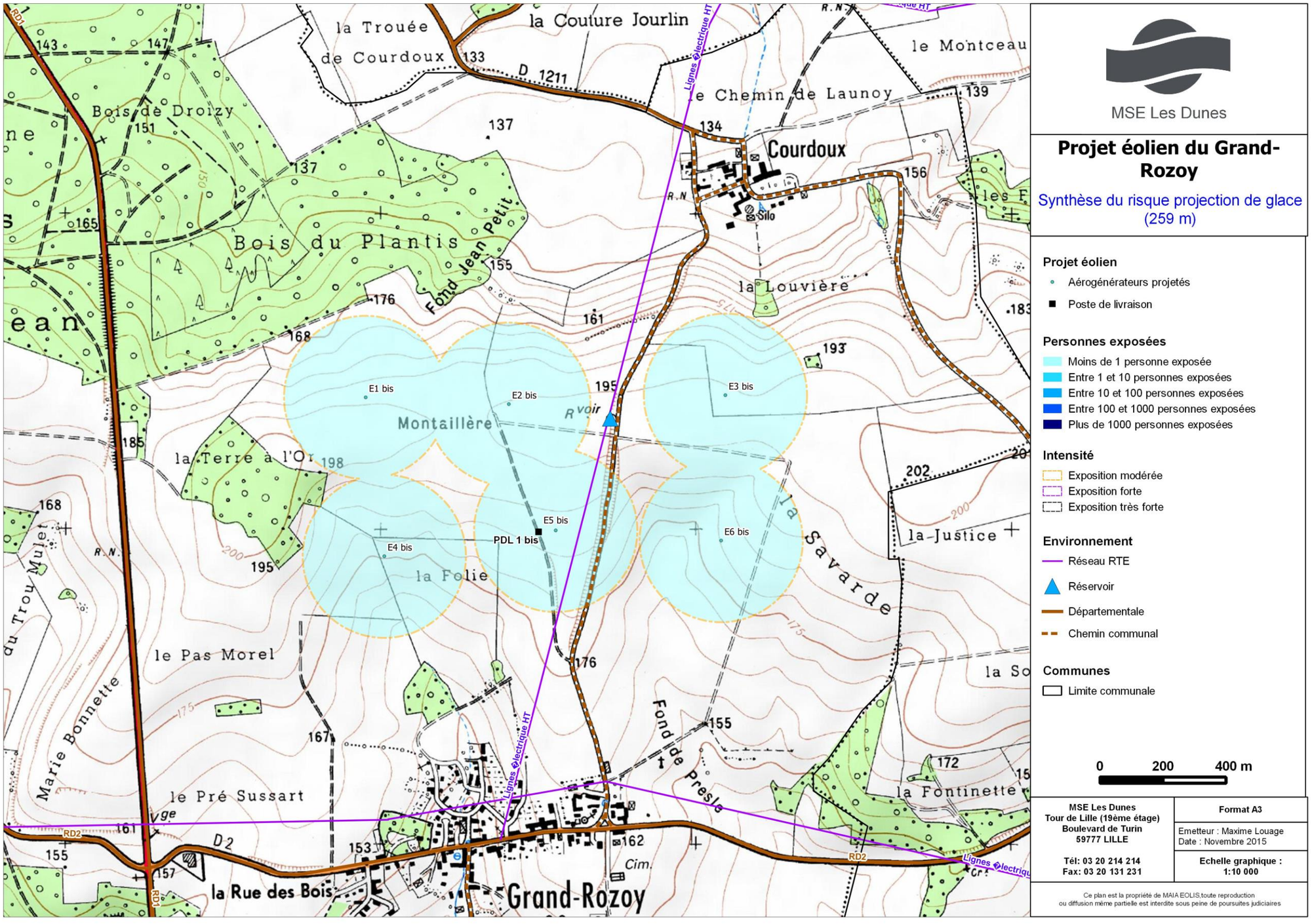
Carte 27: Synthèse du risque de chute de glace (source : Maïa Eolis – 2015)



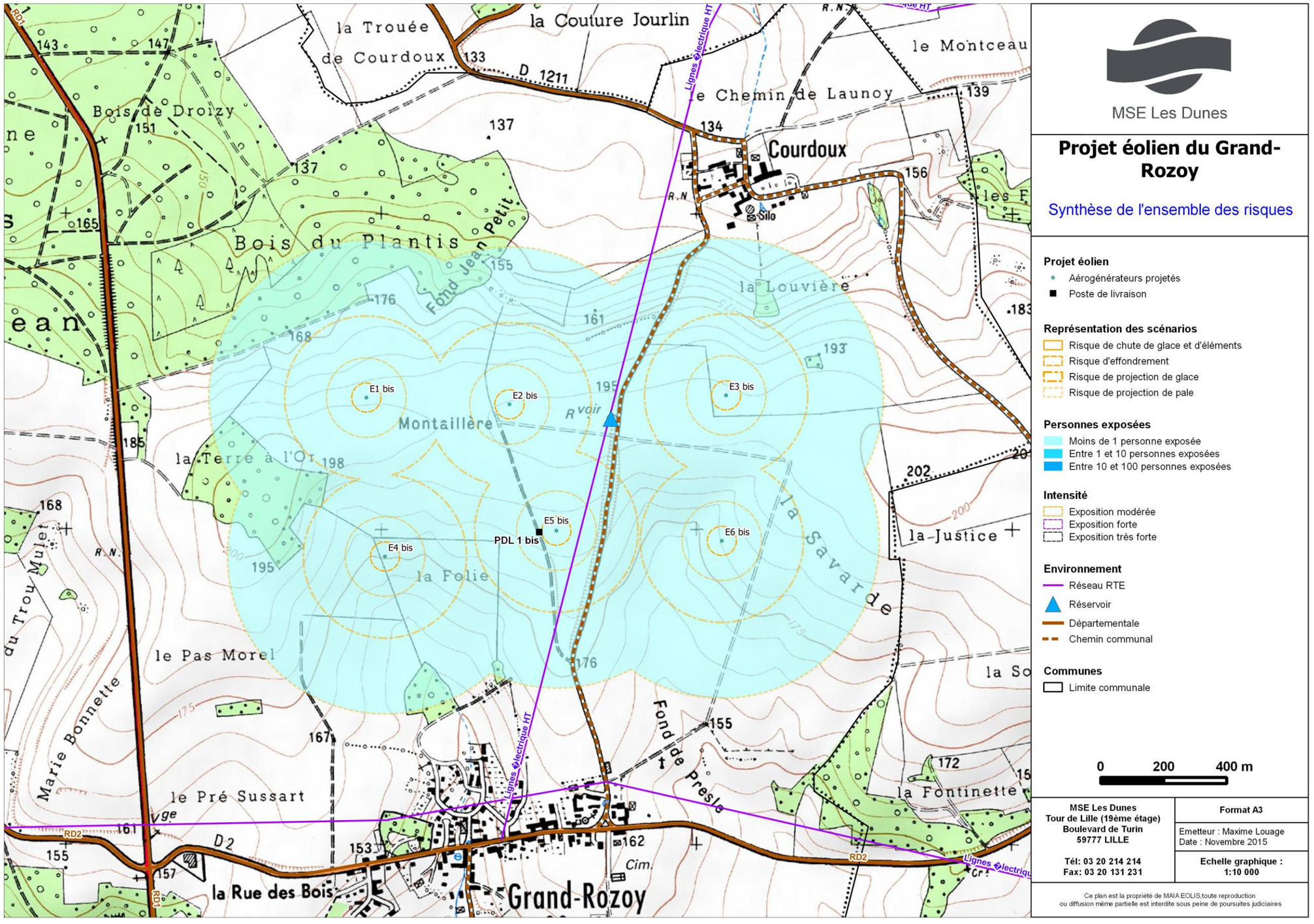
Carte 28 : Synthèse du risque de chute d'éléments (source : Maïa Eolis – 2015)



