

ETUDE DE DANGERS

Ferme éolienne de Brillac – Oradour Fanais SAS

Communes de Brillac et d'Oradour - Fanais (16)



Volkswind France SAS
SAS au capital de 250 000 € R.C.S Nanterre 439 906 934
Centre Régional de Limoges
Aéroport de Limoges Bellegarde
87100 LIMOGES
Tél : 05.55.48.38.97 / Fax : 05.55.08.24.41
www.volkswind.fr

TABLE DES MATIERES

1.	RESUME NON TECHNIQUE	1
2.	PREAMBULE.....	22
2.1.	OBJECTIF DE L'ETUDE DE DANGERS	22
2.2.	CONTEXTE LEGISLATIF ET REGLEMENTAIRE	22
2.3.	NOMENCLATURE DES INSTALLATIONS CLASSEES	23
3.	INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION.....	24
3.1.	RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS	24
3.2.	LOCALISATION DU SITE.....	24
3.3.	DEFINITION DE L'AIRE D'ETUDE	25
4.	DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION.....	27
4.1.	ENVIRONNEMENT HUMAIN	27
4.1.1.	ZONES URBANISEES.....	27
4.1.2.	ETABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC (ERP).....	28
4.1.3.	INSTALLATIONS CLASSEES POUR LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT (ICPE) ET INSTALLATIONS NUCLEAIRES DE BASE (INB).....	28
4.1.4.	AUTRES ACTIVITES.....	28
4.2.	ENVIRONNEMENT NATUREL	29
4.2.1.	CONTEXTE CLIMATIQUE	29
4.2.1.1.	TEMPERATURE	29
4.2.1.2.	PLUVIOMETRIE	29
4.2.1.3.	POTENTIEL EOLIEN	30
4.2.2.	RISQUES NATURELS.....	32
4.2.2.1.	LA FOUDRE	32
4.2.2.2.	SISMICITE.....	33
4.2.2.3.	LE RISQUE D'INONDATION	34
4.2.2.4.	LE RISQUE DE RETRAIT OU GONFLEMENT DES ARGILES	35
4.2.2.5.	ARRETES DE CATASTROPHE NATURELLE	36
4.2.2.6.	LE RISQUE DE REMONTEE DE NAPPES	36
4.3.	ENVIRONNEMENT MATERIEL	37
4.3.1.	VOIES DE COMMUNICATION.....	37
4.3.2.	RESEAUX PUBLICS ET PRIVES.....	38
4.3.2.1.	RESEAU ELECTRIQUE	38
4.3.2.2.	RESEAU D'EAU	38
4.3.2.3.	RESEAU DE GAZ	39
4.3.3.	OUVRAGES PUBLICS	40
4.4.	CARTOGRAPHIE DE SYNTHESE.....	41
5.	DESCRIPTION DE L'INSTALLATION.....	50
5.1.	CARACTERISTIQUES DE L'INSTALLATION.....	50
5.1.1.	ACTIVITE DE L'INSTALLATION	50

5.1.2.	COMPOSITION DE L'INSTALLATION.....	50
5.1.2.1.	LE PARC EOLIEN.....	50
5.1.2.2.	L'EOLIENNE.....	51
5.1.2.3.	LES EMPRISES AU SOL.....	55
5.1.2.4.	LES CHEMINS D'ACCES.....	57
5.1.2.5.	LES RESEAUX ELECTRIQUES.....	57
5.1.2.6.	LES DISPOSITIFS PARTICULIERS.....	60
5.2.	FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION.....	62
5.2.1.	PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UN AEROGENERATEUR.....	62
5.2.2.	SECURITE DE L'INSTALLATION.....	63
5.2.2.1.	NORMES GENERALES DE CONSTRUCTION.....	63
5.2.2.2.	PALES.....	63
5.2.2.3.	L'AEROGENERATEUR.....	64
5.2.2.4.	LE BALISAGE.....	64
5.2.2.5.	LA FONDATION.....	65
5.2.3.	OPERATIONS DE MAINTENANCE DE L'INSTALLATION.....	65
5.2.3.1.	MODE D'EXPLOITATION.....	65
5.2.3.2.	MODALITES DE MAINTENANCE.....	65
5.2.4.	STOCKAGE ET FLUX DE PRODUITS DANGEREUX.....	67
5.2.5.	PROCEDURE EN CAS D'INCIDENT.....	67
5.3.	FONCTIONNEMENT DES RESEAUX DE L'INSTALLATION.....	70
5.3.1.	RACCORDEMENT ELECTRIQUE.....	70
5.3.2.	AUTRES RESEAUX.....	70
6.	IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION.....	71
6.1.	POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX PRODUITS.....	71
6.1.1.	INVENTAIRE DES PRODUITS.....	71
6.1.1.1.	INFLAMMABILITE ET COMPORTEMENT VIS-A-VIS DE L'INCENDIE.....	72
6.1.1.2.	TOXICITE POUR L'HOMME.....	74
6.1.1.3.	DANGEROUSITE POUR L'ENVIRONNEMENT.....	74
6.2.	POTENTIELS DE DANGERS LIES AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION.....	74
6.3.	REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS A LA SOURCE.....	75
6.3.1.	PRINCIPALES ACTIONS PREVENTIVES.....	75
6.3.2.	REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX PRODUITS.....	75
6.3.3.	UTILISATION DES MEILLEURES TECHNIQUES DISPONIBLES.....	75
7.	ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE.....	76
7.1.	INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS EN FRANCE.....	76
7.2.	INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS A L'INTERNATIONAL.....	77
7.3.	INVENTAIRE DES ACCIDENTS MAJEURS SURVENUS SUR LES SITES DE L'EXPLOITANT.....	80
7.4.	SYNTHESE DES PHENOMENES DANGEREUX REDOUTES ISSUS DU RETOUR D'EXPERIENCE.....	80
7.4.1.	ANALYSE DES TYPOLOGIES D'ACCIDENTS LES PLUS FREQUENTS.....	80

7.4.2.	ANALYSE DES TYPOLOGIES D'ACCIDENTS LES PLUS FREQUENTS.....	80
7.5.	LIMITES D'UTILISATION DE L'ACCIDENTOLOGIE.....	81
8.	ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES	82
8.1.	OBJECTIF DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES.....	82
8.2.	RECENSEMENT DES EVENEMENTS INITIATEURS EXCLUS DE L'ANALYSE DES RISQUES.....	82
8.3.	RECENSEMENT DES AGRESSIONS EXTERNES POTENTIELLES.....	82
8.3.1.	AGRESSIONS EXTERNES LIEES AUX ACTIVITES HUMAINES.....	83
8.3.2.	AGRESSIONS EXTERNES LIEES AUX PHENOMENES NATURELS.....	85
8.4.	SCENARIOS ETUDIES DANS L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES.....	85
8.5.	EFFETS DOMINOS	89
8.6.	MISE EN PLACE DES MESURES DE SECURITE	89
8.7.	CONCLUSION DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES.....	97
9.	ETUDE DETAILLEE DES RISQUES	98
9.1.	RAPPEL DES DEFINITIONS.....	98
9.1.1.	CINETIQUE.....	98
9.1.2.	INTENSITE	99
9.1.3.	GRAVITE	99
9.1.4.	PROBABILITE.....	100
9.2.	CARACTERISATION DES SCENARIOS RETENUS	101
9.2.1.	EFFONDREMENT DE L'EOLIENNE	101
9.2.2.	CHUTE DE GLACE.....	104
9.2.3.	CHUTE D'ELEMENTS DE L'EOLIENNE.....	106
9.2.4.	PROJECTION DE PALES OU DE FRAGMENTS DE PALES.....	108
9.2.5.	PROJECTION DE GLACE.....	112
9.3.	SYNTHESE DE L'ETUDE DETAILLEE DES RISQUES	115
9.3.1.	TABLEAU DE SYNTHESE DES SCENARII ETUDIES.....	115
9.3.2.	SYNTHESE DE L'ACCEPTABILITE DES RISQUES.....	116
9.3.3.	CARTOGRAPHIE DES RISQUES	119
10.	CONCLUSION	128

TABLE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 : RUBRIQUE 2980 DE LA NOMENCLATURE DES INSTALLATIONS CLASSEES	23
TABLEAU 2 : TEMPERATURES MINIMALES-MAXIMALES MOYENNES ET MENSUELLES A MONTEMBŒUF ENTRE 1990 ET 2010	29
TABLEAU 3 : PLUVIOMETRIE MOYENNE ET MENSUELLE A MONTEMBŒUF ENTRE 1990 ET 2010	29
TABLEAU 4 : NOMBRES MOYEN DE JOURS AVEC DES RAFALES $\geq 28\text{m/s}$ A MONTEMBŒUF	31
TABLEAU 5 : ZONES DE SISMICITE	33
TABLEAU 6 : SEISME RESENTI SUR LA COMMUNE DE BRILLAC (SOURCE : SISFRANCE.NET)	34
TABLEAU 7 : SEISME RESENTI SUR LA COMMUNE D'ORADOUR-FANAIS (SOURCE : SISFRANCE.NET)	34
TABLEAU 8 : ARRETES DE RECONNAISSANCE DE CATASTROPHE NATURELLE SUR LA COMMUNE DE BRILLAC	36
TABLEAU 9 : ARRETES DE RECONNAISSANCE DE CATASTROPHE NATURELLE SUR LA COMMUNE D'ORADOUR-FANAIS	36
TABLEAU 10 : INFORMATIONS SUR LES VOIES DE COMMUNICATION PRINCIPALES COMPRISES DANS LE PERIMETRE D'ETUDE	38
TABLEAU 11 : DISTANCE DE CHAQUE EOLIENNE A LA VOIRIE DANS LA ZONE D'ETUDE.....	38
TABLEAU 12 : NOMBRE DE PERSONNES EXPOSEES SUR L'ENSEMBLE DU PERIMETRE D'ETUDE	41
TABLEAU 13 : NOMBRE DE PERSONNES EXPOSEES DANS LE PERIMETRE D'ETUDE AUTOUR DE CHAQUE EOLIENNE	41
TABLEAU 14 : COORDONNEES DES EOLIENNES ET DU POSTE DE LIVRAISON	50
TABLEAU 15 : PRINCIPAUX ELEMENTS CONSTITUTIFS DE L'EOLIENNE V112 – 3MW	62
TABLEAU 16 : QUANTITE ET TYPE DE PRODUITS CHIMIQUES UTILISES	72
TABLEAU 17 : LISTE DES DECHETS GENERES PAR LES ACTIVITES VESTAS PENDANT LES OPERATIONS DE MAINTENANCE	72
TABLEAU 18 : DANGERS ASSOCIES AUX PRODUITS ENTRANTS UTILISES	73
TABLEAU 19 : TYPE DE PRODUITS ET DANGERS ASSOCIES LORS DES OPERATIONS DE MAINTENANCE	73
TABLEAU 20 : POTENTIELS DE DANGERS LIES AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION	74
TABLEAU 21 : AGRESSIONS EXTERNES LIEES AUX ACTIVITES HUMAINES.....	84
TABLEAU 22 : AGRESSIONS EXTERNES LIEES AUX PHENOMENES NATURELS	85
TABLEAU 23 : ANALYSE GNERIQUE DES RISQUES	89
TABLEAU 24 : MESURES DE SECURITE POUR PREVENIR LA MISE EN MOUVEMENT DE L'EOLIENNE LORS DE LA FORMATION DE GLACE ..	91
TABLEAU 25 : MESURES DE SECURITE POUR PREVENIR L'ATTEINTE DES PERSONNES PAR LA CHUTE DE GLACE.....	91
TABLEAU 26 : MESURES DE SECURITE POUR PREVENIR L'ECHAUFFEMENT SIGNIFICATIF DES PIECES MECANIQUES	92
TABLEAU 27 : MESURES DE SECURITE POUR PREVENIR LA SURVITESSE.....	92
TABLEAU 28 : MESURES DE SECURITE POUR PREVENIR LES COURTS-CIRCUITS	93
TABLEAU 29 : MESURES DE SECURITE POUR PREVENIR LES EFFETS DE LA FOUDRE	93
TABLEAU 30 : MESURES DE SECURITE POUR PROTEGER ET INTERVENIR EN CAS D'INCENDIE	94
TABLEAU 31 : MESURES DE SECURITE POUR LA PREVENTION ET LA RETENTION DES FUITES	95
TABLEAU 32 : MESURES DE SECURITE POUR PREVENIR LES DEFAUTS DE STABILITE ET D'ASSEMBLAGE DE L'EOLIENNE	95
TABLEAU 33 : MESURES DE SECURITE POUR PREVENIR LES ERREURS DE MAINTENANCE.....	96
TABLEAU 34 : MESURES DE SECURITE POUR PREVENIR LES RISQUES DE DEGRADATION DE L'EOLIENNE EN CAS DE VENT FORT.....	96
TABLEAU 35 : SCENARIOS EXCLUS	97
TABLEAU 36 : NIVEAUX D'INTENSITE.....	99
TABLEAU 37 : NIVEAUX DE GRAVITE	100
TABLEAU 38 : NIVEAUX DE PROBABILITES	100
TABLEAU 39 : NIVEAU D'INTENSITE POUR LE SCENARIO D'EFFONDREMENT DE L'EOLIENNE	102
TABLEAU 40 : NIVEAU DE GRAVITE POUR LE SCENARIO D'EFFONDREMENT DE L'EOLIENNE.....	102
TABLEAU 41 : NIVEAU DE PROBABILITE POUR LE SCENARIO D'EFFONDREMENT DE L'EOLIENNE	103
TABLEAU 42 : NIVEAU DE RISQUE POUR LE SCENARIO D'EFFONDREMENT DE L'EOLIENNE	104
TABLEAU 43 : NIVEAU DE D'INTENSITE POUR LE SCENARIO DE CHUTE DE GLACE	105
TABLEAU 44 : NIVEAU DE GRAVITE POUR LE SCENARIO DE CHUTE DE GLACE	105
TABLEAU 45 : NIVEAU DE RISQUE POUR LE SCENARIO DE CHUTE DE GLACE	106
TABLEAU 46 : NIVEAU D'INTENSITE POUR LE SCENARIO DE CHUTE D'ELEMENTS DE L'EOLIENNE	107
TABLEAU 47 : NIVEAU DE GRAVITE POUR LE SCENARIO DE CHUTE D'ELEMENTS DE L'EOLIENNE	107
TABLEAU 48 : NIVEAU DE RISQUE POUR LE SCENARIO DE CHUTE D'ELEMENTS DE L'EOLIENNE.....	108
TABLEAU 49 : NIVEAU D'INTENSITE POUR LE SCENARIO DE PROJECTION DE PALE OU DE FRAGMENT DE PALE	109
TABLEAU 50 : NIVEAU DE GRAVITE POUR LE SCENARIO DE PROJECTION DE PALE OU DE FRAGMENT DE PALE	110
TABLEAU 51 : NIVEAU DE PROBABILITE POUR LE SCENARIO DE PROJECTION DE PALE OU DE FRAGMENT DE PALE	110
TABLEAU 52 : NIVEAU DE RISQUE POUR LE SCENARIO DE PROJECTION DE PALE OU DE FRAGMENT DE PALE	111
TABLEAU 53 : NIVEAU D'INTENSITE POUR LE SCENARIO DE PROJECTION DE MORCEAUX DE GLACE.....	112
TABLEAU 54 : NIVEAU DE GRAVITE POUR LE SCENARIO DE PROJECTION DE MORCEAUX DE GLACE.....	113

TABLEAU 55 : NIVEAU DE RISQUE POUR LE SCENARIO DE PROJECTION DE MORCEAUX DE GLACE	114
TABLEAU 56 : TABLEAU DE SYNTHESE DES RISQUES ET DES PARAMETRES ASSOCIES POUR TOUTES LES EOLIENNES.....	115
TABLEAU 57 : LEGENDE DE LA MATRICE DE CRITICITE	116
TABLEAU 58 : MATRICE DE CRITICITE POUR LE RISQUE D'EFFONDREMENT DE L'EOLIENNE	116
TABLEAU 59 : MATRICE DE CRITICITE POUR LE RISQUE DE CHUTE DE GLACE	117
TABLEAU 60 : MATRICE DE CRITICITE POUR LE RISQUE DE CHUTE D'ELEMENTS DE L'EOLIENNE.....	117
TABLEAU 61 : MATRICE DE CRITICITE POUR LE RISQUE DE PROJECTION DE TOUT OU PARTIE DE PALE.....	118
TABLEAU 62 : MATRICE DE CRITICITE POUR LE RISQUE DE PROJECTION DE GLACE.....	118

TABLE DES CARTES

CARTE 1 : LOCALISATION DE LA FERME EOLIENNE.....	24
CARTE 2 : LOCALISATION DES EOLIENNES	25
CARTE 3 : LA ZONE D'ETUDE.....	26
CARTE 4 : LOCALISATION DES HABITATIONS PAR RAPPORT AU PERIMETRE D'ETUDE.....	27
CARTE 5 : LOCALISATION DES ZONES CONSTRUCTIBLES SUR LA COMMUNE DE BRILLAC (DISTANCE AVEC LES EOLIENNES EN ROUGE) ...	28
CARTE 6 : VITESSE DE VENT MOYEN A 100 M EN POITOU-CHARENTES.....	30
CARTE 7 : CARTE DE FRANCE DU NIVEAU KERAUNIQUE	32
CARTE 8 : ZONAGE SISMIQUE DE LA FRANCE	33
CARTE 9 : RISQUE D'INONDATION DANS LE DEPARTEMENT DE LA CHARENTE	34
CARTE 10 : RISQUE « RETRAIT GONFLEMENT DES ARGILES ».....	35
CARTE 11 : IDENTIFICATION DU RISQUE DE REMONTEE DE NAPPES SUR LES COMMUNES DE BRILLAC ET D'ORADOUR-FANAIS.....	36
CARTE 12 : LES VOIES DE COMMUNICATION PRINCIPALES DANS LE PERIMETRE D'ETUDE.....	37
CARTE 13 : CONDUITES DE GAZ PRESENTES SUR LES COMMUNES DE BRILLAC ET D'ORADOUR-FANAIS.....	40
CARTE 14 : SYNTHESE DES CIBLES ET DU NOMBRE DE PERSONNES EXPOSEES POUR L'ENSEMBLE DU PARC.....	42
CARTE 15 : SYNTHESE DES CIBLES ET DU NOMBRE DE PERSONNES EXPOSEES POUR L'EOLIENNE E01.....	43
CARTE 16 : SYNTHESE DES CIBLES ET DU NOMBRE DE PERSONNES EXPOSEES POUR L'EOLIENNE E02.....	44
CARTE 17 : SYNTHESE DES CIBLES ET DU NOMBRE DE PERSONNES EXPOSEES POUR L'EOLIENNE E03.....	45
CARTE 18 : SYNTHESE DES CIBLES ET DU NOMBRE DE PERSONNES EXPOSEES POUR L'EOLIENNE E04.....	46
CARTE 19 : SYNTHESE DES CIBLES ET DU NOMBRE DE PERSONNES EXPOSEES POUR L'EOLIENNE E05.....	47
CARTE 20 : SYNTHESE DES CIBLES ET DU NOMBRE DE PERSONNES EXPOSEES POUR L'EOLIENNE E06.....	48
CARTE 21 : SYNTHESE DES CIBLES ET DU NOMBRE DE PERSONNES EXPOSEES POUR L'EOLIENNE E07.....	49
CARTE 22 : IMPLANTATION DU PARC EOLIEN ET DU POSTE DE LIVRAISON	51
CARTE 23 : RESEAU INTERNE DU PARC EOLIEN	58
CARTE 24 : SYNTHESE DES RISQUES POUR L'EOLIENNE E01	120
CARTE 25 : SYNTHESE DES RISQUES POUR L'EOLIENNE E02	121
CARTE 26 : SYNTHESE DES RISQUES POUR L'EOLIENNE E03	122
CARTE 27 : SYNTHESE DES RISQUES POUR L'EOLIENNE E04	123
CARTE 28 : SYNTHESE DES RISQUES POUR L'EOLIENNE E05	124
CARTE 29 : SYNTHESE DES RISQUES POUR L'EOLIENNE E06	125
CARTE 30 : SYNTHESE DES RISQUES POUR L'EOLIENNE E07	126

TABLE DES FIGURES

FIGURE 1 : ROSE DES VENTS DE LA STATION METEOROLOGIQUE DE MONTEMBŒUF.....	31
FIGURE 2 : DISTANCES DE SECURITE ENTRE UNE EOLIENNE ET UN OUVRAGE DE GAZ.....	39
FIGURE 3 : SCHEMA SIMPLIFIE D'UN AEROGENERATEUR.....	52
FIGURE 4 : SCHEMA DE LA NACELLE V112 – 3MW.....	54
FIGURE 5 : SCHEMA DE PRINCIPE DE L'EOLIENNE VESTAS V112 – 3MW.....	54
FIGURE 6 : ILLUSTRATION DES EMPRISES AU SOL D'UNE EOLIENNE.....	55
FIGURE 7 : AIRES DE MONTAGE ET D'ENTRETIEN.....	56
FIGURE 8 : SCHEMA DE RACCORDEMENT ELECTRIQUE D'UN PARC EOLIEN.....	57
FIGURE 9 : IMPLANTATION CADASTRALE DU POSTE DE LIVRAISON.....	59
FIGURE 10 : PLAN DU POSTE DE LIVRAISON.....	59
FIGURE 11 : PHOTOGRAPHIE D'UN EXEMPLE DE BALISAGE AERONAUTIQUE.....	60
FIGURE 12 : EXEMPLE DE PANNEAU D'AFFICHAGE DES PRESCRIPTIONS.....	61
FIGURE 13 : PROCEDURE EN CAS D'INCIDENT.....	69
FIGURE 14 : REPARTITION DES EVENEMENTS ACCIDENTELS EN FRANCE.....	77
FIGURE 15 : REPARTITION DES EVENEMENTS ACCIDENTELS DANS LE MONDE.....	78
FIGURE 16 : REPARTITION DES CAUSES PREMIERES D'EFFONDREMENT.....	78
FIGURE 17 : REPARTITION DES CAUSES PREMIERES DE RUPTURE DE PALE.....	79
FIGURE 18 : REPARTITION DES CAUSES PREMIERES D'INCENDIE.....	79
FIGURE 19 : EVOLUTION DU NOMBRE D'INCIDENTS ANNUELS EN FRANCE ET DU NOMBRE D'EOLIENNES INSTALLEES.....	80

TABLE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : « CERTIFICATION-TYPE » DE L'EOLIENNE V112 – 3MW	
ANNEXE 2 : METHODE DE COMPTAGE DES PERSONNES POUR LA DETERMINATION DE LA GRAVITE POTENTIELLE D'UN ACCIDENT A PROXIMITE D'UNE EOLIENNE	
ANNEXE 3 : TABLEAU DE L'ACCIDENTOLOGIE FRANÇAISE	
ANNEXE 4 : SCENARIOS GENERIQUES ISSUS DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES	
ANNEXE 5 : PROBABILITE D'ATTEINTE ET RISQUE INDIVIDUEL	
ANNEXE 6 : GLOSSAIRE	
ANNEXE 7 : BIBLIOGRAPHIE ET REFERENCES UTILISEES	

