

23/11/2017

**SAS
EOLIS.L'ETOURNELLE**

**PROJET EOLIEN DE « QUILLIEN »,
COMMUNE DE PLUMIEUX
(COTES-D'ARMOR, 22)**



ETUDE DE DANGERS

Sommaire

1	Préambule	8
1.1	Objectif de l'étude de dangers	8
1.2	Contexte législatif et réglementaire	8
1.3	Nomenclature des installations classées	10
2	Informations générales concernant l'installation	11
2.1	Renseignements administratifs	11
2.2	Localisation du site	15
2.3	Définition de l'aire d'étude	17
3	Description de l'environnement de l'installation	19
3.1	Environnement humain	19
3.1.1	Zones urbanisées	19
3.1.2	Etablissements recevant du public (ERP)	21
3.1.3	Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) et installations nucléaires de base	21
3.1.4	Autres activités	23
3.2	Environnement naturel	24
3.2.1	Contexte climatique	24
3.2.2	Risques naturels	28
3.2.3	Zones naturelles sensibles	38
3.3	Environnement matériel	41
3.3.1	Voies de communication	41
3.3.2	Réseaux publics et privés	46
3.3.3	Autres ouvrages publics	48
3.3.4	Patrimoine historique et culturel	48
3.4	Cartographie de synthèse	49
4	Description de l'installation	52
4.1	Caractéristiques de l'installation	52
4.1.1	Caractéristiques générales d'un parc éolien	52
4.1.2	Activité de l'installation	54
4.1.3	Composition de l'installation	54
4.2	Fonctionnement de l'installation	56
4.2.1	Principe de fonctionnement d'un aérogénérateur	56
4.2.2	Sécurité de l'installation	67
4.2.3	Opérations de maintenance de l'installation	73
4.2.4	Stockage et flux de produits dangereux	75
4.3	Fonctionnement des réseaux de l'installation	76
4.3.1	Raccordement électrique	76

4.3.2	Autres réseaux.....	79
5	Identification des potentiels de dangers de l'installation	79
5.1	Potentiels de dangers liés aux produits	79
5.1.1	Les produits entrants	80
5.1.2	Les produits sortants.....	87
5.2	Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation	88
5.3	Réduction des potentiels de dangers à la source.....	89
5.3.1	Principales actions préventives	89
5.3.2	Utilisation des meilleures techniques disponibles.....	89
6	Analyse des Retours d'expérience.....	90
6.1	Inventaire des accidents et incidents en France	90
6.2	Inventaire des accidents et incidents à l'international	91
6.3	Inventaire des accidents majeurs survenus sur les sites de l'exploitant.....	94
6.4	Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience ...	94
6.4.1	Analyse de l'évolution des accidents en France	94
6.4.2	Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents.....	94
6.4.3	Limites d'utilisation de l'accidentologie.....	95
7	Analyse Préliminaire des Risques	96
7.1	Objectif de l'analyse préliminaire des risques	96
7.2	Recensement des événements exclus de l'analyse des risques.....	96
7.3	Recensement des agressions externes potentielles	97
7.3.1	Agressions externes liées aux activités humaines.....	97
7.3.2	Agressions externes liées aux phénomènes naturels.....	98
7.4	Scénarios étudiés dans l'Analyse Préliminaire des Risques.....	98
7.5	Effets dominos	102
7.6	Mise en place des mesures de sécurité.....	103
7.7	Conclusion de l'analyse préliminaire des risques.....	109
8	Etude détaillée des risques.....	110
8.1	Rappel des définitions	110
8.1.1	Cinétique.....	110
8.1.2	Intensité.....	111
8.1.3	Gravité	111
8.1.4	Probabilité.....	113
8.2	Caractérisation des scénarios retenus	115
8.2.1	Effondrement de l'aérogénérateur	115
8.2.2	Chute de glace.....	119
8.2.3	Chute d'éléments de l'aérogénérateur	121
8.2.4	Projection de pales ou de fragments de pales.....	124

8.2.5	Projection de glace	129
8.3	Effets cumulés.....	132
8.4	Synthèse de l'étude détaillée des risques.....	132
8.4.1	Tableau de synthèse des scénarios étudiés.....	132
8.4.2	Synthèse de l'acceptabilité des risques.....	133
8.4.3	Cartographie des risques	134
9	Conclusion.....	141
10	Annexes.....	145
10.1	Annexe 1 : Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'un aérogénérateur.....	145
10.2	Annexe 2 : Tableau de l'accidentologie française	148
10.3	Annexe 3 : Scénarios génériques issus de l'Analyse Préliminaire des Risques ..	167
10.4	Annexe 4 : Glossaire	172
10.5	Annexe 5 : Bibliographie et références utiles	176
10.6	ANNEXE 6 : CERTIFICAT DE CONFORMITE POUR SENVION 3.0M122	177
10.6.1	ANNEXE 6.1 : Certificat de conformité IEC61400-1 : 2005.....	177
10.6.2	ANNEXE 6.2 : Eléments justificatifs du respect des normes IEC 61400-24 et EN 62305-3	181
10.7	Annexe 7 : Certificats du respect des normes pour Vestas V117-3.3.....	195
10.7.1	Annexe 7.1 : Certificat de conformité IEC61400-1 : 2005.....	195
10.7.2	Annexe 7.2 : Eléments justificatifs du respect des normes IEC 61400-24 et EN 62305-3	197
10.8	Annexe 8 : Certificats du respect des normes pour Siemens SWT-3.2-113	213
10.8.1	Annexe 8.1 : Certificat de conformité IEC61400-1 : 2005.....	213
10.8.2	Annexe 8.2 : Eléments justificatifs du respect des normes IEC 61400-24 et EN 62305-3	217
10.9	Annexe 9 : Certificats du respect des normes pour Siemens SWT-3.3-130	221
10.9.1	Annexe 9.1 : Certificat de conformité IEC61400-1 : 2005.....	221
10.9.2	Annexe 9.2 : Eléments justificatifs du respect des normes IEC 61400-24 et EN 62305-3	222
10.10	Annexe 10 : Certificats du respect des normes pour General Electric GE 2.75-120	224
10.10.1	Annexe 10.1 : Certificat de conformité IEC61400-1 : 2005.....	224
10.10.2	Annexe 10.2 : Eléments justificatifs du respect des normes IEC 61400-24 et EN 62305-3	232
10.11	Annexe 11 : Certificats de conformité des liaisons électriques intérieures	245
10.12	Annexe 12 : Demande d'approbation de projet d'ouvrage.....	248

LISTE DES CARTES

Carte 1 : Implantation des sites et parcs ENGIE Green (source : ENGIE Green – Octobre 2015).....	12
Carte 2 : Extrait de la carte de la région Bretagne (source : geoportail - 2016).....	15
Carte 3 : Aire d'étude de l'installation.....	18
Carte 4 : Distances des habitations et zones urbanisées aux aérogénérateurs	20
Carte 5 : Ilots de culture aux alentours de Plumieux (source : géoportail – 2016).....	23
Carte 6 : Les climats en France (source : CNRS - 2000).....	24
Carte 7 : Nombre de jours de gelée et de neige par an en France (source : alertes-meteo.com - 2008)	26
Carte 8 : Carte du potentiel éolien en France (source : ADEME - 1996).....	27
Carte 9 : Zonages sismiques de la France et de la région Bretagne (source : planseisme.fr – 2011).....	28
Carte 10 : Mouvements de terrain (glissement, éboulement, coulée, effondrement, érosion des berges) aux alentours de la commune de Plumieux (source : Georisques – 2016).....	29
Carte 11 : Aléa de retrait-gonflement des argiles sur la commune de Plumieux (source : BRGM – 2016)	30
Carte 12 : Nombre d'impacts de foudre par km ² /an en France (source : Météo France - 2011)	31
Carte 13 : Vitesses de vents relevées pour différentes tempêtes (source : Météo-France – 2011).....	32
Carte 14 : Communes exposées aux feux de forêt en France (source : developpement-durable.gouv.fr - 2015) .	33
Carte 15 : Bois et forêts aux environs de la commune de Plumieux (source : géoportail – 2016).....	34
Carte 16 : Zones inondables liées aux cours d'eau et aux fleuves (source : developpement-durable.gouv.fr - 2010).....	35
Carte 17 : Remontées de nappes aux environs de Plumieux (source : http://www.inondationsnappes.fr - 2016)	36
Carte 18 : Eloignement du projet par rapport aux côtes (source : géoportail - 2015)	37
Carte 19 : Protections et inventaires du patrimoine naturel et paysager aux environs de la commune de Plumieux (source : Bureau d'études CALIDRIS – 2015).....	39
Carte 20 : Carte IGN des réseaux routiers au niveau du site de «Quillien » (source geoportail – 2016).....	41
Carte 21 : Extrait de la carte du réseau ferroviaire français (source : Réseaux Ferrés de France – 2016)	43
Carte 22 : Carte des voies navigables (source : http://www.fluvialnet.com – 2016).....	44
Carte 23 : Plan du réseau à construire	47
Carte 24 : Cartographie de synthèse des enjeux à protéger dans l'aire d'étude (source : ENGIE Green – 2016)..	51
Carte 25 : Plan détaillé de l'installation présentant l'emplacement des aérogénérateurs, des plateformes, des postes de livraison et des câbles électriques enterrés (source : pièces graphiques de la DAU complétée en 2017)	55
Carte 26 : Synthèse du risque d'effondrement (source : ENGIE Green – 2016).....	135
Carte 27 : Synthèse du risque de chute de glace (source : ENGIE Green – 2016).....	136
Carte 28 : Synthèse du risque de chute d'éléments (source : ENGIE Green – 2016).....	137
Carte 29 : Synthèse du risque de projection de pale (source : ENGIE Green – 2016)	138
Carte 30 : Synthèse du risque de projection de glace (source : ENGIE Green – 2016).....	139
Carte 31: Synthèse de l'ensemble des risques (source : ENGIE Green – 2016.....	140

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Rose des vents au niveau du site d'implantation à 80 mètres (Source : ENGIE Green – 2015)	26
Figure 2 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur (source : EDD SER-FEE & INERIS – 2012).....	53
Figure 3 : Illustration des emprises au sol d'un aérogénérateur (source : EDD SER-FEE & INERIS – 2012).....	53
Figure 4 : Vue générale d'un aérogénérateur Senvion 3.0M122 et vue en coupe de la nacelle (source : Senvion – 2013)	59
Figure 5: Vue de profil de la nacelle de la Siemens SWT-3.2-113 (Source : Siemens – 2014).....	61
Figure 6 : Vue de profil de la nacelle de la Vestas V117 (Source : Vestas – 2014)	63
Figure 7 : Vue générale de l'aérogénérateur Vestas V117 (source : Vestas - 2014).....	63
Figure 8: Vue de profil de la nacelle de la Siemens SWT-3.2-113 (Source : Siemens – 2014).....	65
Figure 9 : Raccordement électrique prévisionnel des installations de SAS Eolis.L'Etournelle (source : EDD SER-FEE & INERIS – 2012)	76
Figure 10 : Exemple de coupe type pour l'enfouissement de l'inter-éolien (Source : ENGIE Green).....	78

Figure 11 : 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)	91
Figure 12 : Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2010 (source : EDD SER-FEE & INERIS – 2012)	92
Figure 13 : Répartition des causes premières d'effondrement entre 2000 et 2010 (source : EDD SER-FEE & INERIS – 2012)	92
Figure 14 : Répartition des causes premières de ruptures de pale entre 2000 et 2010 (source : EDD SER-FEE & INERIS – 2012)	93
Figure 15 : Répartition des causes premières d'incendies entre 2000 et 2010 (source : EDD SER-FEE & INERIS – 2012)	93
Figure 16 : Evolution du nombre d'incidents annuels en France et du nombre d'éoliennes installées (source : EDD SER-FEE & INERIS – 2012)	94

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Nomenclature ICPE des aérogénérateurs (source : Décret n°2011-984 du 23 août 2011)	10
Tableau 2 : Informations administratives de ENGIE Green France SAS (source : Engie Green - 2017)	11
Tableau 3 : Informations administratives de SAS Eolis.L'Etournelle (source : Engie Green - 2017)	13
Tableau 4 : Caractéristiques principales des aérogénérateurs retenus	16
Tableau 5 : Habitations répertoriées à proximité de l'aire d'étude (source : ENGIE Green – 2016)	19
Tableau 6 : ICPE recensées à proximité de l'aire d'étude (source : ENGIE Green – 2016)	22
Tableau 7 : Relevés de pluviométrie à la station météo de Saint-Malo-des-Trois-Fontaines (période 1981-2010)	25
Tableau 8 : Relevés de températures à la station météo de Saint-Malo-des-Trois-Fontaines (période 1981-2010)	25
Tableau 9 : Arrêtés de mouvements de terrains sur la commune de Plumieux (source : prim.net – 2016)	29
Tableau 10 : Arrêtés d'inondations sur la commune de Plumieux (source : prim.net – 2015)	35
Tableau 11 : Distance de l'aérogénérateur le plus proche du projet aux premiers enjeux à protéger (source : ENGIE Green – 2016)	50
Tableau 12 : Implantation des aérogénérateurs et du poste de livraison du projet éolien de SAS Eolis.L'Etournelle (source : ENGIE Green – 2016)	54
Tableau 13 : Synthèse du découpage fonctionnel de l'installation (source : ENGIE Green et Senvion - 2012)	57
Tableau 14 : Caractéristiques techniques d'un aérogénérateur Senvion 3.0M122 (source : Senvion - 2013)	59
Tableau 15 : Caractéristiques techniques d'un aérogénérateur Siemens SWT 3.2-113 (source : Siemens - 2014)	60
Tableau 16 : Caractéristiques techniques d'un aérogénérateur Vestas V117-3.3 (source : Vestas - 2014)	62
Tableau 17 : Caractéristiques techniques d'un aérogénérateur Siemens SWT 3.2-113 (source : Siemens - 2014)	64
Tableau 18 : Caractéristiques techniques d'un aérogénérateur GE 2.75-120 (source : General Electric - 2014) ..	66
Tableau 19 : Mesures de sécurité des installations (source : Senvion – 2011)	72
Tableau 20 : Planning prévisionnel des maintenances (source : ENGIE Green et Senvion – 2012)	74
Tableau 21 : Produits entrants de l'installation (source : ENGIE Green et Senvion – 2012)	86
Tableau 22 : Signification des symboles de danger (source : www.inrs.fr – 2012)	86
Tableau 23 : Produits sortants de l'installation (source : ENGIE Green et Senvion – 2011)	87
Tableau 24 : Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation (source : ENGIE Green – 2012)	88
Tableau 25 : Agressions externes liées aux activités humaines (source : ENGIE Green – 2015)	97
Tableau 26 : Agressions externes liées aux phénomènes naturels (source : ENGIE Green – 2015)	98
Tableau 27 : Analyse générique des risques (source : EDD SER-FEE & INERIS – 2012)	102
Tableau 28 : Mesures de sécurité de l'installation (source : EDD SER-FEE & INERIS – 2012)	108
Tableau 29 : Scénarios exclus de l'étude détaillée (source : EDD SER-FEE & INERIS – 2012)	109
Tableau 30 : Intensité et degré d'exposition (source : EDD SER-FEE & INERIS – 2012)	111
Tableau 31 : Nombre de personnes exposées et niveau de gravité correspondant (source : EDD SER-FEE & INERIS – 2015)	112
Tableau 32 : Echelle de probabilité (source : Arrêté du 29 septembre 2005 – Annexe 1)	113

1 PREAMBULE

La constitution du dossier de demande d'autorisation unique du projet éolien de Quillien s'est achevée en novembre 2016. La société ENGIE Green est née le 1er décembre 2016 de la fusion des sociétés MAÏA Eolis et Futures Energies. Au moment du dépôt de la demande d'autorisation le maître d'œuvre du projet était donc MAÏA Eolis. Par conséquent, bien que n'existant plus, cette entité fréquemment citée dans le présent document d'étude d'impact. Seul l'actionnariat a changé mais le pétitionnaire reste la SAS Eolis l'Etournelle.

La présente étude d'impact a été mise à jour en 2017 suite à des demandes de compléments des services de l'Etat. Toutes les nouveautés par rapport à la précédente version de 2016 sont en bleu.

1.1 OBJECTIF DE L'ETUDE DE DANGERS

La présente étude de dangers a pour objet de rendre compte de l'examen effectué par SAS Eolis.L'Etournelle pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques du parc éolien de Quillien, 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 SAS Eolis.L'Etournelle. 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 SAS Eolis.L'Etournelle, 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 classées 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 ENGIE Green 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 :

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

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

Le parc éolien de SAS Eolis.L'Etournelle comprend 4 aérogénérateurs dont le mât a une hauteur supérieure à 50m : 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 SAS Eolis.L'Etournelle, 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 : SAS Eolis.L'Etournelle.

SAS Eolis.L'Etournelle est une SAS (Société par Actions Simplifiée) créée et détenue à 100% par ENGIE Green France SAS.

ENGIE GREEN FRANCE SAS (ci-après « ENGIE GREEN ») est une filiale du groupe ENGIE, spécialisée dans la production d'électricité à partir d'énergies renouvelables et notamment d'énergie éolienne.

L'objectif est de développer des projets, d'installer des fermes éoliennes dans le but de les exploiter en France par l'intermédiaire de filiales constituées préalablement sous forme de SAS ou SAS.

Présentation de la société	
Raison Sociale :	ENGIE GREEN FRANCE
Forme juridique :	Société par Actions Simplifiée au capital de 30 000 000 €
Siège social :	2, Place Samuel de Champlain - 92400 COURBEVOIE
Téléphone (antenne Ouest):	02 97 88 35 20
Registre du Commerce :	RCS Nanterre 478 826 753
N° SIRET :	478 826 753 00061
Code APE :	7022Z
Qualité des mandataires, Prénom, Nom	Madame Gwenaëlle HUET, Présidente.
Nationalité du mandataire :	Française

Tableau 2 : Informations administratives de ENGIE Green France SAS (source : Engie Green - 2017)

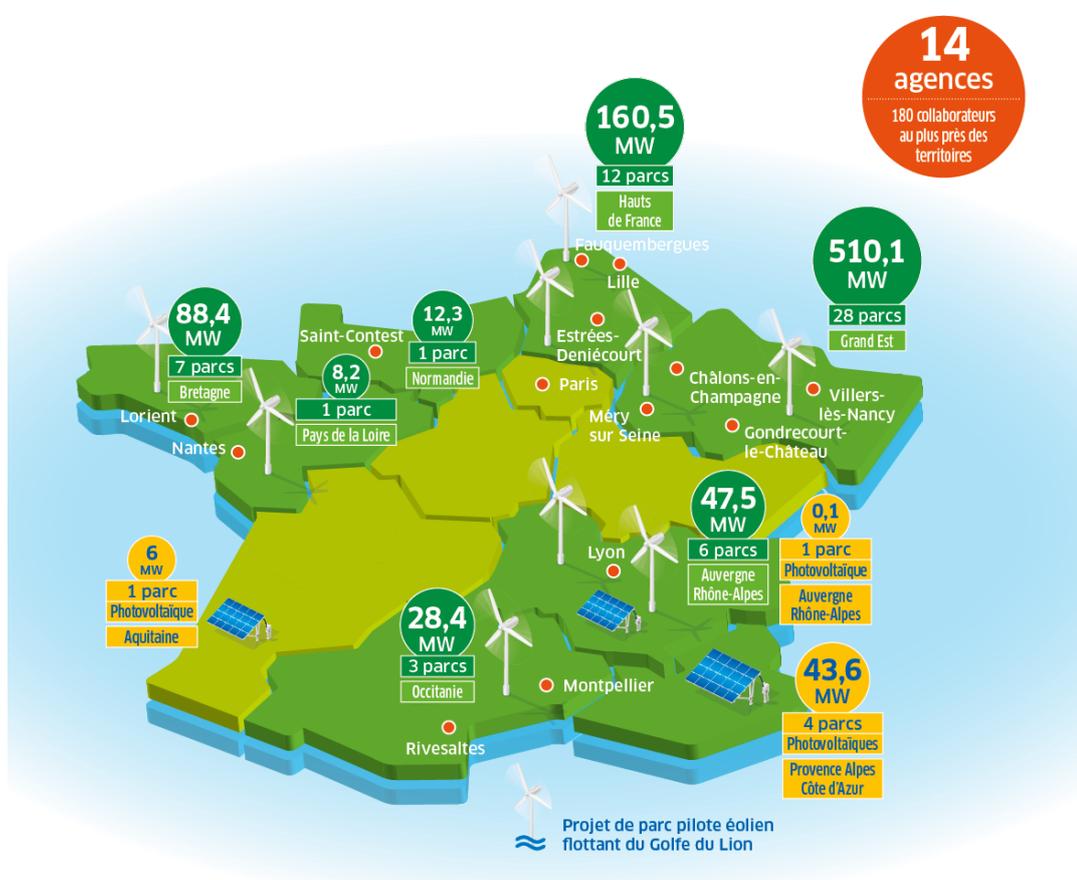
ENGIE GREEN est née de la fusion au 1er décembre 2016 des sociétés FUTURES ENERGIES et MAÏA EOLIS, détenues à 100% par le Groupe ENGIE.

Implanté sur 14 sites en France, au cœur des régions, ENGIE GREEN est un acteur de référence des énergies renouvelables en France. Près de 180 collaborateurs réalisent avec les acteurs locaux des projets adaptés et ambitieux qui révèlent les potentialités de chaque territoire. ENGIE GREEN a développé une expertise unique dans les domaines du développement, de la construction, de l'exploitation et de la maintenance des parcs éoliens.

ENGIE GREEN assure la gestion de l'exploitation, la maintenance et la surveillance de 58 parcs éoliens pour une puissance totale installée de 810 MW et également 6 parcs photovoltaïques pour une capacité installée de 50 MW, soit une puissance totale de 860 MW. Elle alimente ainsi environ 800 000 personnes en électricité verte par an, et dispose actuellement d'un portefeuille en développement de 1 200 MW.

ENGIE Green est également engagé dans le développement des énergies marines renouvelables avec notamment le projet de ferme pilote éolienne flottante au large de Leucate.

Enfin, ENGIE GREEN est dotée de deux Centres de Conduite des Energies Renouvelables, basés à Châlons-en-Champagne (51) et Estrées-Deniécourt (80), outils uniques et innovants qui supervisent 24h/24 les actifs éoliens et photovoltaïques du Groupe en France et en Europe. A fin 2016, plus de 800 MW éoliens et solaires sont pilotés à distance depuis ces Centres.



Carte 1 : Implantation des sites et parcs ENGIE Green (source : ENGIE Green – Octobre 2015)

Configuration peu fréquente dans l'éolien, ENGIE Green présente ainsi un projet industriel global et complet. Pour assurer le bon fonctionnement des parcs éoliens, ENGIE GREEN s'appuie sur les compétences internes suivantes :

- Ingénierie de projet ;
- Financement de projet ;
- Expertise aérologique ;
- Expertise des aérogénérateurs (mécanique, électrique, rendement...) ;
- Expertise génie électrique ;
- Construction des parcs éoliens ;

- Maîtrise d'œuvre des travaux ;
- Exploitation et vente de l'énergie produite ;
- Maintenance et entretien des aérogénérateurs.

Un Département « Expertise », composé d'ingénieurs, intervient notamment en appui des équipes d'exploitation et de maintenance pour des missions diverses telles que :

- La surveillance des courbes de puissance des machines ;
- La vérification des conformités acoustiques ;
- Les prévisions de production ;
- Les retours d'expérience et analyses des pannes électriques et mécaniques ;
- La mise en place d'outils pour la maintenance prédictive ;
- La mise en place d'outils d'échange avec les gestionnaires de réseau ;
- Le développement d'outils de supervision en temps réel.

Actuellement ENGIE GREEN assure la gestion de l'exploitation, la maintenance et la surveillance de 860 MW éoliens sur le territoire national, grâce aux 9 agences exploitation et maintenance locales ainsi qu'aux centres de conduite et d'exploitation (CCE- 24h/24 et 7Jours/7). L'exploitation et la maintenance pourra éventuellement être confiée pour partie aux constructeurs des machines.

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.

Afin d'asseoir industriellement l'activité de production d'électricité éolienne, il a été décidé de créer une société en nom collectif (SAS) sur chaque site à développer, soit pour le projet de la commune de Plumieux : **SAS Eolis.L'Etournelle** dont le gérant est la société ENGIE Green. C'est une entreprise spécialisée dans le développement et l'exploitation des fermes éoliennes, dont les principales informations administratives sont les suivantes :

SAS	SAS Eolis.L'Etournelle
Capital	10 000 €
N° d'immatriculation au RCS	820 444 644 R.C.S. Lille Métropole
Siège social	Tour de Lille (19 ^e étage) Boulevard de Turin 59777 LILLE
Téléphone	03.20.214.214
Télécopie	03.20.131.231
Nom, Prénom et Qualité des mandataires	Monsieur Pierre PARVEX ESPINOSA Président
Nationalité du mandataire	Française

Tableau 3 : Informations administratives de SAS Eolis.L'Etournelle (source : Engie Green - 2017)

Les constructeurs des aérogénérateurs proposés pour le projet éolien de Quillien sont :

- **Senvion SAS (anciennement REpower SAS)**
- **Vestas**
- **Siemens**
- **General Electric**

Un modèle d'aérogénérateur sera ensuite choisi parmi les cinq proposés dans la présente étude.

Senvion SAS est une filiale à 100% du turbinier allemand Senvion SE (anciennement REpower Systems SE). Créée en 2001, Senvion SAS est une société anonyme allemande concentrée sur le développement, la production et l'installation de centrales d'aérogénérateurs multi-mégawatt. Senvion SAS a été créée pour commercialiser les d'aérogénérateurs multi-mégawatt en France. Pour être proche de ses clients, Senvion SAS a opté pour une structure décentralisée avec onze centres de maintenance en France. Début 2012, Senvion SAS employait 180 salariés répartis sur toute la France.

Vestas Wind Systems A/S est une société danoise. Fondée en 1945, elle est à l'heure actuelle le plus grand fabricant d'éoliennes au monde et possède une part de marché de 28% en 2005. Les activités de cette société concernent exclusivement à l'énergie éolienne. Créée en 1898 comme atelier de forgeron, Vestas commença la production de ses premiers aérogénérateurs en 1979.