Carte 29 : Synthèse du risque de projection de pale (source : Maïa Eolis – 2015)



Carte 30 : Synthèse du risque de projection de glace (source : Maïa Eolis – 2015)



Carte 31: Synthèse de l'ensemble des risques (source : Maïa Eolis – 2015)

9 CONCLUSION

Les principaux accidents majeurs identifiés pour le projet éolien de Grand-Rozoy sont :

- La chute de glace ;
- La projection de glace ;
- La projection de tout ou partie de pale de l'aérogénérateur ;
- La chute d'éléments de l'aérogénérateur ;
- L'effondrement de l'aérogénérateur.

Les tableaux ci-dessous synthétisent la probabilité et la gravité finales de ces accidents, les principales mesures de maîtrise des risques mises en place et l'acceptabilité des accidents. Pour rappel, tous ces accidents sont limités à une zone géographique clairement limitée (périmètre de projection ou de chute), avec des probabilités associées à chaque évènement.

Aérogénérateur	Evènement	Probabilité	Gravité	Mesures de sécurité	Niveau de risque
Aérogénérateur n°1 bis Aire d'étude : zone peu fréquentée	Effondrement	D	Modéré	Respect spécifications constructeur Calcul des fondations et vérifications Contrôles techniques Inspections et maintenance	Acceptable
	Chute de glace	A	Modéré	Système de détection de givre Panneau d'alerte en entrée de plateforme	Acceptable
	Chute d'élément	C	Modéré	Respect instructions de montage Contrôles qualité à la fabrication Inspections régulières	Acceptable
	Projection de tout ou partie de pale	D	Modéré	Respect instructions de montage Contrôles qualité à la fabrication Inspections régulières Arrêt automatique à partir d'un seuil de vitesse de vent Détection incendie Protection foudre	Acceptable
	Projection de glace	B	Modéré	Système de détection de givre Détection de balourd et de vibration Procédure de redémarrage	Acceptable

Aérogénérateur	Evènement	Probabilité	Gravité	Mesures de sécurité	Niveau de risque
Aérogénérateur n°2 bis Aire d'étude : zone peu fréquentée Route communale Grand Rozoy - Courdoux	Effondrement	D	Modéré	Respect spécifications constructeur Calcul des fondations et vérifications Contrôles techniques Inspections et maintenance	Acceptable
	Chute de glace	A	Modéré	Système de détection de givre Panneau d'alerte en entrée de plateforme	Acceptable
	Chute d'élément	C	Modéré	Respect instructions de montage Contrôles qualité à la fabrication Inspections régulières	Acceptable
	Projection de tout ou partie de pale	D	Modéré	Respect instructions de montage Contrôles qualité à la fabrication Inspections régulières Arrêt automatique à partir d'un seuil de vitesse de vent Détection incendie Protection foudre	Acceptable
	Projection de glace	B	Modéré	Système de détection de givre Détection de balourd et de vibration Procédure de redémarrage	Acceptable

Aérogénérateur	Evènement	Probabilité	Gravité	Mesures de sécurité	Niveau de risque
Aérogénérateur n°3 bis Aire d'étude : zone peu fréquentée Route communale Grand Rozoy - Courdoux	Effondrement	D	Modéré	Respect spécifications constructeur Calcul des fondations et vérifications Contrôles techniques Inspections et maintenance	Acceptable
	Chute de glace	A	Modéré	Système de détection de givre Panneau d'alerte en entrée de plateforme	Acceptable
	Chute d'élément	C	Modéré	Respect instructions de montage Contrôles qualité à la fabrication Inspections régulières	Acceptable
	Projection de tout ou partie de pale	D	Modéré	Respect instructions de montage Contrôles qualité à la fabrication Inspections régulières Arrêt automatique à partir d'un seuil de vitesse de vent Détection incendie Protection foudre	Acceptable
	Projection de glace	B	Modéré	Système de détection de givre Détection de balourd et de vibration Procédure de redémarrage	Acceptable

Aérogénérateur	Evènement	Probabilité	Gravité	Mesures de sécurité	Niveau de risque
Aérogénérateur n°4 bis Aire d'étude : zone peu fréquentée	Effondrement	D	Modéré	Respect spécifications constructeur Calcul des fondations et vérifications Contrôles techniques Inspections et maintenance	Acceptable
	Chute de glace	A	Modéré	Système de détection de givre Panneau d'alerte en entrée de plateforme	Acceptable
	Chute d'élément	C	Modéré	Respect instructions de montage Contrôles qualité à la fabrication Inspections régulières	Acceptable
	Projection de tout ou partie de pale	D	Modéré	Respect instructions de montage Contrôles qualité à la fabrication Inspections régulières Arrêt automatique à partir d'un seuil de vitesse de vent Détection incendie Protection foudre	Acceptable
	Projection de glace	B	Modéré	Système de détection de givre Détection de balourd et de vibration Procédure de redémarrage	Acceptable

Aérogénérateur	Evènement	Probabilité	Gravité	Mesures de sécurité	Niveau de risque
Aérogénérateur n°5 bis Aire d'étude : zone peu fréquentée Route communale Grand Rozoy - Courdoux	Effondrement	D	Modéré	Respect spécifications constructeur Calcul des fondations et vérifications Contrôles techniques Inspections et maintenance	Acceptable
	Chute de glace	A	Modéré	Système de détection de givre Panneau d'alerte en entrée de plateforme	Acceptable
	Chute d'élément	C	Modéré	Respect instructions de montage Contrôles qualité à la fabrication Inspections régulières	Acceptable
	Projection de tout ou partie de pale	D	Modéré	Respect instructions de montage Contrôles qualité à la fabrication Inspections régulières Arrêt automatique à partir d'un seuil de vitesse de vent Détection incendie Protection foudre	Acceptable
	Projection de glace	B	Modéré	Système de détection de givre Détection de balourd et de vibration Procédure de redémarrage	Acceptable

Aérogénérateur	Evènement	Probabilité	Gravité	Mesures de sécurité	Niveau de risque
Aérogénérateur n°6 bis Aire d'étude : zone peu fréquentée Route communale Grand Rozoy - Courdoux	Effondrement	D	Modéré	Respect spécifications constructeur Calcul des fondations et vérifications Contrôles techniques Inspections et maintenance	Acceptable
	Chute de glace	A	Modéré	Système de détection de givre Panneau d'alerte en entrée de plateforme	Acceptable
	Chute d'élément	C	Modéré	Respect instructions de montage Contrôles qualité à la fabrication Inspections régulières	Acceptable
	Projection de tout ou partie de pale	D	Modéré	Respect instructions de montage Contrôles qualité à la fabrication Inspections régulières Arrêt automatique à partir d'un seuil de vitesse de vent Détection incendie Protection foudre	Acceptable
	Projection de glace	B	Modéré	Système de détection de givre Détection de balourd et de vibration Procédure de redémarrage	Acceptable

Pour rappel, les scénarios suivants ont été exclus de l'analyse détaillée des risques en raison de leur faible intensité :

- Incendie de l'aérogénérateur : les effets thermiques seront faibles au vu de la hauteur de la nacelle ;
- Incendie du poste de livraison : les effets ressentis seront mineurs de part la structure en béton du poste ;
- Infiltration d'huile dans le sol : les volumes engagés dans les aérogénérateurs sont faibles.