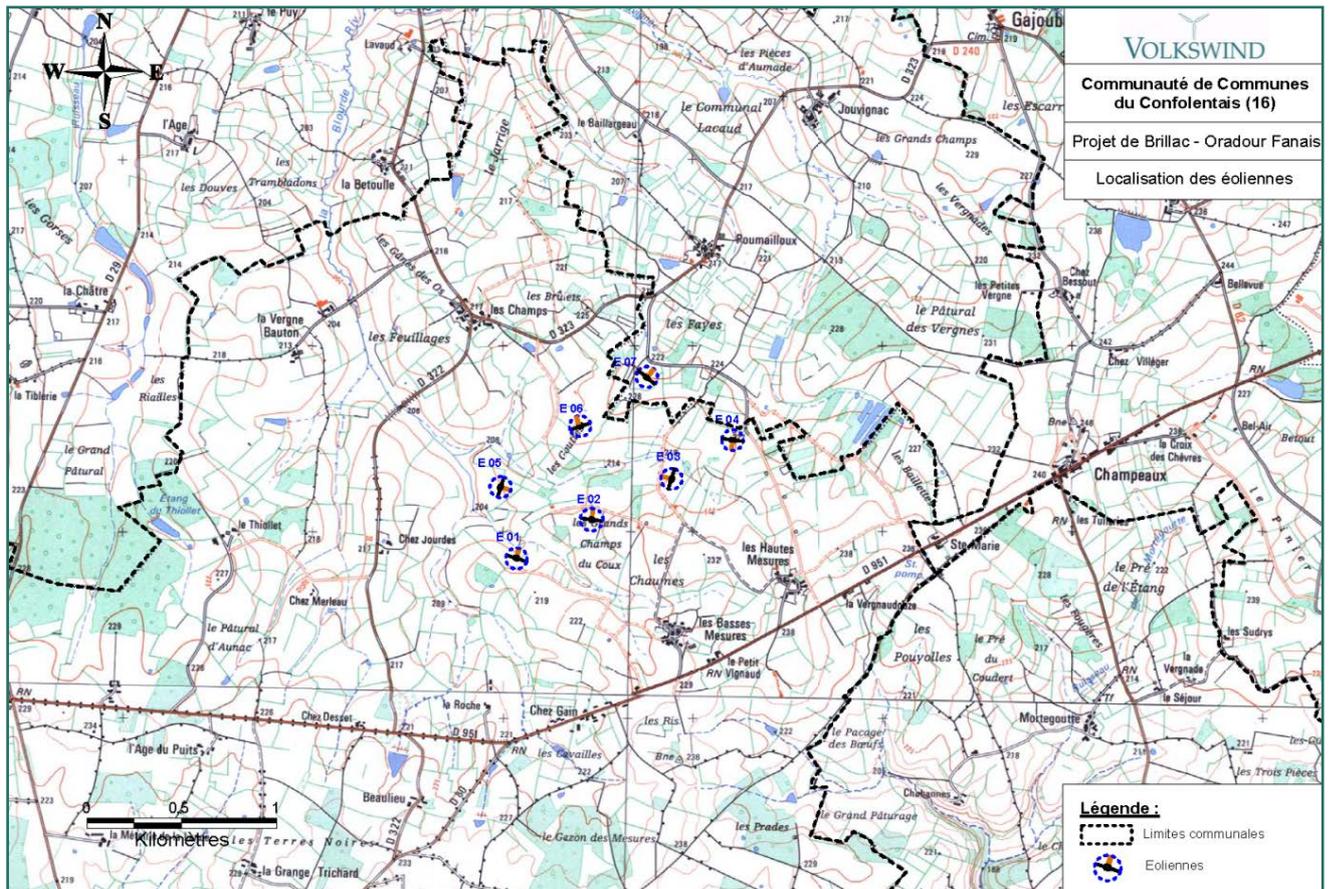
1. RESUME NON TECHNIQUE

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

A/ Présentation des installations

Le parc éolien

Le parc éolien se situe sur les communes de Brillac et d'Oradour Fanais dans le département de la Charente(16). La puissance totale est de 21 MW. Le projet est composé de 7 éoliennes disposées selon deux lignes orientées du Sud-ouest au Nord-est et d'un poste de livraison localisé à proximité de l'éolienne E06.



Plan du parc éolien

Les éoliennes auront un balisage lumineux et un panneau d'informations sera disposé à l'entrée de l'aire de maintenance de l'éolienne 6, à proximité du poste de livraison.

L'éolienne

Les éoliennes prévues sont des Vestas V112 – 3MW avec un rotor de 112 m de diamètre pour une hauteur de mât de 94 m et une hauteur totale de 150 m.



Photographie d'une éolienne Vestas
(Source : Vestas)

Les principaux éléments constitutifs de l'aérogénérateur sont énumérés dans le tableau suivant :

Principaux Elément de l'installation	Fonction	Caractéristiques
Fondation	Ancrer et stabiliser l'éolienne dans le sol	24 m de diamètre (les dimensions précises seront définies une fois l'étude géotechnique réalisée pour chaque éolienne)
Mât	Supporter la nacelle et le rotor	94 m de hauteur (au niveau du moyeu) 4,2 m de diamètre de base
Nacelle	Supporter le rotor Abriter le dispositif de conversion de l'énergie mécanique en électricité (génératrice, etc.) ainsi que les dispositifs de contrôle et de sécurité	3,42 m de hauteur 4,10 m de largeur 12,86 m de longueur
Rotor / pales	Capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice	56 m de longueur de pale 112 m de diamètre de rotor 12,8 tours/min de vitesse nominale
Transformateur	Elever la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau	Élève les tensions de 690 V à 20 000 V
Poste de livraison	Adapter les caractéristiques du courant électrique à l'interface entre le réseau privé et le réseau public	Dimension 12 x 5m

Principaux éléments constitutifs d'une éolienne

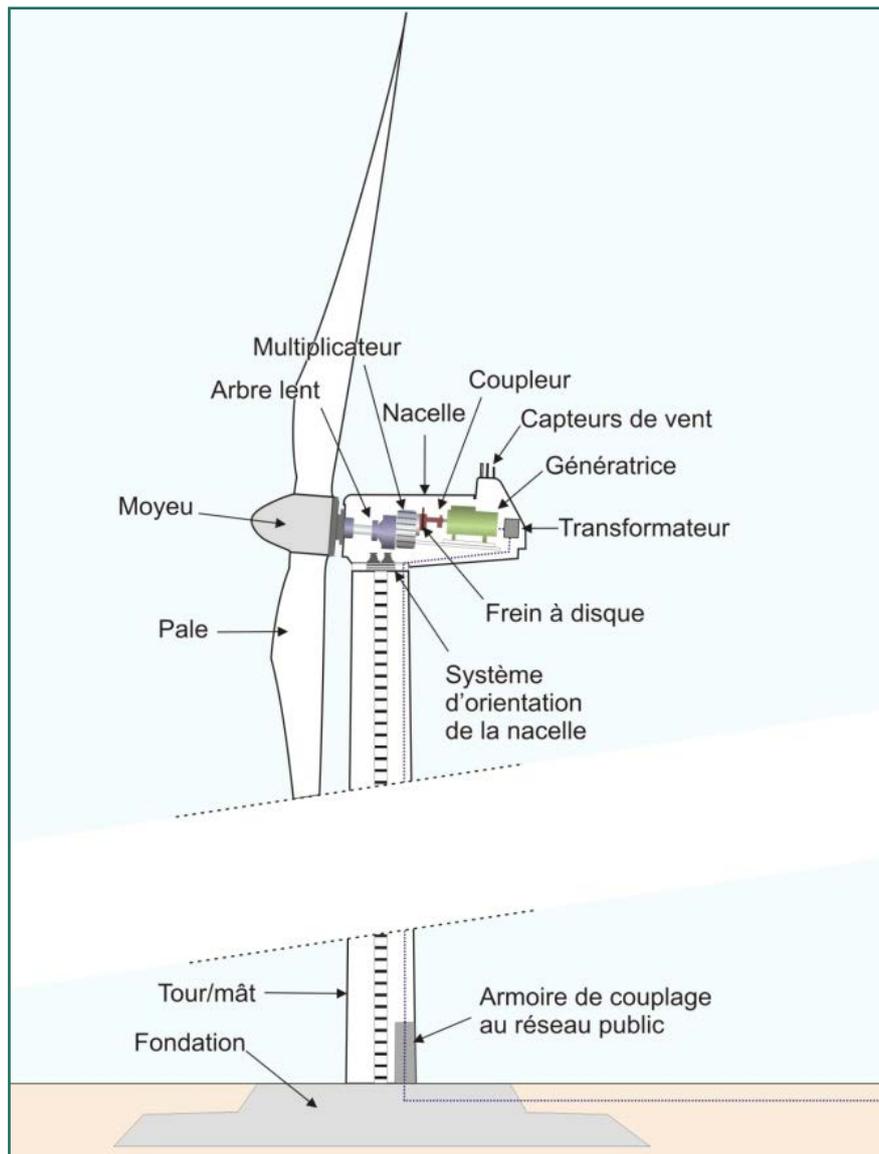


Schéma simplifié d'un aérogénérateur

Le vent fait tourner les pales entraînant ainsi la rotation de la génératrice via l'arbre de transmission et le multiplicateur. La génératrice produit de l'électricité qui est transformée puis injectée dans le réseau de distribution.

Le domaine de fonctionnement de l'éolienne V112 – 3MW est le suivant :

- Vitesse minimale de vent : 3 m/s ;
- Vitesse maximale de vent : 25 m/s ;
- Vitesse du rotor : variable de 4,4 à 17,7 rpm (tours par minute) ;
- Température ambiante minimale et maximale : - 20°C à + 40°C.

Sécurité de l'installation

L'ensemble de la réglementation en vigueur ainsi que les normes relatives à la sécurité de l'installation sont respectées. L'éolienne est conforme aux prescriptions en matière de sécurité, de l'arrêté ministériel relatif aux installations soumises à autorisation, au titre de la rubrique 2980 des installations classées.

Les emprises au sol

Plusieurs emprises au sol sont nécessaires pour la construction et l'exploitation des parcs éoliens.

La surface de chantier est une surface temporaire, durant la phase de construction destinée aux manœuvres des engins et au stockage au sol des éléments constitutifs des éoliennes.

La fondation de l'éolienne est recouverte de terre végétale. Ses dimensions exactes sont calculées en fonction des aérogénérateurs et des propriétés du sol.

La zone de surplomb ou de survol correspond à la surface au sol au-dessus de laquelle les pales sont situées, en considérant une rotation à 360° du rotor par rapport à l'axe du mât.

La plateforme ou aire de maintenance 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.

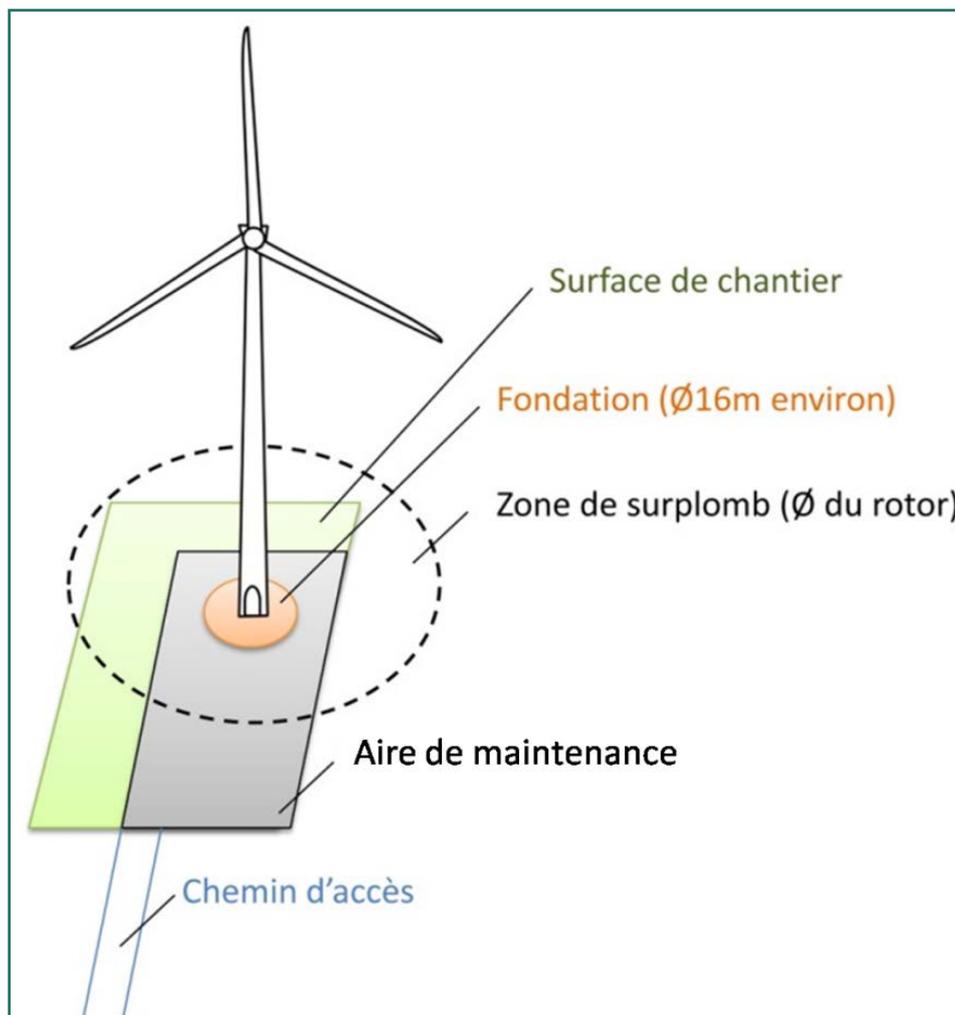


Illustration des emprises au sol d'une éolienne

Le raccordement

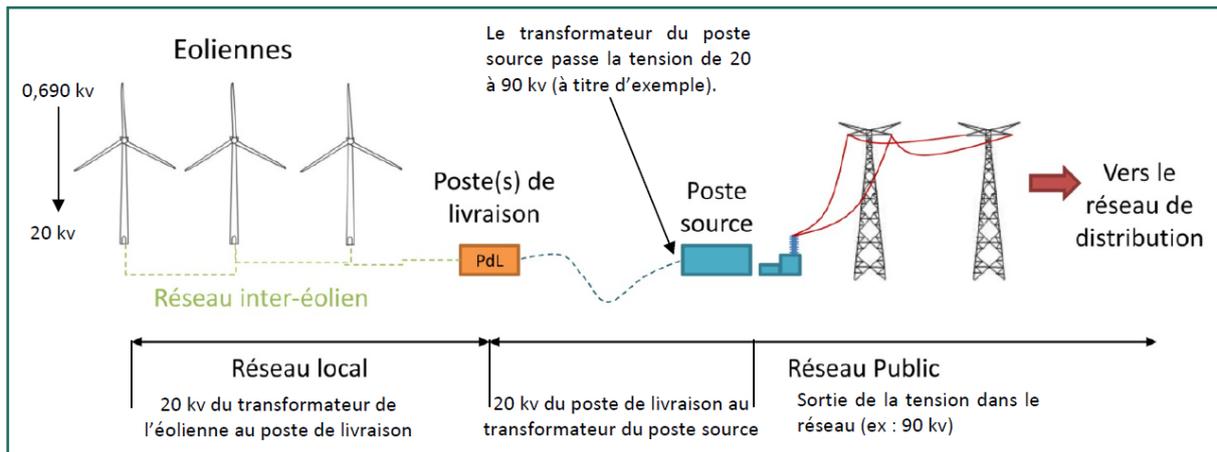
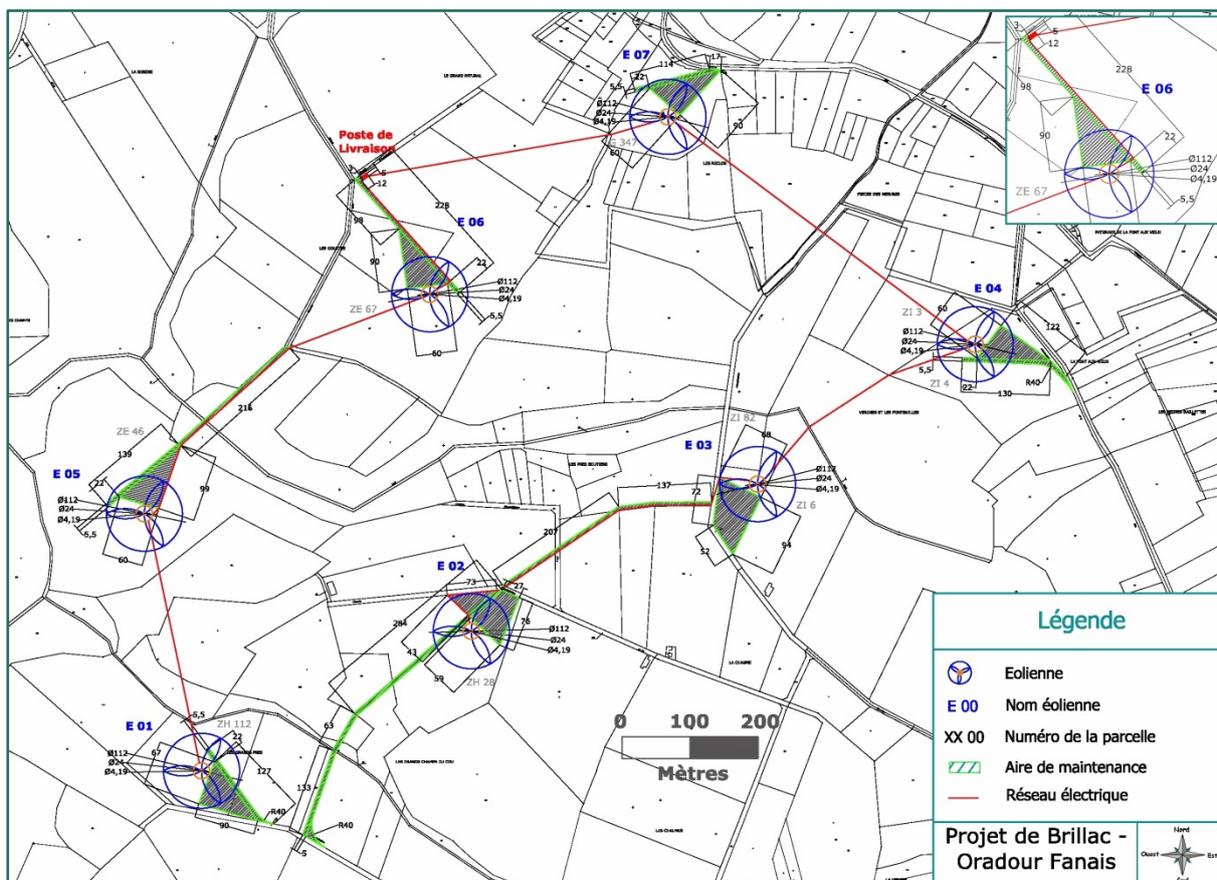


Schéma de raccordement électrique d'un parc éolien

Réseau inter-éolien

Le réseau inter-éolien permet de relier le transformateur, intégré dans la nacelle de chaque éolienne, au point de raccordement avec le réseau public. Ce réseau comporte également une liaison de télécommunication qui relie chaque éolienne au terminal de télésurveillance. Ces câbles constituent le réseau interne de la centrale éolienne, ils sont tous enfouis à une profondeur minimale de 80 cm.



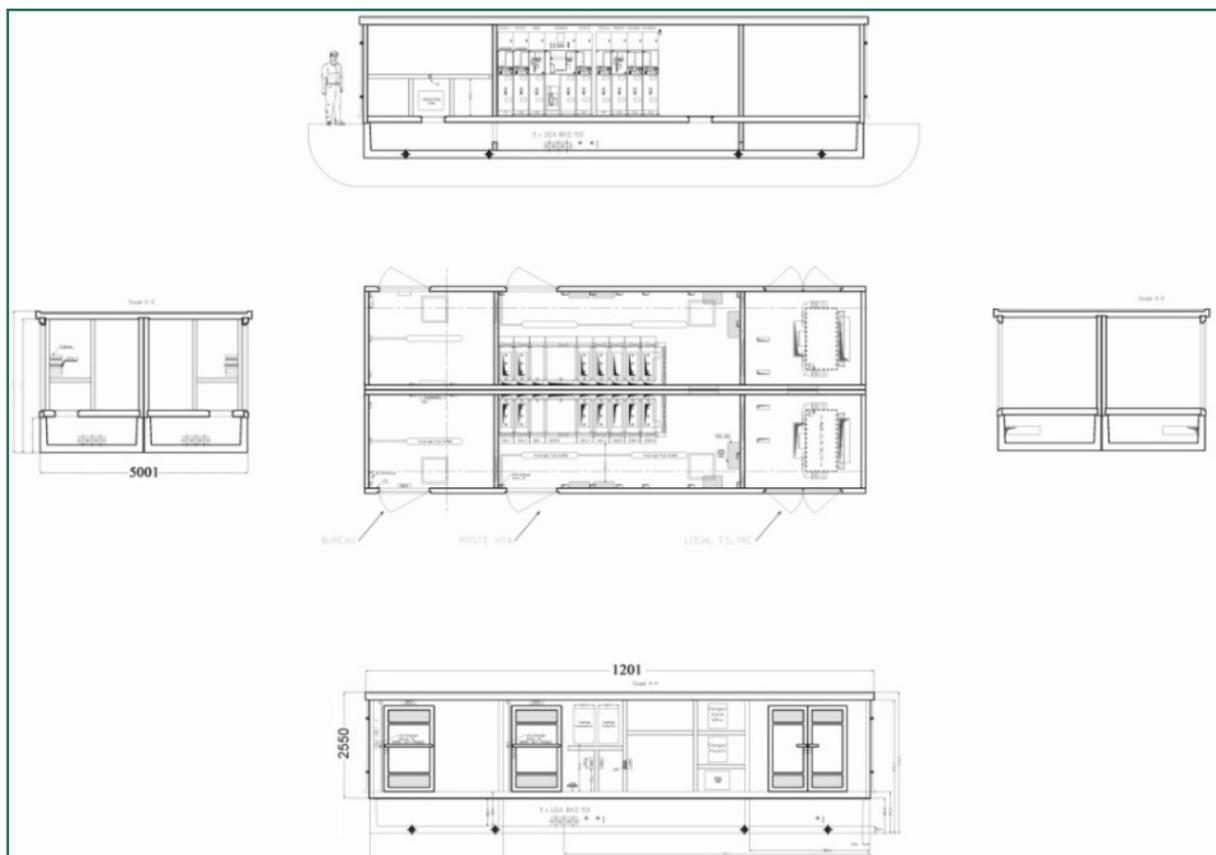
Réseau interne du parc éolien

Poste de livraison

Le poste de livraison est le nœud de raccordement de toutes les éoliennes avant que l'électricité ne soit injectée dans le réseau public.