Siemens Energy est l'un des 4 secteurs de Siemens AG. Créé en 2008, le Secteur Energy de Siemens est leader sur le marché mondial de l'énergie avec son offre complète de produits, services et solutions pour la production d'énergie dans des centrales thermiques classiques et sur des sites de production à partir de sources renouvelables, mais aussi pour le transport d'énergie ou encore l'exploitation, la transformation et le transport du pétrole et du gaz.

General Electric Energy Infrastructure est l'une des 5 branches de GE. Elle rassemble plusieurs sociétés (réparties dans 3 grands pôles : GE Power and Water, GE Energy Services, GE Oil and Gas) spécialisées dans les services et les solutions de financement dans la recherche, l'exploitation et la mise en œuvre des ressources naturelles tel le vent, l'énergie solaire, le gaz, le pétrole et l'eau.

Cette étude de dangers a été rédigée par Camille Dubus, **ingénieur** Qualité, Sécurité et Environnement chez ENGIE Green sur la base de la trame-type (« Guide technique Elaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éolien », Mai 2012) réalisé 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).

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 Quillien sera représentée par un rectangle rouge.

Le projet consiste en la création d'un parc éolien, composé de 4 aérogénérateurs (E1 à E4) sur la commune de Quillien située dans le département des côtes d'Armor (22) dans la région Bretagne. Elle se situe à 45 km au Nord de Vannes et à 65km à l'Ouest de Rennes.

La commune de Plumieux appartient la Communauté de communes de Loudéac Communauté Bretagne Centre.



X

Carte 2 : Extrait de la carte de la région Bretagne (source : geoportail - 2016)

Pour ce projet, cinq modèles d'aérogénérateurs de même gabarit sont envisagés dont les caractéristiques principales sont données par le Tableau 4.

	Siemens SWT-3.3- 130@85	Senvion 3.0M- 122@89	Vestas 117-3.3 @91,5	Siemens SWT-3.2-113 @92,5	General Electric 2.75- 120 @85
Puissance nominale	3,3 MW	3,0 MW	3,3 MW	3,2 MW	2,75 MW
Tension de sortie	750 V	950 V	750 V	690 V	690V
Hauteur totale en bout de pale	150 m	150 m	150 m	149 m	145 m

Hauteur du mât	85 m	89 m	91,5 m	92,5 m	85 m
Diamètre rotor	130 m	122 m	117 m	113 m	120 m
Largeur base pale	4 m	4 m	4 m	4,2 m	4 m
Longueur pale	63,5 m	59,8 m	57,15 m	55 m	58,7 m
Largeur base mât	4,5 m	4,3 m	3,9 m	4,5 m	4,3 m

Tableau 4 : Caractéristiques principales des aérogénérateurs retenus

Dans la suite de cette étude, nous considérerons un gabarit-type composé des caractéristiques maximales (surlignées en bleu dans le Tableau 4) de chacun des modèles envisagés :

	Gabarit Type
Puissance nominale	3,3 MW
Hauteur totale en bout de pale	150 m
Hauteur du mât	92.5 m
Diamètre rotor	130 m
Survol	130/2 = 65 m
Largeur base pale	4,2 m
Longueur pale	63,5 m
Largeur base mât	4,5 m

Cependant, si certaines parties nécessitent une analyse plus précise, elles seront détaillées pour chaque modèle d'aérogénérateur envisagé.

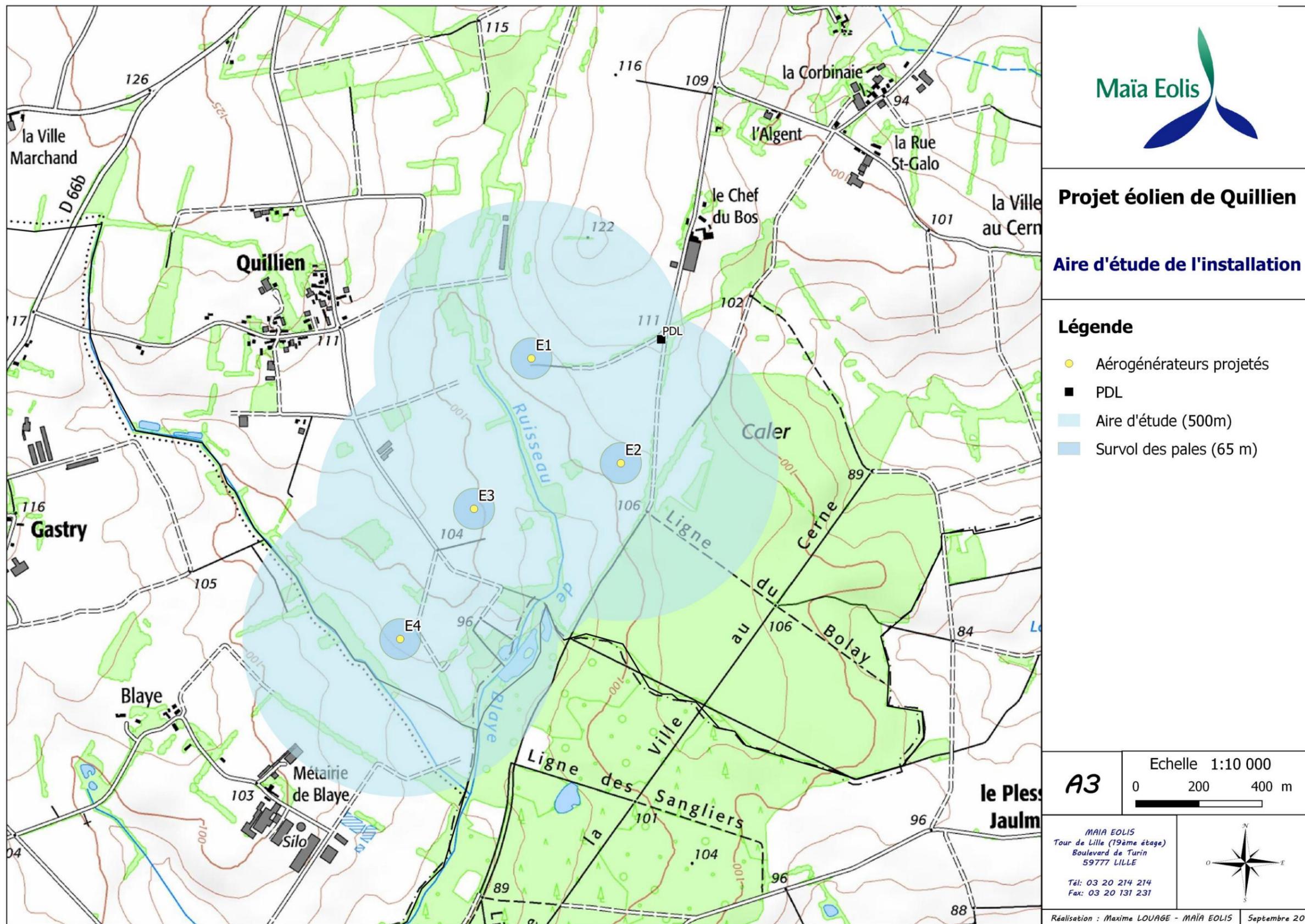
Quel que soit le modèle d'aérogénérateurs choisi, l'implantation est la même et est donnée au chapitre 4.1.3.

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).

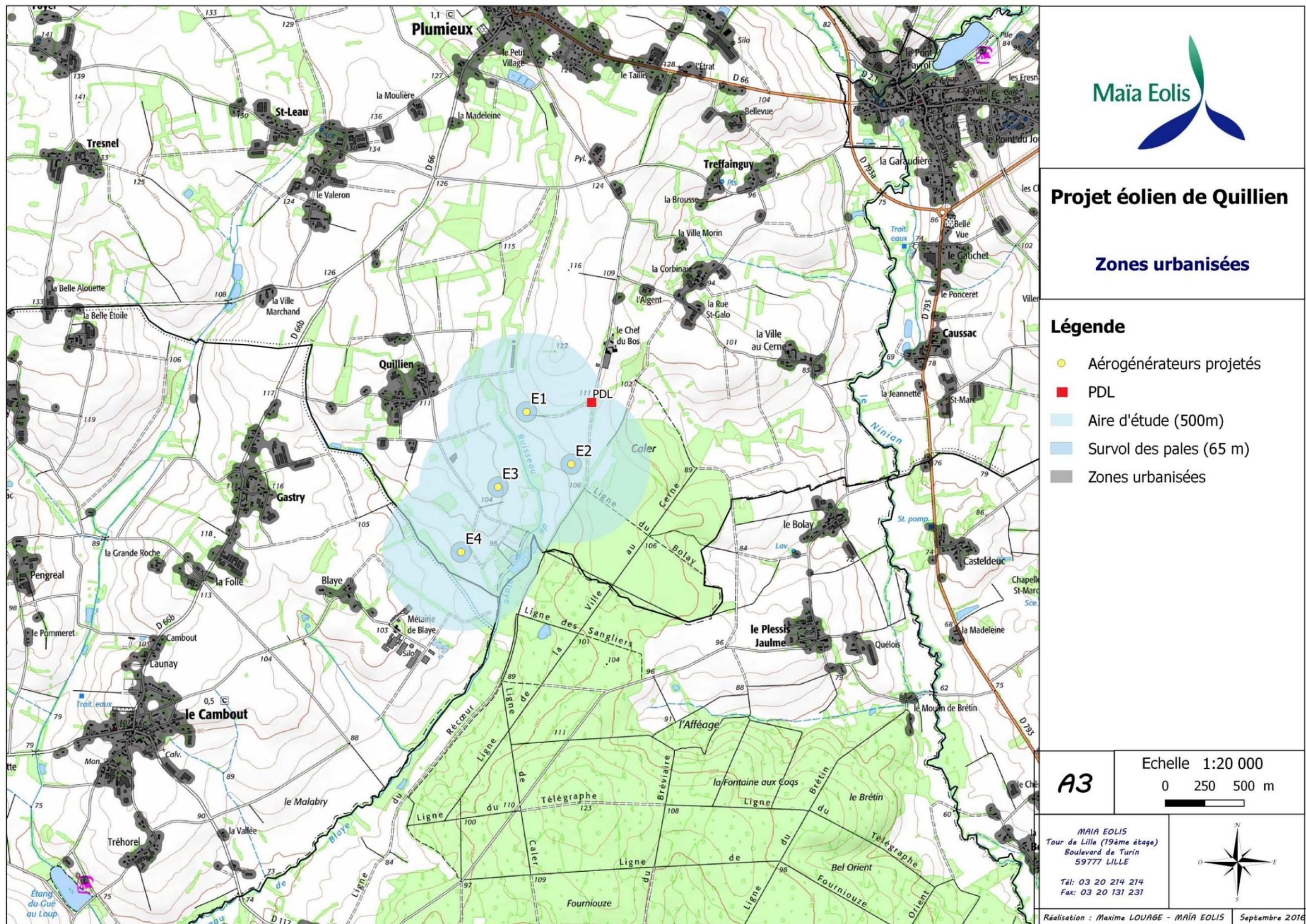
3.1 ENVIRONNEMENT HUMAIN

3.1.1 ZONES URBANISEES

Aucune zone habitation n'est répertoriée dans un périmètre de 500 mètres autour de la zone d'implantation du projet. Sur Plumieux, la densité moyenne de population est de 28 habitants/km². 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
Quillien	Dépendant de Plumieux	600m (E 1)
Métairie de Blaye	Dépendant de Plumieux	625 m (E 4)
Le Chef du Bos	Dépendant de Plumieux	640 m (E 1)
Gastry	Dépendant de le Cambout	1300 m (E 4)
Le Cambout	452	2100 m (E 4)
St-Leau	Dépendant de Plumieux	2200 m (E 1)
Plumieux	1059	2500 m (E 1)
Caussac	Dépendant de La Trinité Porhoët	2300m (E 2)
La Trinité Porhoët	689	2900 m (E 1)

Tableau 5 : Habitations répertoriées à proximité de l'aire d'étude (source : ENGIE Green – 2016)



Carte 4 : Distances des habitations et zones urbanisées aux aérogénérateurs

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 la Trinité-Porhoët**. L'ERP le plus proche est la mairie de le Cambout située à 2300 mètres de l'aérogénérateur le plus proche (E4).

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 ».

5 ICPE SEVESO Seuil Haut et 2 ICPE SEVESO Seuil Bas ont été répertoriées dans les Côtes d'Armor, 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 Bretagne, **aucun établissement SEVESO Seuil Haut ou Seuil Bas n'est recensé dans un rayon de 15 km autour du projet.**

Le site UNION INVIVO Magasin d'engrais, ICPE SEVESO Seuil Bas sur la commune de Loudéac se situe à 17km au nord-ouest de l'aérogénérateur le plus proche (E1). Selon la DREAL Bretagne, 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, UNION INVIVO est soumise à cet arrêté du 10 mai 2000. Cette distance de 300m est respectée et SAS Eolis.L'Etournelle n'est pas concernée par un Plan de Prévention des Risques Technologiques (PPRT).

Deux élevages de porcs présents dans l'aire d'étude sont des ICPE soumises à enregistrement : élevage de l'EARL Launay et celui de Jean-Yves GESTIN.

Nom de l'ICPE Commune	Régime de classement Rubrique correspondante	Accidents potentiels	Distance par rapport à l'aérogénérateur le plus proche
EARL Launay Plumieux	Enregistrement Elevage de porc	Incendie / Explosion Rejet de matière dangereuse ou polluante	320 m
Jean-Yves GESTIN Plumieux	Enregistrement Elevage de porc	Incendie / Explosion Rejet de matière dangereuse ou polluante	460 m
EARL de la Métairie de Blaye Plumieux	Autorisation Elevage de porc	Rejet de matière dangereuse ou polluante	600 m

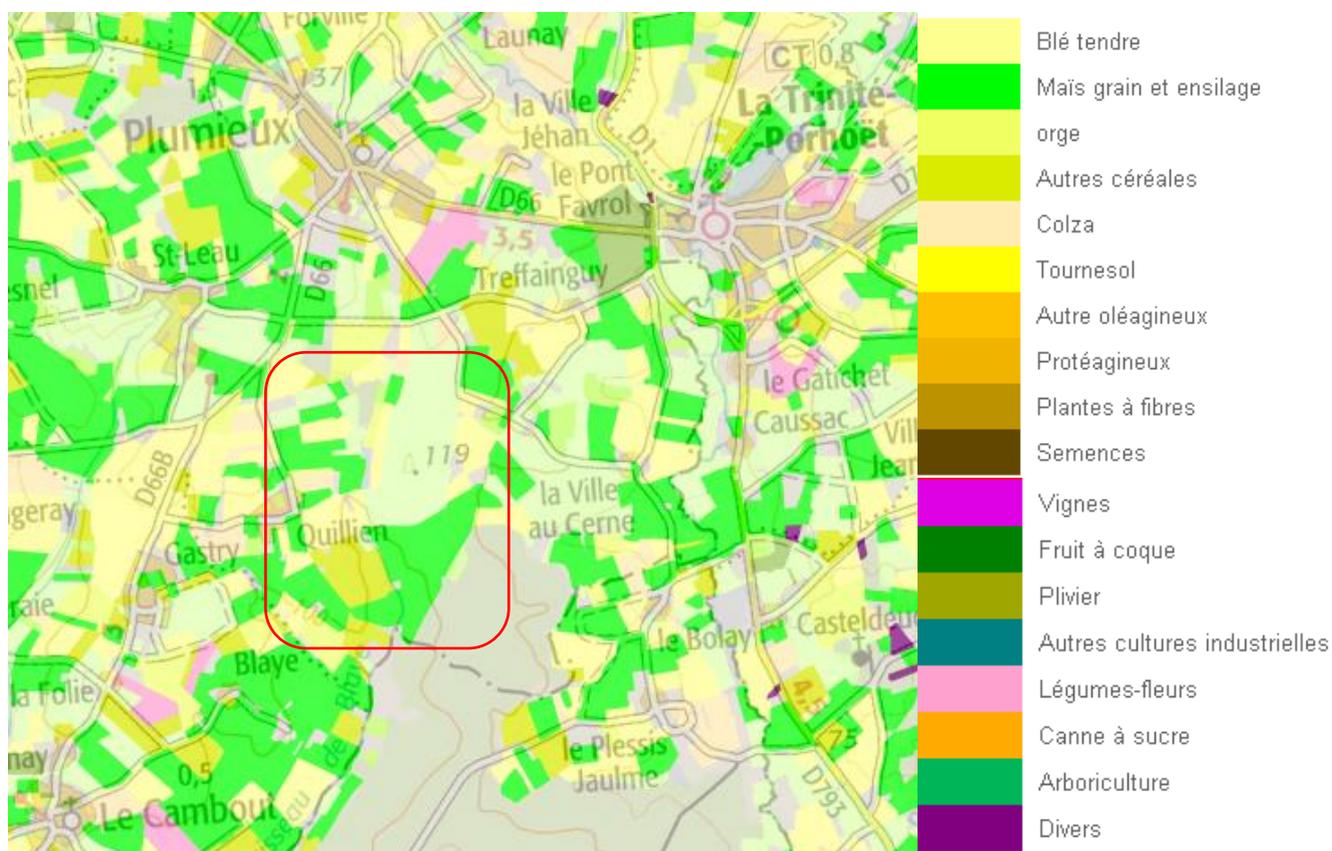
Tableau 6 : ICPE recensées à proximité de l'aire d'étude (source : ENGIE Green – 2016)

Aucun silo n'est à signaler dans l'aire d'étude (source : Bilan Installations Classées – DREAL Bretagne). Le silo le plus proche se situe à 670 m de E4 mais il n'est pas classé dans les silos SETI Silos à Enjeux Très Importants, le plus proche étant celui de Loudéac à 18 km au Nord-Est 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 Flamanville à 170 km au nord 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 : Îlots de culture aux alentours de Plumieux (source : géoportail – 2016)

Il existe également un élevage de dindes au sein de l’aire d’étude, à environ 300 m de l’aérogénérateur E1.

L’aire d’étude n’est concernée par aucun silo, activité nucléaire. L’ICPE la plus proche se situe à 320 m de l’aérogénérateur 4. Il s’agit d’un élevage de porc. Un autre élevage de porcs se situe dans l’aire d’étude, à 460 m de l’aérogénérateur le plus proche.

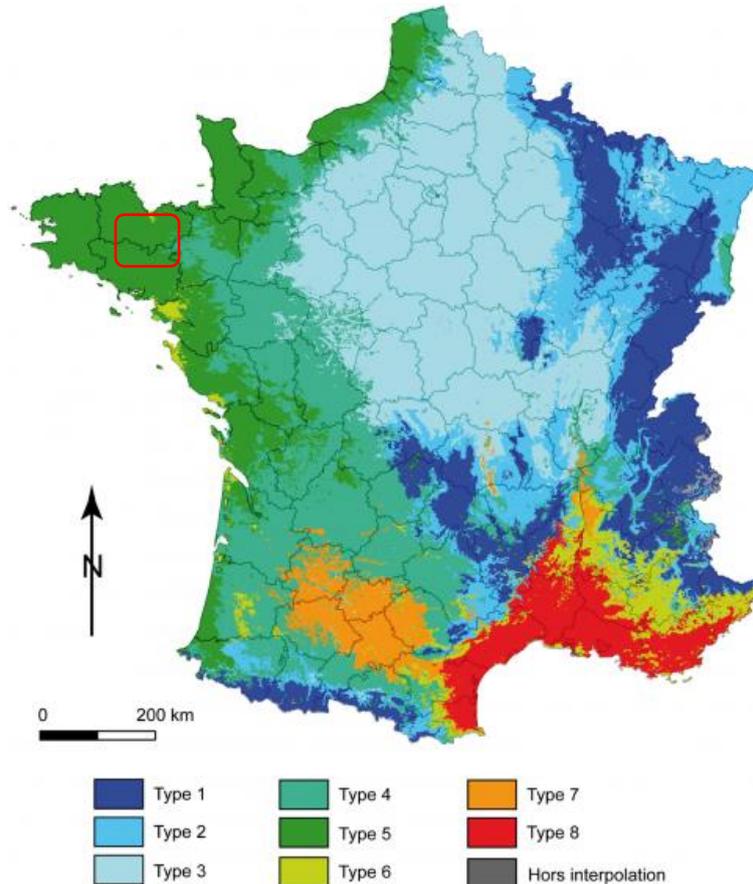
Aucune habitation, zone urbanisable ou ERP n’est à relever dans un périmètre de 500 mètres autour des aérogénérateurs du projet. L’aire d’étude et son environnement sont principalement à vocation agricole.

Un élevage de dindes se situe à environ 300 m de l’aérogénérateur E1.

3.2 ENVIRONNEMENT NATUREL

3.2.1 CONTEXTE CLIMATIQUE

Le présent projet se situe au cœur d'un **climat océanique franc** (Type 5). Le CNRS donne pour valeurs : **11.2°C de température annuelle moyenne**, soit des **températures intermédiaires** et environ **670 mm de cumul annuel de précipitations**.



Type 1 : Montagne

Type 2 : Semi-continentale et marges montagnardes

Type 3 : Océanique dégradé des plaines du centre et du Nord

Type 4 : Océanique altéré

Type 5 : Océanique 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 Saint-Malo-des-Trois-Fontaines** 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.

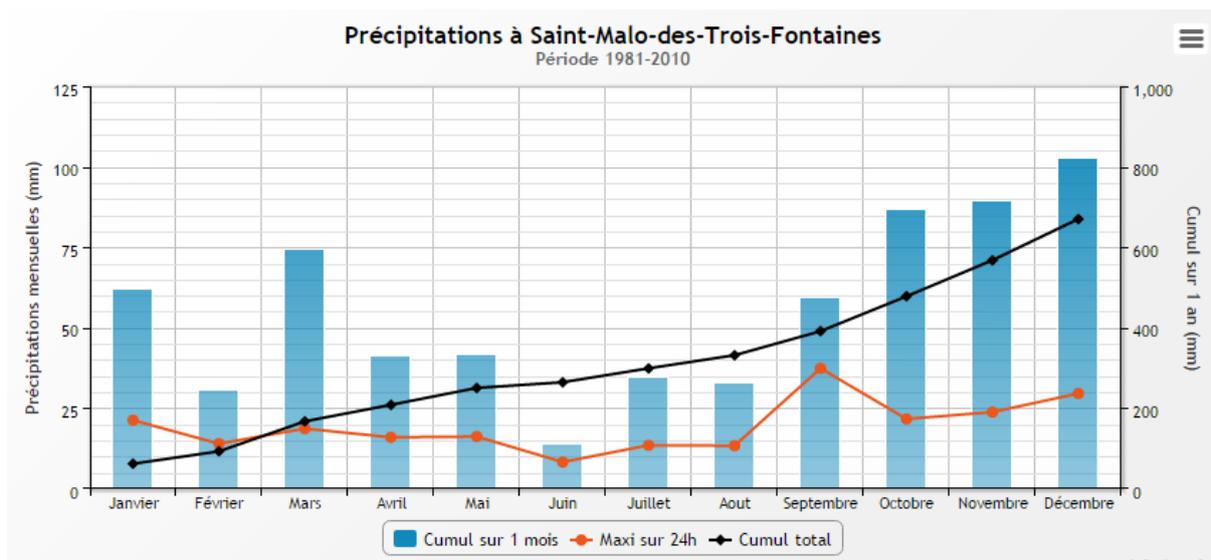


Tableau 7 : Relevés de pluviométrie à la station météo de Saint-Malo-des-Trois-Fontaines (période 1981-2010)

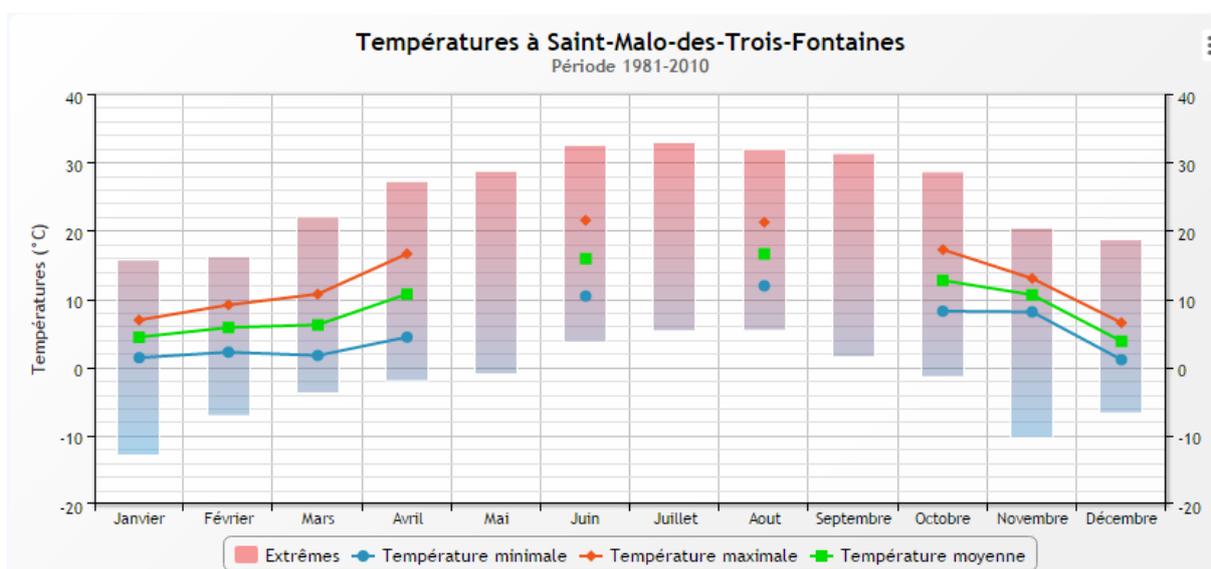
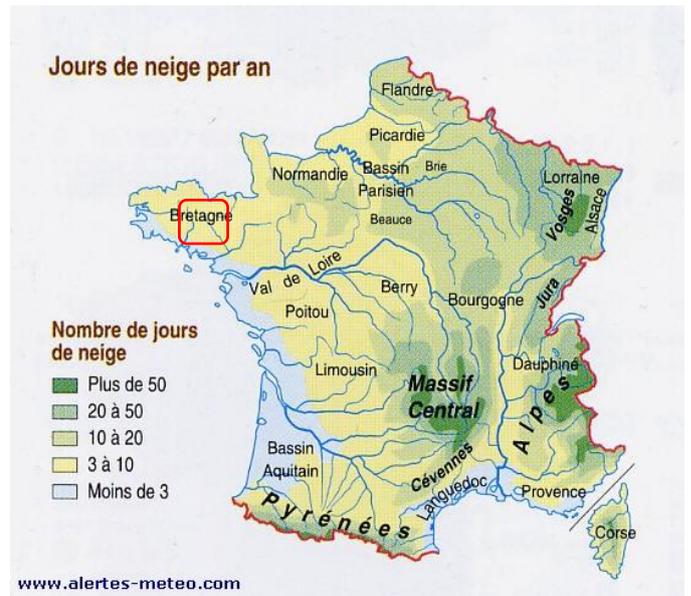


Tableau 8 : Relevés de températures à la station météo de Saint-Malo-des-Trois-Fontaines (période 1981-2010)

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

- Des **températures moyennes variant de 3,8 à 16,6°C** tout au long de l'année ;
- Des **hauteurs moyennes de précipitations variant de 14 à 102 mm** tout au long de l'année.