Au vu des résultats de l'analyse détaillée des risques, les mesures de maîtrise des risques mises en place sur l'installation sont suffisantes pour garantir un risque acceptable pour chaque phénomène présenté.

Le projet ainsi présenté est donc de moindre impact que celui proposé précédemment, qui présentait déjà un risque acceptable.

10 ANNEXES

10.1 ANNEXE 1 : METHODE DE COMPTAGE DES PERSONNES POUR LA DETERMINATION DE LA GRAVITE POTENTIELLE D'UN ACCIDENT A PROXIMITE D'UN AEROGENERATEUR

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 étudiés.

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 (partie3.4), 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'aérogénérateur considéré.

D'autre part, cette méthode permet ensuite de déterminer la gravité associée à chaque phénomène dansgereux retenu dans l'étude détaillée des risques (partie 8).

Terrains non bâtis

Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, forêts, friches, marais …) : compter 1 persone 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 ha.

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

Voies de circulation

Les voies de circulation n'ont à être prises en compte que si elles sont empruntées par un nombre significatif de personnes. En effet, les voies de circulation non structurantes (< 2.000 véhicules/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.

E xemple : 20.000 véhicules/jour sur une zone de 500 m = 0,4 x 0,5 x 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)									
Trafic (en véhicules/jour)		100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
	2 000	0,8	1,6	2,4	3,2	4	4,8	5,6	6,4	7,2	8
	3 000	1,2	2,4	3,6	4,8	6	7,2	8,4	9,6	10,8	12
	4 000	1,6	3,2	4,8	6,4	8	9,6	11,2	12,8	14,4	16
	5 000	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
	7 500	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
	10 000	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
	20 000	8	16	24	32	40	48	56	64	72	80
	30 000	12	24	36	48	60	72	84	96	108	120
	40 000	16	32	48	64	80	96	112	128	144	160
	50 000	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
	60 000	24	48	72	96	120	144	168	192	216	240
	70 000	28	56	84	112	140	168	196	224	252	280
	80 000	32	64	96	128	160	192	224	256	288	320
	90 000	36	72	108	144	180	216	252	288	324	360
	100 000	40	80	120	160	200	240	280	320	360	400

- **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 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 randonnées, 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 …) 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 automobiles).

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 se rencontrera peu en pratique.

Zones d'activité

Zones d'activités (industriels 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.

10.2 ANNEXE 2 : TABLEAU DE L'ACCIDENTOLOGIE FRANÇAISE

Le tableau ci-dessous a été établi par le groupe de travail constitué pour la réalisation du guide de l'EDD SER-FEE INERIS. 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 le chapitre 6. de la présente étude.

Type d'accident	Date	Nom du parc	Départe-ment	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Techno-logie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information
Effondrement	Novembre 2000	Port la Nouvelle	Aude	0,5	1993	Non	Le mât d'un aérogénérateur s'est plié lors d'une tempête suite à la perte d'une pale (coupure courant prolongée pendant 4 jours suite à la tempête)	Tempête avec foudre répétée	Rapport du CGM Site Vent de Colère
Rupture de pale	2001	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pales en bois (avec inserts)	?	Site Vent de Colère
Effondrement	01/02/2002	Wormhout	Nord	0,4	1997	Non	Bris d'hélice et mât plié	Tempête	Rapport du CGM Site Vent du Bocage
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

Type d'accident	Date	Nom du parc	Départe-ment	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Techno-logie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information
Effondrement	28/12/2002	Névian - Grande Garrigue	Aude	0,85	2002	Oui	Effondrement d'un aérogénérateur 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 un aérogénérateur bipale	Tempête	Article de presse (La Dépêche du 26/03/2003)
Rupture de pale	05/11/2003	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pales en bois (avec inserts) sur trois aérogénarateurs. Morceaux de pales disséminés sur 100m.	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 kms.	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 aérogénarateurs suite à l'arrachement de la fondation	Rupture de 3 des 4 micropieux de la fondation, erreur de calcul (facteur de 10)	Base de données ARIA Rapport du CGM Site Vent de Colère Articles de presse (La Voix du Nord du 20/03/2004 et du 21/03/2004)
Rupture de pale	22/06/2004 et 08/07/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2001	Non	Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5m à 50m, mat intact	Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage)	Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004)
Rupture de pale	2004	Escales-Conilhac	Aude	0,75	2003	Non	Bris de trois pales		Site Vent de Colère

Type d'accident	Date	Nom du parc	Départe-ment	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Techno-logie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information
Rupture de pale	22/12/2004	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75	2004	Non	Bris des trois pales et début d'incendie sur un aérogénérateur (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	?	Non	Bris de pale		Site Vent de Colère
Rupture de pale	08/10/2006	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2004	Non	Chute d'une pale de 20m 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	Roquetailla de	Aude	0,66	2001	Oui	Acte de malveillance: explosion de bonbonne de gaz au pied de 2 aérogénérateurs. L'une d'entre elles a mis le feu en pieds de mat qui s'est propagé jusqu'à la nacelle.	Malveillance / incendie criminel	Communiqués de presse exploitant Articles de presse (La Dépêche, Midi Libre)
Effondrement	03/12/2006	Bondues	Nord	0,08	1993	Non	Sectionnement du mât puis effondrement d'une éolienne dans une zone industrielle	Tempête (vents mesurés à 137Kmh)	Article de presse (La Voix du Nord)
Rupture de pale	31/12/2006	Ally	Haute-Loire	1,5	2005	Oui	Chute de pale lors d'un chantier de maintenance visant à remplacer les rotors	Accident faisant suite à une opération de maintenance	Site Vent de Colère
Rupture de pale	03/2007	Clitourps	Manche	0,66	2005	Oui	Rupture d'un morceau de pale de 4m et éjection à plus de 200m de distance dans un champ	Cause pas éclaircie	Site FED