Ce poste de livraison sera composé de compteurs électriques, de cellules de protection, de sectionneurs et de filtres électriques. La tension réduite de ces équipements (20 000 volts) n'entraîne pas de risque magnétique important. Son impact est donc globalement limité à son emprise au sol de 60 m² (12 m x 5 m).

Afin de réaliser les connections et le comptage entre le projet éolien et le poste source de Jousseau, le poste de livraison sera disposé au sein du parc, à proximité de l'éolienne E06, en bordure de chemin.



Plan du poste de livraison

B/ Détermination des Enjeux

Une des premières étapes de l'étude de dangers consiste à étudier l'environnement des installations projetées dans le but d'identifier et de localiser les intérêts à protéger au sein du périmètre d'étude. Ces intérêts sont appelés « enjeux ».

Les enjeux humains et matériels

L'étude de dangers porte sur une zone appelée « périmètre d'étude » qui représente la plus grande distance d'effet des scénarii d'accident développés dans la suite de l'étude. 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. L'étude de dangers se base sur une zone d'étude par éolienne.

Dans cette zone se trouvent des éléments matériels et humains appelés « enjeux » qui sont exposés à un risque d'accident dû à la présence des éoliennes. Ces enjeux potentiels sont principalement les suivants :

- Les habitations et leurs habitants :

La commune de Brillac et la commune d'Oradour Fanais comptent respectivement 646 et 387 habitants au dernier recensement datant de 2010 (Source : Insee).

Aucune habitation de ces communes ne se situe dans la zone d'étude.

L'habitation la plus proche du projet se situe à 610 m.

La commune de Brillac possède une carte communale alors que la commune d'Oradour-Fanais est soumise au Règlement National d'Urbanisme (RNU).

- Etablissements recevant du public (ERP) :

Il n'y a aucun ERP dans la zone d'étude.

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

Il n'y a aucune installation ICPE ni INB dans la zone d'étude.

- Réseaux publics et privés :

Il n'y a pas de réseau électrique, d'eau, de gaz dans le périmètre d'étude. Il existe une conduite de gaz à 1km de la première éolienne.

- Autres activités et ouvrages publics :

Les activités au sein du périmètre d'étude sont essentiellement agricoles. Aucun ouvrage public n'est présent dans la zone d'étude.

- Les terrains et les personnes exposées :

Dans le périmètre d'étude de 500 m autour de chaque éolienne, les terrains sont aménagés mais peu fréquentés (ex : voies de circulation non structurantes, chemins agricoles, plateformes de stockage, vignes, jardins et zones horticoles, gare de triage...).

Type de terrains	Barème	Surface	Nombre de personnes exposées
Terrains aménagés mais peu fréquentés	1 personne/10 hectares	78,53 ha	7,85

Nombre de personnes exposées dans le périmètre d'étude autour de chaque éolienne

Au total, **7,85 personnes sont exposées** dans chacun de ces périmètres d'étude.

- Les voies de communication :

Aucune route structurante (route dont le trafic journalier est supérieur à 2000 véhicules/jour) ne se trouve dans le périmètre d'étude de 500 m. La RD 323 est la voie de circulation la plus importante située dans le périmètre d'étude. Un maillage de voies communales, de chemins ruraux et de chemins d'exploitations compose le reste des voies de circulation.

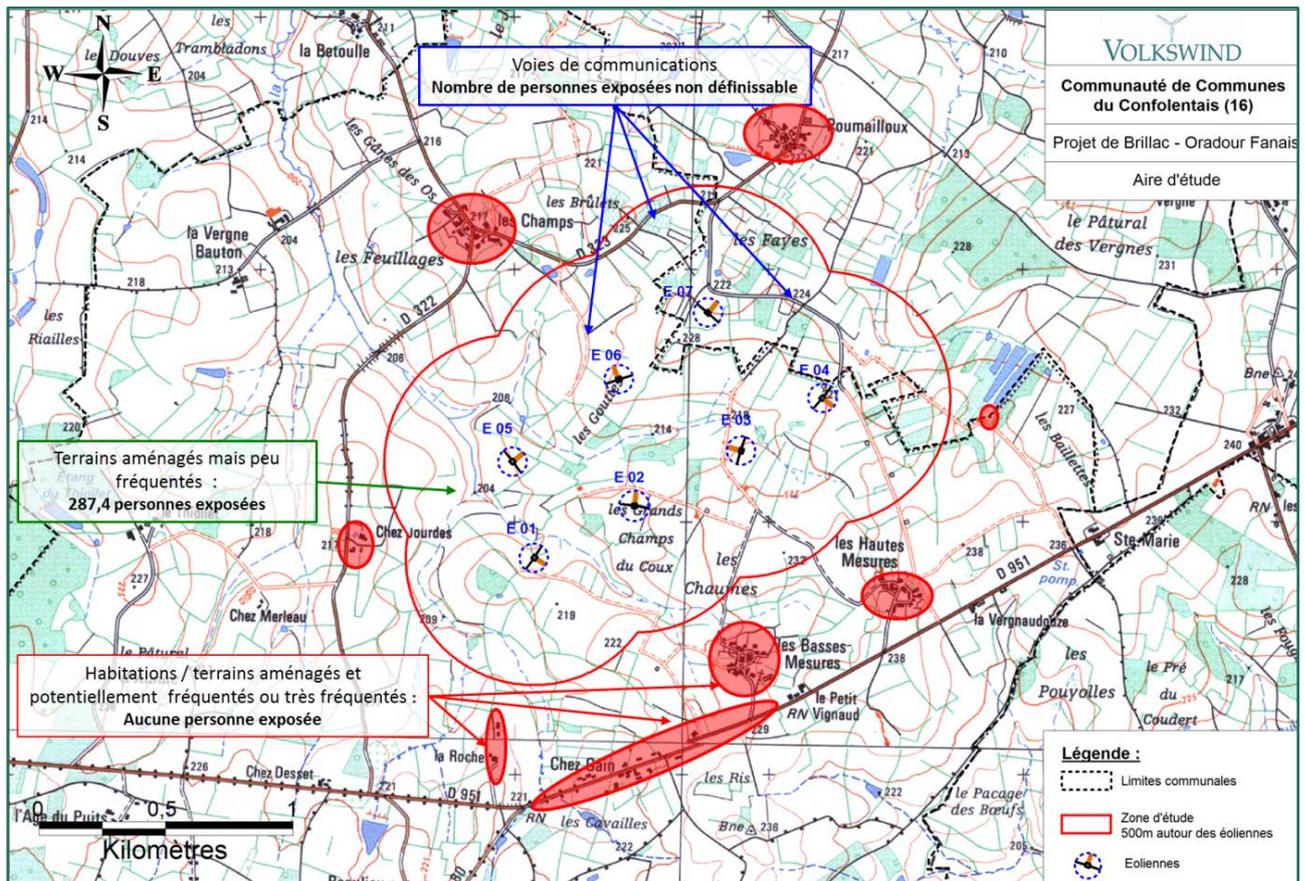
Dénomination	Distance aux éoliennes requise par le Conseil Général de Charente (CG16)	Distance à l'éolienne la plus proche	Longueur dans le périmètre d'étude	TMJA* (Source : CG16)
Route départementale n°323	150m	420 m	760 m	NA (aucun comptage)
Voie communale n°323	Aucune distance requise	80 m	1220 m	NA (aucun comptage)
Voie communale n°8 Dite des Hautes-Mesures	Aucune distance requise	80 m	530 m	NA (aucun comptage)

Distance de chaque éolienne à la voirie dans la zone d'étude

Il n'y a pas de transport fluvial ou ferroviaires et de servitudes liées à ces moyens de transport sur le périmètre d'étude. Il existe un aérodrome sur la commune de Gajoubert. Le parc éolien respecte les servitudes de dégagement liées à cet aérodrome.

Aucun chemin inscrit au PDIPR (Plan départemental des Itinéraires de Promenade et de Randonnée) n'existe dans la zone d'étude.

La carte suivante indique les enjeux potentiels et le nombre de personnes exposées pour l'ensemble du périmètre d'étude :



Localisation des enjeux potentiels dans l'ensemble du périmètre d'étude

C/ Détermination des agresseurs potentiels

Les agresseurs potentiels environnementaux

L'environnement est un facteur de risque à prendre en compte lors de la réalisation de l'étude de Dangers. Les événements naturels extrêmes (tempêtes, foudre, glissement de terrain, inondations...) peuvent causer des accidents sur les installations, ces événements sont appelés « agresseurs potentiels ». Nous avons donc étudié les paramètres climatiques, géologiques et hydrologiques de l'environnement du projet pour déterminer ces agresseurs potentiels. Les agresseurs potentiels au sein du périmètre d'étude sont :

➤ **Le vent fort**

Les phénomènes de vents extrêmes qui peuvent empêcher le bon fonctionnement des installations sont assez rares. Seuls les épisodes supérieurs à 25 m/s sont en effet susceptibles de provoquer l'arrêt momentané des éoliennes (mise en drapeau). Les vents supérieurs à 28m/s représentent en moyenne 0,8 jour par an (selon les données Météo France disponibles). Il existe des dispositifs de sécurité qui permettent d'arrêter le mouvement des éoliennes pour les protéger des vents violents.

➤ **La foudre**

Les éoliennes sont des projets de grande dimension, pour lesquels le risque orageux, et notamment la foudre, doit être pris en compte. L'activité orageuse d'une région est définie par le niveau kéraunique (Nk), c'est-à-dire le nombre de jours où l'on entend gronder le tonnerre.

D'après Météorage, sur la commune de Brillac, le nombre de jours d'orage par an est de 12 et la densité d'arcs est de 1,19 arcs par an et par km². La moyenne française est de 11,32 jours d'orage et 1,55 arcs/km²/an.

➤ **La glace**

La région Poitou-Charentes bénéficie d'un climat plutôt doux. Le nombre moyen de jours où la température est inférieure ou égale à 0°C est de 31,8 jours par an. Un dispositif de déduction de glace est installé sur les éoliennes. En cas de présence de glace, le système met l'éolienne à l'arrêt limitant ainsi le risque de projection de glace.

➤ **La sismicité**

La zone de projet se situe en zone 2 correspondant à un aléa sismique faible. Le phénomène sismique avec la plus forte intensité ressentie sur la commune d'Oradour Fanais s'est produit en août 1976 (intensité 4). Au vu de l'historique sismique de la zone, aucune contrainte liée au risque sismique n'est attendue pour le projet.

➤ **Autres agresseurs potentiels**

D'autres agresseurs potentiels ont été étudiés :

- Aléa retrait/gonflement des argiles : sur la zone du projet cet aléa est à priori nul (Source : BRGM) ;
- Risque d'inondation : Il n'y a pas de risque d'inondation d'après le site Prim.net, les éoliennes se trouvent en dehors de zone à risque.

Les agresseurs potentiels industriels et humains

Il n'y a pas d'activité industrielle facteur de risque pour les installations dans le périmètre d'étude. Les principaux risques concernent les voies de circulation (route communale et chemins ruraux) avec la possibilité d'accidents entraînant la sortie de route de véhicules. Un autre événement accidentel possible est la projection d'éléments provenant d'un aérogénérateur voisin au sein du parc.

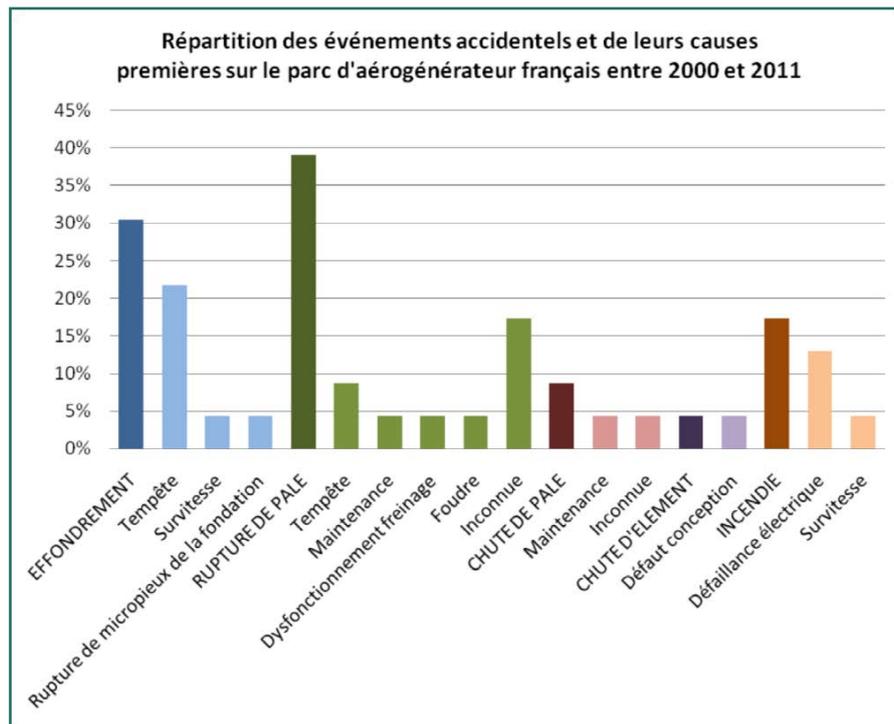
Il est également possible que des engins agricoles travaillant à proximité des installations percutent les éoliennes ou le poste de livraison. Des actes de malveillance susceptibles d'entraîner des accidents peuvent survenir mais il est impossible de les prévoir. Il est également possible qu'une balle « perdue » lors d'une action de chasse entraîne un danger pour les installations.

D/ Détermination des risques potentiels

Après avoir déterminé les enjeux et les agresseurs potentiels, l'étude de dangers doit identifier les risques potentiels liés aux installations.

Le retour d'expérience

L'objectif est de rappeler les différents incidents et accidents qui sont survenus dans la filière éolienne, afin d'en faire une synthèse en vue de l'analyse des risques pour l'installation et d'en tirer des enseignements pour une meilleure maîtrise du risque dans les parcs éoliens.



Répartition des événements accidentels

Par ordre d'importance, les accidents les plus recensés sont les ruptures de pales, les effondrements, les incendies, les chutes de pales et les chutes des autres éléments de l'éolienne. Les tempêtes sont les principales causes d'accidents.

L'Analyse Préliminaire des Risques

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

Les cinq scénarios de phénomènes dangereux étudiés en détail dans la suite de l'étude sont :

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

Il en ressort que l'analyse de réalisation des scénarios de phénomènes dangereux permet d'élaborer un ensemble de mesures visant à annuler ou réduire les risques d'accidents.

Ainsi les principales mesures de maîtrise des risques permettent de :

- Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace ;
- Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace ;
- Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques ;
- Prévenir la survitesse ;
- Prévenir les courts-circuits ;
- Prévenir les effets de la foudre ;
- Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage ;
- Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort.

L'Etude Détaillée 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.

Chaque scénario est caractérisé en fonction des paramètres suivants :

- Cinétique,
- Intensité,
- Gravité,
- Probabilité.

La cinétique d'un accident est supposée « rapide » pour tous les scénarios, ce paramètre ne sera donc pas détaillé pour chacun des phénomènes redoutés.

L'intensité est définie selon un seuil d'effet toxique, de surpression, thermique ou lié à l'impact d'un projectile, pour les hommes et les structures. Elle dépend du degré d'exposition, lui-même 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. La zone d'effet est définie pour chaque événement accidentel comme la surface exposée à cet événement.

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

Niveaux d'intensité

La gravité est déterminée en fonction du nombre de personnes pouvant être atteint par le phénomène dangereux et en fonction de l'intensité du phénomène.

La probabilité de chaque événement accidentel identifié pour une éolienne est déterminée en fonction :

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

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

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

Niveaux de probabilité

E/ Résultats de l'étude de dangers

Synthèse des scénarii étudiés et des paramètres associés

Le tableau suivant synthétise les niveaux de cinétique, d'intensité, de probabilité et de gravité sur lesquels s'est appuyée l'étude détaillée des risques propres aux différents types de scénarios d'accident. Chaque éolienne du projet de Brillac – Oradour Fanais comporte les mêmes résultats, c'est pourquoi le tableau est valable pour les 7 éoliennes.

E01 à E07					
Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité
Effondrement de l'éolienne	Rayon \leq hauteur totale de l'éolienne en bout de pale, soit 150 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	D (rare)	Modérée
Chute de glace	Rayon $\leq D/2$ = zone de survol = 56 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	A (courant)	Modérée
Chute d'éléments de l'éolienne	Rayon $\leq D/2$ = zone de survol = 56 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	C (improbable)	Modérée
Projection de pale ou de fragment de pale	Rayon = 500 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	D (rare)	Sérieuse
Projection de glace	Rayon = $1,5 \times (H+2R)$ autour de l'éolienne = 309 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	B (probable)	Sérieuse

Tableau de synthèse des risques et des paramètres associés pour l'ensemble des éoliennes

Synthèse de l'acceptabilité des risques

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

La matrice de criticité et la légende associée ci-dessous permettent d'évaluer le niveau de risque pour chacun des événements accidentels redoutés :

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

Légende de la matrice de criticité

E01 à E07					
Effondrement de l'éolienne					
Conséquence	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux	Yellow	Red	Red	Red	Red
Catastrophique	Yellow	Yellow	Red	Red	Red
Important	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red
Sérieux	Green	Green	Yellow	Yellow	Red
Modéré	Green	Green X (acceptable)	Green	Green	Yellow

Matrice de criticité pour le risque d'effondrement de l'éolienne

E01 à E07					
Chute de glace					
Conséquence	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux	Yellow	Red	Red	Red	Red
Catastrophique	Yellow	Yellow	Red	Red	Red
Important	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red
Sérieux	Green	Green	Yellow	Yellow	Red
Modéré	Green	Green	Green	Green	Yellow X (acceptable)

Matrice de criticité pour le risque de chute de glace

E01 à E07					
Chute d'éléments de l'éolienne					
Conséquence	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux	Yellow	Red	Red	Red	Red
Catastrophique	Yellow	Yellow	Red	Red	Red
Important	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red
Sérieux	Green	Green	Yellow	Yellow	Red
Modéré	Green	Green	X (acceptable)	Green	Yellow

Matrice de criticité pour le risque de chute d'éléments de l'éolienne

E01 à E07					
Projection de tout ou partie de pale					
Conséquence	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux	Yellow	Red	Red	Red	Red
Catastrophique	Yellow	Yellow	Red	Red	Red
Important	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red
Sérieux	Green	X (acceptable)	Yellow	Yellow	Red
Modéré	Green	Green	Green	Green	Yellow

Matrice de criticité pour le risque de projection de tout ou partie de pale

E01 à E07					
Projection de glace					
Conséquence	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux	Yellow	Red	Red	Red	Red
Catastrophique	Yellow	Yellow	Red	Red	Red
Important	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red
Sérieux	Green	Green	Yellow	X (acceptable)	Red
Modéré	Green	Green	Green	Green	Yellow

Matrice de criticité pour le risque de projection de glace

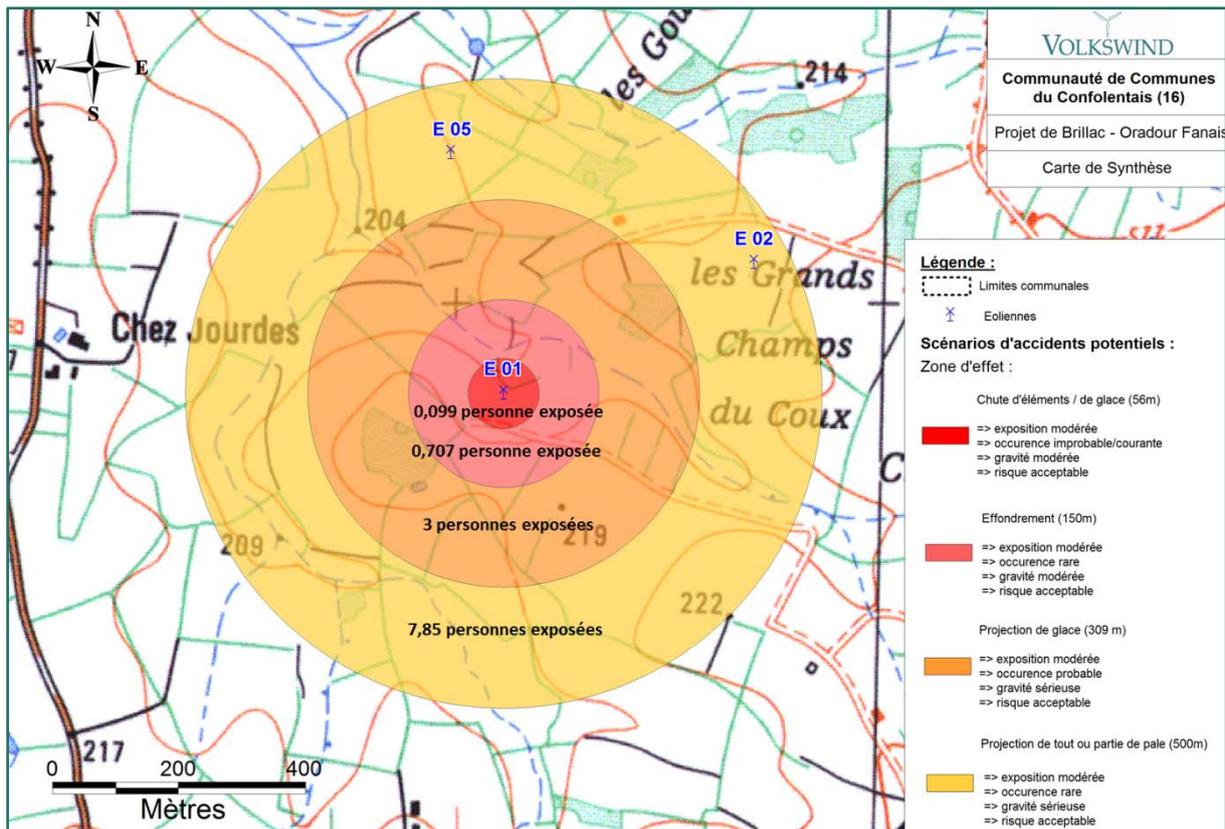
Au regard de la matrice complétée pour chacun des événements accidentels redoutés, il apparaît que :

- aucun accident n'apparaît dans les cases rouges de la matrice, ce qui signifie qu'il n'existe aucun « risque important » et « non acceptable » ;
- les risques d'effondrement, de chute d'éléments et de projection de tout ou partie de pale apparaissent dans les cases vertes synonymes de « risques très faibles » et « acceptables » ;
- les risques de chute et de projection de glace figurent dans les cases jaunes « risques faibles » et « acceptables ». Pour ces accidents, il convient de souligner que les fonctions de sécurité détaillées dans la partie 8.6 seront mises en place.