Le site présente entre 20 à 40 jours de gelées par an. **Le gel y est donc présent environ 8% 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-Sud-Ouest (apportant la pluie), en particulier si l'on considère les vitesses élevées.

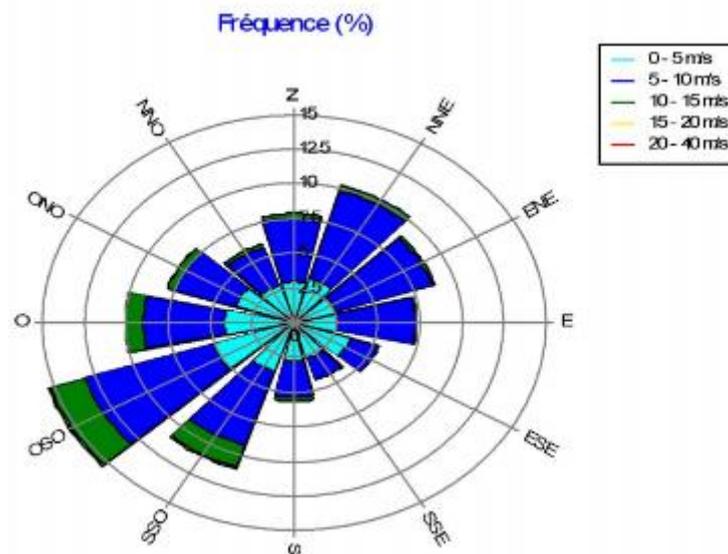
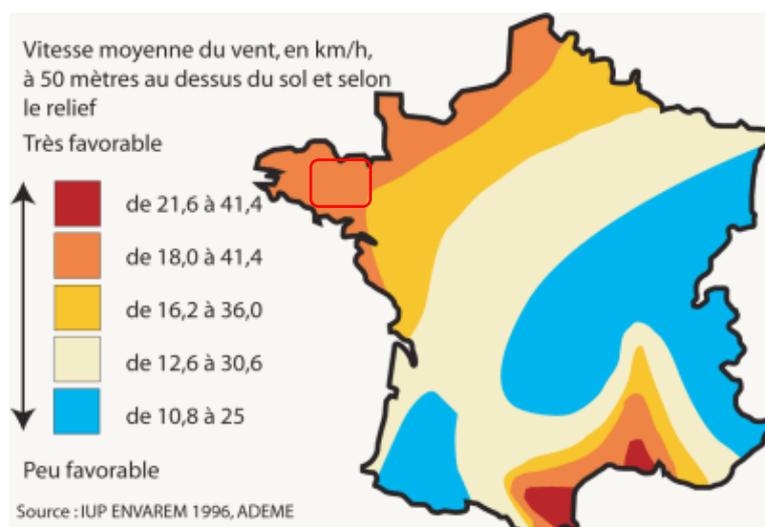


Figure 1 : Rose des vents au niveau du site d'implantation à 80 mètres (Source : ENGIE Green – 2015)

D'après la carte ci-dessous, le projet se situe dans une **zone de vents très favorables, de 18 à 41,4 km/h à 50 m d'altitude**, propice à l'implantation d'aérogénérateurs.



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

3.2.2.2 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.

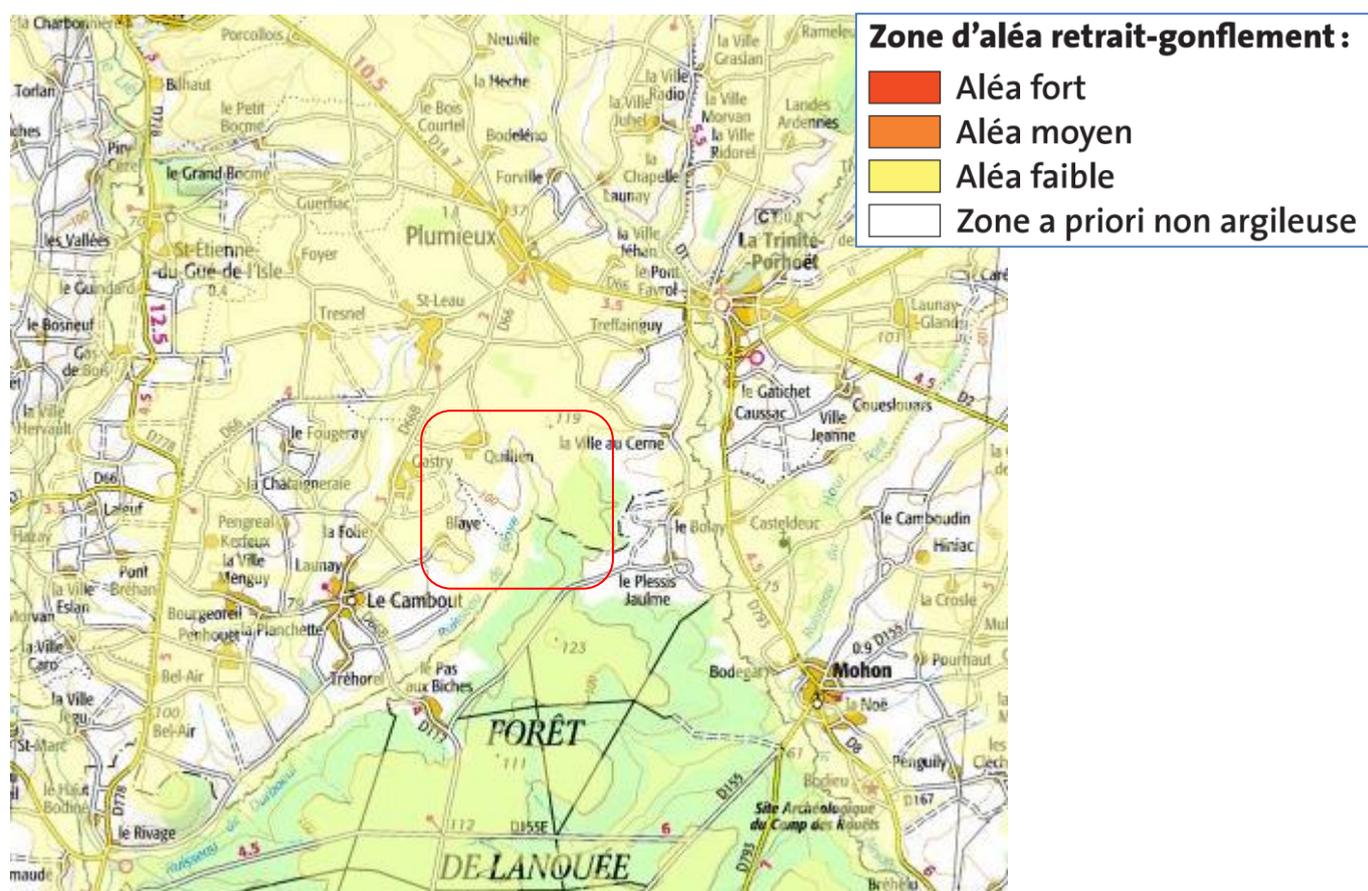


Carte 10 : Mouvements de terrain (glissement, éboulement, coulée, effondrement, érosion des berges) aux alentours de la commune de Plumieux (source : Georisques – 2016)

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
Inondations et coulées de boue	05/01/2001	05/01/2001	12/02/2001	23/02/2001

Tableau 9 : Arrêtés de mouvements de terrains sur la commune de Plumieux (source : prim.net – 2016)

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 dans l'aire d'étude du projet.**

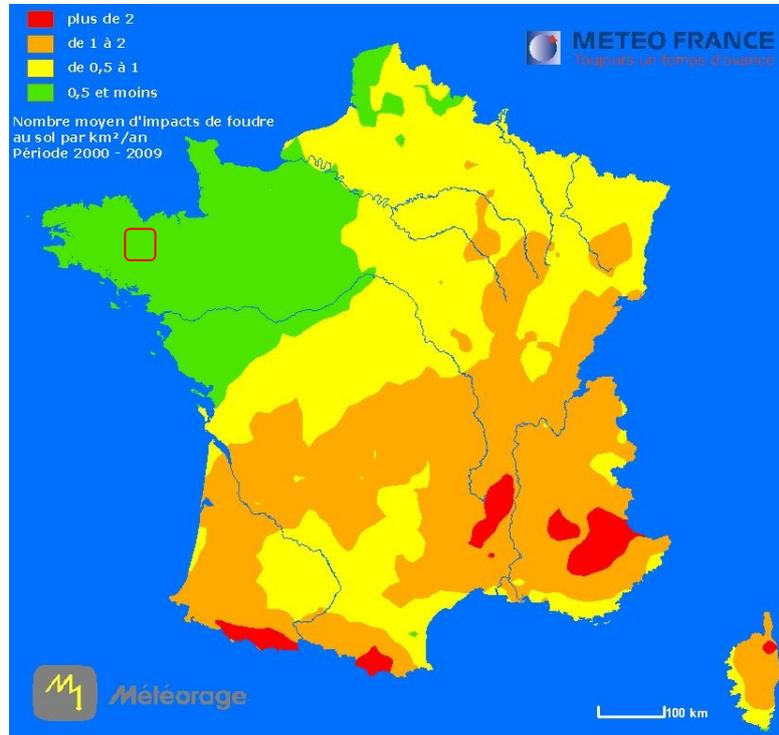


Carte 11 : Aléa de retrait-gonflement des argiles sur la commune de Plumieux (source : BRGM – 2016)

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 12 : 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 1981-2000 :

- **Commune de Plumieux** – Département des Côtes d'Armor ;
- Nombre de jours d'orage : **8.3 jours par an** (moyenne française : 11,30) ;
- Densité d'arcs : 0,25 arcs par an et par km² (moyenne française : 1,54). La densité de foudroiement se calcule à partir de la densité d'arc grâce à la formule suivante :

$$D_f = \frac{D_a}{2,1} \quad (D_f = \text{Densité de foudroiement et } D_a = \text{Densité d'arcs})$$

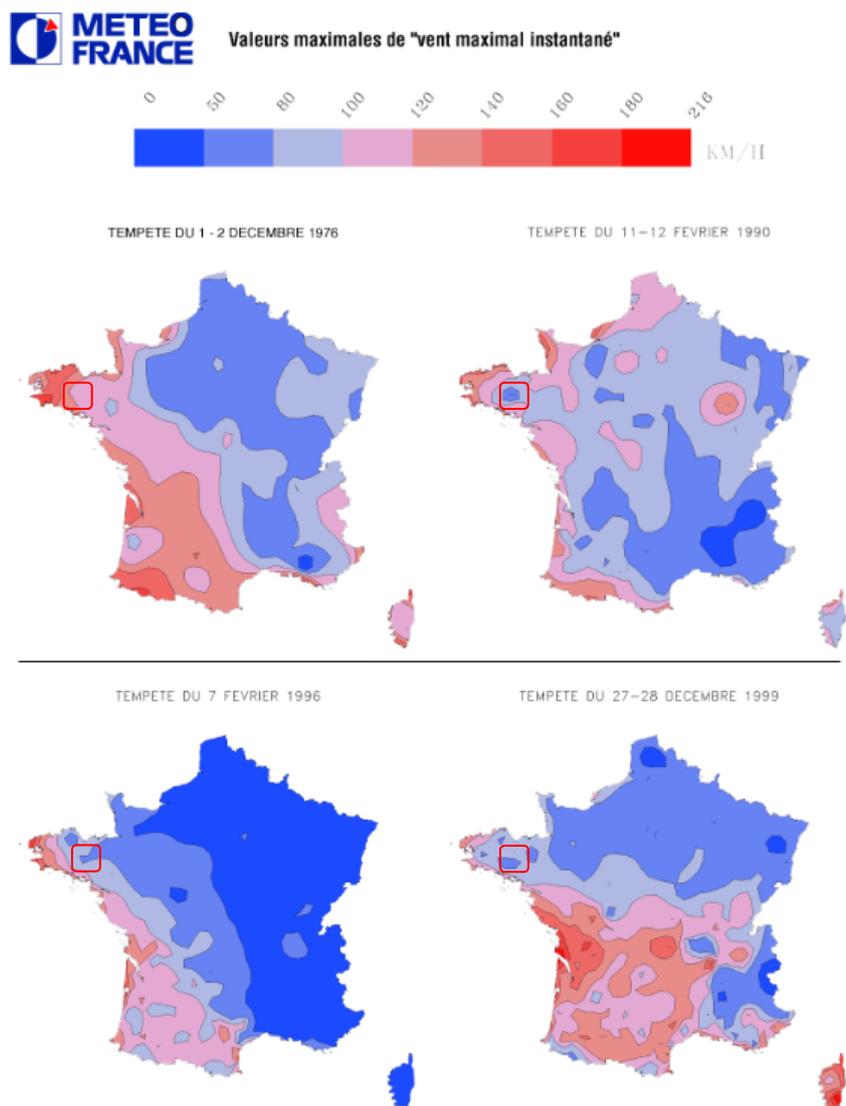
On obtient donc une **densité de foudroiement de 0,12** pour Plumieux.

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.

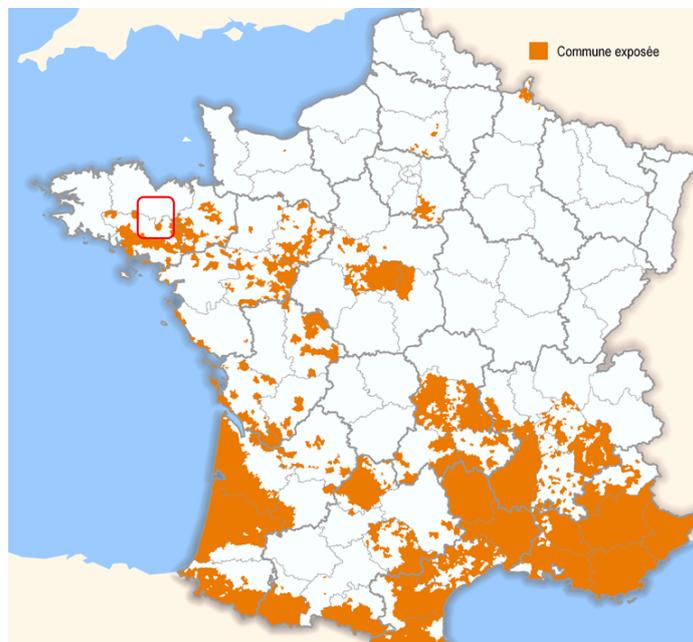
Il existe peu de données permettant de situer la zone d'implantation du projet au niveau du risque tempête. Son éloignement d'environ 50 km à vol d'oiseau des Côtes de la Manche suppose de classer ce risque comme faible.



Carte 13 : Vitesses de vents relevées pour différentes tempêtes (source : Météo-France – 2011)

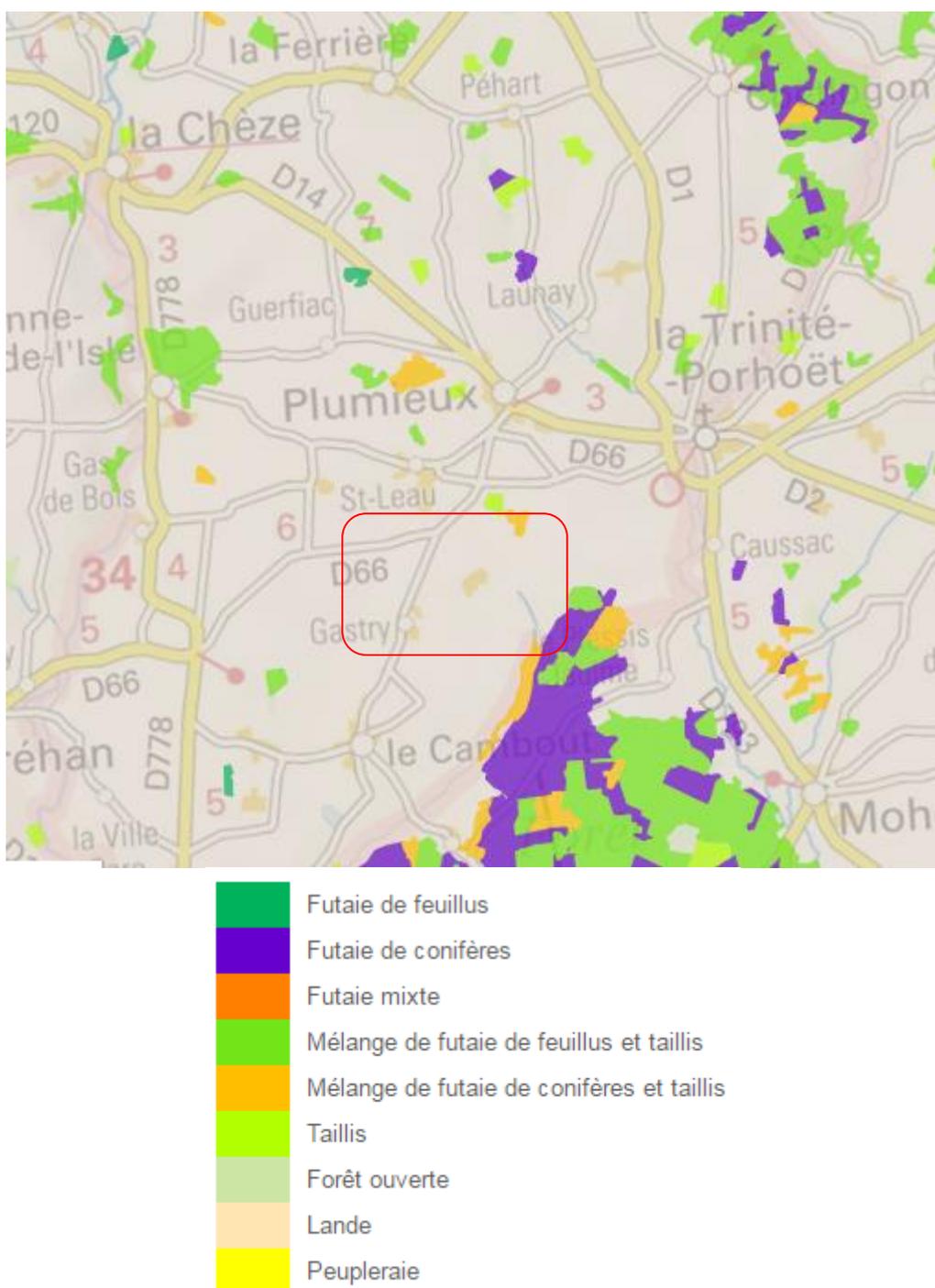
3.2.2.5 FEUX DE FORET

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



Carte 14 : Communes exposées aux feux de forêt en France (source : developpement-durable.gouv.fr - 2015)

La forêt de Lanouée est répertoriée dans l'aire d'étude (500m) du projet de Quillien, à 150m environ au Sud-Ouest de l'aérogénérateur le plus proche (E2).



Carte 15 : Bois et forêts aux environs de la commune de Plumieux (source : géoportail – 2016)

3.2.2.6 INONDATION

La zone d’implantation du projet s’inscrit sur une vaste zone de plateau à proximité du ruisseau de Blaye. La commune de Plumieux n’est pas répertoriée comme commune à risque concernant les inondations.



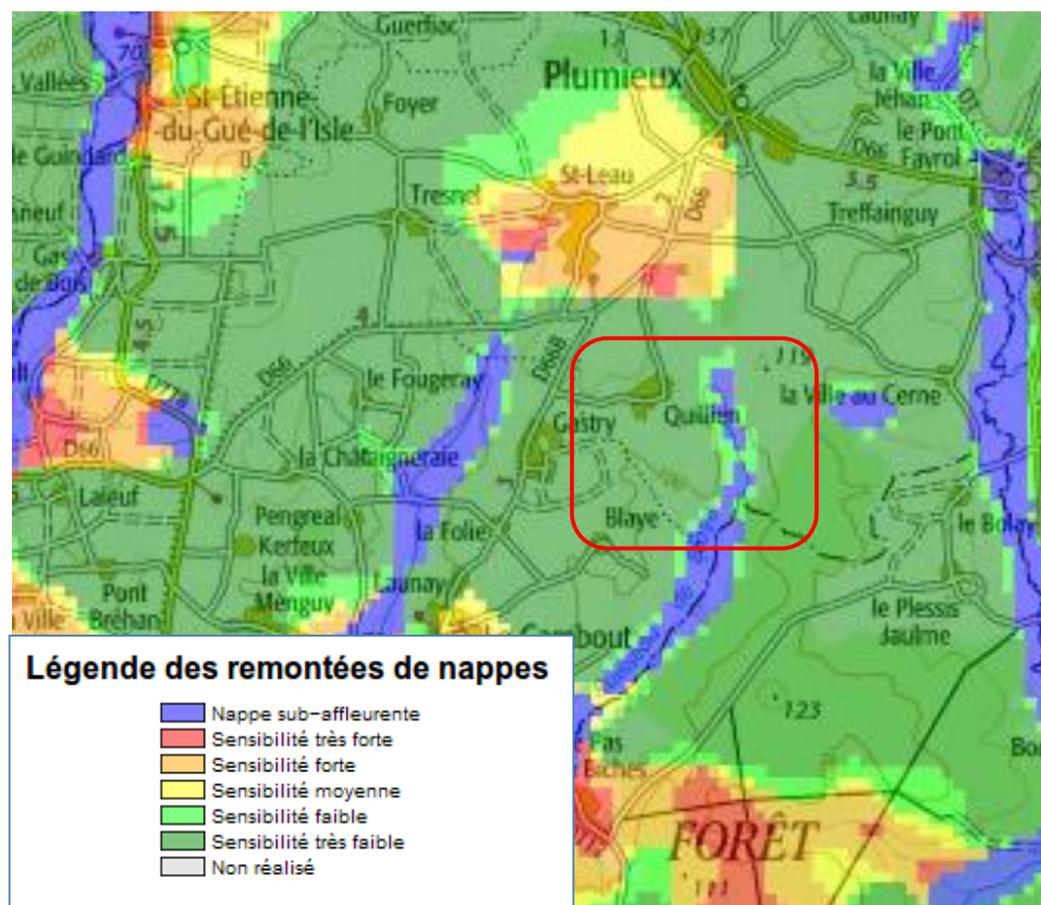
Carte 16 : Zones inondables liées aux cours d'eau et aux fleuves (source : developpement-durable.gouv.fr - 2010)

Un arrêté de reconnaissance d’inondations a été pris pour la commune de Quillien (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 10 : Arrêtés d’inondations sur la commune de Plumieux (source : prim.net – 2015)

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



Carte 17 : Remontées de nappes aux environs de Plumieux (source : <http://www.inondationsnappes.fr> - 2016)

La commune de Plumieux 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 50 km à vol d'oiseau de la Manche. Cette distance rend le risque marées inexistant.



Carte 18 : Eloignement du projet par rapport aux côtes (source : géoportail - 2015)

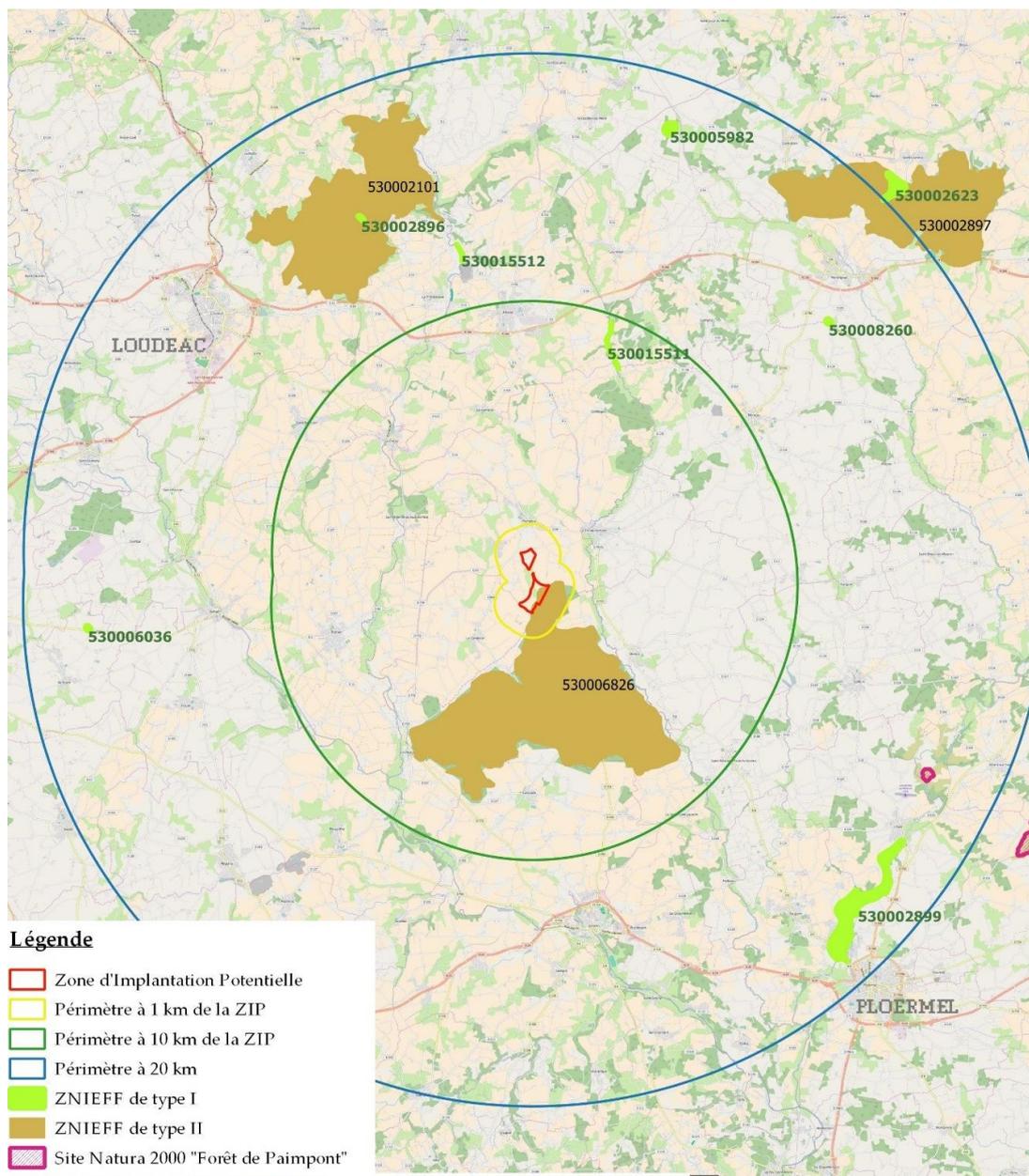
3.2.3 ZONES NATURELLES SENSIBLES

La zone d'étude est caractérisée par sa dynamique de grandes cultures avec une forêt à proximité.