Type d'accident	Date	Nom du parc	Départe-ment	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Techno-logie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information
Chute d'élément	11/10/2007	Plouvien	Finistère	1,3	2007	Non	Chute d'un élément de la nacelle (trappe de visite de 50 cm de diamètre)	Défaut au niveau des charnières de la trappe de visite. Correctif appliqué et retrofit des boulons de charnières effectué sur toutes les machines en exploitation.	Article de presse (Le Télégramme)
Emballement	03/2008	Dinéault	Finistère	0,3	2002	Non	Emballement de l'aérogénérateur mais pas de bris de pale	Tempête + système de freinage hors service (boulon manquant)	Base de données ARIA
Collision avion	04/2008	Plouguin	Finistère	2	2004	Non	Léger choc entre l'aile d'un bimoteur Beechcraftch (liaison Ouessant-Brest) et une pale d'aérogénérateur à l'arrêt. Perte d'une pièce de protection au bout d'aile. Mise à l'arrêt de la machine pour inspection.	Mauvaise météo, conditions de vol difficiles (sous le plafond des 1000m imposé par le survol de la zone) et faute de pilotage (altitude trop basse)	Articles de presse (Le Télégramme, Le Post)
Rupture de pale	19/07/2008	Erize-la-Brûlée - Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Oui	Chute de pale et projection de morceaux de pale suite à un coup de foudre	Foudre + défaut de pale	Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain 22/07/2008)
Incendie	28/08/2008	Vauvillers	Somme	2	2006	Oui	Incendie de la nacelle	Problème au niveau d'éléments électroniques	Dépêche AFP 28/08/2008
Rupture de pale	26/12/2008	Raival - Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Oui	Chute de pale		Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain)

Type d'accident	Date	Nom du parc	Départe-ment	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Techno-logie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information
Maintenance	26/01/2009	Clastres	Aisne	2,75	2004	Oui	Accident électrique ayant entraîné la brûlure de deux agents de maintenance	Accident électrique (explosion d'un convertisseur)	Base de données ARIA
Rupture de pale	08/06/2009	Bolléne	Vaucluse	2,3	2009	Oui	Bout de pale d'un aérogénérateur ouvert	Coup de foudre sur la pale	Interne exploitant
Incendie	21/10/2009	Froidfond - Espinassière	Vendée	2	2006	Oui	Incendie de la nacelle	Court-circuit dans transformateur sec embarqué en nacelle ?	Article de presse (Ouest-France) Communiqué de presse exploitant Site FED
Incendie	30/10/2009	Freyssenet	Ardèche	2	2005	Oui	Incendie de la nacelle	Court-circuit faisant suite à une opération de maintenance	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)
Effondrement	30/05/2010	Port la Nouvelle	Aude	0,2	1991	Non	Effondrement d'un aérogénérateur	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 entrainant la chute de l'ensemble.	Interne exploitant
Incendie	19/09/2010	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75	2004	Non	Emballement de deux aérogénérateurs 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

Type d'accident	Date	Nom du parc	Départe-ment	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Techno-logie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information
Maintenance	15/12/2010	Pouillé-les-Côteaux	Loire Atlantique	2,3	2010	Oui	Chute de 3 m d'un technicien de maintenance à l'intérieur de l'éolienne. L'homme de 22 ans a été secouru par le GRIMP de Nantes. Aucune fracture ni blessure grave.		Interne SER-FEE
Transport	31/05/2011	Mesvres	Saône-et-Loire	-	-	-	Collision entre un train régional et un convoi exceptionnel transportant une pale d'éolienne, au niveau d'un passage à niveau Aucun blessé		Article de presse (Le Bien Public 01/06/2011)
Incendie	06/12/2012	Port-La Nouvelle Sigem	Aude				Incendie de la nacelle		Article de presse (l'indépendant 07/11/2012)

10.3 ANNEXE 3 : SCENARIOS GENERIQUES ISSUS DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

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

Le tableau générique issu de l'analyse préliminaire des risques présenté dans la partie 7.4 de la présente étude de dangers. Il peut être considéré comme représentatif des scénarios d'accident pouvant potentiellement se produire sur les aérogénérateurs.

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'évènements redoutés centraux identifiés grâce au retour d'expérience par le groupe de travail (« 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 et « 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 prévention intégrés stopperont le rotor. La chute de ces éléments interviendra donc dans l'aire surplombée par le rotor, le déport induit par le vent étant négligeable.

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

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

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

    - **Scénario G02**

La projection de glace depuis un aérogénérateur en mouvement interviendra lors d'éventuels redémarrages de la machine encore « glacée », ou en cas de formation de glace sur le rotor en mùouvement 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'atteidnre 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 sont fournis. La méthodologie suivante pourra aider à déterminer l'ensemble des scénarios devant être regardés :

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

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

- Concernant le défaut de conception et fabrication : contrôle qualité ;
- Concernant le non-respect des instructions de montage et/ou de maintenance : formation du personnel intervenant, contrôle qualité (inspections) ;
- Concernant les causes externes dues à l'environnement : mise en place de solutions techniques visant à réduire l'impact. Suivant les constructeurs, certains dispositifs sont de série ou en otpion. Le choix des options est effectué par l'exploitant en fonctiond es 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 aérogénérateurs (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 revance, 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 projet 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 et 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 présene 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 pars les opérateurs lors de smaintenances ;
- Procédure de gestion des situations d'urgence.

Deux évènements peuvent être aggravants :

- Ecoulement de ces produits le long des pales de l'aérogénérateur, surtout si celle-ci est en fonctionnement. Les produits seront alors projetés aux alentours ;
- Présence d'une forte pluie qui dispersera 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.

Evènement aggravant : fortes pluis qui disperseront rapidement les produits dans le sol.

- **Scénarios relatifs aux risques de chute d'éléments (C01 à C03)**

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

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

- **Scénarios relatifs aux risques de projection de pales ou de fragments de pales (P01 à P06)**

Les évènements 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'aérogénérateur est à l'arrêt on considère que la zone d'effet sera limitée au surplomb de l'éolienne.

Si l'aérogénérateur est en fonctionnement la zone d'effet sera déterminée en fonction de l'étude balistique et du site.

L'emballement de l'aérogénérateur constitue un facteur aggravant en cas de projection de tout ou partie d'une pale. Cet emballement peut notamment être provoque par la eprte d'utilité décrite ci-dessus (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 grêles, 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 nécessaires).

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

- **Scénario P03**

Un mauvais serrage de base ou le desserage 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 aérogénérateurs (E1bis à E6bis)**

Les évènements pouvant conduire à l'effondrement de l'aérogénérateur 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 …

10.4 ANNEXE 4 : GLOSSAIRE

Les définitions ci-dessous sont reprises de la circulaire du 10 mai 2010. Ces définitions sont couramment utilisées dans le domaine de l'évaluation des risques en France.

Accident : 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 » ;

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 : Événement, courant ou anormal, interne ou externe au système, situé en amont de la situation dangereuse dans l'enchaînement des causes 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 vulnérabilité 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). 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. 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 exposées, 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 employés dans la présente étude sont listés et explicités ci-dessous :

AEP : Alimentation en Eau Potable ;

APR : Analyse Préliminaire des Risques ;

ASN : Autorité de Sûreté Nucléaire ;

BRGM : Bureau des Recherches Géologiques et Minières ;

DDASS : Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales ;

DDTM : Direction Départementale du Territoire et de la Mer ;

DGAC : Direction Générale de l'Aviation Civile ;

DREAL : Direction Régionale Environnement, de l'Aménagement et du Logement ;

EDD : Etude De Dangers ;

ERP : Etablissement Recevant du Public ;

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

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

INERIS : Institut National de l'enviRonnement Industriel et des Risques

MEDD : Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable ;

PPI : Plan Particulier d'Intervention ;

RTE : Réseau de Transport d'Electricité ;

SER : Syndicat des Energies Renouvelables ;

TMD : Transport de Matières Dangereuses ;

ZNIEFF : Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique.