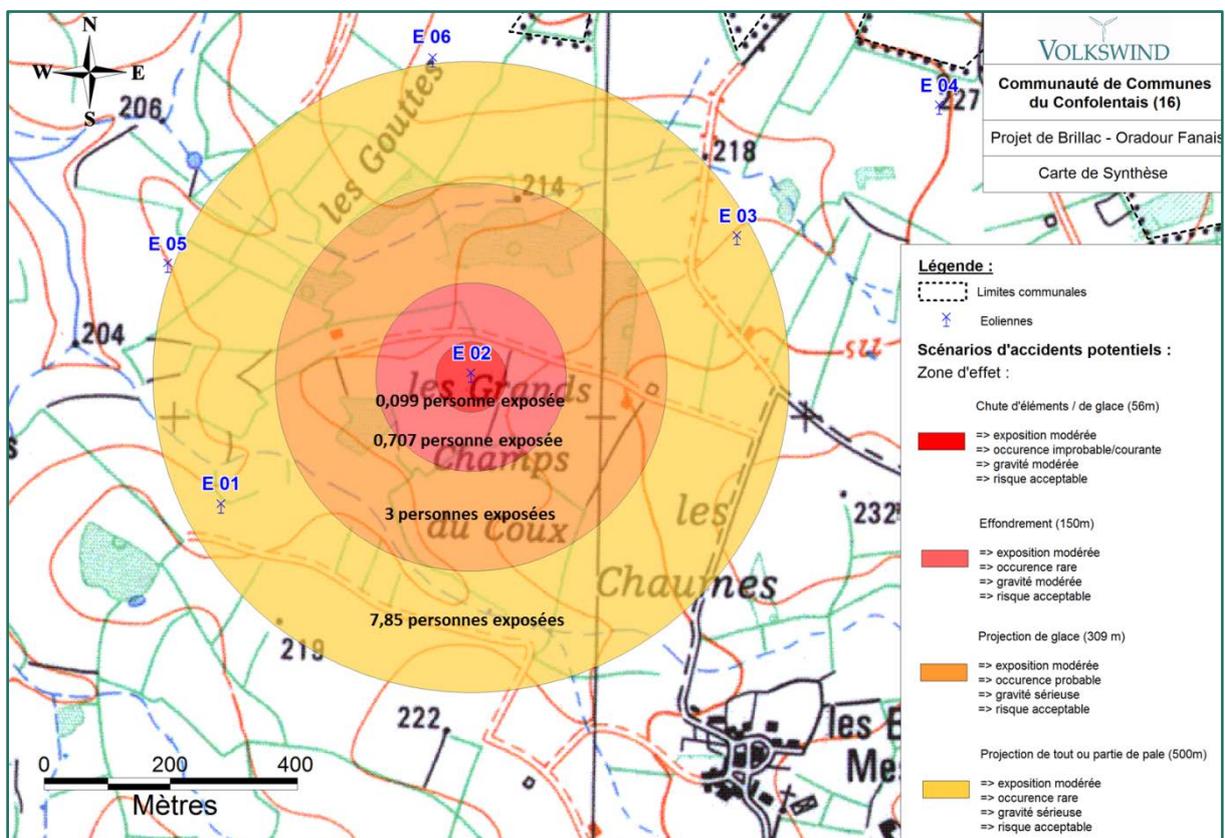
Tous les phénomènes accidentels redoutés comportent donc un niveau de risque acceptable.

Cartographie de synthèse

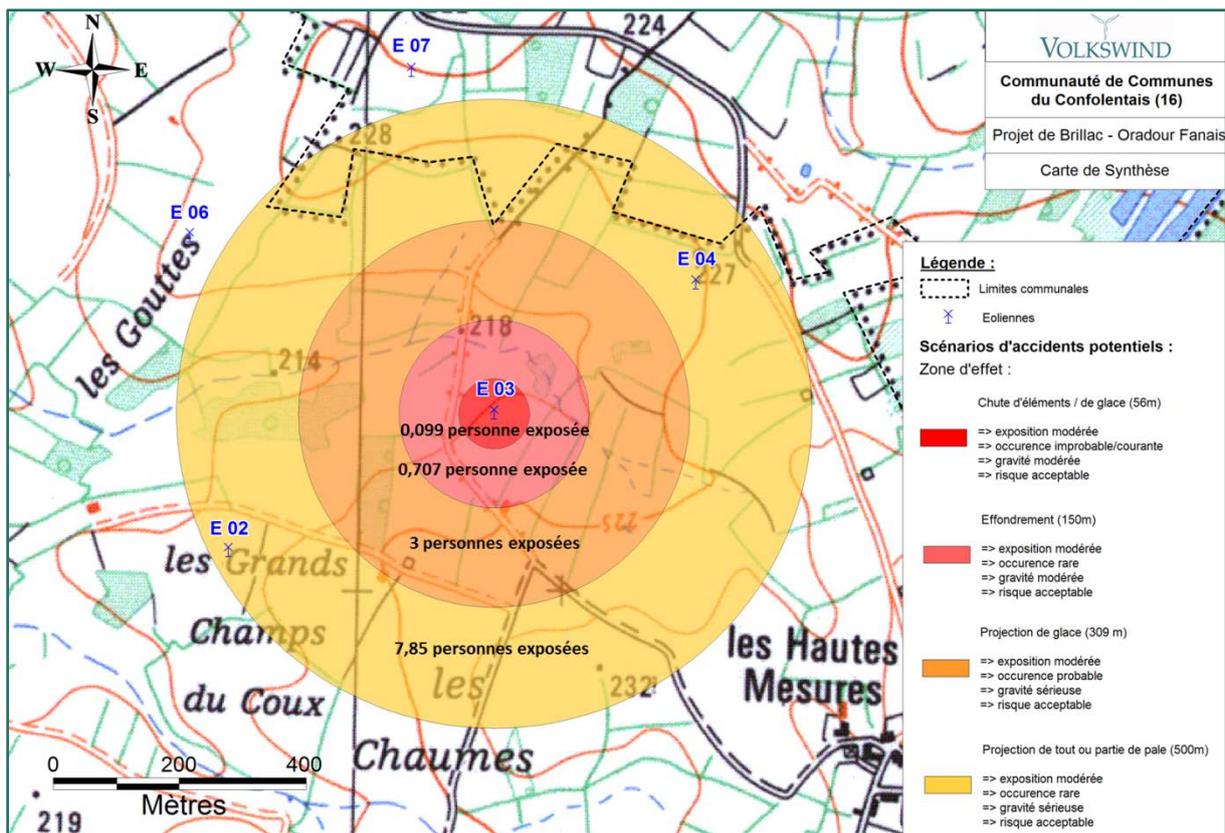
Les cartes de synthèse ci-dessous sont proposées pour chaque aérogénérateur. Elles font apparaître les enjeux de l'étude détaillée des risques, l'intensité des différents phénomènes dangereux dans chacune de leur zone d'effet et le nombre de personnes permanentes exposées par zone d'effet.



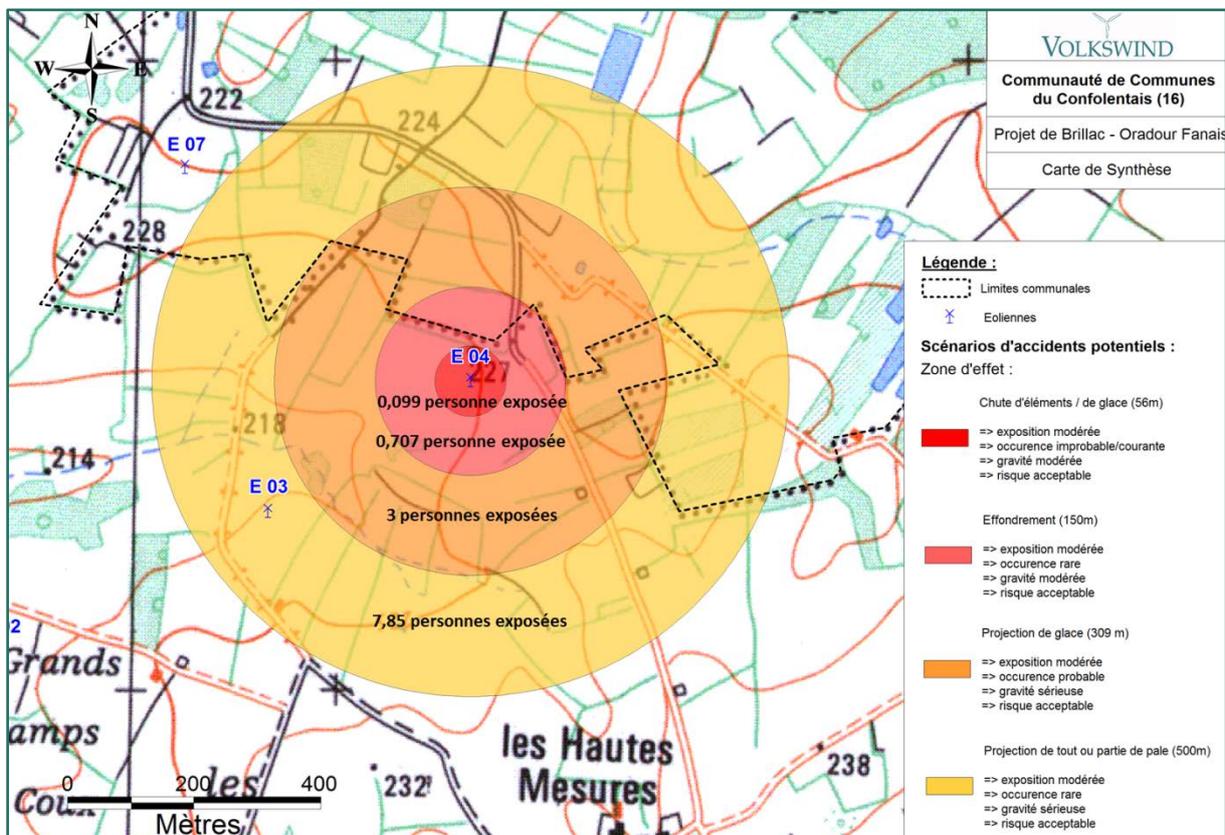
Synthèse des risques pour l'éolienne E01



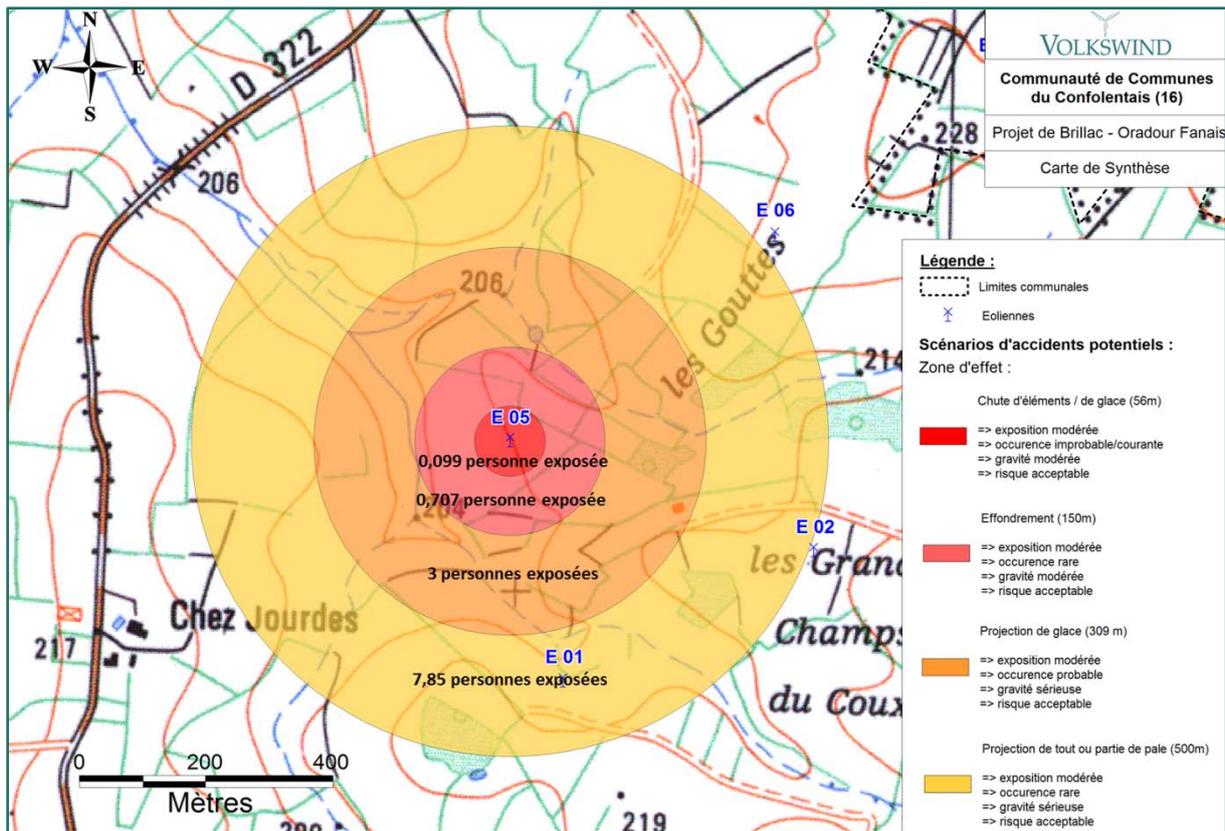
Synthèse des risques pour l'éolienne E02



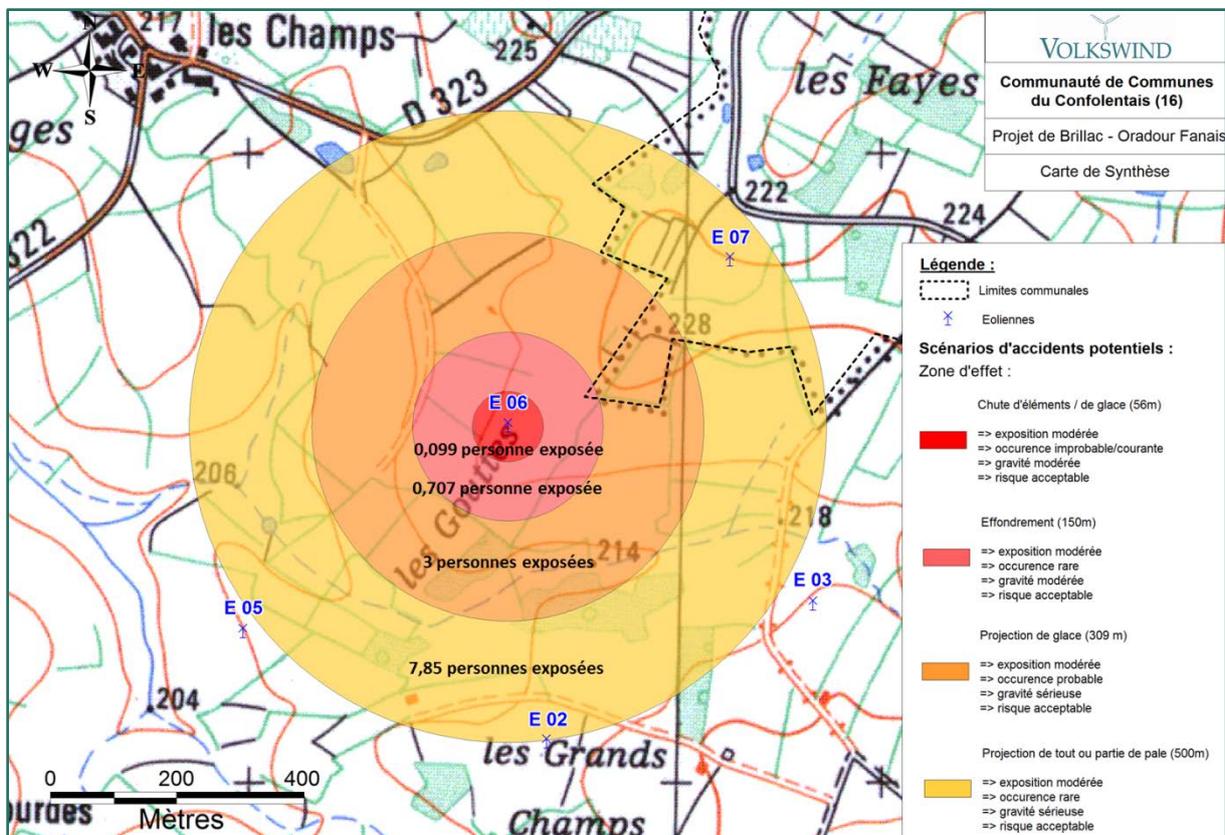
Synthèse des risques pour l'éolienne E03



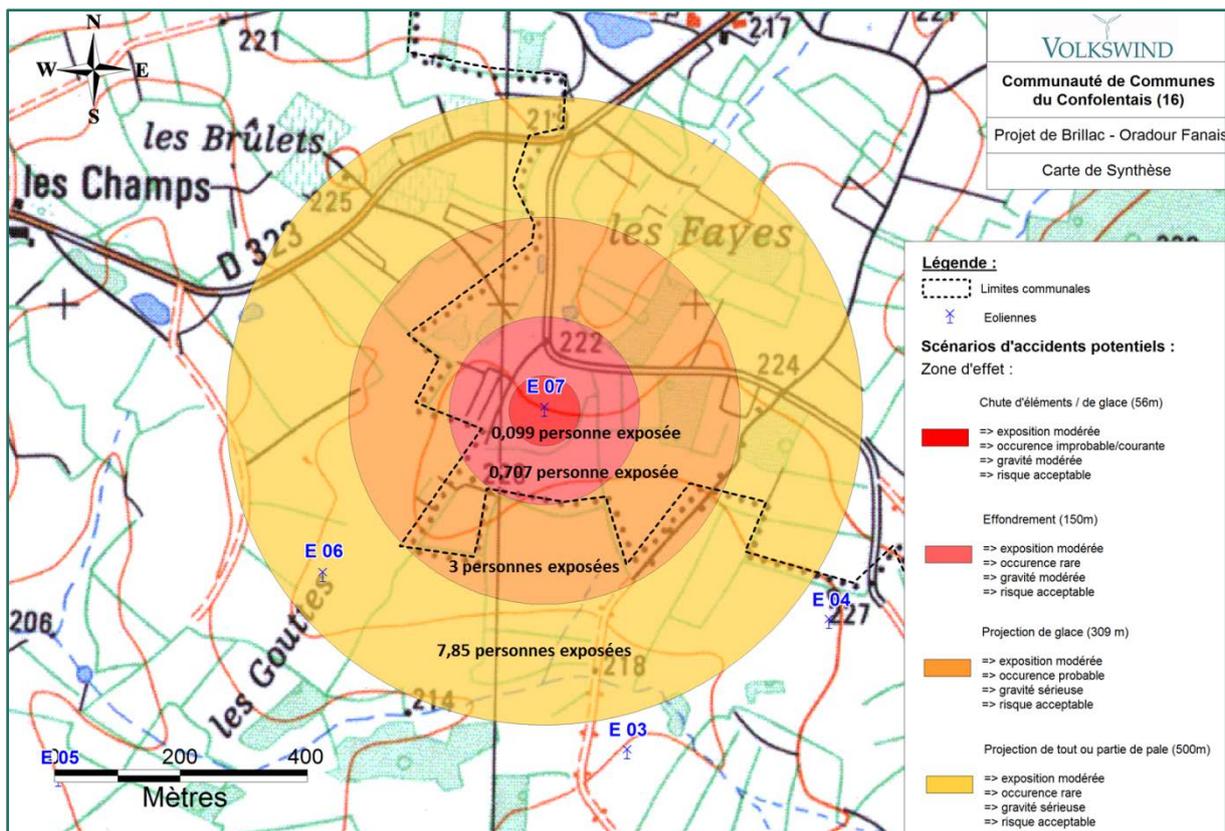
Synthèse des risques pour l'éolienne E04



Synthèse des risques pour l'éolienne E05



Synthèse des risques pour l'éolienne E06



Synthèse des risques pour l'éolienne E07

2. PREAMBULE

2.1. OBJECTIF DE L'ETUDE DE DANGERS

Une étude de dangers a pour objet de rendre compte de l'examen effectué pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques d'une installation ou d'un groupe d'installations, 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.

Elle est réalisée par l'exploitant de l'installation, sous sa responsabilité et sous le contrôle de l'inspection des installations classées.

Elle doit être proportionnée aux risques présentés par l'établissement. Le choix de la méthode d'analyse utilisée est libre mais doit être adapté à la nature et à la complexité des installations et de leurs risques. Le soin apporté à leur analyse et à la justification des mesures de prévention, de protection et d'intervention doit être d'autant plus important que les conséquences des accidents possibles sont graves pour les personnes exposées ou l'environnement.

Elle précise l'ensemble des mesures de maîtrise des risques mises en œuvre à l'intérieur de l'établissement, qui réduit le risque à l'intérieur et à l'extérieur de l'établissement à un niveau jugé acceptable par l'exploitant.

Ainsi, cette étude doit permettre 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.

2.2. CONTEXTE LEGISLATIF ET REGLEMENTAIRE

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

L'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation [10] fournit un cadre méthodologique pour les évaluations des scénarios d'accident majeurs. Il impose une évaluation des accidents majeurs sur les personnes uniquement et non sur la totalité des enjeux identifiés dans l'article L. 511-1. En cohérence avec cette réglementation et dans le but d'adopter une démarche proportionnée, l'évaluation des accidents majeurs dans l'étude de dangers d'un parc d'aérogénérateurs s'intéressera prioritairement aux dommages sur les personnes. Pour les parcs éoliens, les atteintes à l'environnement, l'impact sur le fonctionnement des radars et les problématiques liées à la circulation aérienne feront l'objet d'une évaluation détaillée au sein de l'étude d'impact.

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

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

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

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

Enfin, les principaux risques sont générés au cours de la phase d'exploitation, c'est pourquoi l'étude de dangers concerne principalement cette phase.

2.3. 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 :

N°	A – Nomenclature des installations classées		
	Désignation de la rubrique	A, E, D, S, C (1)	Rayon (2)
2980	Production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent (ensemble des aérogénérateurs d'un site)		
	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 : Rubrique 2980 de la nomenclature des installations classées

Le parc éolien de Brillac – Oradour Fanais comprend 7 aérogénérateurs dont le mât a une hauteur supérieure à 50 m et sa puissance totale installée est supérieure à 20 MW. 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.

3. INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION

3.1. RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS

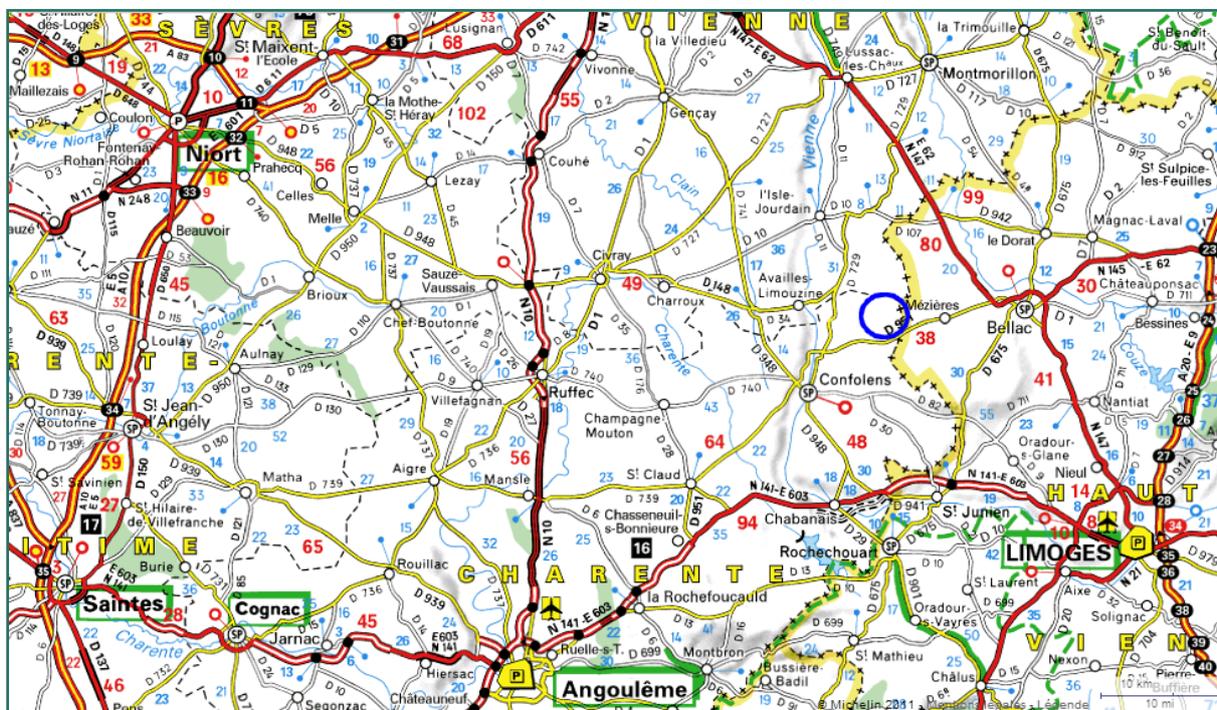
L'exploitant et le propriétaire de l'installation projetée sont la SAS Ferme éolienne de Brillac – Oradour Fanais.

Les statuts ainsi que les principales informations relatives à cette société sont précisés ci-après :

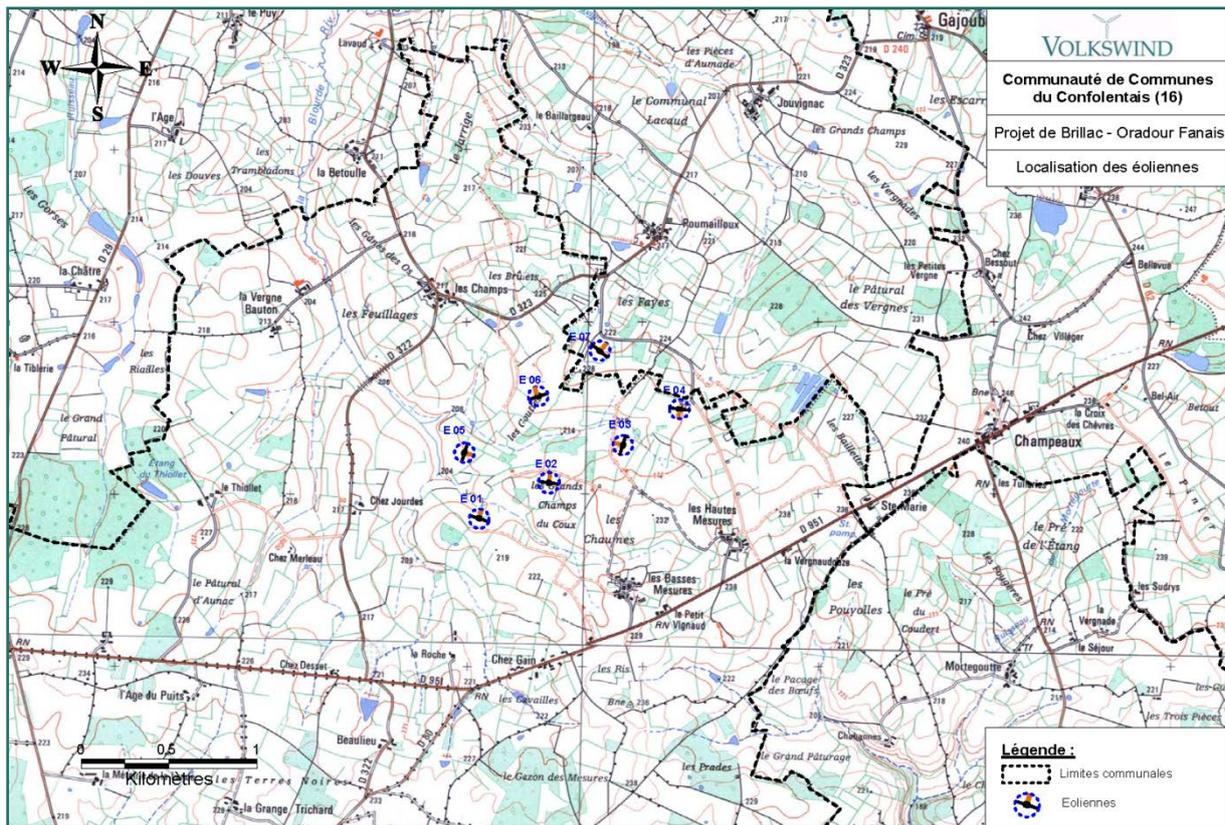
Dénomination	Ferme éolienne de Brillac – Oradour Fanais SAS
Date de création de la société	21 Octobre 2011
Activité	Production d'électricité (code APE 3511Z)
Forme juridique	Société par Actions Simplifiée
Capital	20 000 €
N° SIRET	535 223 952 00016
Adresse du siège social	20, Avenue de la Paix – 67 000 STRASBOURG
Personne chargée de suivre le dossier	Jean-Luc PROUST, Directeur adjoint, VOLKSWIND
Personne chargée de rédiger l'étude	Sébastien BEUZE, chargé d'études, VOLKSWIND

3.2. LOCALISATION DU SITE

Le parc éolien composé de 7 aérogénérateurs, est localisé sur les communes de Brillac et d'Oradour Fanais, dans le département de la Charente, en région Poitou-Charentes.



Carte 1 : Localisation de la ferme éolienne
(Source : Via Michelin)



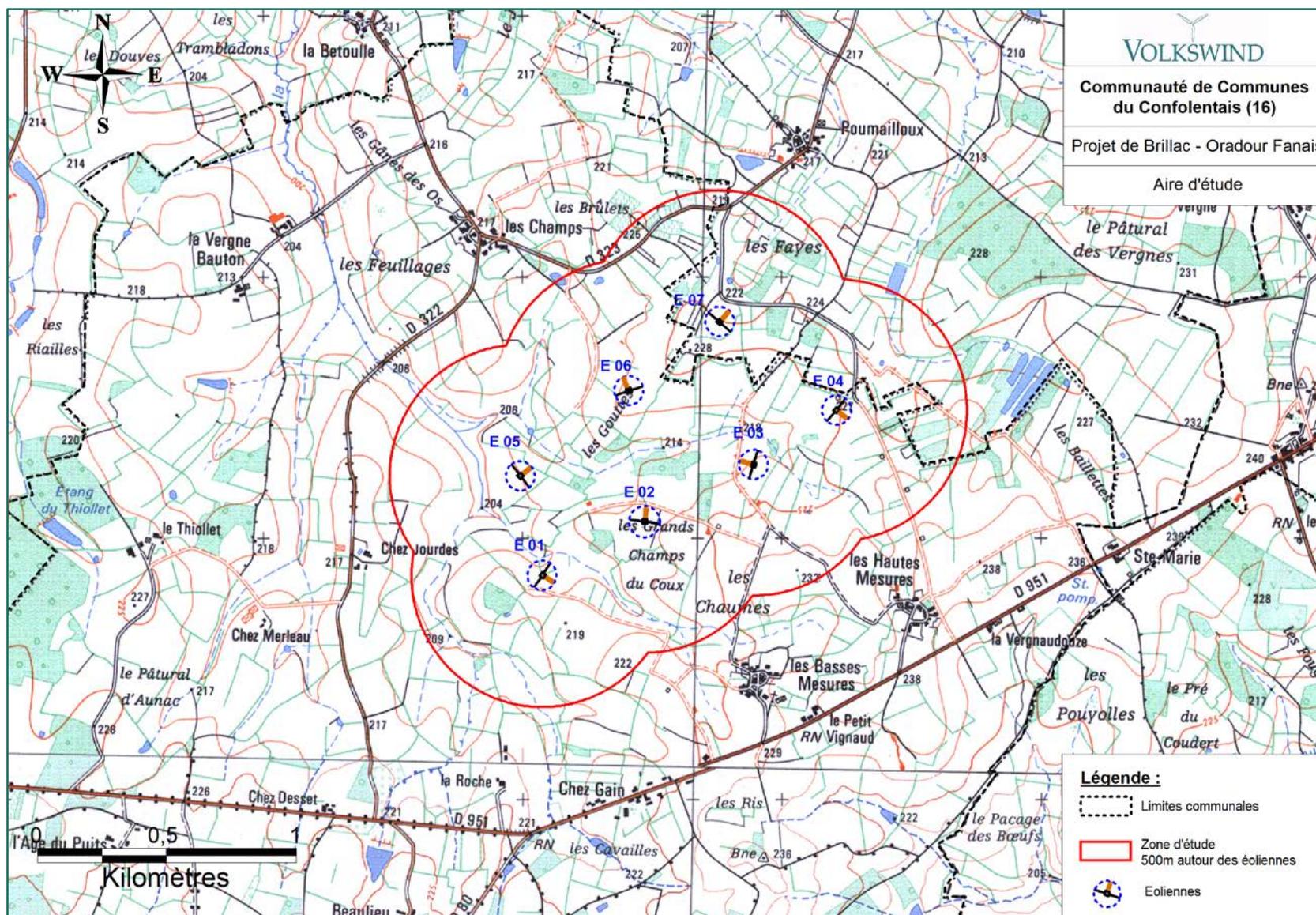
Carte 2 : Localisation des éoliennes

3.3. DEFINITION DE L'AIRE D'ETUDE

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

Chaque aire d'étude correspond à l'ensemble des points situés à une distance inférieure ou égale à 500 m à partir de l'emprise du mât de l'aérogénérateur. Cette distance équivaut à la distance d'effet retenue pour les phénomènes de projection, telle que définie au paragraphe 9.2.4.

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



4.2. ENVIRONNEMENT NATUREL

4.2.1. CONTEXTE CLIMATIQUE

D'après Météo-France, la station météorologique la plus proche de la zone de projet bénéficiant de relevés thermo-pluviométriques est la station de Montembœuf, située à 36 km de la zone du projet.

4.2.1.1. TEMPERATURE

Selon les relevés de cette station météorologique, sur la période 1990-2010, la température moyenne varie entre 5,5°C et 20,4°C.

Le mois d'août est le plus chaud, avec des températures maximales moyennes de 25,6°C. La température record étant de 39,2°C en août 2003. Entre 1990 et 2010, les températures ont dépassées les 30°C en moyenne 14,3 jours par an

Le mois de janvier est le plus froid avec une température minimal moyenne de 2,8°C. La température la plus basse a été enregistrée en février 2012 avec -12,9°C. La température descend en dessous de 0°C en moyenne 31,8 jours par an.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T min (°C)	2,8	2,9	5,1	6,8	10,4	13,4	15,0	15,2	12,3	10,0	5,5	3,0
T max (°C)	8,2	9,5	13,1	15,5	19,7	23,3	25,2	25,6	21,4	17,0	11,3	8,2
T moyennes (°C)	5,5	6,2	9,1	11,1	15,1	18,3	20,1	20,4	16,8	13,5	8,4	5,6

Tableau 2 : Températures minimales-maximales moyennes et mensuelles à Montembœuf entre 1990 et 2010
(Source : Météo-France)

4.2.1.2. PLUVIOMETRIE

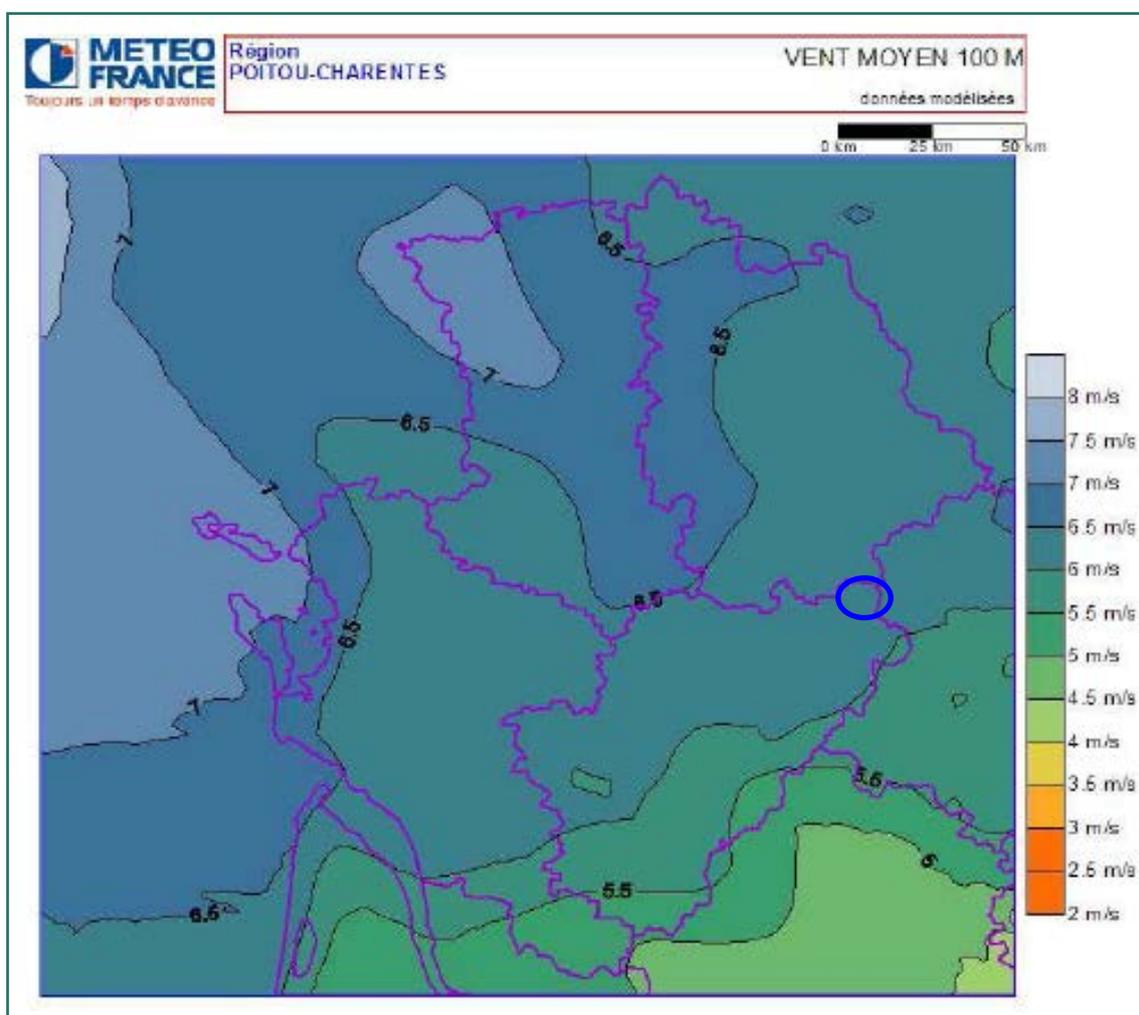
Les précipitations ne varient pas significativement selon les mois de l'année même si globalement il pleut plus l'hiver que l'été. La pluviométrie minimale de 69,6 mm au mois juillet et une pluviométrie maximale de 108,0 mm au mois de novembre.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
P (mm)	93,2	77,0	72,7	79,2	82,4	76,8	69,6	78,7	82,1	86,6	108,0	101,6

Tableau 3 : Pluviométrie moyenne et mensuelle à Montembœuf entre 1990 et 2010
(Source : Météo-France)

4.2.1.3. POTENTIEL EOLIEN

D'après la cartographie du potentiel éolien extrait du Schéma Régional Eolien (SRE) Poitou-Charentes et réalisée par Météo France, le gisement éolien du site de Brillac – Oradour Fanais est compris entre 6 et 6,5 m/s à une altitude de 100 m.



Carte 6 : Vitesse de vent moyen à 100 m en Poitou-Charentes
(Source : Météo France – SRE Poitou-Charentes)

La rose des vents ci-dessous et les données de la station météorologique de Montembœuf sont fournies à titre indicatif car elles ne sauraient nullement représenter fidèlement les régimes de vent observés au niveau local.

D'après la rose des vents, on relève des directions de vents majoritairement orientés selon un axe Nord-est / Sud-ouest.

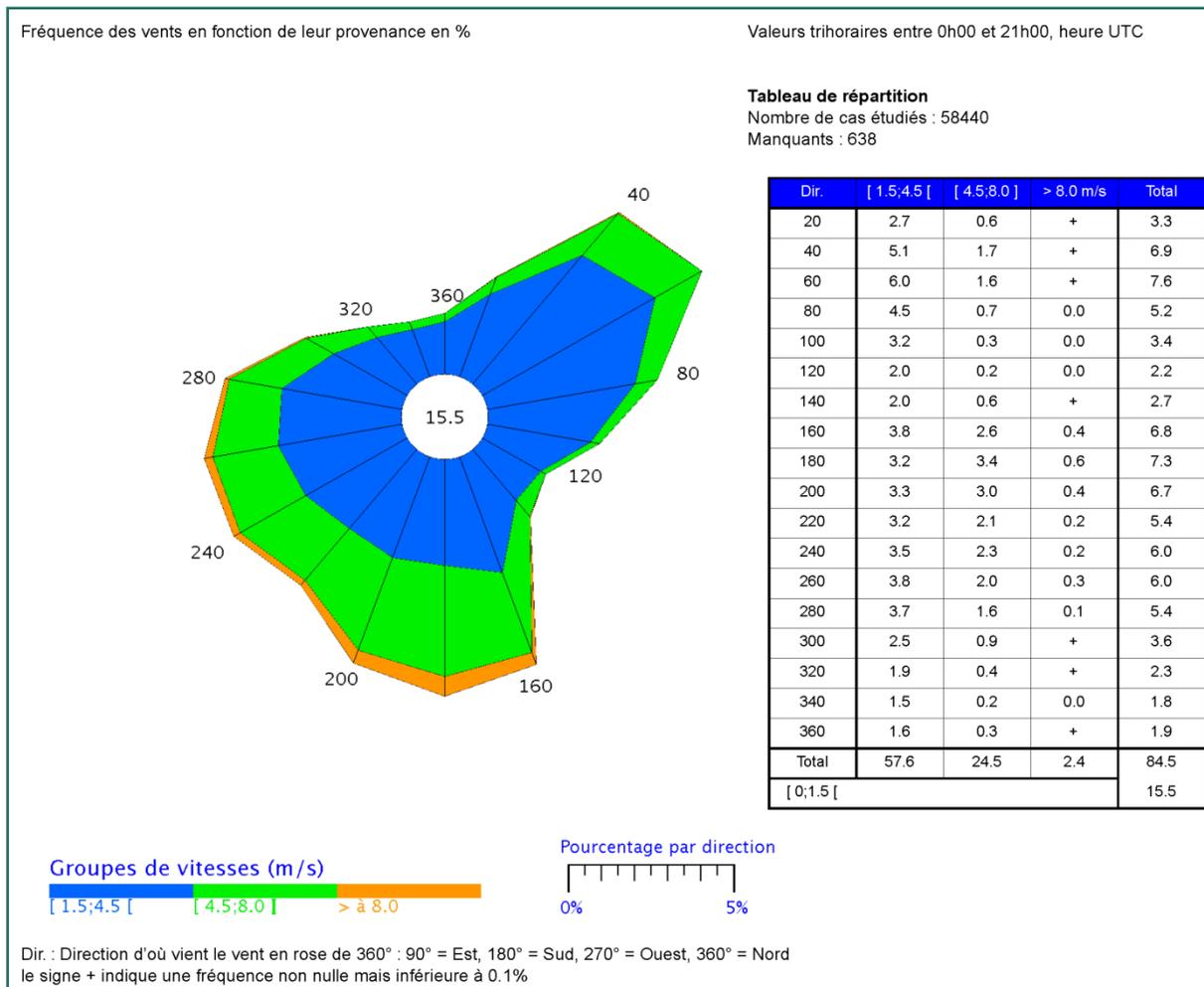


Figure 1 : Rose des vents de la station météorologique de Montembœuf
 (Source : Météo France)

Les phénomènes de vents extrêmes, pouvant empêcher le bon fonctionnement des installations, sont assez rares. Seuls les épisodes supérieurs à 25 m/s (soit 90 km/h) sont en effet susceptibles de provoquer l'arrêt momentané des éoliennes (« mise en drapeau »).

Le tableau ci-après indique le nombre de jours (moyenne) où le vent souffle en rafale à plus de 28 m/s :

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Rafales ≥28m/s (Jours)	-	0,3	.	0.1	0.1	0.1	.	.	.	0.1	.	0.1

Tableau 4 : Nombres moyen de jours avec des rafales ≥28m/s à Montembœuf
 (Source : Météo France)

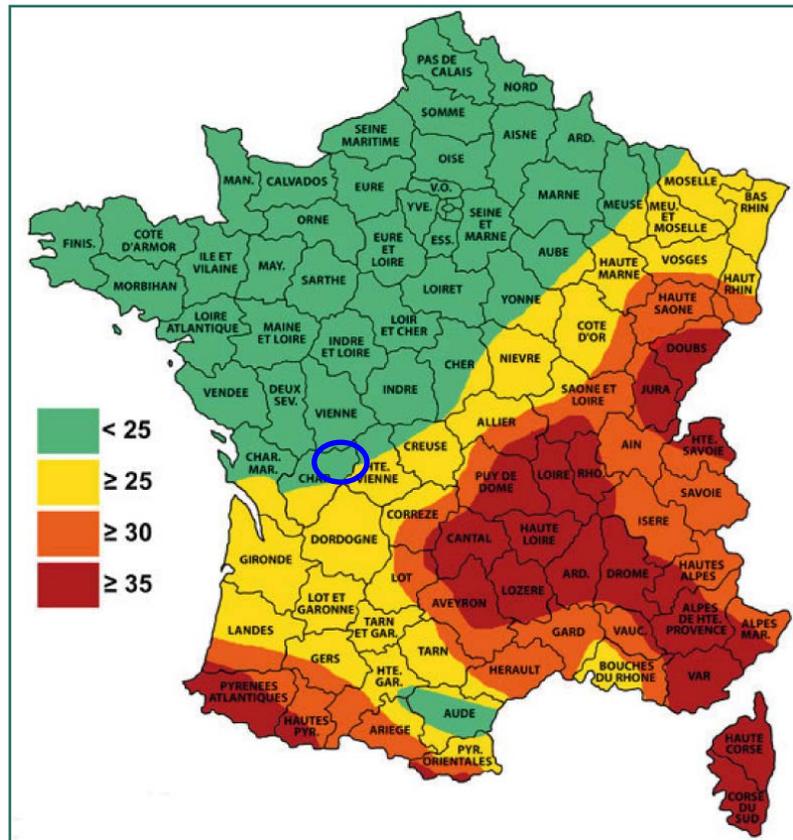
Au regard des données disponibles, le territoire de Brillac – Oradour Fanais apparait comme un secteur propice au développement d'un projet éolien.