Une première zone inventoriée en tant que ZNIEFF (Zone d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique) de type 2 se trouve à 200 m au sud-est de l'aérogénérateur le plus proche (E2). Il s'agit de la Forêt de Lanouée, vaste massif forestier avec étangs et petites tourbières, cette ZNIEFF présente un intérêt particulier pour de nombreuses espèces d'oiseaux nicheurs dont le Busard cendré (en diminution dans la région), le Pic mar, le Rouge-queue à front blanc, le Bec croisé des sapins (espèce nicheuse nouvelle pour la région). On y trouve aussi la Loutre d'Europe.

Une deuxième zone inventoriée en tant que ZNIEFF de type 1, Ninian, se trouve à 10 km au nord des aérogénérateurs. Elle présente un fort intérêt botanique et piscicole.

Une zone inventoriée en tant que site Natura 2000 (Forêt de Paimont) est situé à 16 km au sud-est de l'aire d'étude.



Carte 19 : Protections et inventaires du patrimoine naturel et paysager aux environs de la commune de Plumieux (source : Bureau d'études CALIDRIS – 2015)

L'aire d'étude se situe donc dans une zone climatique à températures modérées, avec des précipitations moyennes, peu de neige, une présence de gel faible (<15% de l'année) et des vents très 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. Aucune cavité souterraine abandonnée n'est à relever aux environs de l'aire d'étude. L'aléa retrait-gonflement des argiles est faible sur l'aire d'étude. Le département des Côtes d'Armor 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 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 2 qui se situe à 200 mètres de l'aérogénérateur le plus proche E2.

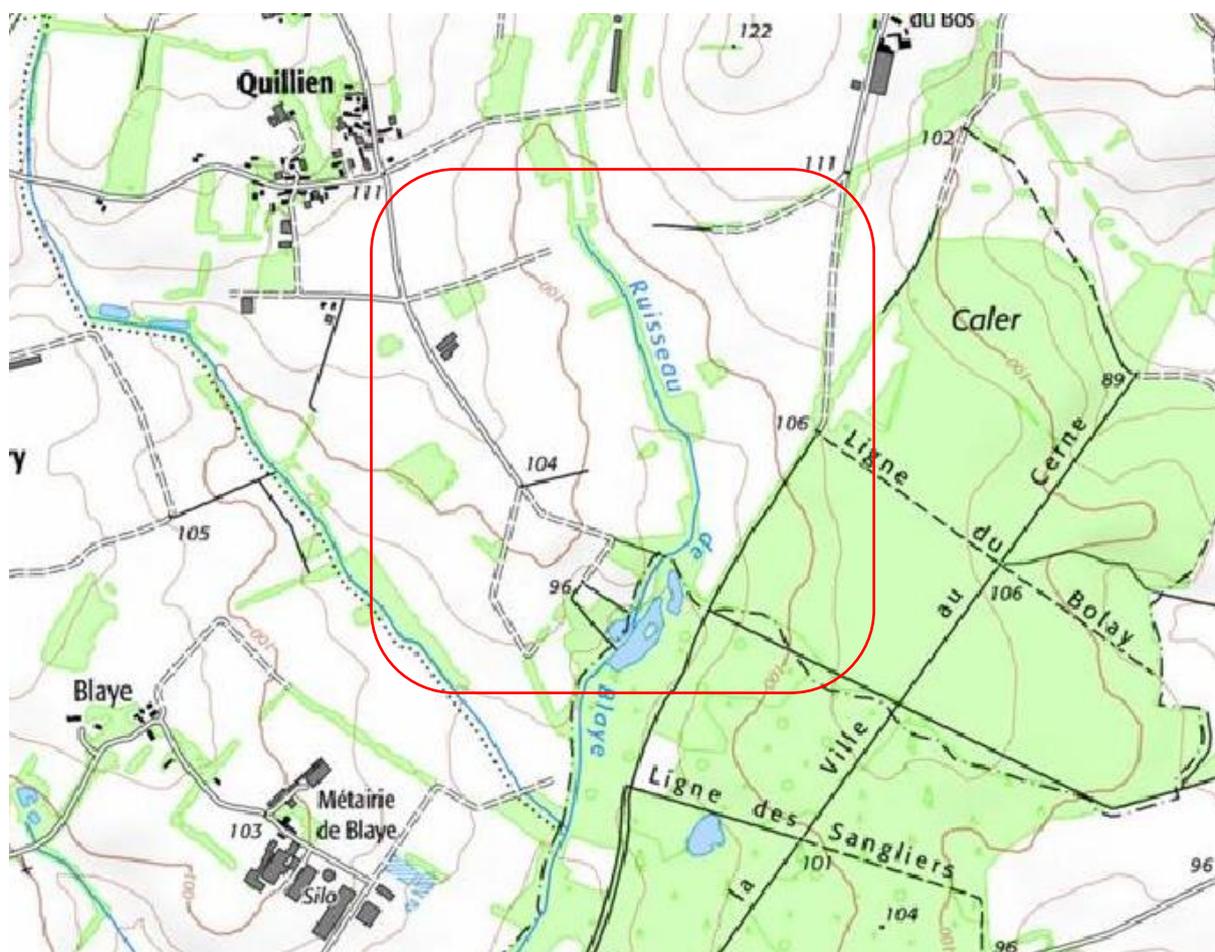
3.3 ENVIRONNEMENT MATERIEL

3.3.1 VOIES DE COMMUNICATION

3.3.1.1 TRANSPORT ROUTIER

La **route nationale** N 164, la plus proche du projet, se situe à plus de 10 km au Nord de l'aire de l'aire d'étude.

Il n'y a pas de **voie départementale** dans l'aire d'étude. Un **réseau de voies communales et de chemins ruraux** maille cependant l'aire d'étude



Carte 20 : Carte IGN des réseaux routiers au niveau du site de « Quillien » (source geoportail – 2016)

Le Préfet du département des Côtes d'Armor a fait réaliser un Dossier Départemental des Risques Majeurs (DDRM) pour son département. Ce dernier, datant du 12 juin 2015, 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.

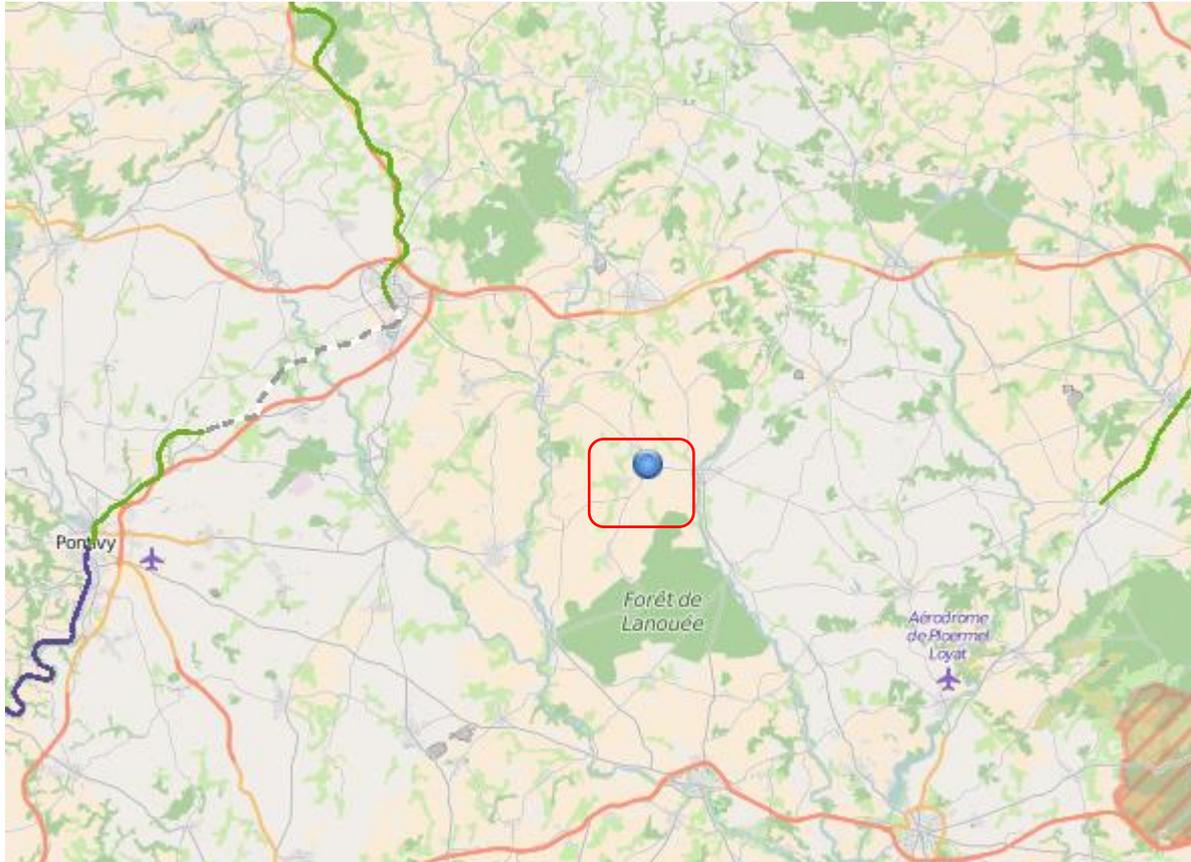
Selon le DDRM des Côtes d'Armor, aucune commune à proximité de l'aire d'étude n'est concernée par le TMD.

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 Fret Voie Unique Non Electrifiée Loudéac – Saint Brieux à environ 15 km au Nord-Ouest du projet ;
- La ligne mixte (fret + voyageurs) non électrifiée Pontivy – Auray à environ 30 km à l'Ouest du projet ;



	Ligne LGV en service		Ligne fret électrifiée à 1 voie
	Ligne LGV en construction		Ligne fret électrifiée à 2 voies
	Ligne mixte électrifiée à 1 voie		Ligne fret électrifiée à voies multiples
	Ligne mixte électrifiée à 2 voies		Ligne fret non électrifiée à 1 voie
	Ligne mixte électrifiée à voies multiples		Ligne fret non électrifiée à 2 voies
	Ligne mixte non électrifiée à 1 voie		Ligne fret non électrifiée à voies multiples
	Ligne mixte non électrifiée à 2 voies		Gare de triage
	Ligne mixte non électrifiée à voies multiples		Ligne non exploitée
	Ligne mixte en construction ou en travaux à 1 ou 2 voies		Autre réseau
	Évitements		Réseau étranger

Carte 21 : Extrait de la carte du réseau ferroviaire français (source : Réseaux Ferrés de France – 2016)

Selon le DDRM des Côtes d'Armor, la commune de Loudéac (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 Nantes à Brest, se situe à plus de 10 kilomètres au sud-ouest du projet.

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



Carte 22 : Carte des voies navigables (source : <http://www.fluvialnet.com> – 2016)

Le transport fluvial (dont TMD) s'effectue à plus de 10 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 Ploërmel-Loyat, à environ 16km au Sud-Est de l'aire d'étude du projet ;
- L'aérodrome de Pontivy, à environ 25km à l'ouest 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 19/03/2015 (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 Quillien.**

- **Transport aérien militaire**

La Zone Aérienne de Défense Nord a été consultée par courrier en date du 14/03/2014 (courrier joint dans l'étude d'impact et 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 Quillien.**

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

En décembre 2015, plusieurs demandes de DT (déclarations de projet travaux) ont été effectuées via le site internet « construire sans détruire ». Les réponses à ces DT sont toutes présentées dans **l'Annexe 5 de l'étude d'impact « réponses aux consultations »**. Aucun ouvrage n'est présent sur les parcelles accueillant les éoliennes ou le réseau électrique inter-éolien. Une mise à jour de ces DT a été effectuée en novembre 2017 afin de compléter l'aspect « Approbation de projet d'Ouvrage privé de raccordement ». Aucune évolution n'est à signaler.

- **Gaz**

Les DR ont été remplacées par les DT (déclaration de projet de travaux). Une DT a été faite officiellement pour le parc éolien de Quillien via le site de l'INERIS "construire sans détruire - réseaux et canalisations". Le 16 décembre 2015, GRT gaz nous informe qu'il n'y a aucun ouvrage sur le territoire de la commune d'implantation des aérogénérateurs.

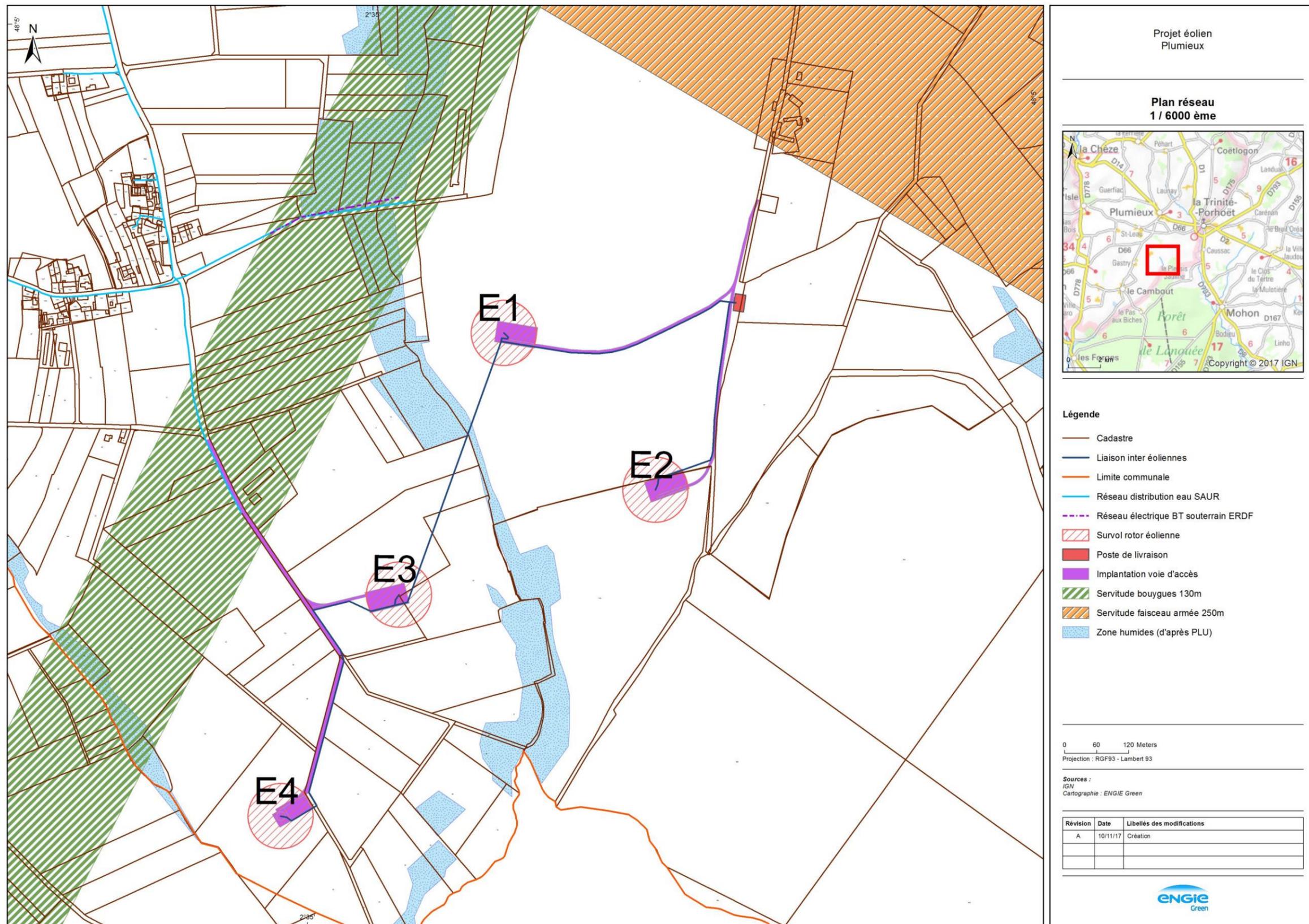
- **Electricité**

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 Quillien.

- **Eau et assainissement**

Aucun captage d'eau potable ni périmètre de protection n'est recensé à proximité du site d'implantation.

Ci-dessous est présenté le plan du réseau à construire qui a été complété pour présenter non seulement le projet éolien, le réseau électrique inter-éolien mais aussi le tracé des autres réseaux existants et les zones humides. Il comporte en outre une légende permettant d'identifier les différents types de réseaux existants (eau potable, eaux usées, électrique (BT, HTA, HTB), télécommunication, ...)



Carte 23 : Plan du réseau à construire

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 Plumieux. Elle se situe à 2500 m de l'aérogénérateur le plus proche (E1). 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 GR37 de Josselin (Morbihan) à Glomel (Côtes-d'Armor) qui traverse la commune de Bréhart. L'aérogénérateur le plus proche (E4) de ce sentier se situe à une distance de 10km.

Il n'y a pas de voie départementale dans l'aire d'étude. Il y a une route communale qui part du hameau de Quillien vers les aérogénérateurs E3 et E4.

La voie ferrée la plus proche est la ligne voie unique non-électrifiée Loudéac - Saint Brieux répertoriée à environ 15 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 10km de l'aire d'étude. Aucun barrage ni digue n'est à répertorier dans cette aire.

L'aérodrome le plus proche est celui Ploërmel-Loyat à 16km de 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.

Le monument historique classé et protégé le plus proche est l'église de Plumieux, située à 2.5km de l'aérogénérateur E1.

3.4 CARTOGRAPHIE DE SYNTHÈSE

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 **Plumieux : 1091 habitants** (Valeur INSEE de 2007).

Aucune voie de circulation n'est présente dans l'aire d'étude.

Plusieurs chemins communaux sont 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 4 aérogénérateurs ainsi qu'un rayon de 500 mètres autour de ceux-ci, la zone exposée représente une surface de 2.036.271m² soit environ 204 hectares. On obtient ainsi **2,04 personnes exposées**.

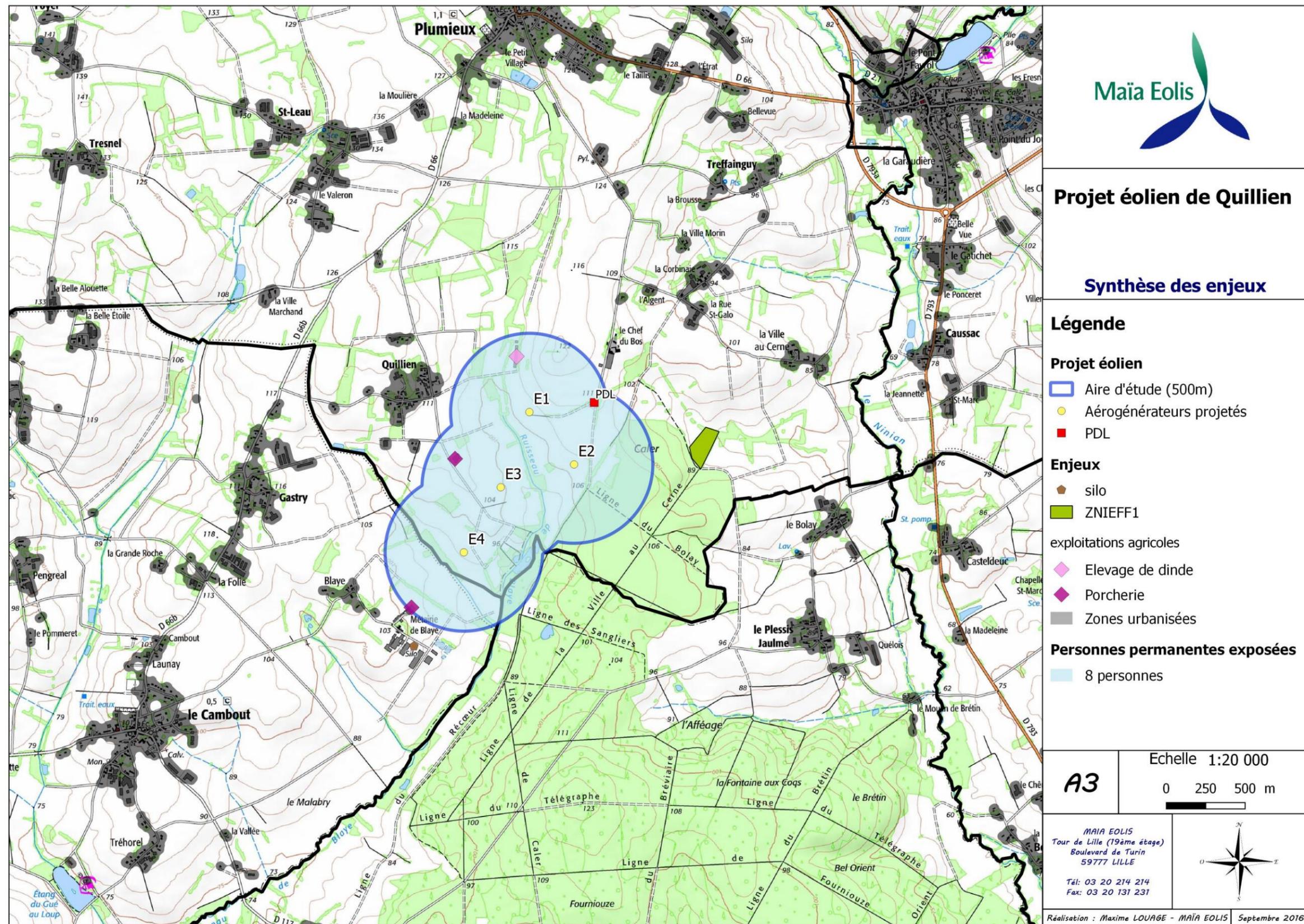
Le personnel travaillant pour l'élevage de dindes, SCEA Morel, est estimé à **trois personnes** maximum tandis que le personnel travaillant pour les porcheries, est estimé à **deux personnes** maximum pour chacune des deux installations.

Pour synthétiser, on peut prendre comme valeur de personnes permanentes exposées : 8 personnes permanentes exposées à l'arrondi supérieur sur l'ensemble de l'aire d'étude (2.04+3+2+2=9.04).

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
Cours d'eau	Ruisseau de Blaye	Aérogénérateur 1	150 m
Zone Naturelle	ZNIEFF 2 Forêt de Lanouée	Aérogénérateur 2	250 m
Bâtiment d'élevage	Poulailler	Aérogénérateur 1	300 m
Bâtiment d'élevage	Porcherie	Aérogénérateur 3	320 m
Bâtiment d'élevage	Porcherie	Aérogénérateur 4	460 m
Bâtiment d'élevage	Porcherie	Aérogénérateur 4	600 m
Habitations	Quillien	Aérogénérateur 1	600 m
Route communale	Blaye à Le Cambout	Aérogénérateur 4	650 m
Silo	Blaye	Aérogénérateur 4	670 m
Monument Historique	Eglise Plumieux	Aérogénérateur 1	2500 m
Zone Naturelle	ZNIEFF 1	Parc éolien	8 km
Voie fluviale	Canal Nantes - Brest	Parc éolien	10 km
Voie ferroviaire	Ligne Loudéac – Saint Brioux	Parc éolien	15 km
Aérodrome	Aérodrome de Ploërmel-Loyat	Parc éolien	16 km
Zone Naturelle	Natura 2000	Parc éolien	16 km
ICPE	Viande Loudéac	Parc éolien	16.2 km
Mer	Côtes de la Manche	Parc éolien	50 km
Nucléaire	Centrale nucléaire de Flamanville	Parc éolien	170 km

Tableau 11 : Distance de l'aérogénérateur le plus proche du projet aux premiers enjeux à protéger (source : ENGIE Green – 2016)



Carte 24 : Cartographie de synthèse des enjeux à protéger dans l'aire d'étude (source : ENGIE Green – 2016)

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 ») ;
 - Un poste de livraison électrique, 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.
- **Éléments constitutifs d'un aérogénérateur**

Au sens de l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement, les aérogénérateurs 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 peut être extérieur ou intérieur à ce dernier selon le modèle retenu pour le parc éolien de SAS Eolis.L'Etournelle.
- **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.

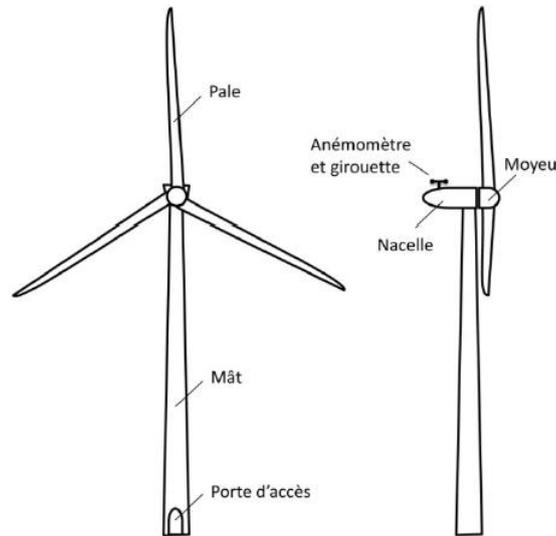


Figure 2 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur (source : EDD SER-FEE & INERIS – 2012)

- **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.