10.5 ANNEXE 5 : BIBLIOGRAPHIE ET REFERENCES UTILES

[1] *L'évaluation des fréquences et des probabilités à partir des données de retour d'expérience (ref DRA-11-117406-04648A)* (2011) – INERIS

[2] *NF EN 61400-1 Eoliennes – Partie 1 : Exigences de conception* (Juin 2006) – www.afnor.org

[3] *Wind Turbine Accident data to 31 March 2011* (2011) – Caithness Windfarm Information Forum www.caithnesswindfarms.co.uk

[4] *Site Specific Hazard Assessment for a wind farm project – Case study* (2010/08/24) – Germanischer Lloyd, Windtest Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH

[5] *Guide for Risk-Based Zoning of wind Turbines, Energy research centre of the Netherlands (ECN*) (2005) – H. Braam, G.J. van Mulekom, R.W. Smit

[6] *Specification of minimum distances* (2004) – Dr-ing. Veenker ingenieurgesellschaft

[7] *Permitting setback requirements for wind turbine in California* (2006) – California Energy Commission – Public Interest Energy Research Program

[8] *Oméga 10 : Evaluation des barriers techniques de sécurité* (2005) – INERIS

[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* (2011) – www.legifrance.fr

[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* (2011) – www.legifrance.fr

[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* (2011) – www.legifrance.fr

[13] *Alpine test site Gütsch : monitoring of a wind turbine under icing conditions* – R. Cattin etal.

[14] *Wind energy production in cold climate (WECO)* (décembre 1998) – Tammelin B., Cavaliere M., Holttinen H., Morgan C., Seifert H., Säntti K. - Finnish Meteorological Institute

[15] *Rapport sur la sécurité des installations éoliennes* (juillet 2004) – Conseil Général des Mines - Guillet R., Leteurtrois J.-P.

[16] *Risk analysis of ice throw from wind turbines* (DEWI, avril 2003) – Seifert H., Westerhellweg A., Kröning J.

[17] *Wind energy in the BSR : impacts and causes of icing on wind turbines* (novembre 2005) – Narvik University College

10.6 ANNEXE 6 : CERTIFICAT DE CONFORMITE IEC61400-1 : 2005 (MM92)

ZERTIFIKAT ◆ CERTIFICATE ◆ 認証書 ◆ СЕРТИФИКАТ ◆ CERTIFICADO ◆ CERTIFICAT

Type Certificate

Industrie Service

Subject:	**Wind Turbine REpower MM92 50Hz** **IEC WT class II_A/III_A** **Rotor Blade LM45.3P/RE45.2** **Hub Height 68-68.5m/78-80m/98-100m**
Registration no.:	03.16.11.12.00
Applicant:	**REpower Systems AG** **Überseering** **22297 Hamburg** **Germany**
Confirmation:	It is hereby certified that the above mentioned subject has been assessed by TÜV SÜD Industrie Service GmbH concerning the design, the prototype testing and the manufacturing process.
Normative	IEC 61400-1:2005 "Wind Turbines Part 1: Design Requirements"
Assessment procedure:	The conformity evaluation was carried out according to IEC WT01 (04/2001) 'IEC System for Conformity Testing and Certification of Wind Turbines – Rules and Procedures' and is based on the following reference documents:

Registration No.:	dated	Statements of Compliance / Reports
03.16.11.22.02	2011-04-15	Design Assessment, MM92 50Hz by TÜV SÜD
4422009192734-T-IEC, Rev. 0	2009-11-11	Type Test MM92 50/60Hz RE45.2 by TÜV NORD
78/220/165507-T-IEC, Rev. 3	2010-02-22	Type Test MM92 50/60Hz LM45.3P by TÜV NORD
78/220/165507-C-IEC, Rev. 1	2009-03-30	Type Characteristics Measurement MM92 50/60Hz LM45.3P2 by TÜV NORD
4422009192734-C-IEV, Rev. 0	2009-11-11	Type Characteristics Measurement MM92 50Hz RE45.2 by TÜV NORD
03.16.11.42.00	2011-04-13	Manufacturing Evaluation MM92 50Hz by TÜV SÜD
03.16.11.52.00	2011-04-15	Final Evaluation Report MM92 50Hz by TÜV SÜD

This Certificate is valid until **2016-04-15**

if the validity of the certification of the quality management system is maintained.

Munich, 2011-04-15

Deutscher Akkreditierungs Rat
DAR
DPT-ZE-3510.81

Dr.- Ing. M. Webhofer
Head Certification Body Wind Turbines
TÜV SÜD Industrie Service GmbH

By DAP German Accreditation System for Testing accredited according to EN 45011 as Certification Body for Wind Turbines and their Components

Dipl.-Ing. A. Trunz
Head Inspection Authority Wind Turbines
TÜV SÜD Industrie Service GmbH

TÜV SÜD Industrie Service GmbH, Westendstr. 199, D-80686 Munich

TÜV®

10.7 ANNEXE 7 : ELEMENTS JUSTIFICATIFS DU RESPECT DES NORMES IEC 61400-24 ET EN 62305-3 (MM92)

REpower Systems

Lightning protection, earthing and potential equalization

[MM]

General Information

REpower Systems AG
Überseering 10
22297 Hamburg
Germany
Phone.: +49 - 40 - 5555090 - 0
Fax: +49 - 40 - 5555090 - 3999

www.repower.de

Copyright © 2010 REpower Systems AG

All rights reserved.

Disclaimer

Protection Notice DIN ISO 16016: The reproduction, distribution and utilization of this document as well as the communication of its contents to others without explicit authorization in writing of REpower Systems AG is prohibited. Offenders will be held liable for the payment of damages. All rights reserved in the event of the grant of a patent, utility model or design.

Please ensure to use the applicable specifications in their latest versions. Images do not necessarily reflect the exact scope of supply and are subject to technical alterations at any time. Please note that this document can not necessarily correspond with the project-specific requirements.

Possible work procedures shown in this product description comply with German and the REpower's own safety provisions and regulations. The national laws of other countries may provide for further safety specifications.
It is essential that all precautionary measures, both project- and country-specific, be strictly complied with. It is the duty of each customer to inform itself, implement and observe these measures.
The applicability and validity of the relevant legal and/or contractual provisions, the technical guidelines, DIN standards and other comparable regulations is not excluded by the contents or demonstrations contained in product description. Moreover these provisions and regulations shall continue to apply without any limitation.

All information contained in this product description are subject to change at any time without notice or approval by the customer.
REpower Systems AG assumes no liability for any errors or omissions in the content of this product description. Legal claims against REpower Systems AG based on damage caused by the use or non-use of the information offered here or the use of erroneous or incomplete information are excluded.

All brands or product names mentioned in this document are the property of their respective holders.

Table of Contents

Applicable Documents 4

List of Abbreviations and Units 4

List of Figures 5

1 Introduction 6

2 Standards and Regulations 6

3 Requirements 7

4 Rolling sphere method for the determination of potential strike locations 8

5 Overview of the design of the external lightning protection concept 9

6 Rotor blade 10

7 Hub 11

8 Nacelle 11

9 Tower 12

10 Earthing and potential equalization 13

11 Lightning protection concept based on zones 14

12 Internal lightning protection system 15

Applicable Documents

The documents referred to in the table below are included for information only. Reference to them in this product description does not make them part of the contract.