4.2.2. RISQUES NATURELS

Cette partie liste les différents risques naturels identifiés dans la zone d'étude. En effet, ces risques naturels sont susceptibles de constituer des agresseurs potentiels pour les éoliennes et devront donc être pris en compte dans l'évaluation préliminaire des risques.

4.2.2.1. LA Foudre

Les éoliennes sont des projets de grande dimension, pour lesquels le risque orageux, et notamment la foudre, doit être pris en compte. L'activité orageuse d'une région est définie par le niveau kéraunique (Nk), c'est-à-dire le nombre de jours où l'on entend gronder le tonnerre. La majorité des orages circulent dans un régime de vents de Sud-Ouest, qui apportent de l'air d'origine subtropicale, chaud et humide. La plupart d'entre eux s'observent entre mai et septembre ; la moyenne nationale est de 20 jours de tonnerre par an, dont 14 jours entre mai et août.



Carte 7 : Carte de France du niveau kéraunique
(Source : ELECTYS)

Dans le département de la Charente le niveau kéraunique est inférieur à 25 jours par an sur la partie Nord du territoire et inférieur ou égal à moins de 25 jours par an sur la partie Sud.

Le nombre de jours d'orage sur les communes de Brillac et d'Oradour-Fanais est inférieur à 25 jours par an.

D'après Météorage, sur la commune de Brillac, le nombre de jours d'orage par an est de 12 et la densité d'arcs est de 1,19 arcs par an et par km².

La moyenne française est de 11,32 jours d'orage et 1,55 arcs/km²/an.

4.2.2.2. SISMICITE

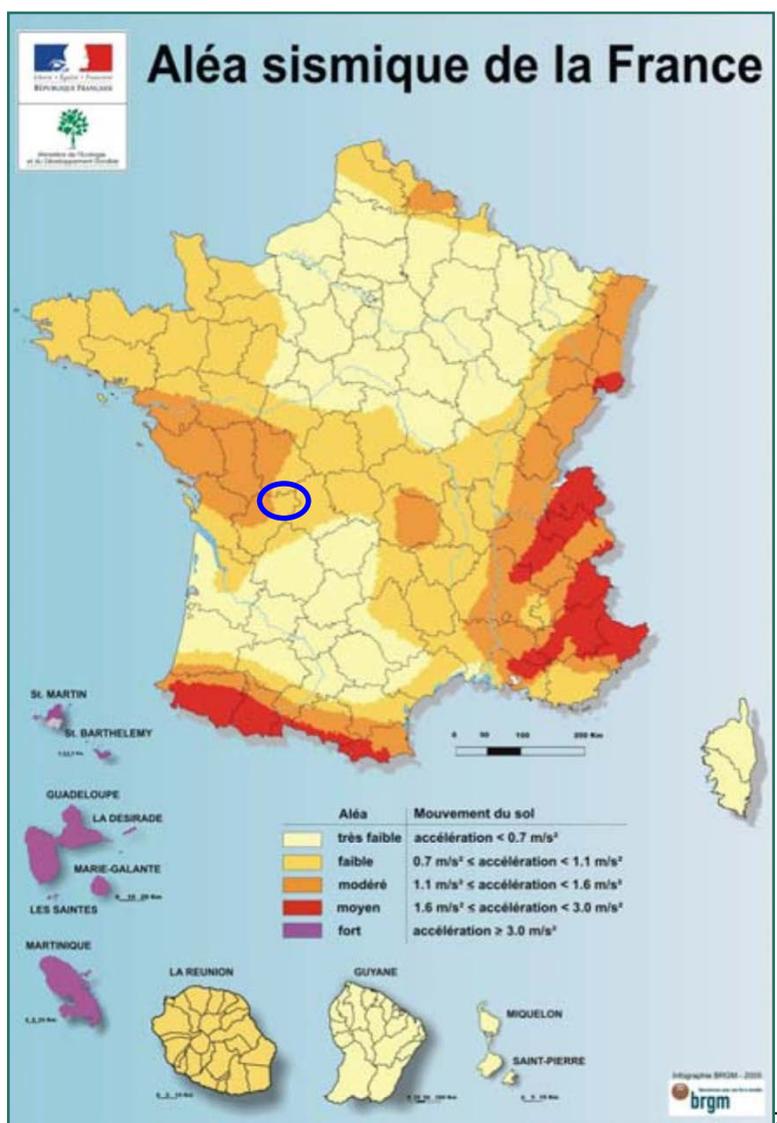
Le territoire national est divisé au niveau cantonal en cinq zones de sismicité croissante en fonction de la probabilité d'occurrence des séismes :

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

1	2	3	4	5
Très faible	Faible	Modérée	Moyenne	Forte

Tableau 5 : Zones de sismicité

D'après la cartographie ci-contre, le secteur du projet se situe dans la zone 2 correspondant à un aléa sismique faible, les déformations tectoniques récentes sont de faible ampleur.



Carte 8 : Zonage sismique de la France
(Source : planseisme.fr)

Sur les communes de Brillac et d'Oradour-Fanais, seuls deux séismes distincts ont été recensés :

Date	Heure	Choc	Localisation épicentrale	Région ou pays de l'épicentre	Intensité épicentrale	Intensité dans la commune
8 Juin 2001	13 h 26 min 53 sec		BOCAGE VENDEEN (CHANTONNAY)	PAYS NANTAIS ET VENDEEN	5	0

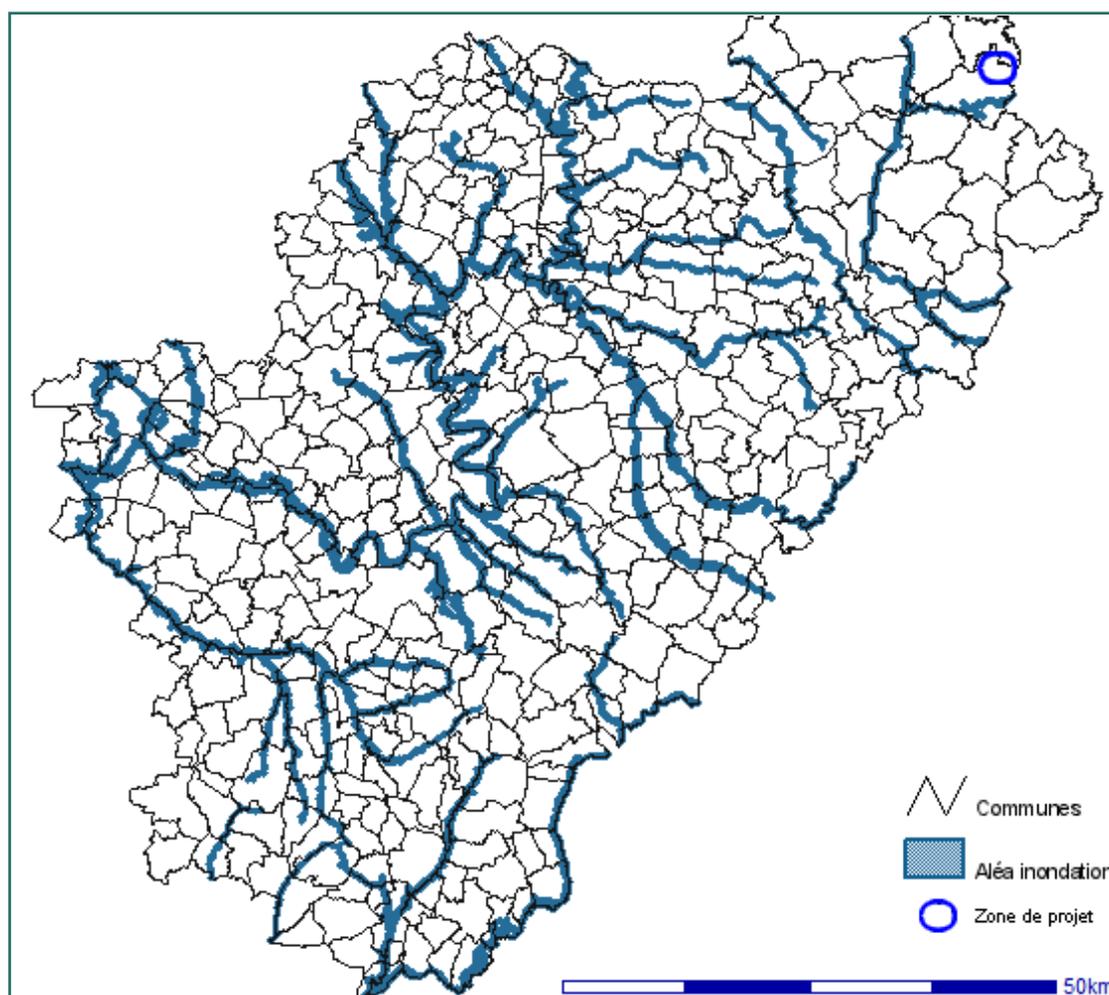
Tableau 6 : Séisme ressenti sur la commune de Brillac (Source : sisfrance.net)

Date	Heure	Choc	Localisation épicentrale	Région ou pays de l'épicentre	Intensité épicentrale	Intensité dans la commune
8 Septembre 1976	19 h 54 min 41 sec		PLATEAU DU LIMOUSIN (S-W. ORADOUR-SUR-VAYRES)	LIMOUSIN	5	4

Tableau 7 : Séisme ressenti sur la commune d'Oradour-Fanais (Source : sisfrance.net)

4.2.2.3. LE RISQUE D'INONDATION

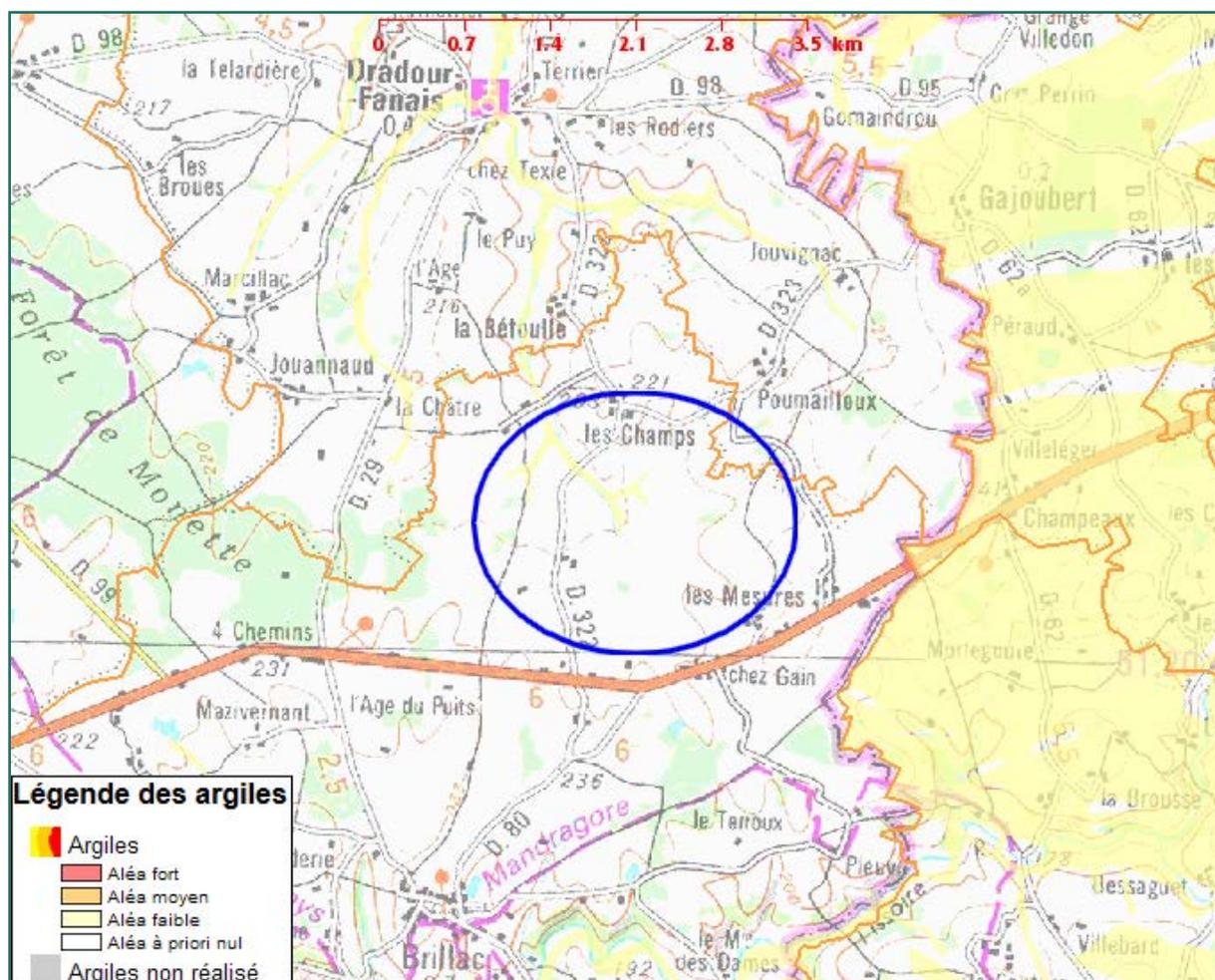
Les communes de Brillac et d'Oradour Fanais ne sont pas soumises à l'aléa inondation au niveau de la zone d'étude. Elles ne présentent pas non plus de Plan de Prévention des Risques Inondation.



Carte 9 : Risque d'inondation dans le département de la Charente (Source : site Prim.net)

4.2.2.4. LE RISQUE DE RETRAIT OU GONFLEMENT DES ARGILES

Les risques de retrait/gonflement des argiles rendent le sol plus instable et peuvent occasionner des dégâts parfois important aux constructions. D'après la cartographie du BRGM (cf. carte ci-après), le site du projet se situe en zone d'aléa a priori nul. Au vu de la profondeur des fondations des éoliennes, les sols et sous-sols ne présentent pas de contraintes quant à l'installation d'éoliennes. Cependant par principe de précaution et au regard de la masse des aérogénérateurs, une étude géotechnique au droit de l'implantation des éoliennes sera réalisée en préambule aux travaux de construction.



Carte 10 : Risque « retrait gonflement des argiles »
(Source : BRGM)

4.2.2.5. ARRETES DE CATASTROPHE NATURELLE

Après consultation de la base de données sur le site Prim.net, les communes de Brillac et Oradour-Fanais ont concernée par les arrêtés de catastrophe naturelle suivants :

Type de catastrophe	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
Inondations et coulées de boue	08/12/1982	31/12/1982	11/01/1983	13/01/1983
Inondations et coulées de boue	21/06/1993	23/06/1993	29/11/1993	15/12/1993
Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999

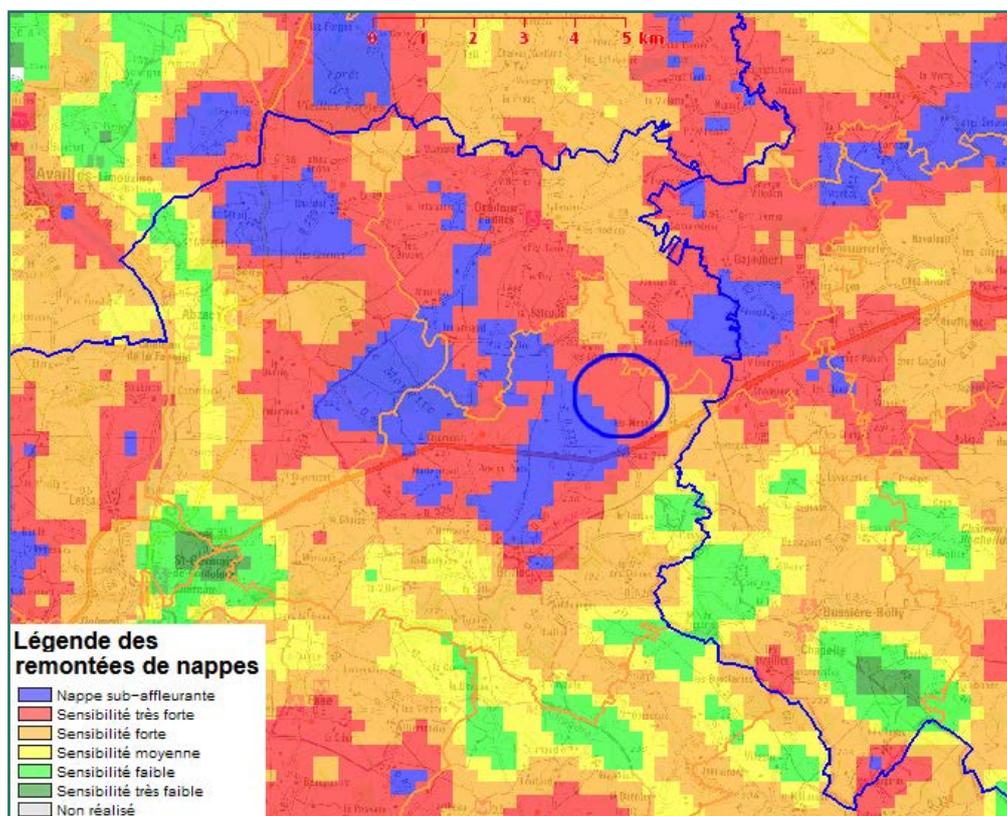
Tableau 8 : Arrêtés de reconnaissance de catastrophe naturelle sur la commune de Brillac
(Source : prim.net)

Type de catastrophe	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
Inondations et coulées de boue	08/12/1982	31/12/1982	11/01/1983	13/01/1983
Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999
Mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols	01/05/2011	30/06/2011	11/07/2012	17/07/2012

Tableau 9 : Arrêtés de reconnaissance de catastrophe naturelle sur la commune d'Oradour-Fanais
(Source : prim.net)

4.2.2.6. LE RISQUE DE REMONTEE DE NAPPES

Des risques de remontées de nappes sont possibles sur le territoire français. D'après la carte, la sensibilité du site est très forte. Cependant des études géologiques du site permettront de déterminer le risque réel de remontée de nappes.

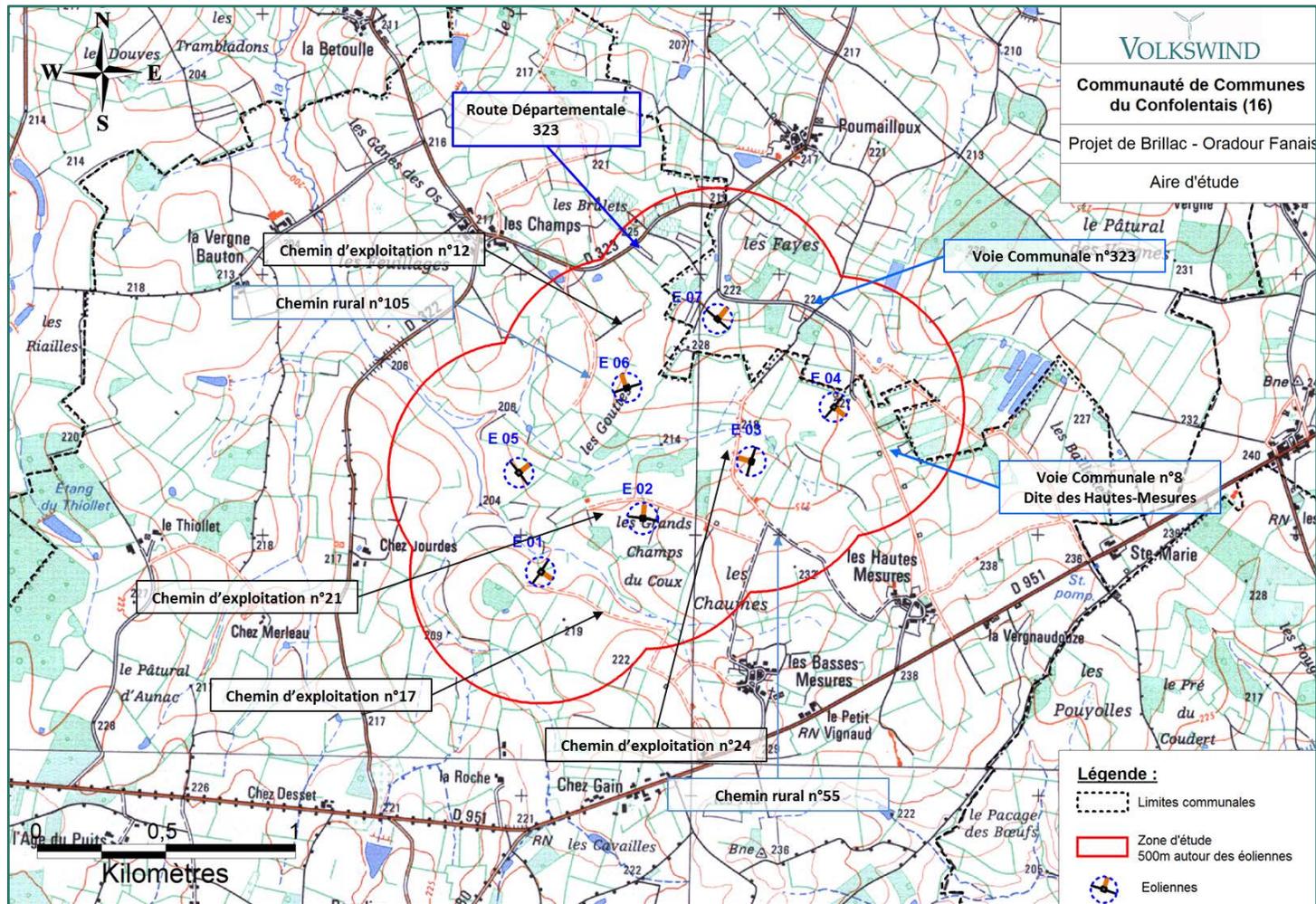


Carte 11 : Identification du risque de remontée de nappes sur les communes de Brillac et d'Oradour-Fanais
(Source : BRGM)

4.3. ENVIRONNEMENT MATERIEL

4.3.1. VOIES DE COMMUNICATION

La RD 323 est la voie de circulation la plus importante située dans le périmètre d'étude. Un maillage de voies communales, de chemins ruraux et de chemins d'exploitations compose le reste des voies de circulation.