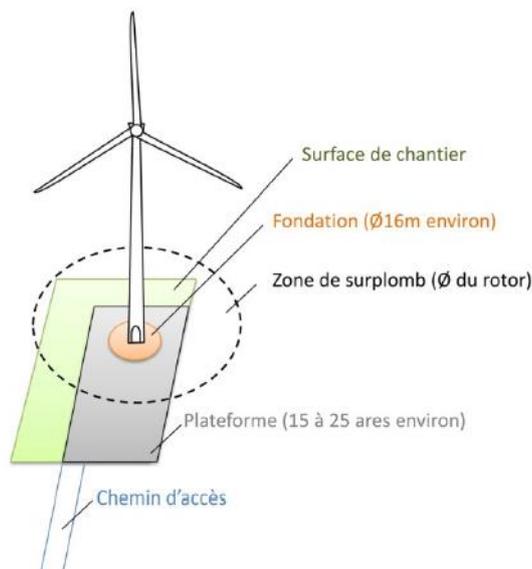


Figure 3 : Illustration des emprises au sol d'un aérogénérateur (source : EDD SER-FEE & INERIS – 2012)

- **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 constituant les éoliennes et leurs annexes.

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

4.1.2 ACTIVITE DE L'INSTALLATION

L'activité principale du parc éolien de SAS Eolis.L'Etournelle est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent avec une hauteur (mât + nacelle) de 95 m. Cette installation est donc soumise à la rubrique 2980 des installations classées pour la protection de l'environnement.

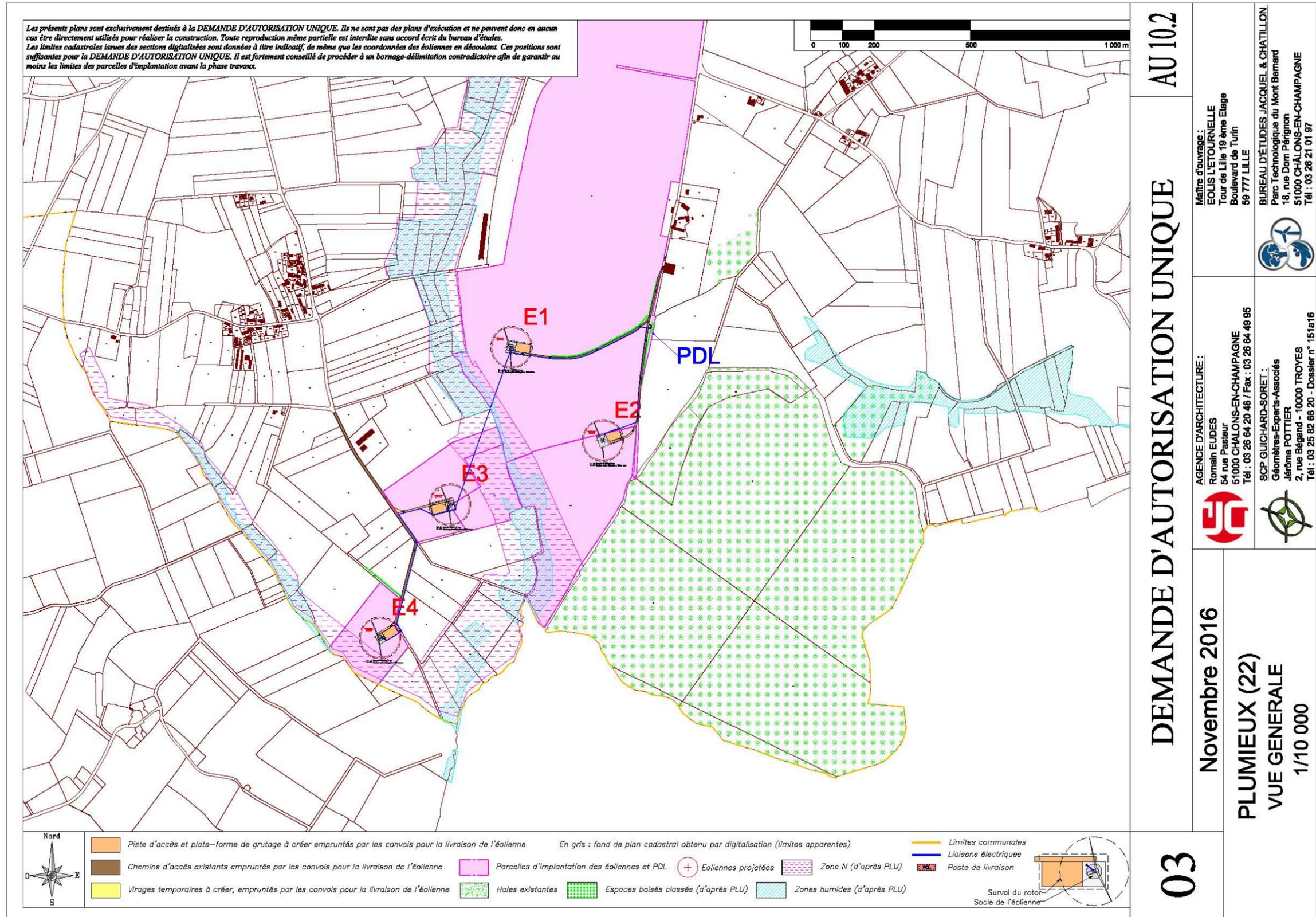
4.1.3 COMPOSITION DE L'INSTALLATION

Le parc éolien de SAS Eolis.L'Etournelle est composé de 4 aérogénérateurs et de 1 poste de livraison. Chaque aérogénérateur a une hauteur de moyeu de 92.5 mètres (soit une hauteur de mât de 95 m au sens de la réglementation ICPE) et un diamètre de rotor de 130 mètres, soit une hauteur totale en bout de pale de 150 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	233 890	2 353 624	103
E2	234 176	2 353 333	102
E3	233 698	2 353 135	104
E4	233 480	2 353 717	96
<i>Poste de livraison 1</i>	<i>234 302</i>	<i>2 353 391</i>	<i>111</i>

Tableau 12 : Implantation des aérogénérateurs et du poste de livraison du projet éolien de SAS Eolis.L'Etournelle (source : ENGIE Green – 2016)



Carte 25 : Plan détaillé de l'installation présentant l'emplacement des aérogénérateurs, des plateformes, des postes de livraison et des câbles électriques enterrés (source : pièces graphiques de la DAU complétée en 2017)

4.2 FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

4.2.1 PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UN AEROGENERATEUR

4.2.1.1 PRINCIPE ET TABLEAU DE SYNTHÈSE 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 couplé 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 dépourvus 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.

Élément de l'installation	Fonction	Caractéristiques
Fondation	Ancrer et stabiliser l'aérogénérateur dans le sol	Les fondations de l'aérogénérateur nécessitent 350 m ³ 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 Senvion (normes IEC 61400-1). Leur dimensionnement et leur construction sont soumis au Contrôle Technique Obligatoire et à un regard et revue par Senvion des designs de massifs de fondations, afin de s'assurer que ceux-ci respectent les règles et spécifications définies par Senvion.
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 de 690 V ou 750 V ou 950 V, selon le type de machine retenue.
Transformateur	Elever la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau	Chaque aérogénérateur produit son électricité en 690V ou en 750 V ou en 950 V (courant alternatif de fréquence 50 Hz) et dispose d'un poste de transformation 690V/20kV ou 750 V/20kV ou 950 V/20 kV. Ces derniers sont situés à l'intérieur, 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 13 : Synthèse du découpage fonctionnel de l'installation (source : ENGIE Green et Senvion - 2012)

4.2.1.2 CARACTERISTIQUES DETAILLEES DES L'AEROGENERATEURS

4.2.1.2.1 SENVION 3.0M122

Les caractéristiques techniques des aérogénérateurs Senvion 3.0MW 122 sont les suivantes :

Aérogénérateur	Senvion 3.0M122
Puissance nominale	3000 kW
Diamètre du rotor	122 m
Hauteur du moyeu	89 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 (vue de face)
Nombre de pales	3
Surface balayée	10570 m ²
Matériau des pales	Composite en résine et fibre de verre
Vitesse de rotation	Variable : de 7,1 à 13,8 tr/min
Système d'orientation :	
Type	Roulement à quatre points de contact et denture extérieure
Entraînement	Motoréducteurs
Stabilisation	Frein à disques
Multiplicateur	Système d'engrenage : trois étages planétaires
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	12,0 m/s
Vitesse de vent de coupure	22,0 m/s

Surveillance à distance	SCADA Senvion : REguard Monitoring (système de surveillance localisé à Estrées-Deniécourt dans la Somme)
--------------------------------	--

Tableau 14 : Caractéristiques techniques d'un aérogénérateur Senvion 3.0M122 (source : Senvion - 2013)

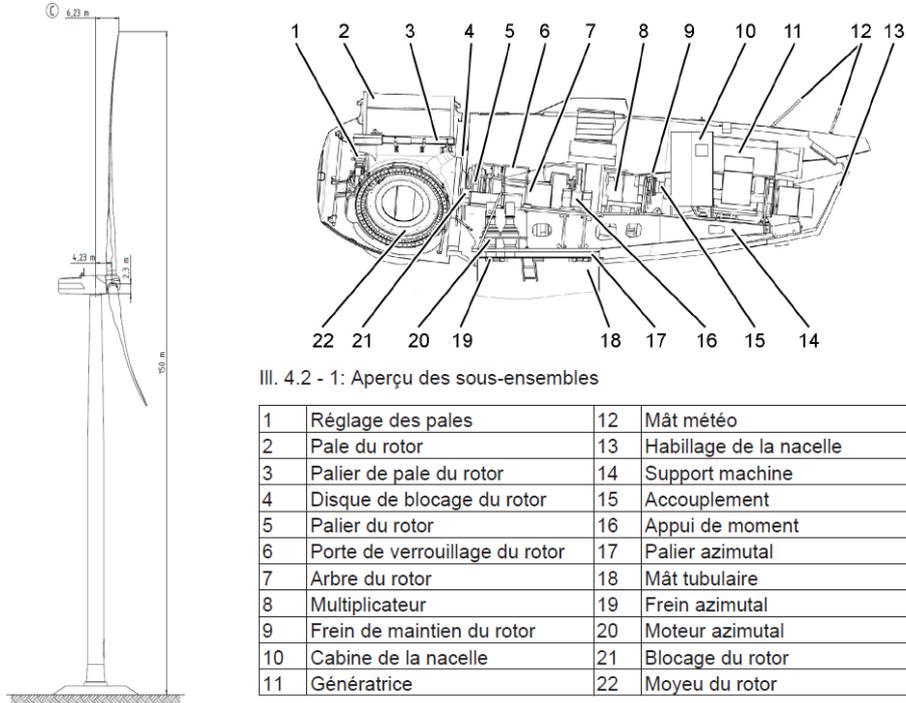


Figure 4 : Vue générale d'un aérogénérateur Senvion 3.0M122 et vue en coupe de la nacelle (source : Senvion - 2013)

4.2.1.2.2 SIEMENS SWT-3.3-130

Les caractéristiques techniques des aérogénérateurs Siemens SWT-3.3-130 sont les suivantes :

Aérogénérateur	Siemens SWT-3.3-130
Puissance nominale	3300 kW
Diamètre du rotor	130 m
Hauteur du moyeu	85 m
Couleur	Blanche
Rotor :	
Type	Rotor face au vent avec système actif de réglage des pales
Sens de rotation	Sens horaire (vue de face)
Nombre de pales	3
Surface balayée	13266 m ²
Matériau des pales	Fibre de verre renforcée avec de l'époxy
Vitesse de rotation	12 tr/min
Système d'orientation :	
Type	Système de roulements à paliers lisses et denture extérieure
Entraînement	Motoréducteurs
Stabilisation	Frein hydraulique
Multiplicateur	Pas de multiplicateur
Système électrique :	
Type de génératrice	Synchrone
Classe de protection de la génératrice	IP 54
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	11,5 m/s
Vitesse de vent de coupure	25,0 m/s
Surveillance à distance	Siemens WebWPS SCADA system

Tableau 15 : Caractéristiques techniques d'un aérogénérateur Siemens SWT 3.2-113 (source : Siemens - 2014)

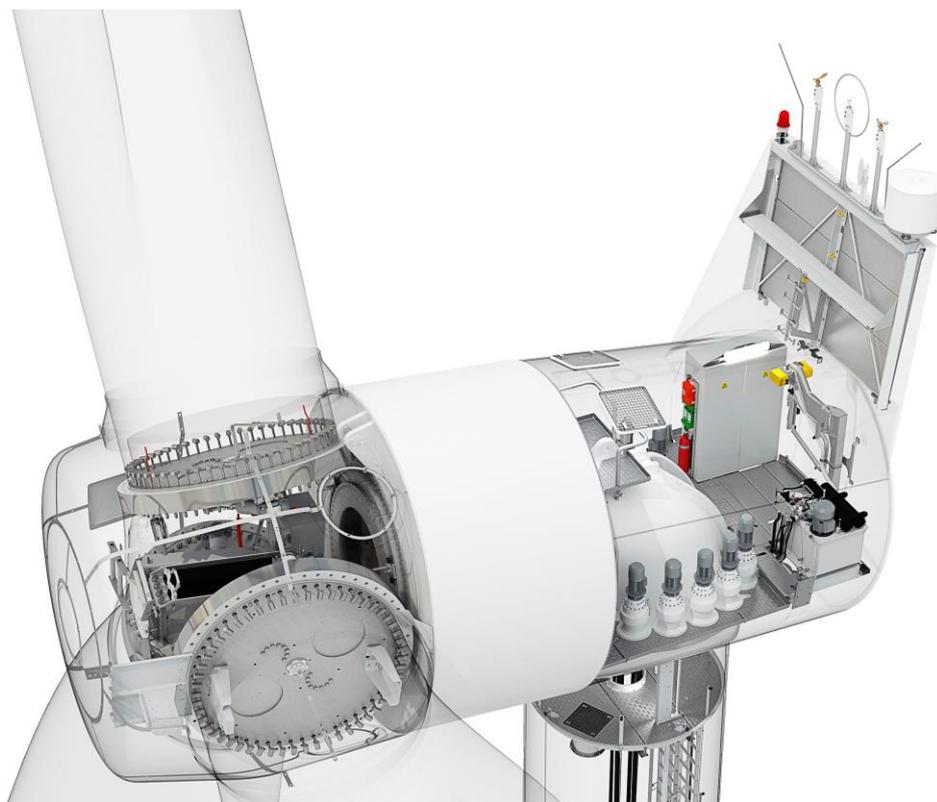


Figure 5: Vue de profil de la nacelle de la Siemens SWT-3.2-113 (Source : Siemens – 2014)

4.2.1.2.3 VESTAS V117-3,3

Les caractéristiques techniques des aérogénérateurs Vestas 117-3.3 sont les suivantes :

Aérogénérateur	Vestas V117-3,3
Puissance nominale	3300 kW
Diamètre du rotor	117 m
Hauteur du moyeu	91,5 m
Couleur	Blanche
Rotor :	
Type	Rotor face au vent avec système actif de réglage des pales
Nombre de pales	3
Surface balayée	10751 m ²
Matériau des pales	Composite en résine et fibre de verre
Vitesse de rotation	Variable : de 8 à 13 tr/min
Sens de rotation	Sens horaire (vue de face)
Système d'orientation :	
Type	Système de roulements à rouleaux et denture extérieure
Entraînement	Motoréducteurs
Stabilisation	Frein à disques
Multiplicateur	Système d'engrenage à plusieurs planétaires et un étage hélicoïdal
Système électrique :	
Type de génératrice	Asynchrone à cage
Classe de protection de la génératrice	IP 54
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	12,0 m/s
Vitesse de vent de coupure	25,0 m/s
Surveillance à distance	SCADA Vestas : VestasOnline® Business

Tableau 16 : Caractéristiques techniques d'un aérogénérateur Vestas V117-3.3 (source : Vestas - 2014)



Figure 6 : Vue de profil de la nacelle de la Vestas V117 (Source : Vestas – 2014)

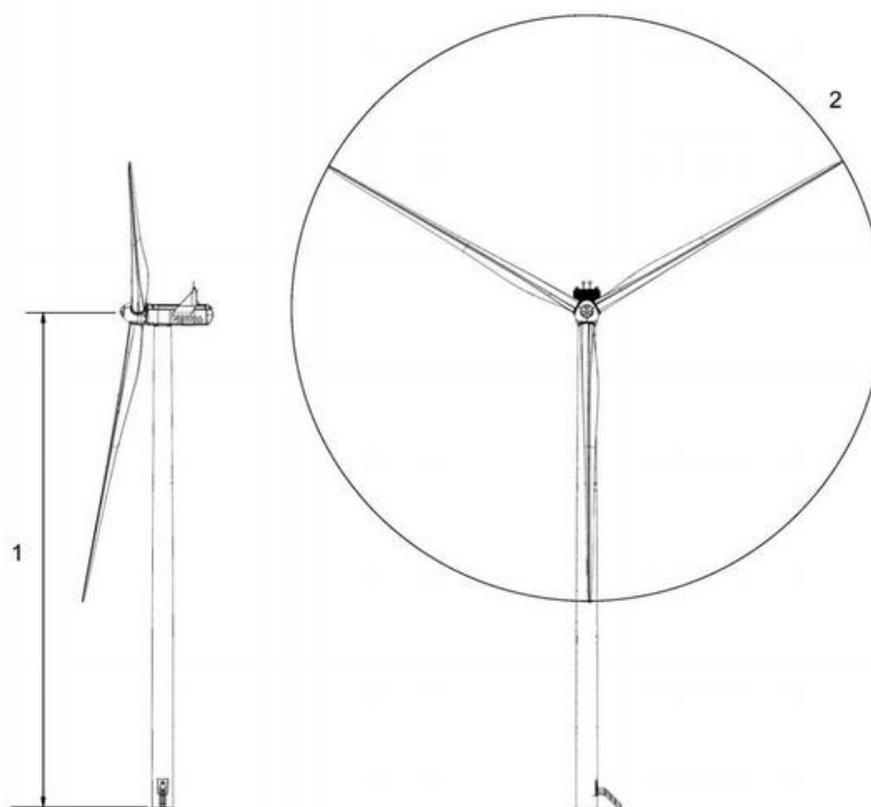


Figure 10-1: Illustration of outer dimensions – structure

1 Hub height 91.5/116.5 m

2 Diameter: 117 m

Figure 7 : Vue générale de l'aérogénérateur Vestas V117 (source : Vestas - 2014)

4.2.1.2.4 SIEMENS SWT-3.2-113

Aérogénérateur	Siemens SWT-3.2-113
Puissance nominale	3200 kW
Diamètre du rotor	113 m
Hauteur du moyeu	92,5 m
Couleur	Blanche
Rotor :	
Type	Rotor face au vent avec système actif de réglage des pales
Sens de rotation	Sens horaire (vue de face)
Nombre de pales	3
Surface balayée	10029 m ²
Matériau des pales	Fibre de verre renforcée avec de l'époxy
Vitesse de rotation	Variable : de 4 à 16,5 tr/min
Système d'orientation :	
Type	Système de roulements à paliers lisses et denture extérieure
Entraînement	Motoréducteurs
Stabilisation	Frein hydraulique
Multiplicateur	Pas de multiplicateur
Système électrique :	
Type de génératrice	Synchrone
Classe de protection de la génératrice	IP 54
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	12,0 m/s
Vitesse de vent de coupure	22,0 m/s
Surveillance à distance	Siemens WebWPS SCADA system

Tableau 17 : Caractéristiques techniques d'un aérogénérateur Siemens SWT 3.2-113 (source : Siemens - 2014)

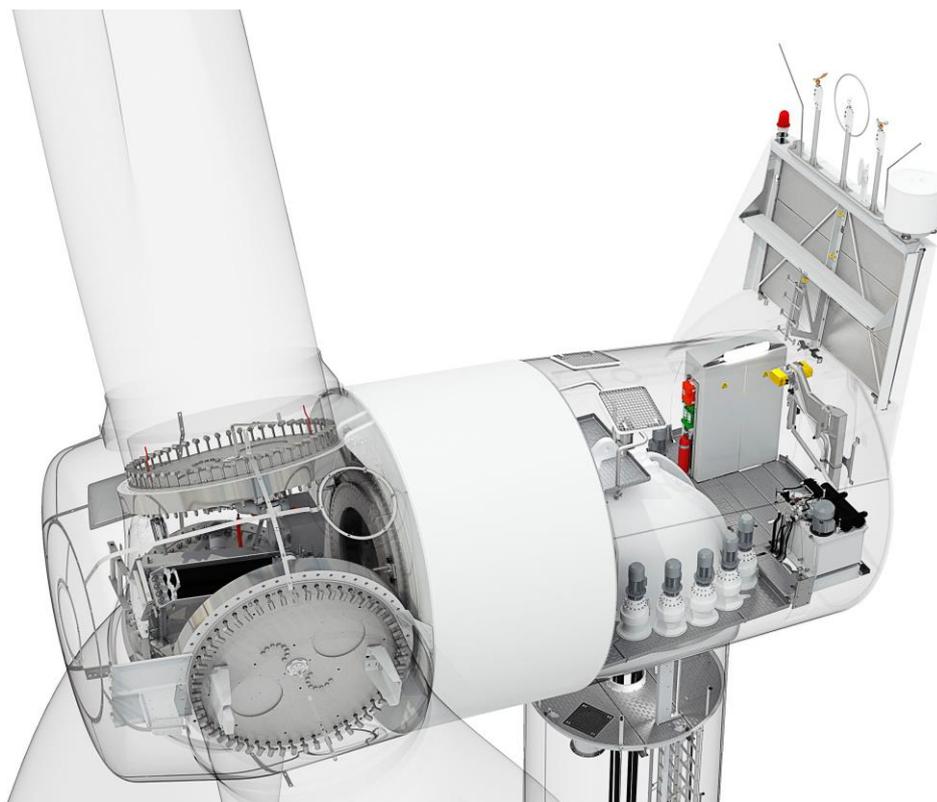


Figure 8: Vue de profil de la nacelle de la Siemens SWT-3.2-113 (Source : Siemens – 2014)

4.2.1.2.5 GENERAL ELECTRIC 2.75-120

Aérogénérateur	General Electric GE-2.75-120
Puissance nominale	2750 kW
Diamètre du rotor	120 m
Hauteur du moyeu	85 m
Couleur	Blanche
Rotor :	
Type	Rotor face au vent avec système actif de réglage des pales
Sens de rotation	Sens horaire (vue de face)
Nombre de pales	3
Surface balayée	11310 m ²
Matériau des pales	Fibre de verre renforcée du polyester
Vitesse de rotation	Variable : de 4 à 16,5 tr/min
Système d'orientation :	
Type	Système de roulements à paliers lisses et denture extérieure
Entraînement	Motoréducteurs
Stabilisation	Trois étriers de freins
Multiplicateur	Système d'engrenages
Système électrique :	
Type de génératrice	Asynchrone
Classe de protection de la génératrice	IP 54
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	11,5 m/s
Vitesse de vent de coupure	25,0 m/s
Surveillance à distance	GE's Condition Monitoring System (CMS) et SCADA Anomaly Detection Services

Tableau 18 : Caractéristiques techniques d'un aérogénérateur GE 2.75-120 (source : General Electric - 2014)

4.2.2 SECURITE DE L'INSTALLATION

Fonction de sécurité	Mesure de sécurité	Description
<p>Prévenir la chute de glace et prévenir la mise en mouvement de l'aérogénérateur lors de la formation de glace</p>	<p>Système de détection et stratégie d'arrêt et de redémarrage en cas de formation de givre ou glace</p>	<p>Chaque aérogénérateur Senvion est équipé en standard d'un système de détection redondant et correspondant à l'état de l'art, qui a été certifié par le bureau de contrôle TÜV Nord, qui permet efficacement de détecter la présence de givre aussi bien sur un aérogénérateur en rotation que sur un aérogénérateur à l'arrêt.</p> <p>Les conclusions de la certification du TÜV Nord sont les suivantes :</p> <p><i>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 Senvion pour la détection de glace sur les pales et l'arrêt des machines qui s'ensuit est plausible et en phase avec l'état de l'art technologique. L'examen du système a démontré qu'il est efficace afin d'éviter lors de la rotation du rotor des aérogénérateurs Senvion 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.</i></p> <p>Les trois méthodes redondantes de détection utilisées sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Comparaison des mesures de vent par deux anémomètres sur la nacelle, l'un étant chauffé, l'autre non, associé à des paramètres climatiques additionnels (notamment critère de température) ; • Analyse de données de fonctionnement de l'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). <p>Ces trois méthodes sont associées à l'envoi de codes d'état et d'information via le système SCADA.</p> <p>En cas de danger particulièrement élevé sur un site, des</p>

Fonction de sécurité	Mesure de sécurité	Description
<p>Prévenir la chute de glace et prévenir la mise en mouvement de l'aérogénérateur lors de la formation de glace</p>	<p>Système de détection et stratégie d'arrêt et de redémarrage en cas de formation de givre ou glace</p>	<p>systèmes de détection redondants additionnels peuvent être envisagés, en sus des trois précédemment cités (par exemple système de mesure des fréquences propres d'oscillation des pales ou bien azimut de l'aérogénérateur dans une position prédéfinie suite à la détection de givre).</p> <p>En cas de détection de glace, l'aérogénérateur est automatiquement mis à l'arrêt.</p> <p>Le redémarrage peut se faire (en fonction du site) :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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. <p>Tous les arrêts et redémarrages des éoliennes sont enregistrées et répertoriés dans le système SCADA.</p> <p>Des adaptations à ces stratégies standard de détection et d'arrêt / redémarrage peuvent être apportées de manière spécifique, selon la sensibilité du parc éolien. Pour cela, Senvion demande aux exploitants de mener chaque année une évaluation des risques. Cette évaluation s'appuie sur une analyse de la présence ou non d'infrastructures dans un périmètre donné autour de l'aérogénérateur et classe les parcs selon différentes catégories de risques.</p>
<p>Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques</p>	<p>Capteurs de température agissant sur la commande de la machine</p>	<p>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.</p> <p>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.</p> <p>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.</p>
<p>Prévenir la survitesse</p>	<p>Système de freinage</p>	<p>Le système de freinage comprend un frein aérodynamique principal et un frein mécanique auxiliaire.</p> <p>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.</p> <p>Le freinage aérodynamique devient effectif en pivotant les</p>

Fonction de sécurité	Mesure de sécurité	Description
<p>Prévenir la survitesse</p>	<p>Système de freinage</p>	<p>pales jusqu'à la position dite en drapeau, avec la possibilité d'obtenir différentes vitesses de calage pour éviter les efforts trop importants. Chaque système de calage est complètement indépendant. En cas de perte de réseau, les moteurs de calage sont alimentés par des jeux d'accumulateurs.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>Des systèmes de coupure au niveau du rotor et au niveau du multiplicateur s'enclenchent en cas de dépassement de seuils de vitesse prédéfinis sont directement intégrés à la chaîne de sécurité de l'aérogénérateur.</p> <p>La chaîne de sécurité de l'aérogénérateur est un circuit à câblage direct dans lequel tous les contacts sont couplés en série pour déclencher un arrêt d'urgence. 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 entraîné son déclenchement a été éliminée.</p> <p>A ce jour, Senvion ne recense aucun cas d'entrée en survitesse d'un de ses aérogénérateurs.</p>
<p>Prévenir les courts-circuits</p>	<p>Opérations de maintenance</p>	<p>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.</p>
<p>Protéger l'environnement en cas de fuite et prévenir l'infiltration d'huile dans le sol</p>	<p>Système de rétention Capteurs pression et niveau</p>	<p>Les fuites depuis le moyeu ou la nacelle sont évitées par les systèmes passifs suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Labyrinthe dans le spinner ; • Chicane 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.