Title	Document no.
REpower MM82 Product Description	PD-2.5-WT.WT.01-B-*
REpower MM92 Product Description	PD-2.9-WT.WT.01-B-*
REpower MM100 Product Description	PD-2.20-WT.WT.01-A-*
Specification for empty conduits, earthing, installation of the embedded steel can	V-1.1-FG.00.09-A-*

* If the products referred to in the table above are to be included within the project, the relevant product descriptions in their current version will be amended to the contract.

List of Abbreviations and Units

Abbreviation/Unit	Description
EMC	Electromagnetic compatibility
HH	Hub height
IEC	International Electrotechnical Commission
LPL	Lightning protection level
LPZ	Lightning protection zone
SPD	Surge protection device
WEC	Wind Energy Converter (equal to Wind Turbine Generator System [WTGS])

List of Figures

Fig. 1: Exemplary representation of a MM92 HH 100m 8
Fig. 2: Exemplary representation of the discharge paths of the MM-series 9
Fig. 3: Example of the MM92 blade tip receptor 10
Fig. 4: Example of the MM92 rotor blade receptors 10
Fig. 5: Example of the carbon brushes with parallel spark gaps at the rotor holding disk 11
Fig. 6: Example of the lightning rod of the MM-series 11
Fig. 7: Example of the carbon brushes and spark gaps at the yaw toothing 12
Fig. 8: Example of the equipotential bonding busbar connection to the earthing system of the MM-series 13
Fig. 9: Exemplary representation of the lightning protection zones of the MM-series 14
Fig. 10: Example of the overvoltage protection of the generator 15

1 Introduction

The MM-series is equipped with a comprehensive lightning protection and earthing system in accordance with IEC 62305 (2006-01) and IEC 61400-24 ed. 1 (2010-06) which is used to protect against direct (e.g. lightning strikes) or indirect damage to the WEC. The external lightning protection system is characterized by the fact that the receptors in the rotor blades, of the spinner, and of the nacelle as well as the lightning rod are to receive the lightning; the resulting lightning current shall be subsequently discharged via defined paths to the ground. The electrical and electronic components of the WEC shall be also protected against interfering fields and interfering voltages by means of surge protection devices [SPD].

2 Standards and Regulations

The lightning protection concept of the MM-series is based on the standards:

IEC	62305 (2006-01)
IEC	61400-24 Ed. 1 (2010-06)

3 Requirements

The MM-series is designed in accordance with the highest lightning protection level, lightning protection level I (LPL I), and is constructed accordingly. As shown in table 1, a WEC with LPL I may conduct a maximum peak value of the lightning current of 200 kA.

First short positive stroke			**LPL**			
Current parameters	**Symbol**	**Unit**	**I**	**II**	**III**	**IV**
Peak current	I	kA	200	150	100	
Short stroke charge	Q_{short}	C	100	75	50	
Specific energy	W/R	MJ/Ω	10	5,6	2,5	
Time parameters	T_1 / T_2	µs / µs	10/350			
First short negative stroke [a]			**LPL**			
Peak current	I	kA	100	75	50	
Average steepness	di/dt	kA/µs	100	75	50	
Time parameters	T_1 / T_2	µs / µs	1/200			
Subsequent short stroke [a]			**LPL**			
Current parameters	**Symbol**	**Unit**	**I**	**II**	**III**	**IV**
Peak current	I	kA	50	37,5	25	
Average steepness	di/dt	kA/µs	200	150	100	
Time parameters	T_1 / T_2	µs / µs	0,25 / 100			
Long stroke			**LPL**			
Current parameters	**Symbol**	**Unit**	**I**	**II**	**III**	**IV**
Long stroke charge	Q_{long}	C	200	150	100	
Time parameter	T_{long}	s	0,5			
Flash			**LPL**			
Current parameters	**Symbol**	**Unit**	**I**	**II**	**III**	**IV**
Flash charge	Q_{flash}	C	300	225	150	
[a] The use of this wave shape concerns only calculations and not testing.						

Tab. 1: Overview of the lightning current characteristics of the various lightning protection levels (table from IEC 62305-1)

4 Rolling sphere method for the determination of potential strike locations

The protection level determines a sphere with a fixed radius that is rolled over the WEC to be protected. All points of contact represent potential strike locations. A lightning sphere radius of 20m consequently results for the MM-series in case of lightning protection level I. Receptor mechanisms are attached to the potential strike locations.