Carte 12 : Les voies de communication principales dans le périmètre d'étude

Les caractéristiques des voies de communication principales au sein du périmètre d'étude sont les suivantes :

Dénomination	Distance aux éoliennes requise par le Conseil Général de Charente (CG16)	Distance à l'éolienne la plus proche	Longueur dans le périmètre d'étude	TMJA* (Source : CG16)
Route départementale n°323	150 m	420 m	760 m	NA (aucun comptage)
Voie communale n°323	Aucune distance requise	80 m	1220 m	NA (aucun comptage)
Voie communale n°8 Dite des Hautes-Mesures	Aucune distance requise	80 m	530 m	NA (aucun comptage)

*TMJA : Trafic Moyen Journalier Annuel (en nombre de véhicules par jour)

Tableau 10 : Informations sur les voies de communication principales comprises dans le périmètre d'étude

Il n'y a pas de donnée disponible concernant le Trafic Moyen Journalier Annuel (TMJA) des voies de communication de la zone d'étude.

Le tableau suivant précise la distance entre chaque éolienne et la voie de communication la plus proche comprise dans le périmètre d'étude :

Eolienne	E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07
Nom de la voie	CE n° 37	CE n° 21	CE n° 24	VC n°8	CE n° 21	CR n°105	VC n°323
-	-	-	-	-	-	-	-
Distance	57 m	57 m	57 m	77 m	300 m	146 m	80 m

VC= Voie Communale ; CR= Chemin Rural ; CE= Chemin d'Exploitation

Tableau 11 : Distance de chaque éolienne à la voirie dans la zone d'étude

Les éoliennes ne surplombent aucune voie de circulation.

Il n'y a pas de transport fluvial ou ferroviaires et de servitudes liées à ces moyens de transport sur le périmètre d'étude. Il existe un aéroport sur la commune de Gajoubert. Les éoliennes E04 et E07 se situent à moins de 5km de cet aéroport, mais elles respectent la surface de dégagement (limite en hauteur des obstacles à 150m).

4.3.2. RESEAUX PUBLICS ET PRIVES

4.3.2.1. RESEAU ELECTRIQUE

Il n'y a pas de lignes Haute-Tension dans le périmètre d'étude.

4.3.2.2. RESEAU D'EAU

Il n'y a pas de périmètre de protection rapproché des captages d'eau potable dans la zone d'étude.

4.3.2.3. RESEAU DE GAZ

Dans le cas général, l'exploitant définit 3 zones avec des contraintes différentes, définies comme suit :

Zone 1 (verte) / $D \geq D1$

En cas de chute de l'éolienne, une distance au sol entre le mât de l'éolienne et la conduite de gaz (D) supérieure à $D1$ permet de s'assurer que la vibration transmise le long du sol ne provoquera aucun dommage sur la canalisation. Les vibrations sont représentées par la notion de vitesse particulière. Le seuil de la vitesse particulière maximale acceptable dans cette zone est de 50 mm/s.

Zone 2 (orange) : $D2 \leq D < D1$

En cas de chute de l'éolienne, une distance de sol D supérieure à $D2$ permet de s'assurer que la vibration transmise dans le sol ne provoquera pas un dommage sur la canalisation supérieur à l'équivalent d'un séisme significatif.

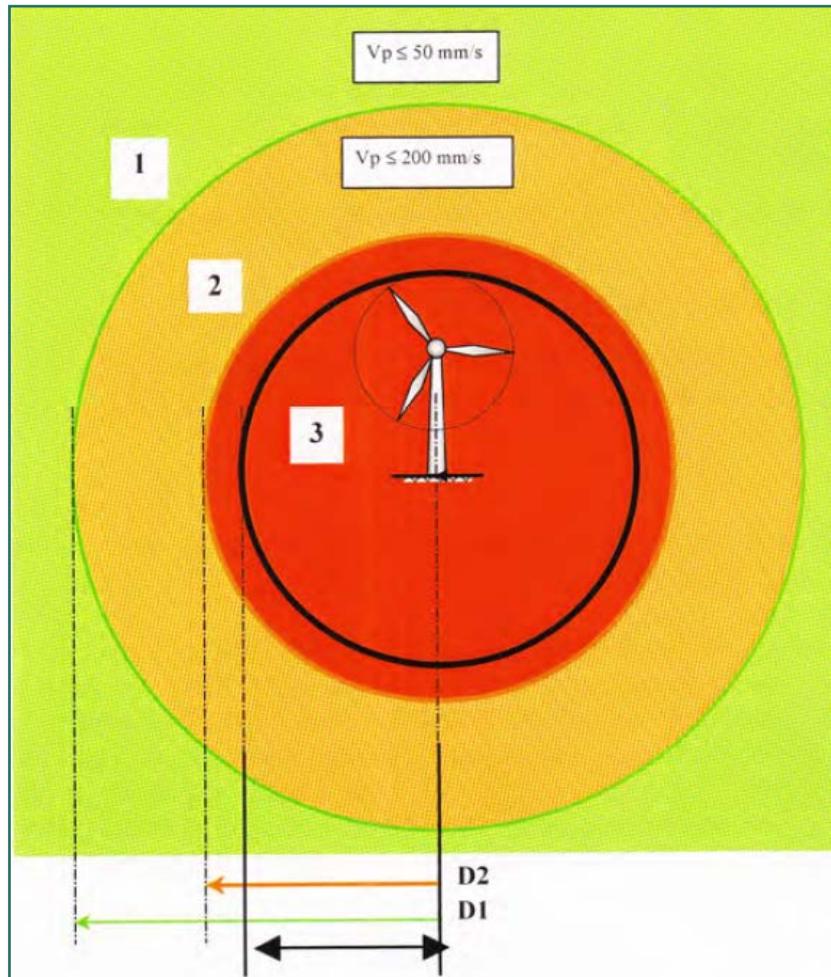


Figure 2 : Distances de sécurité entre une éolienne et un ouvrage de gaz
(Source : GRT gaz)

Il est considéré comme un séisme significatif, le séisme potentiel rencontré dans une zone IB représenté par une vitesse particulière maximale de 200 mm/s. La tenue générale des canalisations de transport posées en zone IB est justifiée par le guide AFPS « association française du génie parasismique ».

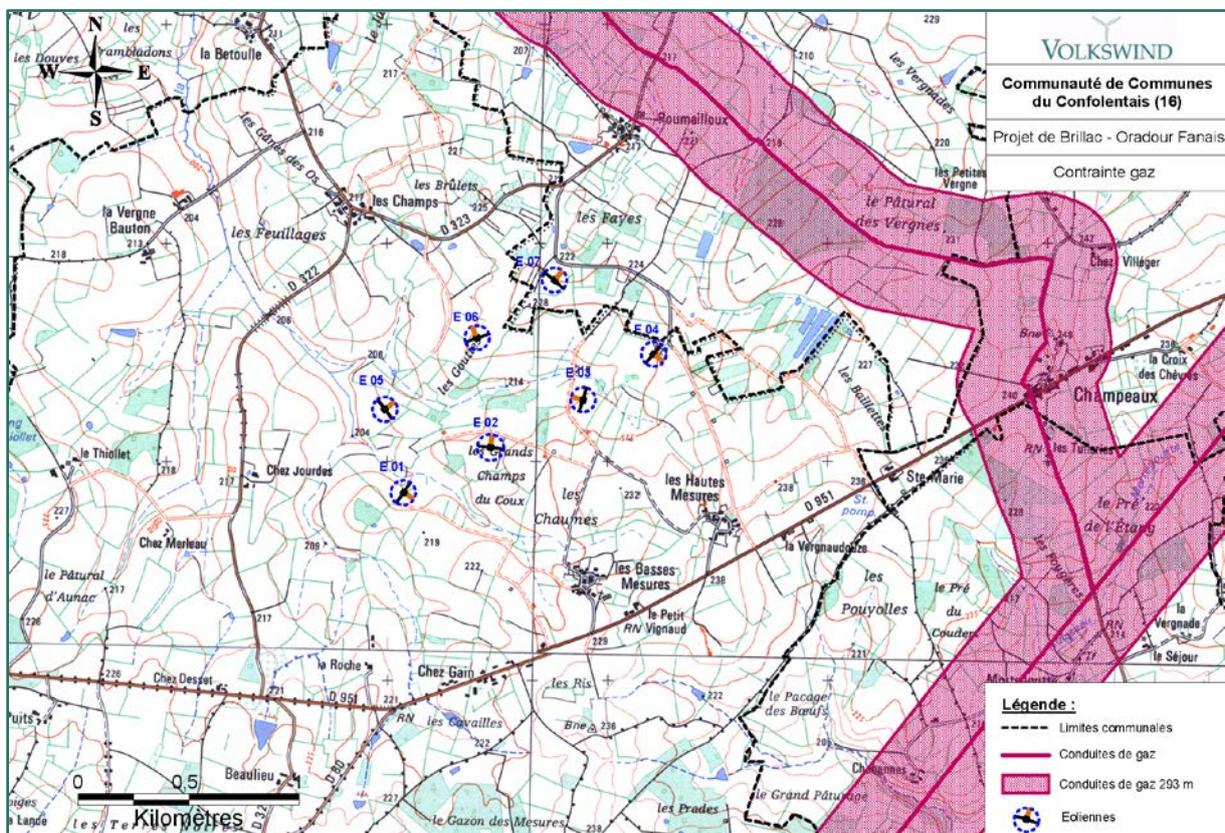
Zone 3 (rouge) : $D > D2$

Aucun ouvrage ne doit se trouver dans cette zone sans une étude spécifique effectuée au cas par cas et validée par un tiers expert.

D'autre part, Gaz de France Réseau transport demande aux maîtres d'ouvrage une justification (calcul ou mesures) garantissant l'absence de vibrations significatives ($< 50 \text{ mm/s}$) au droit de la canalisation en phase d'exploitation de l'éolienne.

Par ailleurs, un avis favorable de l'exploitant concernant la zone rouge nécessite un engagement du constructeur des éoliennes, via la fourniture d'une étude validée par un tiers expert, montrant l'absence d'un risque significatif d'endommagement de leurs ouvrages. Plus précisément, cette étude devra montrer que, compte-tenu de certificats de qualité de conception, construction et d'exploitation des machines, la probabilité d'occurrence d'une agression des ouvrages à la suite d'une défaillance d'une éolienne restera inférieure à $10^{-6}/\text{an}$. Une fréquence de $10^{-6}/\text{an}$ ne serait en effet pas de nature à augmenter de façon significative le risque individuel sur les canalisations de transport en milieu rural.

Sur le périmètre d'étude on ne recense pas de conduite de gaz. Il existe cependant deux conduites de gaz proches du site du projet. L'éolienne la plus proche d'une des deux conduites se trouve à 1 km. Or d'après l'avis donné par GRTgaz, au-delà de 293 m, aucune mesure n'est à prendre par le maître d'ouvrage.



Carte 13 : Conduites de gaz présentes sur les communes de Brillac et d'Oradour-Fanais

4.3.3. OUVRAGES PUBLICS

Aucun ouvrage public n'est à signaler dans la zone d'étude.

4.4. CARTOGRAPHIE DE SYNTHÈSE

➤ Les enjeux humains et matériels :

La comptabilité du nombre de personnes exposées s'appuie sur la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010.

Les habitations :

On ne dénombre aucune habitation dans le périmètre d'étude. Personne n'est ainsi exposé à des risques potentiels au sein des habitations.

Les voies de circulation :

On considère 0,4 personne par kilomètre exposé par tranche de 100 véhicules/jour. Pour le parc éolien de Brillac-Oradour Fanas, le nombre de personnes exposées sur les routes, voies communales et chemins ruraux n'a pas pu être estimé car il n'y a pas de données disponibles sur la fréquentation de ces axes. Toutes ces voies non structurantes (<2000 véhicules jours) sont comptées dans la catégorie des « terrains aménagés mais peu fréquentés »

Les terrains :

Le nombre de personnes exposées sur des terrains est effectué à partir de barème selon le type de terrain :

- Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, forêts, friches, marais...) : 1 personne par tranche de 100 hectares.
- Terrains aménagés mais peu fréquentés (voies de circulation non structurantes, chemins agricoles, plateformes de stockage, vignes, jardins et zones horticoles, gare de triage...) : 1 personne par tranche de 10 hectares.
- Terrains aménagés et potentiellement fréquentés ou très fréquentés (parkings, parcs et jardins publics, zones de baignades surveillées, terrains de sport sans gradin néanmoins...) : 10 personnes minimum à l'hectare (et prise en compte de la capacité du terrain).

Aucun terrain aménagé et potentiellement fréquenté ou très fréquenté n'est inclus dans le périmètre d'étude. L'intégralité du périmètre d'étude est considérée comme terrains aménagés mais peu fréquentés.

Tableau 12 : Nombre de personnes exposées sur l'ensemble du périmètre d'étude

Type de terrains	Barème	Surface	Nombre de personnes exposées
Terrains aménagés mais peu fréquentés	1 personne/10 hectares	287,4 ha	28,74

Au total, **28,74 personnes sont exposées** sur les terrains présents au sein de l'ensemble du périmètre d'étude.

Tableau 13 : Nombre de personnes exposées dans le périmètre d'étude autour de chaque éolienne

Type de terrains	Barème	Surface	Nombre de personnes exposées
Terrains aménagés mais peu fréquentés	1 personne/10 hectares	78,5 ha	7,85

Au total, **7,85 personnes sont exposées** sur les terrains présents au sein du périmètre d'étude autour de chacune des éoliennes.

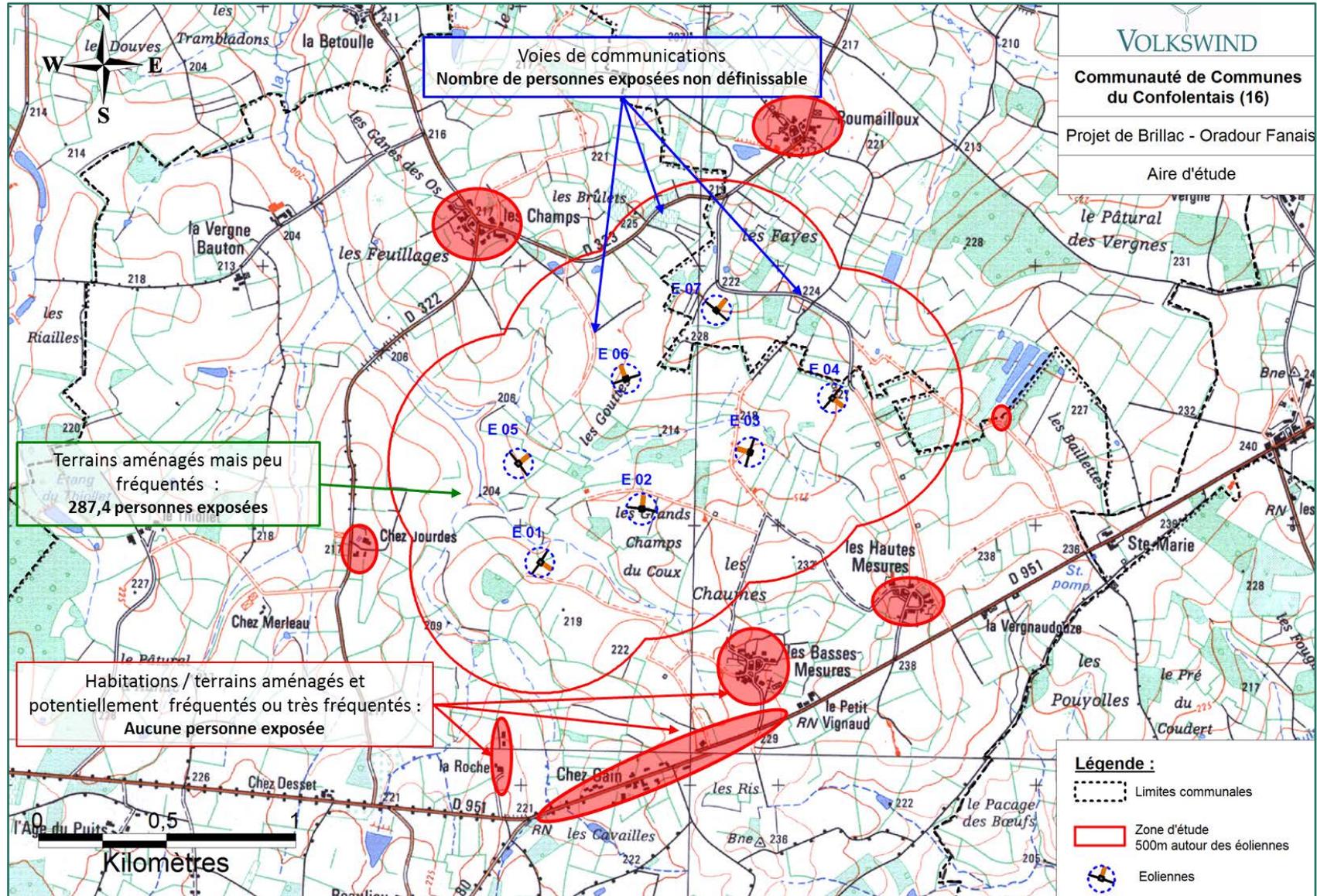
Les ERP :

Il n'y a aucun ERP au sein du périmètre d'étude.

Les chemins de promenade et de randonnée :

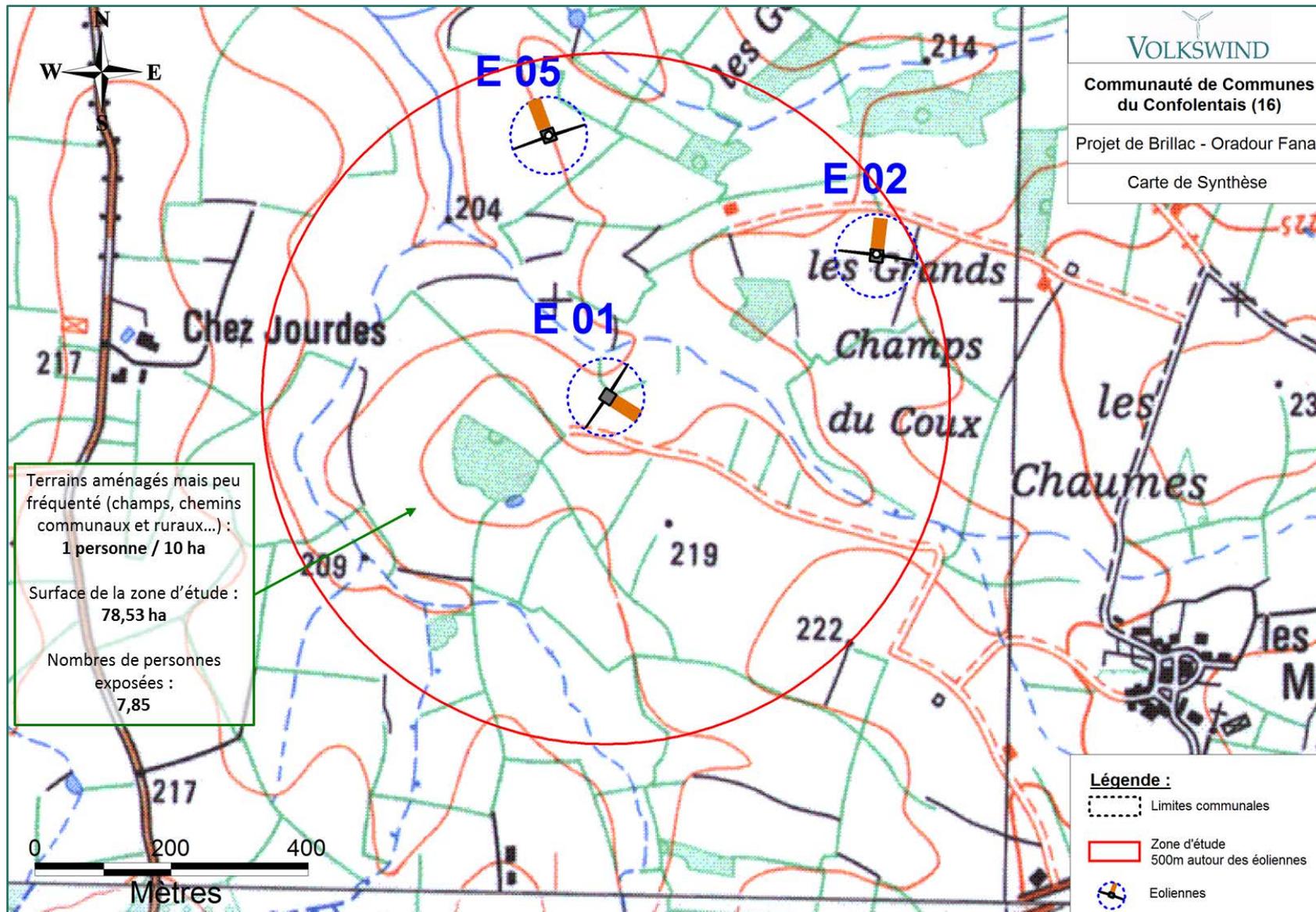
Il n'existe aucun chemin inscrit au PDIPR (Plan Départemental des Itinéraires de Promenade et de Randonnée) dans le périmètre d'étude.

La carte suivante identifie les enjeux humains à l'intérieur et à proximité de la zone d'étude pour l'ensemble du parc éolien.