Fonction de sécurité	Mesure de sécurité	Description
<p>Protéger l'environnement en cas de fuite et prévenir l'infiltration d'huile dans le sol</p>	<p>Système de rétention Capteurs pression et niveau</p>	<p>En cas malgré tout de fuite vers l'environnement extérieur, des mesures de nettoyage de l'éolienne et de dépollution des sols sont engagées.</p> <p>Il est à noter que la technologie pitch électrique, et non pas hydraulique, mise en œuvre sur tous les aérogénérateurs Senvion œuvre à une réduction considérable des risques liés aux fuites depuis le moyeu.</p> <p>Le groupe hydraulique et le multiplicateur entre autres sont équipés de capteurs de pression et de niveau de fluide, reliés au système de contrôle de la machine et au SCADA. En cas de phénomène anormal, des alertes sont ainsi émises et des vérifications par des équipes de maintenance peuvent être engagées.</p> <p>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.</p> <p>Des vérifications des niveaux sont également partie intégrante des opérations de maintenance préventive, tant dans les postes électriques que dans les aérogénérateurs.</p>
<p>Prévenir la dégradation des pales</p>	<p>Inspection</p>	<p>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).</p>
<p>Prévenir les erreurs d'assemblage / prévenir les erreurs de maintenance / détecter les défauts qualité</p>	<p>Procédure assemblage Procédure maintenance Procédures de contrôle Procédure qualité</p>	<p>Les procédures de certification-type des aérogénérateurs, couplées aux procédures de qualification fournisseurs, contrôles qualité, respect scrupuleux des instructions de montage et maintenance des machines, permettent d'assurer un niveau de sécurité important.</p> <p>De plus, Senvion impose des contrôles supplémentaires :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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 Senvion.
<p>Prévenir la dégradation de l'état des équipements</p>	<p>Inspection</p>	<p>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</p>

Fonction de sécurité	Mesure de sécurité	Description
Prévenir la dégradation de l'état des équipements	Inspection	sont prévus lors de toutes les maintenances préventives, suivant les préconisations du manuel de maintenance.
Prévenir le fonctionnement de l'aérogénérateur en cas de vents forts	Détection vents forts + alarme automate + arrêt automatique	<p>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.</p> <p>La procédure d'arrêt fera pivoter les pales en position drapeau et arrêtera l'aérogénérateur en toute sécurité.</p>
Protection incendie de l'aérogénérateur Intervention incendie	Système de protection contre la foudre / conception de l'aérogénérateur	<p>L'aérogénérateur est pourvu 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 Senvion est de Classe de Protection Foudre 1 (LPC 1).</p> <p>Par ailleurs le design global de l'aérogénérateur est fait pour minimiser les risques d'incendie :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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. <p>En outre, un système de détection incendie relié à une alarme est mis en œuvre : des détecteurs sont placés au voisinage des principaux composants électriques (transformateur, cellules, convertisseur, génératrice) et permettent, en cas de détection :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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

Fonction de sécurité	Mesure de sécurité	Description
<p>Protection incendie de l'aérogénérateur</p> <p>Intervention incendie</p>	<p>Système de protection contre la foudre / conception de l'aérogénérateur</p>	<ul style="list-style-type: none"> • permettre d'informer les services de secours. <p>Il est enfin à noter que les analyses de risques internes menées par Senvion (AMDEC) confirment le caractère tout à fait improbable d'une perte de contrôle totale de 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.</p>
<p>Prévenir les intrusions</p>	<p>Porte verrouillable anti-panique</p>	<p>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).</p> <p>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 ...).</p> <p>L'ouverture de la porte de l'aérogénérateur enclenche l'allumage automatique des éclairages de l'aérogénérateur.</p> <p>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 ENGIE Green. Les portes de ces postes se verrouillent automatiquement dès qu'elles sont fermées.</p>

Tableau 19 : Mesures de sécurité des installations (source : Senvion – 2011)

4.2.3 OPERATIONS DE MAINTENANCE DE L'INSTALLATION

Les opérations de maintenance préventives préconisées par les constructeurs 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, ENGIE Green effectuera les maintenances conformément aux recommandations du constructeur.

A titre d'exemple, les opérations de maintenance préventives des aérogénérateurs Senvion 3.0M122 sont présentées ci-après :

- 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 20: Planning prévisionnel des maintenances (source : ENGIE Green et Senvion – 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 SAS Eolis.L'Etournelle.

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

Le dossier complet de demande d'approbation de projet d'ouvrage est présenté en [Annexe 12](#) de la présente étude de dangers.

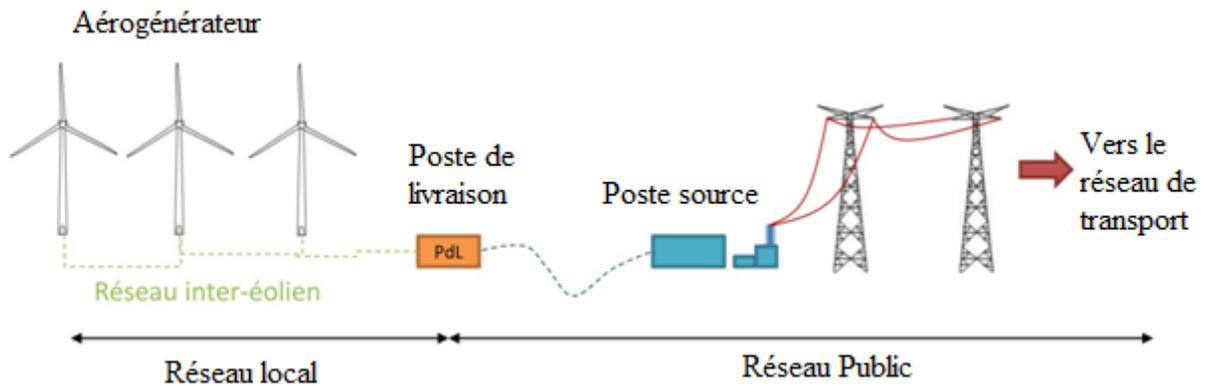


Figure 9 : Raccordement électrique prévisionnel des installations de SAS Eolis.L'Etournelle (source : EDD SER-FEE & INERIS – 2012)

- **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 à son terminal de télésurveillance. Ces câbles constituent le réseau interne de la centrale éolienne, ils sont enterrés entre 1,10 et 1,20 mètre de profondeur.

Entre E1 et E2, les câbles des liaisons inter éoliennes passent au-dessous du Ruisseau de Blaye. La technique de passage des câbles sera déterminée précisément en fonction de la nature du sol sous le ruisseau. A priori, à une profondeur de 1 mètres à 1,20 mètres, il s'agit d'un sous sol constitués de dépôts soliflués (voir, dans l'étude d'impact, chapitre Géologie – Pédologie page 56), c'est à dire des matériaux boueux mous car chargés en eau. C'est donc un sol meuble pour lequel la technique du fonçage, sans production de boues, pourrait être utilisée. Cela dit, si les travaux sous le ruisseau devaient être réalisés en forage dirigé, alors voici comment ils se dérouleront : des fouilles sont réalisées à l'aide d'une mini-pelle mécanique de 8 tonnes, de part et d'autre de la zone à traverser, sans tranchées. La surface concernée par les travaux est ainsi d'environ 10 m² (une zone de 5 m² suffit de part et d'autre du ruisseau). Le forage dirigé consiste à poser des réseaux sans tranchée en 3 phases :

- La foreuse est positionnée sur le terrain naturel afin d'effectuer son tir ;
- Un tir pilote est poussé dans le sol avec une grande précision grâce à sa tête dirigée ;
- Une série d'alésages successifs est effectuée, permettant d'adapter le diamètre du forage et d'en extraire les déblais (un forage est finalement une vis sans fin qui perfore la terre et fait remonter, par l'intérieur de la vis, la terre qu'elle a forée) ;
- La canalisation est accrochée et tirée du puits de sortie vers le puits d'entrée.

Inconvénient : Dans la majorité des cas, il faut de l'eau pour forer et donc on produit de la boue.
 Avantage : Mais elle a l'avantage d'être dirigée et donc pas toujours en ligne droite et peut aller assez loin.

Si la technique du forage devait être utilisée (en présence de sols durs et/ou rocheux), les déblais boueux produits seraient dans tous les cas de faible quantité (quelques m³ tout au plus). Après identification, ils seront extraits avec précaution en préservant le ruisseau et la zone humide associée et ne seront pas stockés sur place mais évacués par benne vers un centre de stockage ou une unité de valorisation réglementaire. Le prestataire qui réalisera le forage sera capable de collecter, stocker puis transporter ce type de déchet vers le centre de traitement adapté.

- **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 1, 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.

La description technique du PDL, sa puissance, son synoptique sont présentés en annexe 12 de la présente étude « approbation du projet d'ouvrage ».

Comme précisé au chapitre 7.7 Conclusion de l'analyse préliminaire des risques, le scénario « incendie du poste de livraison » est exclu de l'étude détaillée. Néanmoins, en cas d'incendie du poste de livraison, les effets ressentis à l'extérieur des bâtiments (poste de livraison) seront mineurs ou inexistant 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 impose le respect des normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200).

- **Conformité des liaisons électriques intérieures**

Conformément au Décret n° 2014-450 du 2 mai 2014 relatif à l'expérimentation d'une autorisation unique en matière d'installations classées pour la protection de l'environnement, les éléments justifiant de la conformité des liaisons électriques intérieures avec la réglementation technique en vigueur (article L-323-11 du code de l'énergie) sont disponibles en Annexe 11.

Selon l'arrêté du 23 avril 2008, les installations privées¹ du domaine H.T.A. entrent dans le domaine d'application :

- de la norme NF C 13-100 relative aux postes de livraison privés HTA/BT établis à l'intérieur d'un bâtiment et alimentés par un réseau de distribution publique à haute tension.
- de la norme NF C 13-200 relative aux installations de tension supérieure à 1KV (hors poste de livraison).

Eolis. L'Etournelle, sous la direction de ENGIE Green, dans le cadre de la construction du parc fera appel à un organisme de contrôle agréé indépendant afin d'examiner l'installation électrique. Il produira alors un certificat de conformité du poste de livraison vis-à-vis des normes NF C 13-100 et NF C 13-200. Un exemple de certificat délivré récemment pour un autre parc est disponible en Annexe 10.

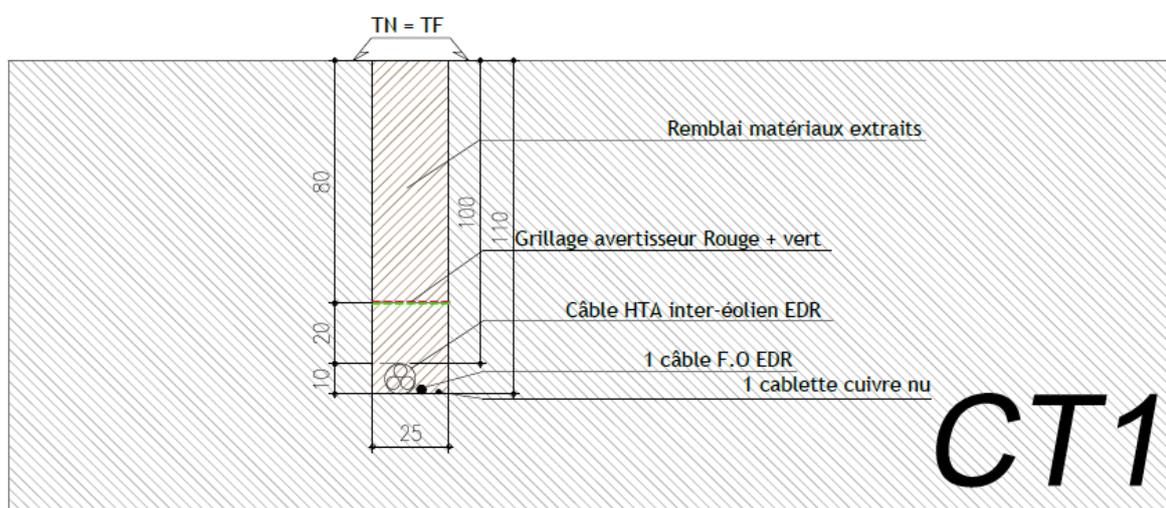
¹ Par opposition aux réseaux publics comme définit par le décret n°2011-1697 du 1er décembre 2011.

Pour le réseau inter-éolien, un cahier des clauses techniques particulières (CCTP) est spécifiquement rédigé.

Des contrôles internes porteront au minimum sur :

- Caractéristiques des tranchées et de la pose des câbles HTA, BT et FO ;
- Ordre des phases des câbles posés ;
- Numéros de série des tourets utilisés ;
- Boîtes de jonctions et extrémités ;
- Compactage ;
- Câblage dans les postes de transformation et de livraison.

Des plans de coupes types (la Figure 10 est une des coupes types prévues sur le présent projet) ont été réalisés afin de se conformer au décret n°88-1056 du 14 novembre 1988 et aux normes NF C 15-100 et NF C 13-100. L'ensemble des coupes types du projet éolien sont présentées en Annexe 12 de la présente étude de dangers, sur les plans A0 nommés « DAPO 2 » et « DAPO 3 ».



Coupe type n° CT1 sur tranchée - 1 câble HTA + fibre optique
Passage en parcelle agricole - Remblai avec matériaux extraits

Figure 10 : Exemple de coupe type pour l'enfouissement de l'inter-éolien (Source : ENGIE Green)

D'autre part, ce chantier fait l'objet d'un plan qualité fourni au Maître d'Ouvrage par chaque entreprise intervenante. De plus, les liaisons électriques intérieures feront l'objet de deux vérifications internes.

- **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 ENEDIS) ; il est entièrement enterré.

4.3.2 AUTRES RESEAUX

Le parc éolien de SAS Eolis.L'Etournelle 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. En décembre 2015, plusieurs demandes de DT (déclarations de projet travaux) ont été effectuées via le site internet « construire sans détruire ». Les réponses à ces DT sont toutes présentées dans l'Annexe 5 de l'étude d'impact « [réponses aux consultations](#) ». Aucun ouvrage n'est présent sur les parcelles accueillant les éoliennes ou le réseau électrique inter-éolien. Une mise à jour de ces DT a été effectuée en novembre 2017 afin de compléter l'aspect « Approbation de projet d'Ouvrage privé de raccordement ». Aucune évolution n'est à signaler. Le plan du réseau à construire est présenté carte 23, page 47. Pour plus de précision, cf. dossier de demande d'approbation de projet d'ouvrage en Annexe 12 de la présente étude de dangers.

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 SAS Eolis.L'Etournelle 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, nettoyeurs...) et les déchets industriels banals associés (pièces usagées non souillées, cartons d'emballage...).

Conformément à l'article 16 de l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation, aucun produit 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	 	<p>R10 : Inflammable</p> <p>R52/53 : Nocif pour les organismes aquatiques, peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique</p> <p>R66 : L'exposition répétée peut provoquer dessèchements ou gerçures de la peau</p> <p>R67 : L'inhalation de vapeurs peut provoquer somnolence et vertiges</p> <p>S2 : Conserver hors de portée des enfants</p> <p>S23 : Ne pas respirer les aérosols</p> <p>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</p> <p>S36 : Porter un vêtement de protection approprié</p> <p>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</p> <p>S46 : En cas d'ingestion, consulter immédiatement un médecin et lui montrer l'étiquette ou l'emballage</p>	Récipient sous pression
WD40 Aérosol (WD40)	Protection anticorrosion	Tout l'aérogénérateur	Très peu		<p>R66 : L'exposition répétée peut provoquer dessèchements ou gerçures de la peau</p> <p>S23 : Ne pas respirer les vapeurs/aérosols</p> <p>S24 : Eviter le contact avec la peau</p> <p>S35 : Ne pas se débarrasser de ce produit et de son récipient qu'en prenant toutes les précautions d'usage</p> <p>S46 : En cas d'ingestion, consulter immédiatement un médecin et lui montrer l'étiquette ou l'emballage</p> <p>S51 : Utiliser seulement dans des zones bien ventilées</p>	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 respirer 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	   	<p>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</p>	Récipient sous pression
Galvanisant brillant (Motip Dupli)	Peinture	Retouches de peinture sur les surfaces galvanisées (échelles, trappes ...)	Selon utilisation	 	<p>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</p>	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 21 : Produits entrants de l'installation (source : ENGIE Green et Senvion – 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 (poissons, crustacés, algues, autres plantes aquatiques ...).

Tableau 22 : 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'Équipement Électrique et Électronique - DIB = Déchets Industriels Banaux

Tableau 23 : Produits sortants de l'installation (source : ENGIE Green et Senvion – 2011)

(*) Les déchets dangereux sont suivis grâce à un bordereau de suivi des déchets dangereux

5.2 POTENTIELS DE DANGERS LIES AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

Les dangers liés au fonctionnement du parc éolien de SAS Eolis.L'Etournelle 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	<u>Danger*</u> 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 24 : Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation (source : ENGIE Green – 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 160 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 SAS Eolis.L'Etournelle. 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). [Au 27 janvier 2017, la base Aria du Bureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industriels recense une cinquantaine d'accidents majeurs en France.](#) Ces accidents sont présentés en détail dans l'annexe 2 « Accidentologie française ».

Plusieurs sources ont été utilisées pour effectuer ce recensement. Il s'agit à la fois de sources officielles, d'articles de la 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 élaborée par le groupe de travail de SER/FEE ayant élaboré le guide technique d'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens, et complétée depuis, 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 60 incidents a pu être recensé entre 2000 et 2016](#) (voir tableau détaillé en annexe 2). 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 [est issu de la publication officielle de l'INERIS en 2012](#). Il 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.

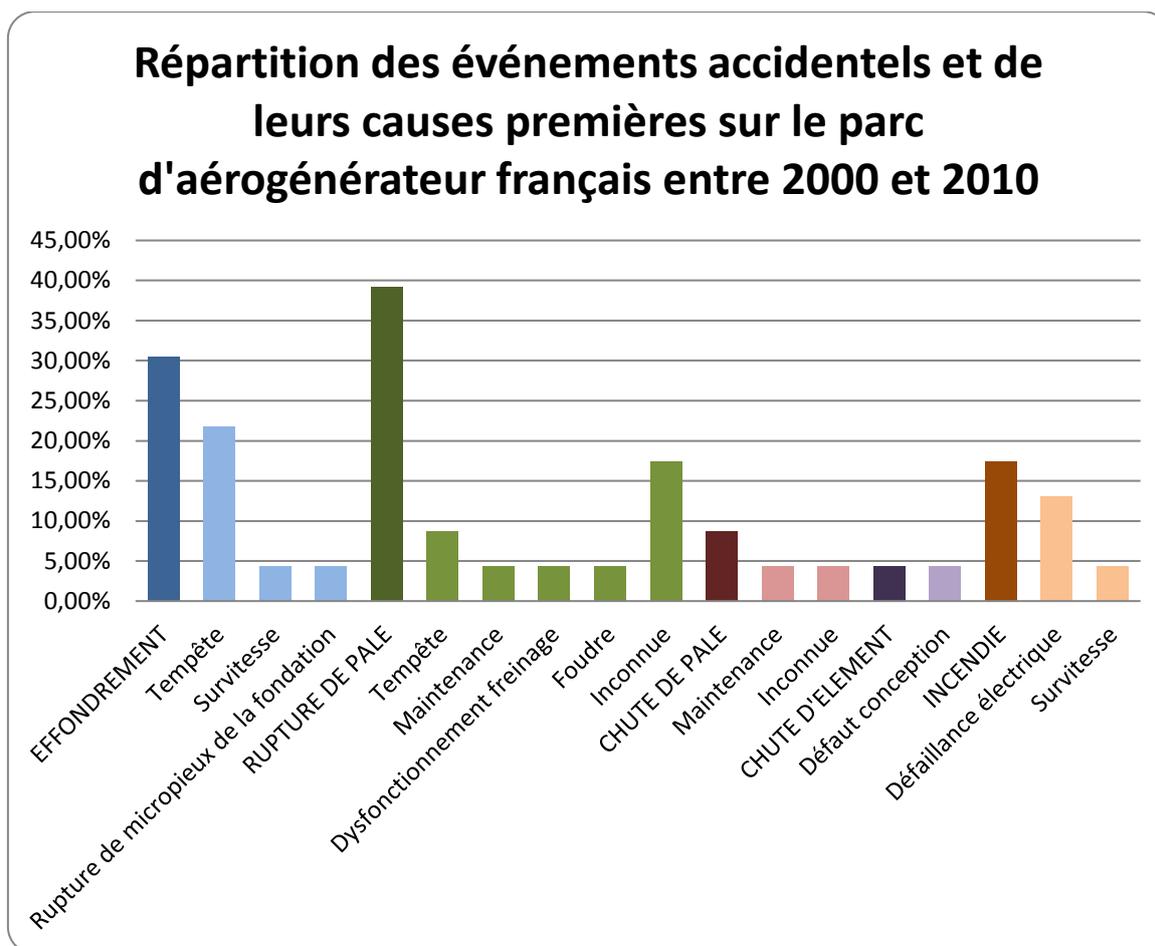


Figure 11 : Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateur français entre 2000 et 2010 (source : EDD SER-FEE & INERIS – 2012)

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.

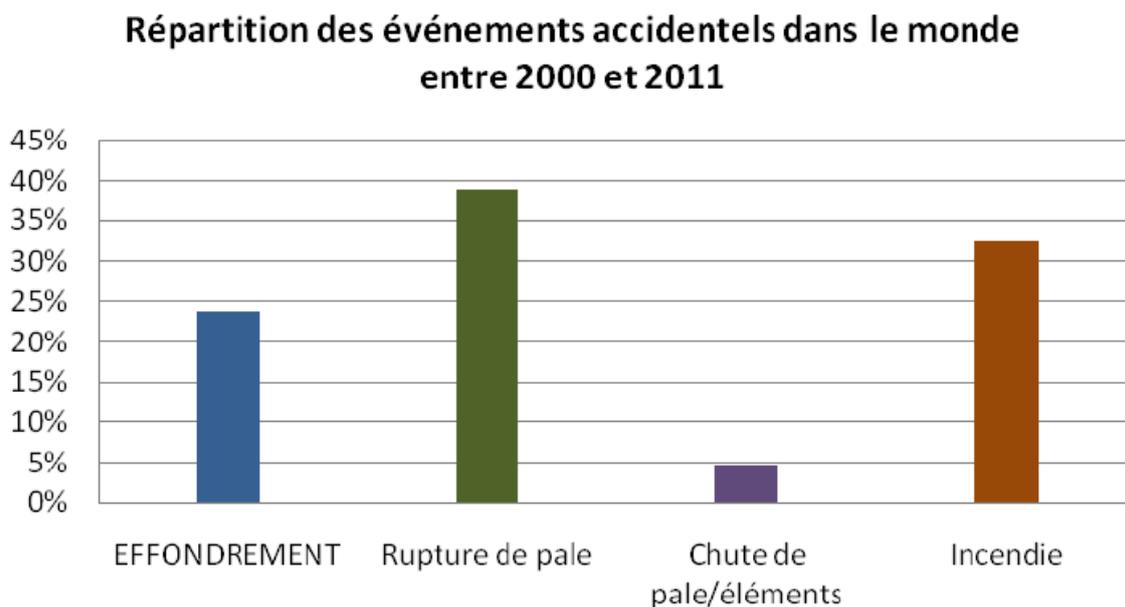


Figure 12 : Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2010 (source : EDD SER-FEE & INERIS – 2012)

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).