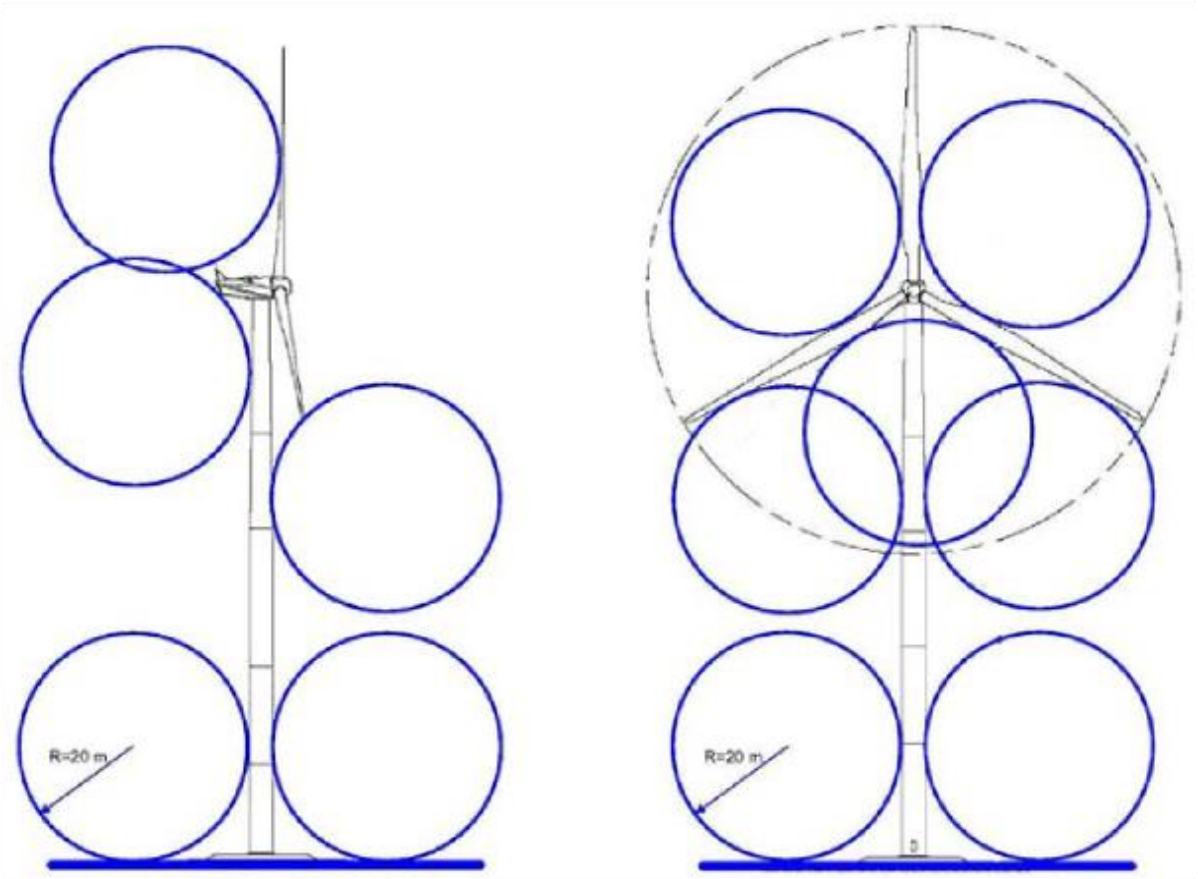


Fig. 1: Exemplary representation of a MM92 HH 100m

5 Overview of the design of the external lightning protection concept

The external lightning protection system is characterized by the fact that the lightning current shall be discharged via different paths. One runs from the rotor blade or the receptor at the spinner via the hub through the tower into the earthing system in the foundation. The other one runs from the lightning rod at the weather mast or the receptors at the nacelle via the main frame and subsequently through the tower into the earthing system in the foundation. Figure 2 provides an overview of the schematic design of the external lightning protection system of the REpower MM-series.

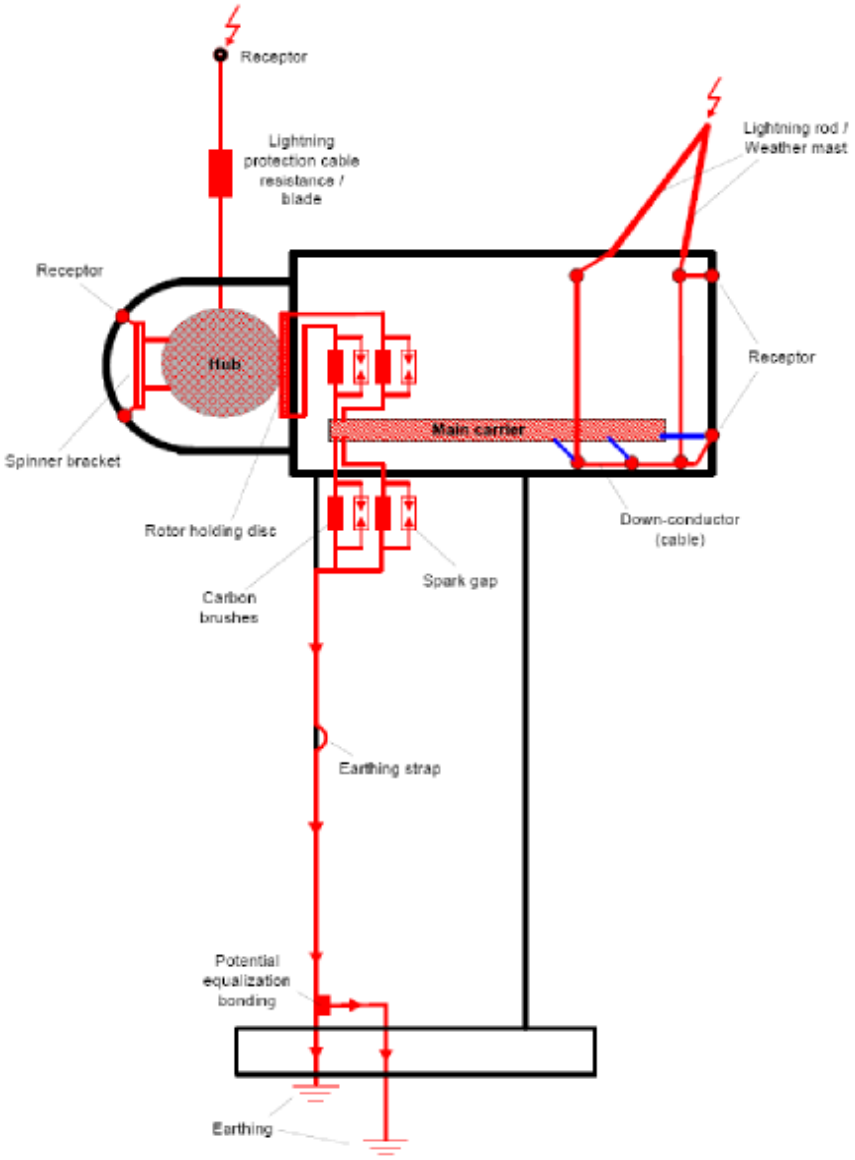


Fig. 2: Exemplary representation of the discharge paths of the MM-series

6 Rotor blade

The blade tip is the highest point of the WEC and consequently exhibits the biggest risk of a lightning strike.

The rotor blades of the MM82 and MM92 differ in the quantity of the receptors. The rotor blade of the MM82 has a receptor at the blade tip. The rotor blade of the MM92 has additionally to the blade tip receptor 2 receptors, each on the pressure and suction side at approx. 50% of the profile depth which are located approx. 4 and 8 meters from the blade tip.

Both rotor blade types conduct the lightning current without the formation of light arcs from the point of the lightning strike to the hub. The discharge to the blade root is realized via a copper cable with is centrally attached to one of the webs. The cable is connected via the inner ring of the blade bearings to the hub.

Fig. 3: Example of the MM92 blade tip receptor

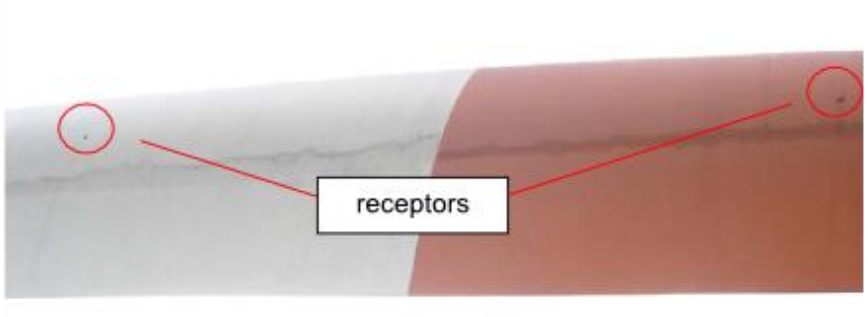


Fig. 4: Example of the MM92 rotor blade receptors

A lightning registration card has been installed at the blade root of each rotor blade.

7 Hub

The electrical components within the hub are protected by the hub and the receptors of the spinner. Circumventing the rotor bearing, the lightning current is subsequently conducted via carbon brushes with parallel spark gaps from the hub at the rotor holding disk to the main frame.

Fig. 5: Example of the carbon brushes with parallel spark gaps at the rotor holding disk

8 Nacelle

The REpower MM-series includes one lightning rod at the nacelle. The lightning rod protect the anemometers and the obstacle lights with the associated electrical installations from direct lightning strikes. The lightning current shall be conducted via a copper cable which connects the receptors in the nacelle to each other and is laminated into the nacelle enclosure to the main frame. The copper cable consequently connects the receptors and the lightning rod to the main frame.

Fig. 6: Example of the lightning rod of the MM-series

9 Tower

The lightning current shall be routed via two additional carbon brushes and spark gaps from the main frame to the toothing of the yaw bearing. These are located on both sides of the main frame. The yaw bearing is firmly attached to the tower being used as conductor.