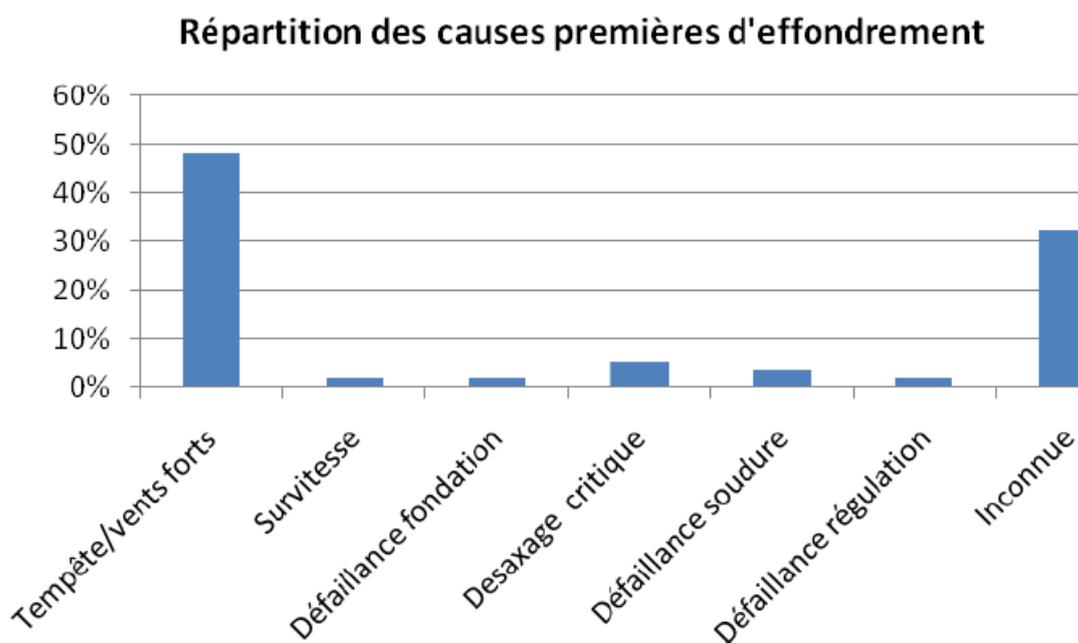


Figure 13 : Répartition des causes premières d'effondrement entre 2000 et 2010 (source : EDD SER-FEE & INERIS – 2012)

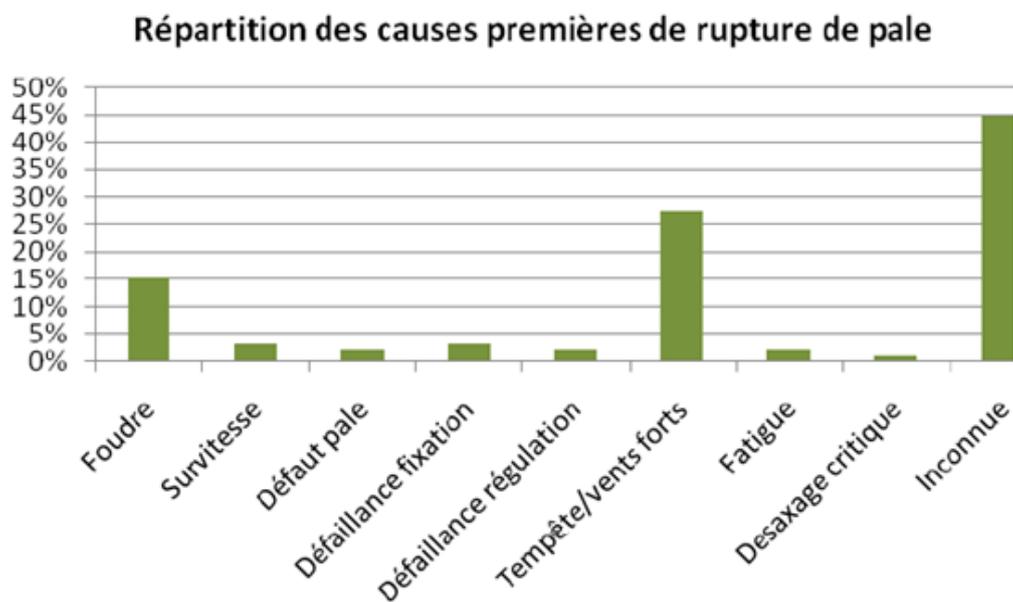


Figure 14 : Répartition des causes premières de ruptures de pale entre 2000 et 2010 (source : EDD SER-FEE & INERIS – 2012)

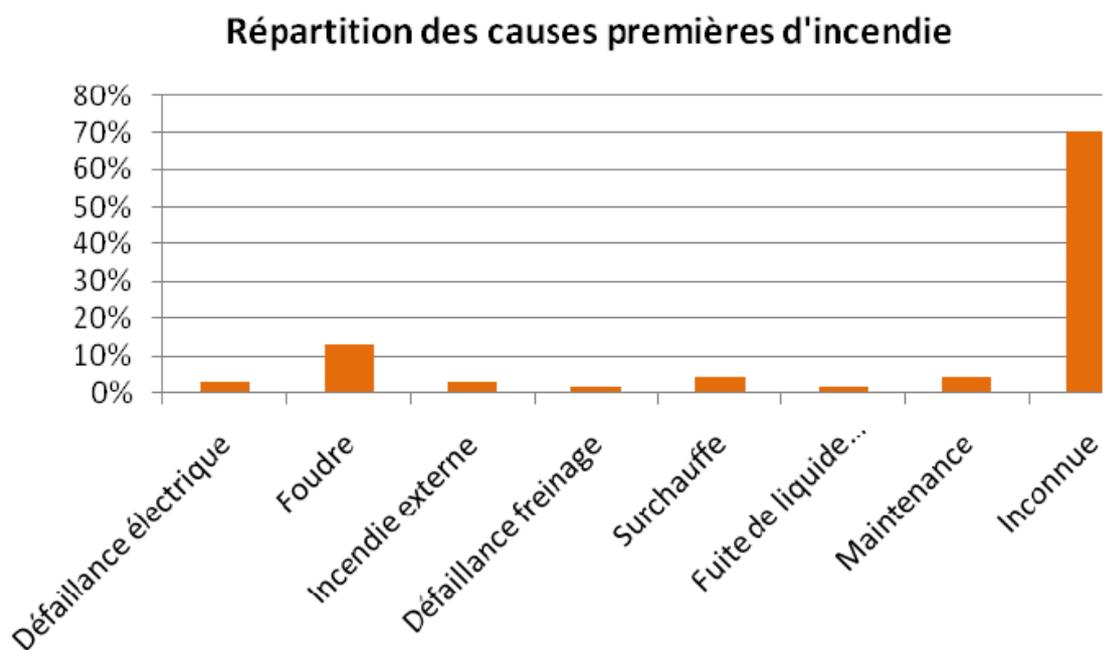


Figure 15 : Répartition des causes premières d'incendies entre 2000 et 2010 (source : EDD SER-FEE & INERIS – 2012)

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 ENGIE Green.

6.4 SYNTHÈSE DES PHÉNOMÈNES DANGEREUX REDOUTÉS ISSUS DU RETOUR D'EXPÉRIENCE

6.4.1 ANALYSE DE L'ÉVOLUTION DES ACCIDENTS EN FRANCE

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

La figure ci-dessous montre cette évolution et il apparaît clairement que le nombre d'incidents n'augmente pas proportionnellement au nombre d'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.

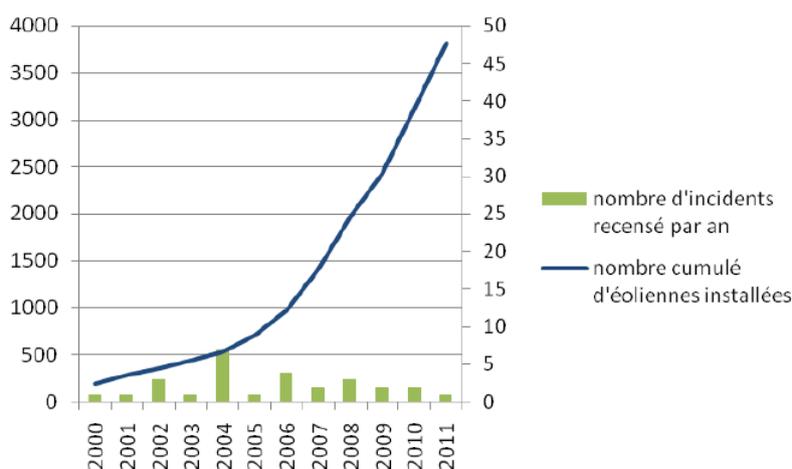


Figure 16 : Evolution du nombre d'incidents annuels en France et du nombre d'éoliennes installées (source : EDD SER-FEE & INERIS – 2012)

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 ;
- Événements climatiques d'intensité supérieure aux événements historiquement connus ou prévisibles pouvant affecter l'installation, selon les règles en vigueur ;
- Chute d'avion hors des zones de proximité d'aéroport ou aérodrome (rayon de 2 km des aéroports et aérodromes) ;
- Rupture de barrage de classe A ou B au sens de l'article R. 214-112 du Code de l'environnement ou d'une digue de classe A, B ou C au sens de l'article R. 214-113 du même code ;
- Actes de malveillance.

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

- Inondations ;
- Séismes d'amplitude suffisante pour avoir des conséquences notables sur les infrastructures ;
- **Incendies de cultures ou de forêts ;**
- Pertes de confinement de canalisations de transport de matières dangereuses ;
- Explosions ou incendies générés par un accident sur une activité voisine de l'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	Événement 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

Tableau 25 : Agressions externes liées aux activités humaines (source : ENGIE Green – 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	<ul style="list-style-type: none"> • Intensité maximale des vents : 40 m/s • Zone non affectée par des cyclones tropicaux
Foudre	<ul style="list-style-type: none"> • Respect de la norme IEC 61 400-24 (Juin 2010)
Glissement de sols / affaissements miniers	<ul style="list-style-type: none"> • Non applicable

Tableau 26 : Agressions externes liées aux phénomènes naturels (source : ENGIE Green – 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°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement 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
C01	Défaut de fixation	Chute de trappe	Chute d'élément de l'aérogénérateur	Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Impact sur cible	1

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité	Phénomène dangereux	Intensité
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
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

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité	Phénomène dangereux	Intensité
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 27 : 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 équipé 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'aérogénérateur en 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 mis 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 28 : 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, trois catégories de scénarios sont 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 inexistant 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 <i>F01 et F02</i>	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 29 : 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 l'intensité 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 décroît 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 30 : 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 31 : 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 utilisées dans les études de dangers pour caractériser les scénarios d'accident majeur :

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

Tableau 32 : 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 :

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

Avec :

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

$P_{\text{orientation}}$ = 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 où 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) ;

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

Dans le cadre 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 **150 m dans le cas des aérogénérateurs du parc de SAS Eolis.L'Etournelle**.

Cette méthodologie se rapproche de celles utilisées dans la bibliographie (référéncées [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 SAS Eolis.L'Etournelle. R est la longueur de la pale (R = 63.5 m), H la hauteur du mât (H = 92.5 m), L la largeur du mât (L = 4,5 m) et LB la largeur de pale (LB = 4,2m).

Effondrement de l'aérogénérateur			
(dans un rayon inférieur ou égal à 150 m)			
<i>Zone d'impact en m²</i>	<i>Zone d'effet du phénomène étudié en m²</i>	<i>Degré d'exposition du phénomène étudié en %</i>	<i>Intensité</i>
$H \times L + 3 \times R \times LB / 2$ Pour R = 63.5 H = 92.5m, LB = 4,2m et L = 4,5m La zone d'impact est de 816,3 m ²	$\pi \times (H + R)^2$ La zone d'effet est de 76 415 m ²	$d = Z_{Impact} / Z_{Effet}$ 1,06 % (entre 1 et 5%)	Exposition forte

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 100 personnes exposées → « Désastreux »
- Entre 10 et 100 personnes exposées → « Catastrophique »
- Entre 1 et 10 personnes exposées → « Important »
- Au plus une personne exposée → « Sérieux »
- Pas de zone de létalité en dehors de l'établissement → « 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) = 150 m		
<i>Aérogénérateur</i>	<i>Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)</i>	<i>Gravité</i>
Aérogénérateur n°1	Terrain non aménagé et très peu fréquenté : 1 personne par tranche de 100 hectares (soit 1.000.000 m ²) 76 415 / 1.000.000 = 0,07 soit au plus 1 personne exposée	Sérieux
Aérogénérateur n°2	Terrain non aménagé et très peu fréquenté : 1 personne par tranche de 100 hectares (soit 1.000.000 m ²) 76 415 / 1.000.000 = 0,07 soit au plus 1 personne exposée	Sérieux
Aérogénérateur n°3	Terrain non aménagé et très peu fréquenté : 1 personne par tranche de 100 hectares (soit 1.000.000 m ²) 76 415 / 1.000.000 = 0,07 soit au plus 1 personne exposée	Sérieux
Aérogénérateur n°4	Terrain non aménagé et très peu fréquenté : 1 personne par tranche de 100 hectares (soit 1.000.000 m ²) 76 415 / 1.000.000 = 0,07 soit au plus 1 personne exposée	Sérieux

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 x 10 ⁻⁴	Retour d'expérience
Specification of minimum distances [6]	1,8 x 10 ⁻⁴ (effondrement de la nacelle et de la tour)	Retour d'expérience

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

Le retour d'expérience français montre également une classe de probabilité « C ». En effet, il a été recensé seulement 7 événements pour 15.667 années d'expérience (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 événements correspondent également à la définition qualitative de l'arrêté du 29 septembre 2005 d'une probabilité « C », à savoir : *« Évènement 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 SAS Eolis.L'Etournelle, 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)		
<i>Aérogénérateur</i>	<i>Gravité</i>	<i>Acceptabilité</i>
Aérogénérateur n°1	Sérieux	Acceptable
Aérogénérateur n°2	Sérieux	Acceptable
Aérogénérateur n°3	Sérieux	Acceptable
Aérogénérateur n°4	Sérieux	Acceptable

Ainsi, pour le parc éolien de SAS Eolis.L'Etournelle, 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 SAS Eolis.L'Etournelle, **la zone d'effet a donc un rayon de 65 mètres**. Cependant, il convient de noter que, lorsque l'aérogénérateur 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 SAS Eolis.L'Etournelle. Z_I est la zone d'impact, Z_E est la zone d'effet, R est la longueur de pale ($R = 65$ m) et SG est la surface du morceau de glace majorant ($SG = 1\text{m}^2$).

Chute de glace			
(dans un rayon inférieur ou égal à $D/2 = 65\text{m}$, zone de survol)			
<i>Zone d'impact en m^2</i>	<i>Zone d'effet du phénomène étudié en m^2</i>	<i>Degré d'exposition du phénomène étudié en %</i>	<i>Intensité</i>
$Z_I = SG$ 1 m^2	$Z_E = \pi \times R^2$ $13\,273 \text{ m}^2$	$d = Z_I / Z_E$ $0,007\%$ $(< 1\%)$	Exposition modérée

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

- **Gravité**

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 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) = 65m		
<i>Aérogénérateur</i>	<i>Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)</i>	<i>Gravité</i>
Aérogénérateur n°1	Terrain non aménagé et très peu fréquenté : 1 personne par tranche de 100 hectares (soit 1.000.000 m ²) 13 273 / 1.000.000 = 0,013 soit inférieure à « 1 personne »	Modéré
Aérogénérateur n°2	Terrain non aménagé et très peu fréquenté : 1 personne par tranche de 100 hectares (soit 1.000.000 m ²) 13 273 / 1.000.000 = 0,013 soit inférieure à « 1 personne »	Modéré
Aérogénérateur n°3	Terrain non aménagé et très peu fréquenté : 1 personne par tranche de 100 hectares (soit 1.000.000 m ²) 13 273 / 1.000.000 = 0,013 soit inférieure à « 1 personne »	Modéré
Aérogénérateur n°4	Terrain non aménagé et très peu fréquenté : 1 personne par tranche de 100 hectares (soit 1.000.000 m ²) 13 273 / 1.000.000 = 0,013 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 SAS Eolis.L'Etournelle, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = 65 m)		
<i>Aérogénérateur</i>	<i>Gravité</i>	<i>Acceptabilité</i>
Aérogénérateur n°1	Modéré	Acceptable
Aérogénérateur n°2	Modéré	Acceptable
Aérogénérateur n°3	Modéré	Acceptable
Aérogénérateur n°4	Modéré	Acceptable

Ainsi, pour le parc éolien de SAS Eolis.L'Etournelle, 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 détaillée des risques pour représenter toutes les chutes d'éléments.

Le risque de chute d'élément est cantonné à la zone de survol des pales, soit un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor autour du mât de l'aérogénérateur. Pour le parc éolien de SAS Eolis.L'Etournelle, **la zone d'effet a donc un rayon de 65 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 SAS Eolis.L'Étournelle. Z_I est la zone d'impact, Z_E est la zone d'effet, R est la longueur de pale ($R = 65\text{m}$) et LB la largeur de la base de la pale ($LB = 4,2\text{ m}$).

Chute d'éléments de l'aérogénérateur (dans un rayon inférieur ou égal à $D/2 = 65\text{m}$, zone de survol)			
<i>Zone d'impact en m^2</i>	<i>Zone d'effet du phénomène étudié en m^2</i>	<i>Degré d'exposition du phénomène étudié en %</i>	<i>Intensité</i>
$Z_I = R * LB / 2$ 133.35 m^2	$Z_E = \pi * R^2$ 13 273 m^2	$d = Z_I / Z_E$ 1,02% (entre 1 et 5%)	Exposition forte

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 100 personnes exposées → « Désastreux »
- Entre 10 et 100 personnes exposées → « Catastrophique »
- Entre 1 et 10 personnes exposées → « Important »
- Au plus une personne exposée → « Sérieux »
- Pas de zone de létalité en dehors de l'établissement → « 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 $D/2 = 65\text{ m}$, zone de survol)		
<i>Aérogénérateur</i>	<i>Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)</i>	<i>Gravité</i>
Aérogénérateur n°1	Terrain non aménagé et très peu fréquenté : 1 personne par tranche de 100 hectares (soit 1.000.000 m^2) 11.690 / 1.000.000 = 0,0117 soit au plus 1 personne exposée	Sérieux

Aérogénérateur n°2	Terrain non aménagé et très peu fréquenté : 1 personne par tranche de 100 hectares (soit 1.000.000 m ²) 11.690 / 1.000.000 = 0,0117 soit au plus 1 personne exposée	Sérieux
Aérogénérateur n°3	Terrain non aménagé et très peu fréquenté : 1 personne par tranche de 100 hectares (soit 1.000.000 m ²) 11.690 / 1.000.000 = 0,0117 soit au plus 1 personne exposée	Sérieux
Aérogénérateur n°4	Terrain non aménagé et très peu fréquenté : 1 personne par tranche de 100 hectares (soit 1.000.000 m ²) 11.690 / 1.000.000 = 0,0117 soit au plus 1 personne exposée	Sérieux

- **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 $4,47 \times 10^{-4}$ 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 SAS Eolis.L'Etournelle, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Chute d'éléments de l'aérogénérateur		
(dans un rayon inférieur ou égal à $2/D = 65$ m, zone de survol)		
<i>Aérogénérateur</i>	<i>Gravité</i>	<i>Acceptabilité</i>
Aérogénérateur n°1	Sérieux	Acceptable
Aérogénérateur n°2	Sérieux	Acceptable
Aérogénérateur n°3	Sérieux	Acceptable
Aérogénérateur n°4	Sérieux	Acceptable

Ainsi, pour le parc éolien de SAS Eolis.L'Etournelle, 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 SAS Eolis.L'Etournelle. Z_I est la zone d'impact, Z_E est la zone d'effet, R est la longueur de pale ($R = 65$ m) et LB la largeur de la base de la pale ($LB = 4,2$ 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
$Z_I = R * LB / 2$ 133.3 m^2	$Z_E = \pi * R_E^2$ 785.398 m^2	$d = Z_I / Z_E$ 0,017% (< 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	<p>Terrain non aménagé et très peu fréquenté : 1 personne par tranche de 100 hectares (soit 1.000.000 m²) 785.398 / 1.000.000 = 0,785 personne</p> <p>Elevage de dindes : 3 personnes</p> <p>Au total 0,785 + 3 = 3,785 personne permanente exposée soit inférieure à « 10 personne »</p>	Sérieux
Aérogénérateur n°2	<p>Terrain non aménagé et très peu fréquenté : 1 personne par tranche de 100 hectares (soit 1.000.000 m²) 785.398 / 1.000.000 = 0,785 personne</p> <p>permanente exposée soit inférieure à « 1 personne »</p>	Modéré
Aérogénérateur n°3	<p>Terrain non aménagé et très peu fréquenté : 1 personne par tranche de 100 hectares (soit 1.000.000 m²) 785.398 / 1.000.000 = 0,785</p> <p>Porcherie : 2 personnes</p> <p>Au total 0,785 + 2 = 2,785 personne permanente exposée soit inférieure à « 10 personne »</p>	Sérieux
Aérogénérateur n°4	<p>Terrain non aménagé et très peu fréquenté : 1 personne par tranche de 100 hectares (soit 1.000.000 m²) 785.398 / 1.000.000 = 0,785 personne</p> <p>Porcherie : 2 personnes</p> <p>Au total 0,785 + 2 = 2,785 personne permanente exposée soit inférieure à « 10 personne »</p>	Sérieux

• **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 SAS Eolis.L'Etournelle, 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)		
<i>Aérogénérateur</i>	<i>Gravité</i>	<i>Acceptabilité</i>
Aérogénérateur n°1	Sérieux	Acceptable
Aérogénérateur n°2	Modéré	Acceptable
Aérogénérateur n°3	Sérieux	Acceptable
Aérogénérateur n°4	Sérieux	Acceptable

Ainsi, pour le parc éolien de SAS Eolis.L'Etournelle, 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 333.75 m pour le présent projet

Cette distance de projection est jugée conservatrice 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 m²) et la superficie de la zone d'effet du phénomène.

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de glace dans le cas des aérogénérateurs du parc de SAS Eolis.L'Etournelle. Z_I est la zone d'impact, Z_E est la zone d'effet, R est la longueur de pale ($R = 65$ m), H la hauteur du moyeu ($H = 92.5$ m) et SG la surface majorante d'un morceau de glace ($SG = 1$ m²).

Projection de morceaux de glace (Dans un rayon de $RPG = 1,5 \times (H + 2R) = 333.75$ 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
$Z_I = SG$ 1 m ²	$Z_E = \pi \times (1,5 \times (H + 2 \times R))^2$ 350.000 m ²	$d = Z_I / Z_E$ 0,0003% (< 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 = 333.75 m)		
<i>Aérogénérateur</i>	<i>Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)</i>	<i>Gravité</i>
Aérogénérateur n°1	Terrain non aménagé et très peu fréquenté : 1 personne par tranche de 100 hectares (soit 1.000.000 m ²) $350\ 000 / 1.000.000 = 0,35$ Elevage de dindes : 3 personnes Au total 0,35 + 3 = 3,35 personne permanente exposée soit inférieure à « 10 personne »	Sérieux
Aérogénérateur n°2	Terrain non aménagé et très peu fréquenté : 1 personne par tranche de 100 hectares (soit 1.000.000 m ²) $350\ 000 / 1.000.000 = 0,35$ personne permanente exposée soit inférieure à « 1 personne »	Modéré
Aérogénérateur n°3	Terrain non aménagé et très peu fréquenté : 1 personne par tranche de 100 hectares (soit 1.000.000 m ²) $350\ 000 / 1.000.000 = 0,35$ Porcherie : 2 personnes Au total 0,35 + 2 = 2,35 personne permanente exposée soit inférieure à « 10 personne »	Sérieux
Aérogénérateur n°4	Terrain non aménagé et très peu fréquenté : 1 personne par tranche de 100 hectares (soit 1.000.000 m ²) $350\ 000 / 1.000.000 = 0,35$ 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 SAS Eolis.L'Etournelle, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Projection de morceaux de glace			
(Dans un rayon de Risque de 333.75 m autour des aérogénérateurs)			
<i>Aérogénérateur</i>	<i>Gravité</i>	<i>Présence d'un système d'arrêt en cas de détection ou de déduction de glace et de procédure de redémarrage</i>	<i>Acceptabilité</i>
Aérogénérateur n°1	Sérieux	Oui	Acceptable
Aérogénérateur n°2	Modéré	Oui	Acceptable
Aérogénérateur n°3	Sérieux	Oui	Acceptable
Aérogénérateur n°4	Modéré	Oui	Acceptable

Ainsi, pour le parc éolien de SAS Eolis.L'Etournelle, 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 3×10^{-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 SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE DÉTAILLÉE DES RISQUES

8.4.1 TABLEAU DE SYNTHÈSE DES SCÉNARIOS ÉTUDIÉS

Le tableau suivant récapitule, pour chaque événement 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 150 m	Rapide	Exposition forte	D (pour des aérogénérateurs récents)	Sérieux Pour les aérogénérateurs 1 à 4
Chute d'élément de l'aérogénérateur	Zone de survol 65 m	Rapide	Exposition forte	C	Sérieux Pour les aérogénérateurs 1 à 4

Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité
Chute de glace	Zone de survol 65 m	Rapide	Exposition modérée	A	Modéré Pour les aérogénérateurs 1 à 4
Projection de pale ou de fragment de pale	500 m autour de l'aérogénérateur	Rapide	Exposition modérée	D (pour des aérogénérateurs récents)	Modéré Pour l'aérogénérateur 2 Sérieux Pour les aérogénérateurs 1, 3 et 4
Projection de glace	1,5 x (H + 2R) autour de l'aérogénérateur 333.75m	Rapide	Exposition modérée	B	Modéré Pour les aérogénérateurs 2 et 4 Sérieux Pour les aérogénérateurs 1 et 3

8.4.2 SYNTHÈSE DE L'ACCEPTABILITÉ DES RISQUES

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

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

Conséquence	Classe de probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux		Effondrement de l'aérogénérateur (E1, E2, E3 et E4) Projection de pale ou de fragment de pale (E1, E3 et E4)	Chute d'éléments de l'aérogénérateur (E1, E2, E3 et E4)	Projection de glace (E1 et E3)	
Modéré		Projection de pale ou de fragment de pale (E2)		Projection de glace (E2 et E4)	Chute de glace (E1 à E4)

Légende de la matrice :

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

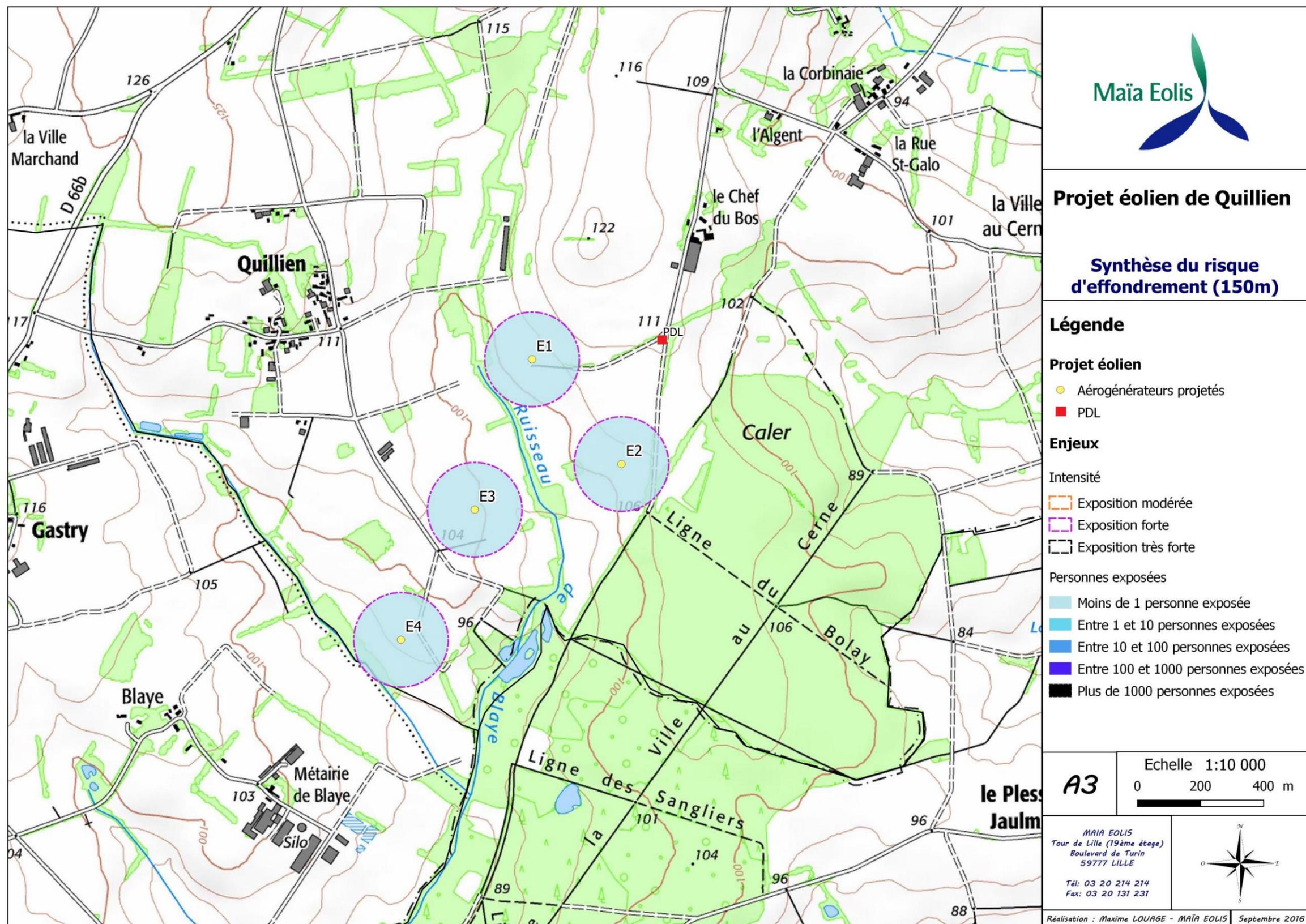
Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée que :

- 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.

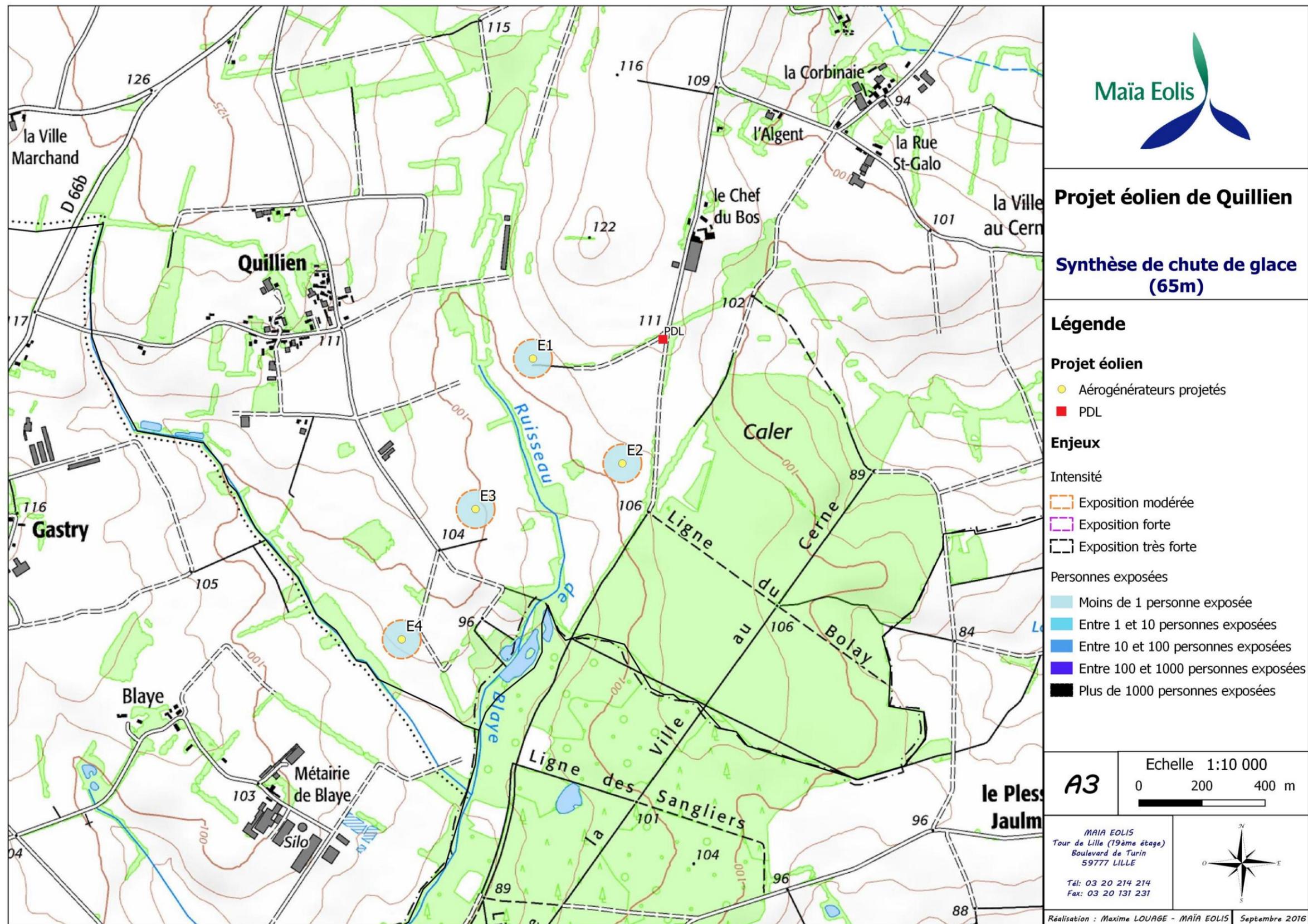
8.4.3 CARTOGRAPHIE DES RISQUES

Les cartes ci-dessous synthétisent chaque scénario détaillé pour les aérogénérateurs de SAS Eolis.L'Etournelle. Elles font apparaître :

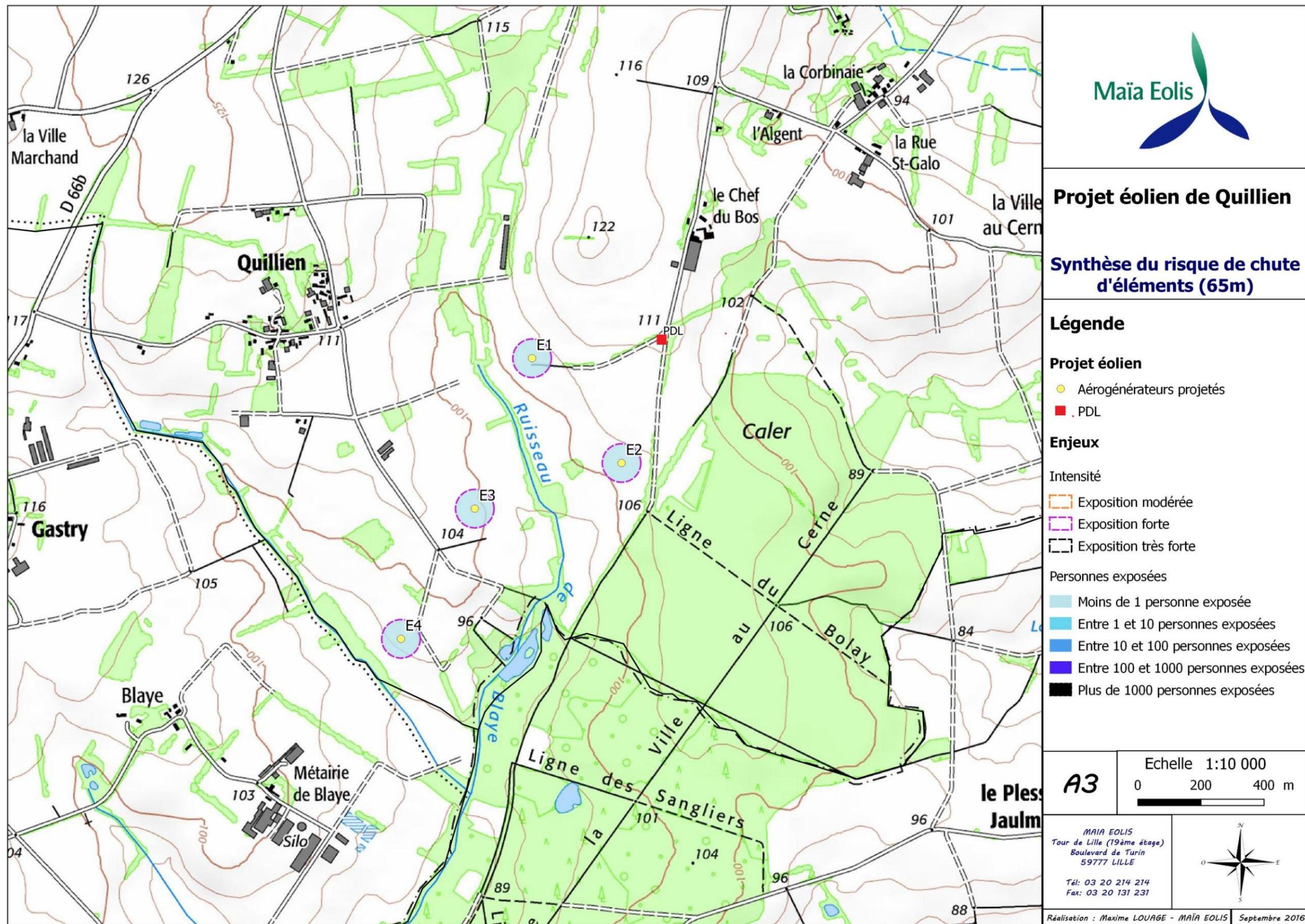
- les enjeux étudiés dans l'étude détaillée des risques ;
- l'intensité des phénomènes dangereux ;
- une représentation graphique de la probabilité d'atteinte des enjeux.



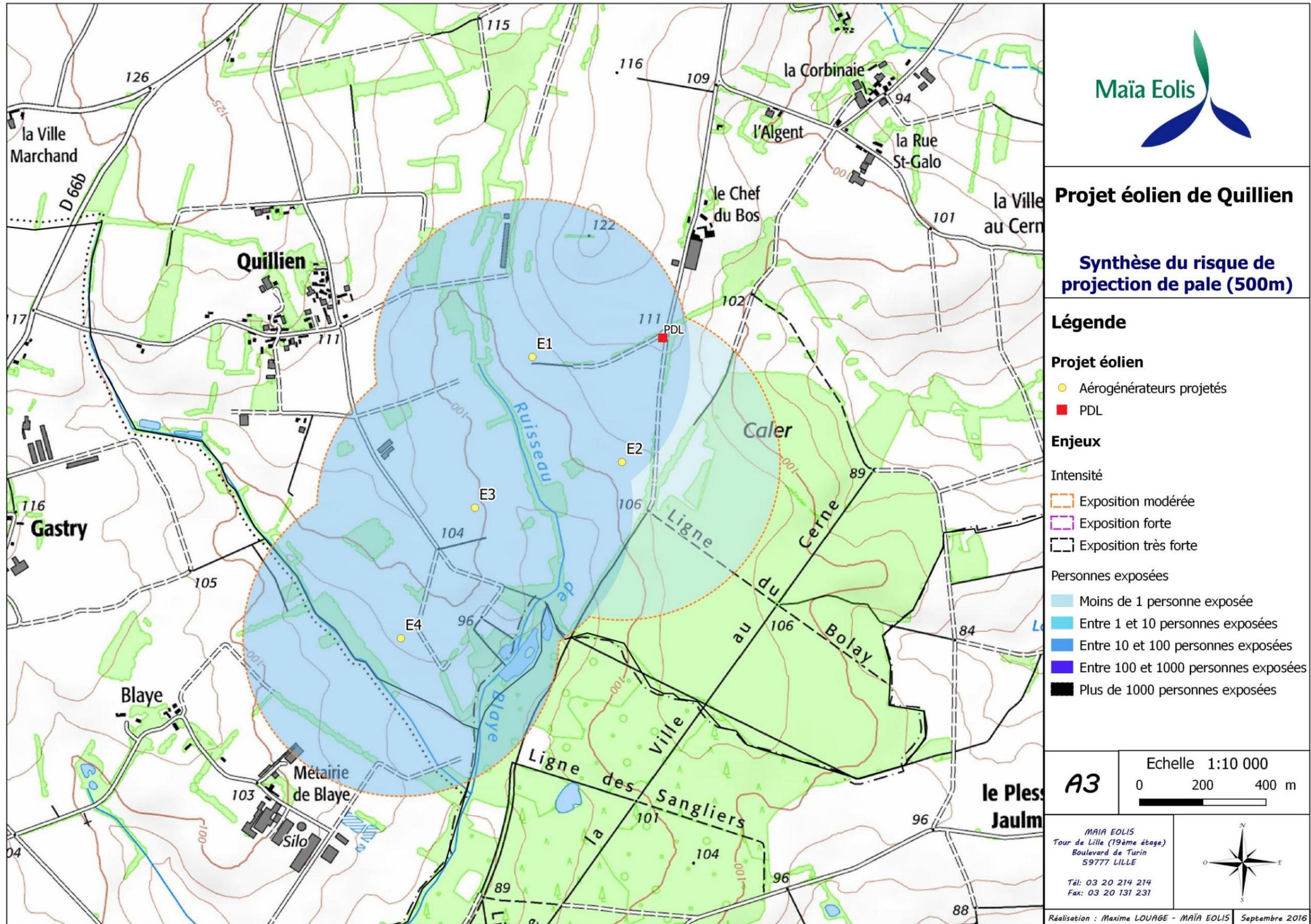
Carte 26 : Synthèse du risque d'effondrement (source : ENGIE Green – 2016)



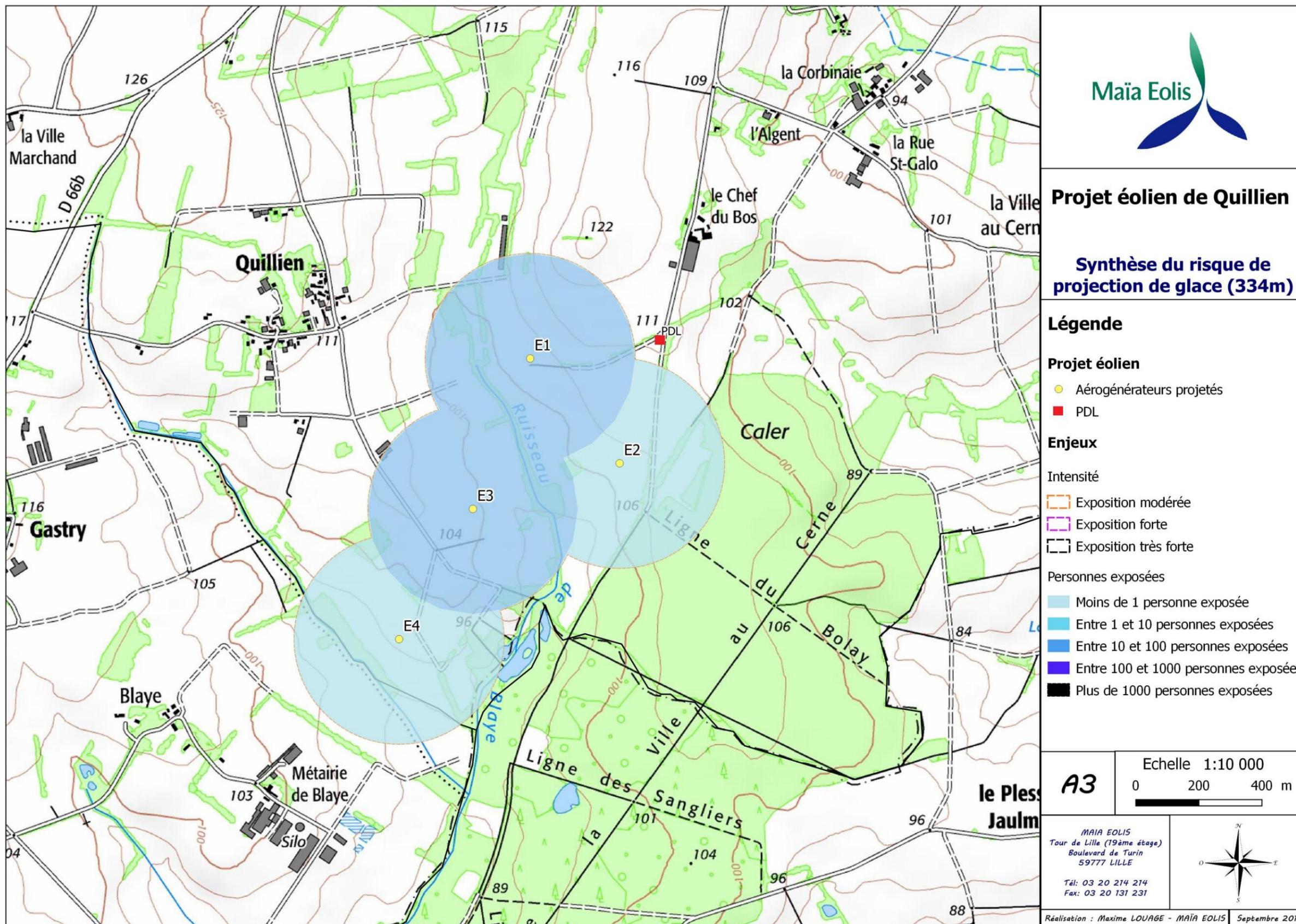
Carte 27: Synthèse du risque de chute de glace (source : ENGIE Green – 2016)



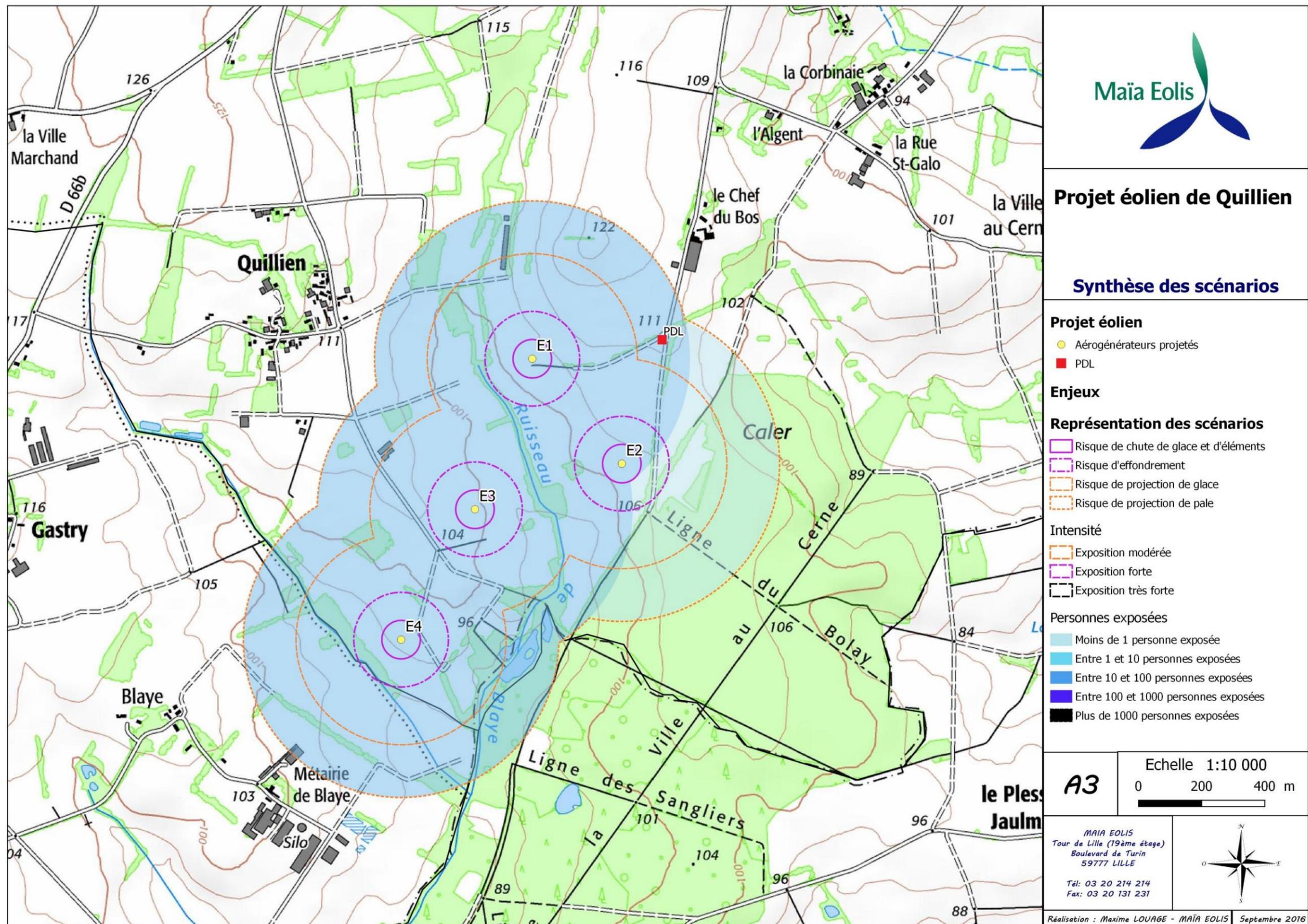
Carte 28 : Synthèse du risque de chute d'éléments (source : ENGIE Green – 2016)



Carte 29 : Synthèse du risque de projection de pale (source : ENGIE Green – 2016)



Carte 30 : Synthèse du risque de projection de glace (source : ENGIE Green – 2016)



Carte 31: Synthèse de l'ensemble des risques (source : ENGIE Green – 2016)

9 CONCLUSION

Les principaux accidents majeurs identifiés pour le projet éolien de Quillien 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 finale 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 Aire d'étude : zone peu fréquentée Elevage de dindes	Effondrement	D	Sérieux	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	Sérieux	Respect instructions de montage Contrôles qualité à la fabrication Inspections régulières	Acceptable
	Projection de tout ou partie de pale	D	Sérieux	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	Sérieux	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 Aire d'étude : zone peu fréquentée	Effondrement	D	Sérieux	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	Sérieux	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 Aire d'étude : zone peu fréquentée Porcherie	Effondrement	D	Sérieux	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	Sérieux	Respect instructions de montage Contrôles qualité à la fabrication Inspections régulières	Acceptable
	Projection de tout ou partie de pale	D	Sérieux	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	Sérieux	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 Aire d'étude : zone peu fréquentée Porcherie	Effondrement	D	Sérieux	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	Sérieux	Respect instructions de montage Contrôles qualité à la fabrication Inspections régulières	Acceptable
	Projection de tout ou partie de pale	D	Sérieux	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 par 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.

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 (partie 3.4), 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 dangereux 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 personne par tranche de 100 ha.

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

o Voies de circulation automobiles

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

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

o 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.

o Voies navigables

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

o 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 en 2012. Il recense l'ensemble des accidents et incidents connus en France concernant la filière éolienne entre 2000 et fin 2011. Il a été mis à jour d'après la Base ARIA au 1^{er} janvier 2017. L'analyse de ces données est présentée dans le chapitre 6 de la présente étude.

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information
Effondrement	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	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information
Effondrement	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)
<p>➤ N°42882 - 28/12/2002 - FRANCE - 11 - NEVIAN</p> <p>Dans un parc de 18 aérogénérateurs en construction, l'une des pales d'une éolienne se détache et entraîne l'effondrement du mât de 40 m. Aucun blessé n'est à déplorer, le technicien supervisant le fonctionnement du parc ne se trouvait pas à proximité. Selon l'exploitant qui n'avait pas encore pris possession de l'installation, une défaillance du système de freinage du rotor serait à l'origine du sinistre. Le vent soufflant à plus de 100 km/h ce jour-là, celui-ci aurait dû bloquer l'hélice.</p>									
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 aérogénérateurs. 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)
<p>➤ Accident N°26119 - 01/01/2004 au PORTEL (62)</p> <p>« Une éolienne, parmi les 4 aérogénératrices hautes de 60 m de la ferme éolienne du Portel inaugurée en mai 2002, se brise durant la nuit en entraînant la chute de sa génératrice et des pales du rotor. » Les aérogénératrices représentent en tout une puissance de 3 mégawatts. « Les 3 hélices de 25 m sont retrouvées sur la plage. Un défaut de serrage des boulons servant à relier 2 tronçons du mât (défaillance d'entretien) est sans doute à l'origine de l'incident. Selon le concepteur et gérant de cette ferme éolienne, le montant des dommages s'élèverait à plus de 450 000 euros. » D'après l'exploitant, les éoliennes concernées étaient équipées de pales ATV de conception française (fabrication abandonnée), dont le système de fixation au rotor s'est avéré défectueux.</p>									

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information
Effondrement	20/03/2004	Loon Plage - Port de Dunkerque	Nord	0,3	1996	Non	Couchage du mât d'une des 9 aérogénérateurs 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)
<p>➤ Accident N°29388 - 20/03/2004 à DUNKERQUE (59) « Le vent abat une des 9 éoliennes en service. » Ce 20 mars, la vitesse du vent est de 20 m/s, avec des rafales à 30 m/s. Les éoliennes de la digue du Braek sont arrêtées et les pales mises en drapeau, conformément aux règles techniques. L'éolienne n°5 s'effondre vers 17h, sans créer de victimes. Ce sont les fondations qui ont lâché. Dans les jours qui suivent, les 8 autres éoliennes du parc sont démontées. Après enquête, il s'avère que la fragilisation est due à une erreur de calcul d'un facteur 10 dans le dimensionnement des fondations !</p>									
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)
<p>➤ N°42887 - 22/06/2004 - FRANCE - 29 - PLEYBER-CHRIST Par une nuit de vent fort, une pale de l'une des 5 éoliennes d'un parc se brise en heurtant le mat. Après d'autres désordres similaires (ARIA 42889), le tribunal administratif de Rennes annule en 2005 le permis de construire délivré en 2001. Le site est démantelé en novembre 2011.</p> <p>➤ N°42889 - 08/07/2004 - FRANCE - 29 - PLEYBER-CHRIST Par une matinée de vent fort, 3 morceaux de pales d'éolienne (2 de 2,5 m et 1 de 1,5 m) sont retrouvés dans un champ. Aucun blessé n'est déplorer. L'enchaînement de cet accident et d'un autre similaire survenu 2 semaines plus tôt (ARIA 42887) conduit le tribunal administratif de Rennes à annuler en 2005 le permis de construire délivré en 2001. Le site est démantelé en novembre 2011.</p>									
Rupture de pale	2004	Escales-Conilhac	Aude	0,75	2003	Non	Bris de trois pales		Site Vent de Colère
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