Fig. 7: Example of the carbon brushes and spark gaps at the yaw toothing

10 Earthing and potential equalization

The tower contains three equipotential bonding busbars that are offset 120° and connected (in the inner ring) to the earthing system of the WEC. The earthing system shall safely discharge the lightning current as well as overvoltages to the ground.

Fig. 8: Example of the equipotential bonding busbar connection to the earthing system of the MM-series

The earthing system shall essentially fulfill the following requirements in case of short-circuits and/or earth faults as well as lightning strikes and switching activities:

1. Ensuring personal safety and
2. Preventing damage to property and equipment.

Multiple earthing rings are arranged (in accordance with the foundation type) in the foundation. An earthing resistance of <= 2 ohms is required. Both is required in order to ensure a better lightning current discharge and to reach acceptable values for the touch and step voltage for reasons of personal safety.

11 Lightning protection concept based on zones

The lightning protection measures of the MM-series are realized on the basis of an EMC-oriented lightning protection concept based on zones. Following the classification in a lightning protection level, the WEC is divided into different lightning protection zones. In that context, the zones are selected in such a manner that the threat parameters of the zone do not exceed the interference immunity of the utilized devices and result from the design of the WEC.

The following lightning protection zones LPZ have been defined:

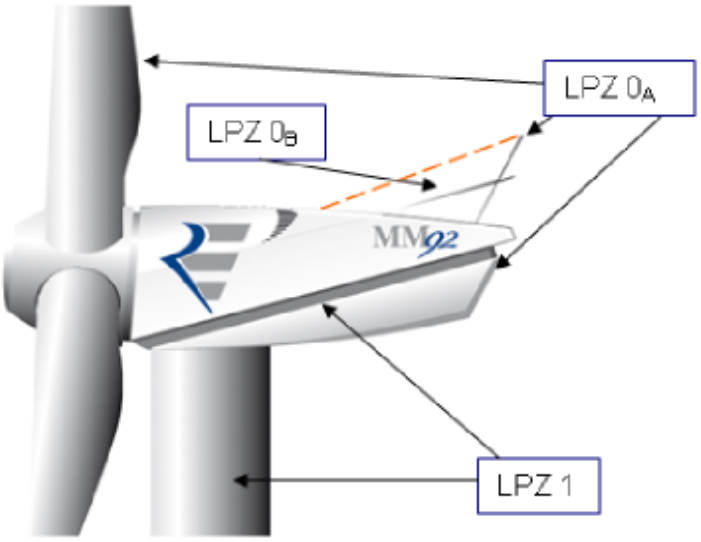


Fig. 9: Exemplary representation of the lightning protection zones of the MM-series

LPZ 0_A: Zone that is at risk of direct lightning strikes and the full electromagnetic field of the lightning. The internal systems may be exposed to full or partial lightning peak currents.

LPZ 0_B: Zone that is protected against direct lightning strikes, but at risk of the full electromagnetic field of the lightning. The internal systems may be exposed to partial lightning peak currents.

LPZ 1: Zone which is characterized by the fact that the current pulses are limited by means of current splitting and SPDs (surge protection devices) at the zone boundary. The electromagnetic field of the lightning may be weakened by means of spatial shielding.

LPZ 2…n: Zone which is characterized by the fact that the current pulses are limited further by means of current splitting and additional SPDs at the zone boundary. Additional spatial shielding may be used in order to weaken the electromagnetic field of the lightning.

12 Internal lightning protection system

The internal lightning protection system is used to limit the effects of the lightning current and the lightning voltage on the electrical system. Sparkovers and overvoltages shall be prevented at the electrical components within the WEC in case of a lightning strike. The electrical components of the WEC are equipped with suitable protective measures, e.g. surge protection devices, in accordance with their respective lightning protection zones to that end.

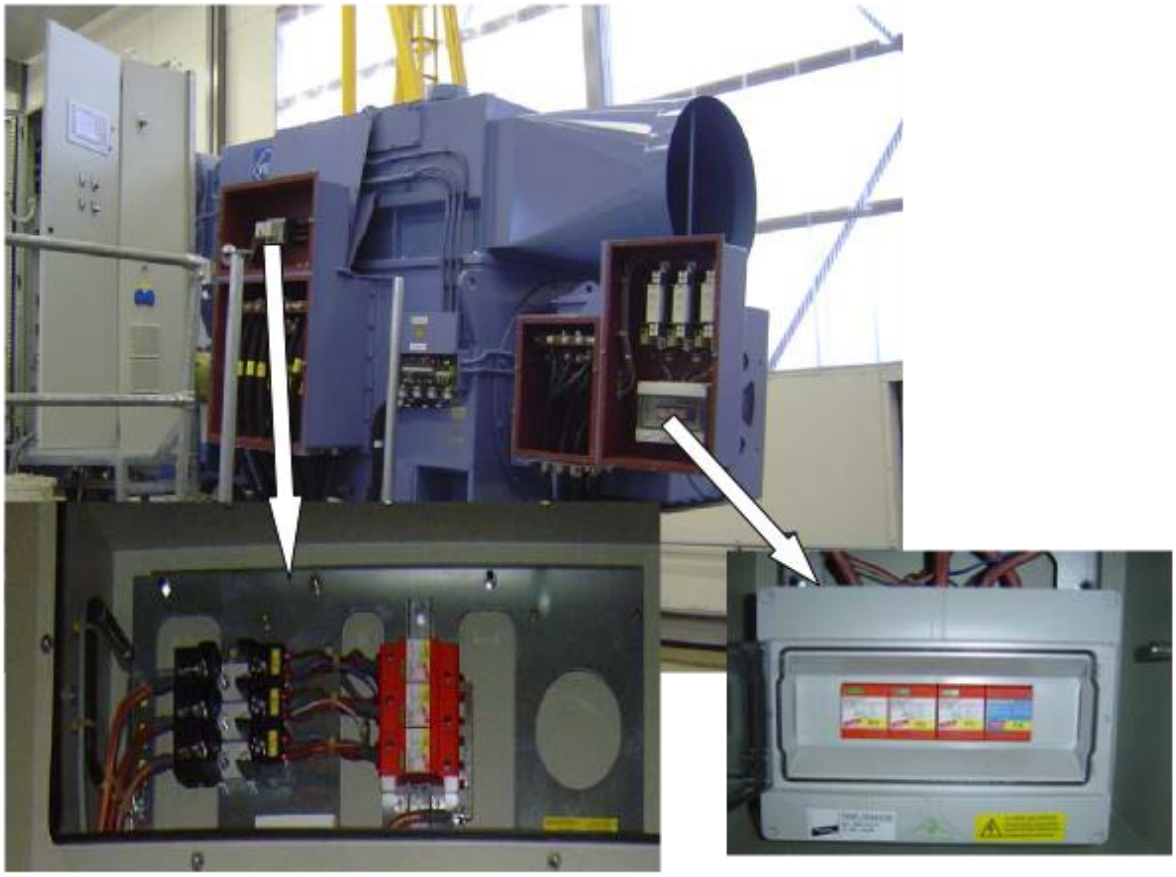


Fig. 10: Example of the overvoltage protection of the generator