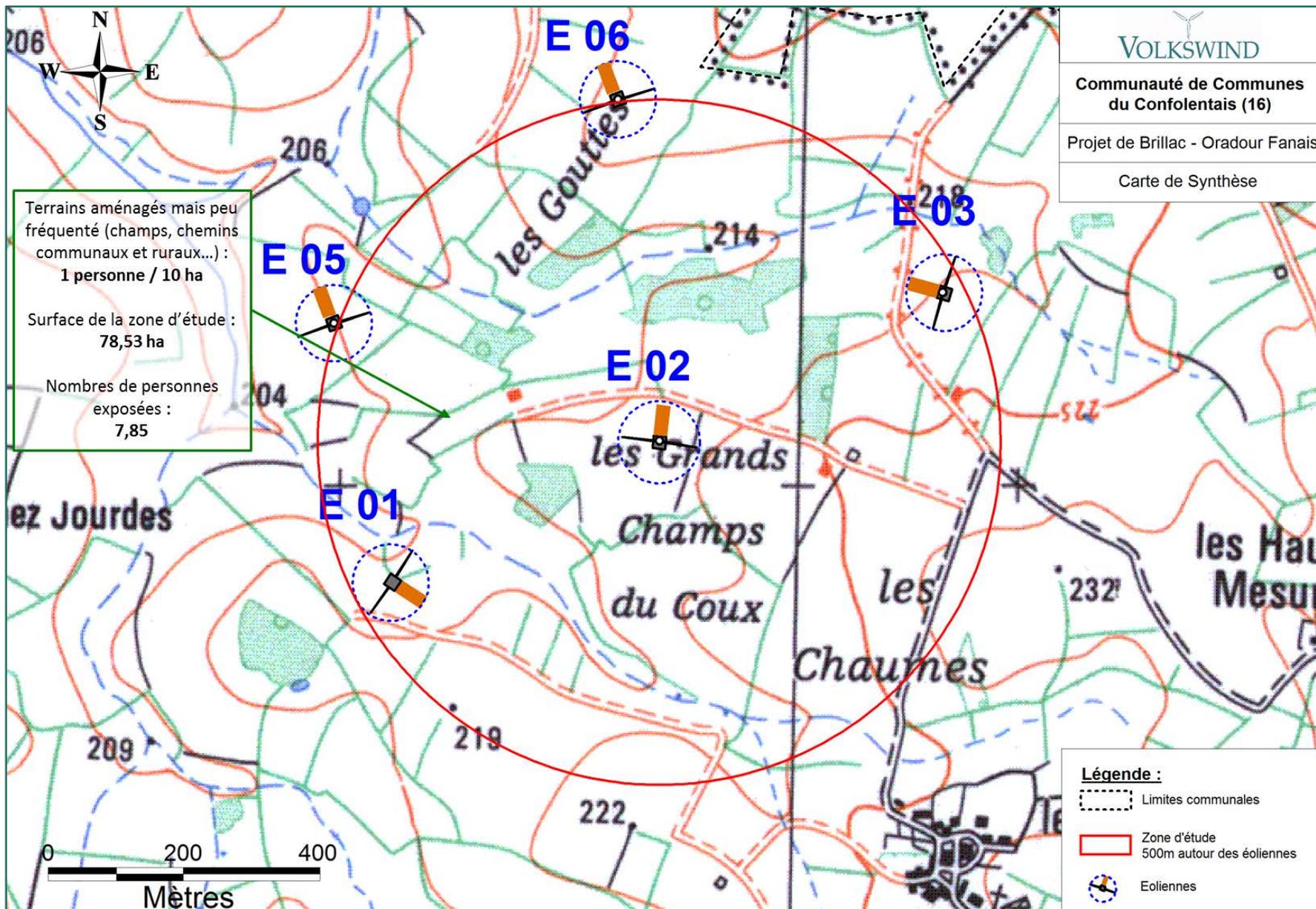


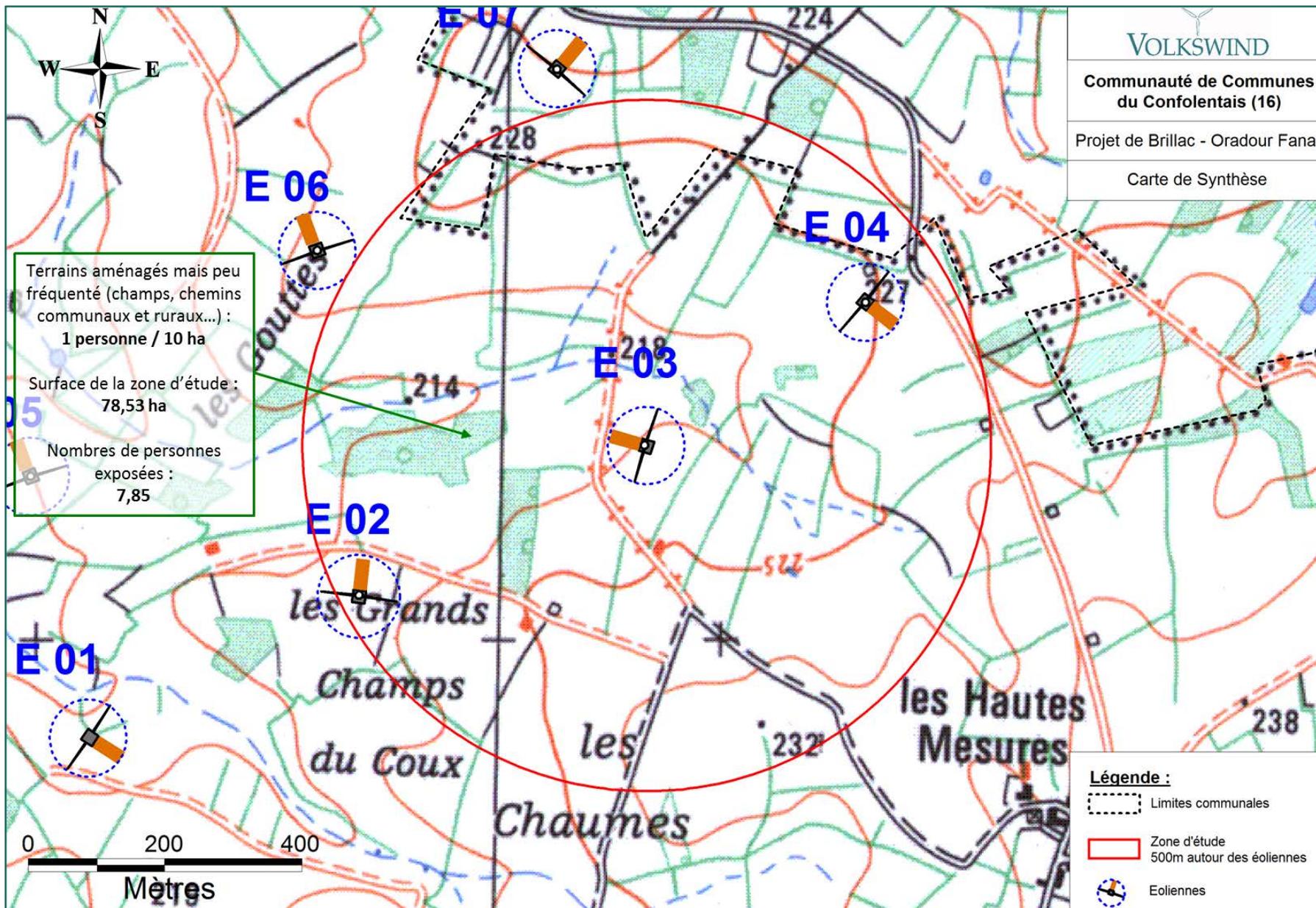
Carte 14 : Synthèse des cibles et du nombre de personnes exposées pour l'ensemble du parc

Les cartes suivantes précisent les caractéristiques de la zone d'étude autour de chaque aérogénérateur ainsi que le nombre de personnes exposées.

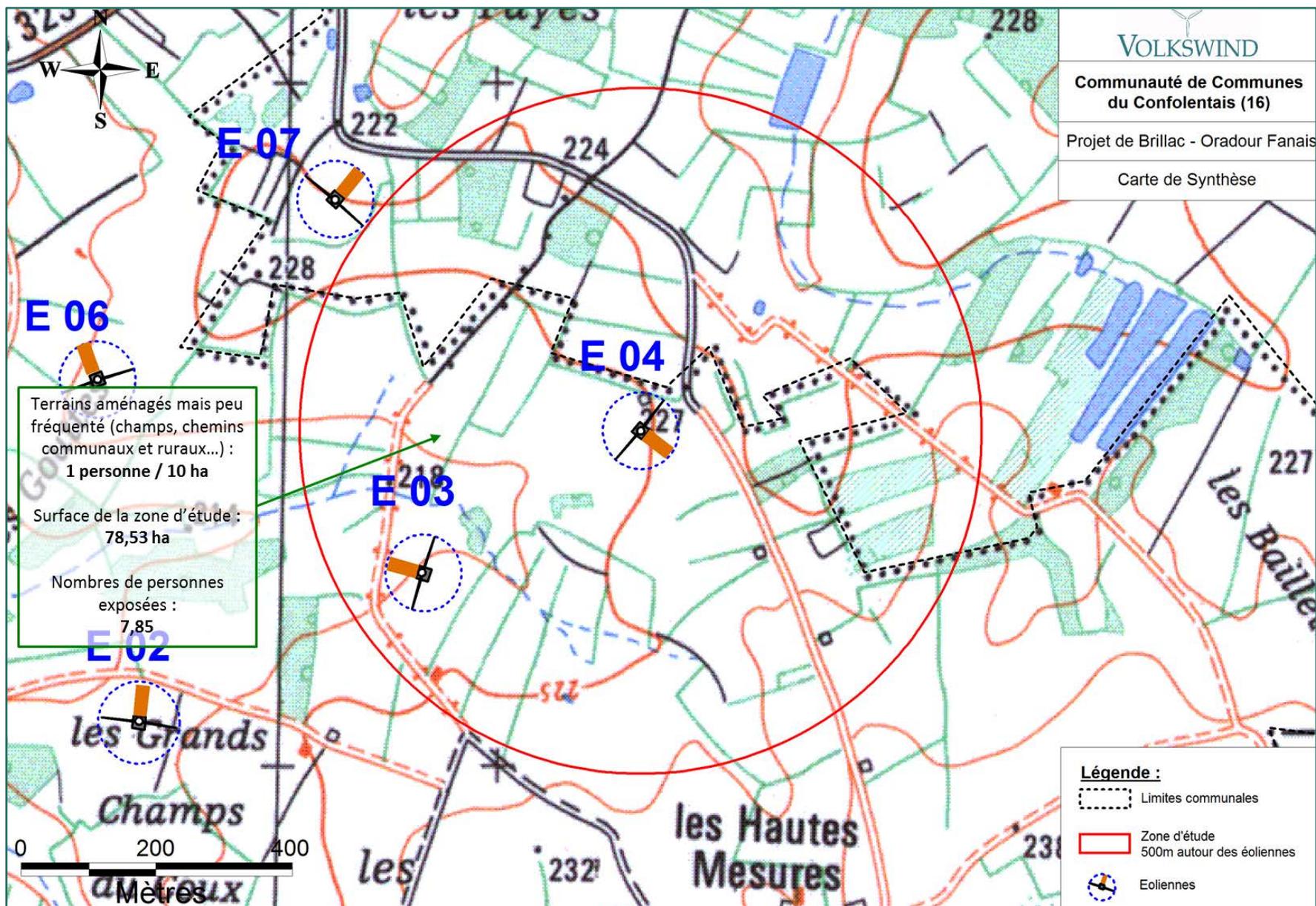


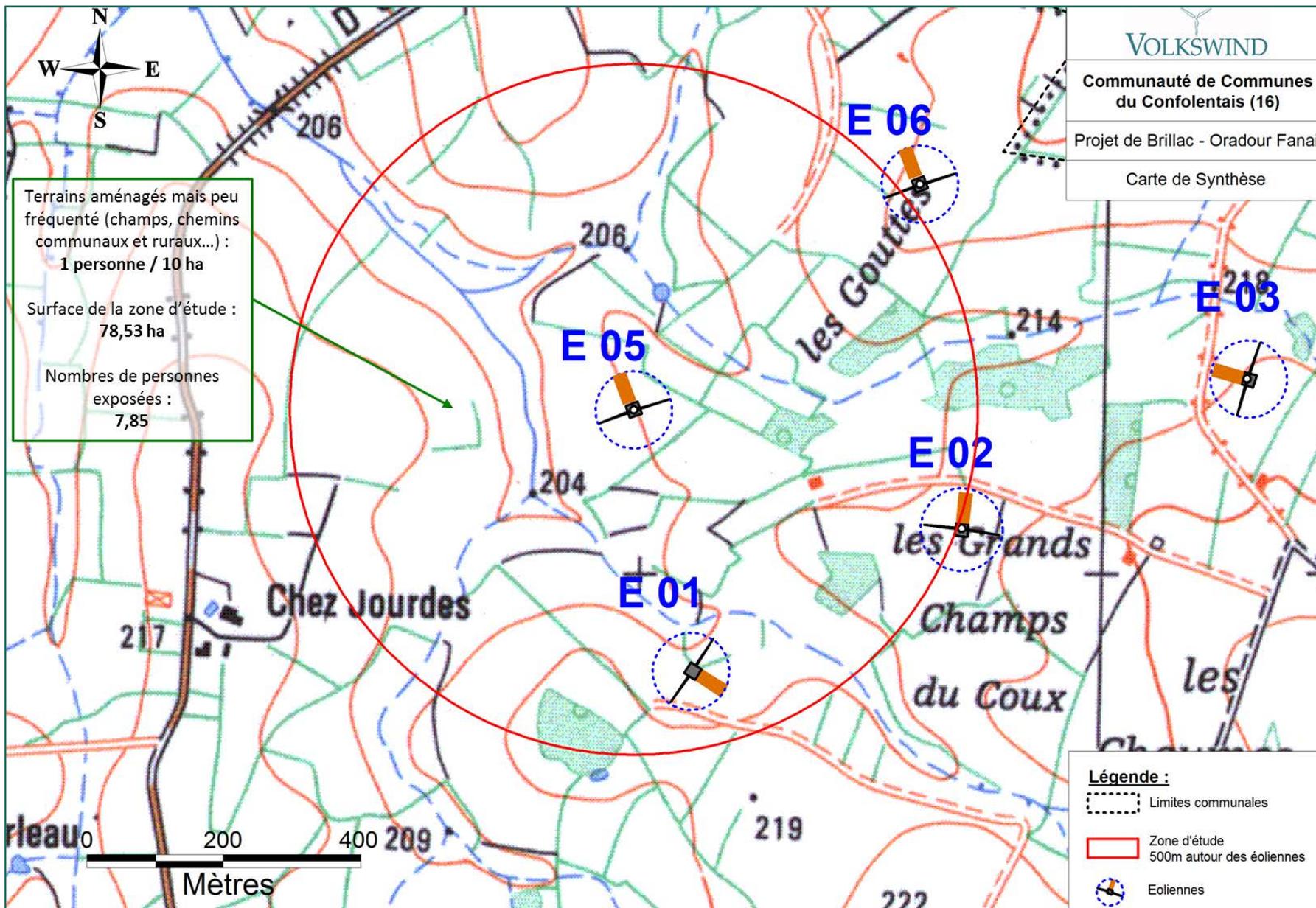
Carte 15 : Synthèse des cibles et du nombre de personnes exposées pour l'éolienne E01



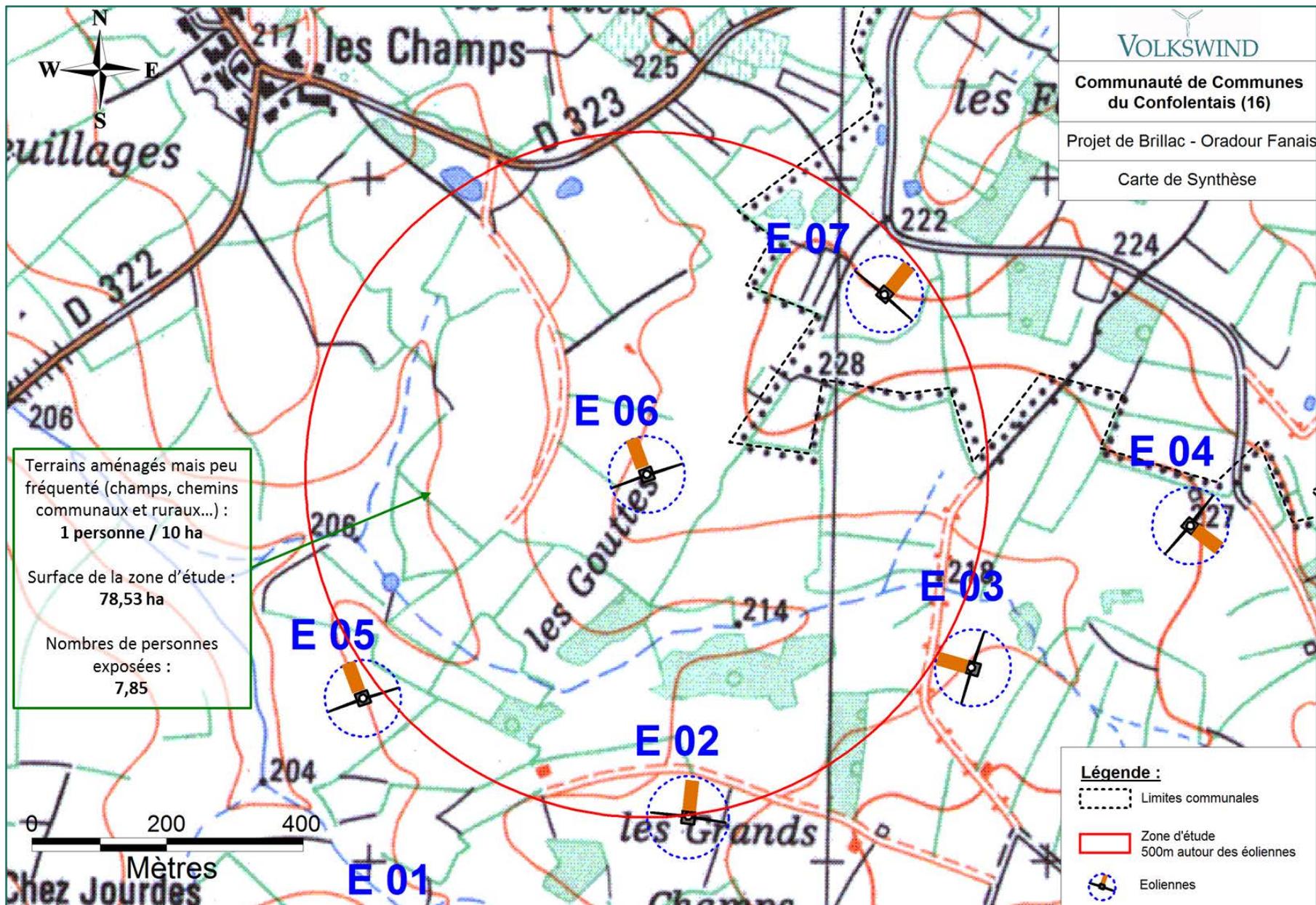


Carte 17 : Synthèse des cibles et du nombre de personnes exposées pour l'éolienne E03

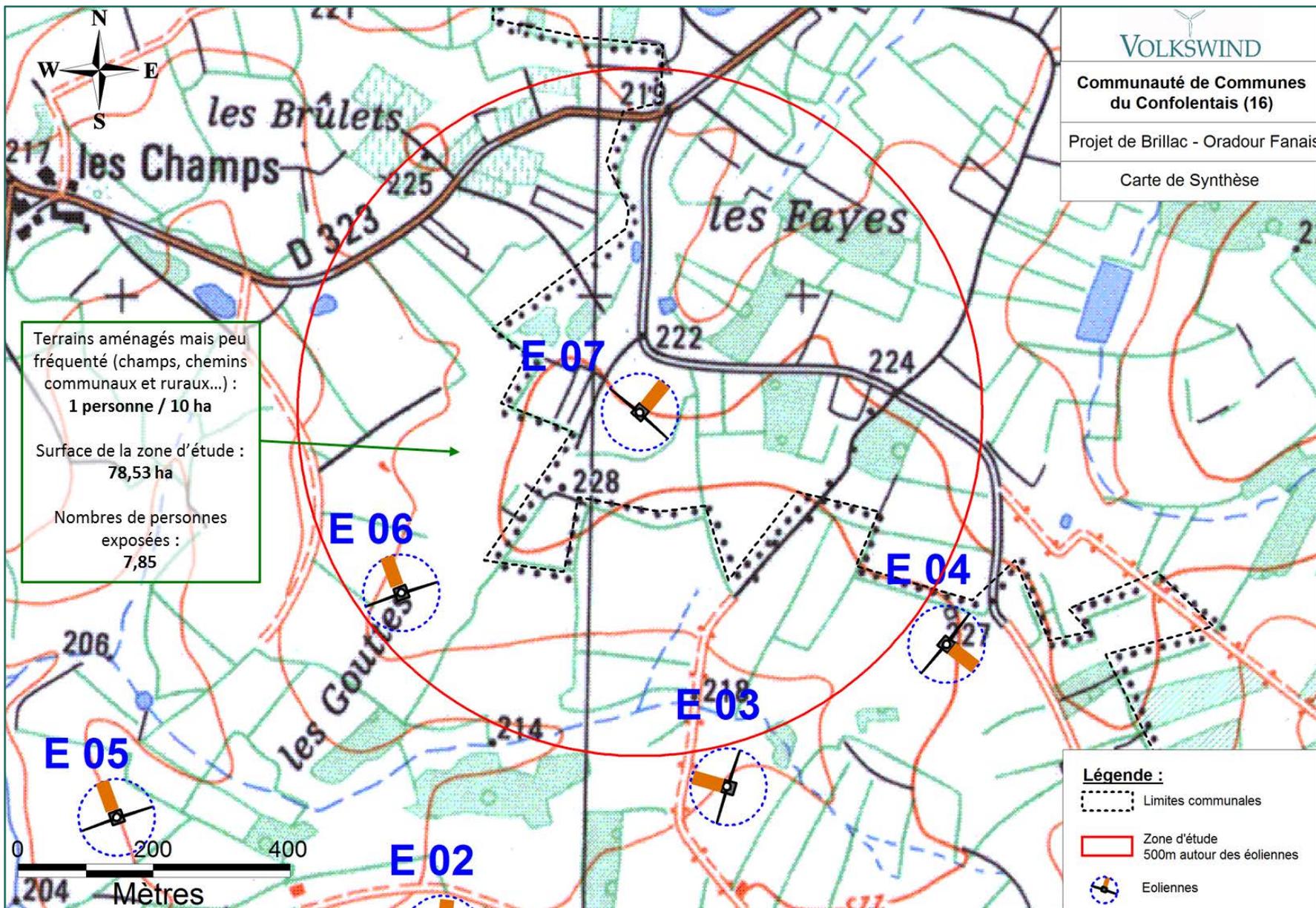




Carte 19 : Synthèse des cibles et du nombre de personnes exposées pour l'éolienne E05



Carte 20 : Synthèse des cibles et du nombre de personnes exposées pour l'éolienne E06



Carte 21 : Synthèse des cibles et du nombre de personnes exposées pour l'éolienne E07

5. DESCRIPTION DE L'INSTALLATION

Ce chapitre a pour but de caractériser l'installation envisagée ainsi que son organisation et son fonctionnement pour permettre d'identifier les principaux potentiels de dangers qu'elle représente (chapitre 6), au regard notamment de la sensibilité de l'environnement décrit précédemment.

5.1. CARACTERISTIQUES DE L'INSTALLATION

5.1.1. ACTIVITE DE L'INSTALLATION

L'activité principale de la ferme éolienne de Brillac – Oradour Fanais est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent avec une hauteur (mât + nacelle = 91,6 m + 3,42 m) de 95,02 m. Cette installation est soumise à la rubrique 2980 des installations classées pour la protection de l'environnement.

5.1.2. COMPOSITION DE L'INSTALLATION

5.1.2.1. LE PARC EOLIEN

La ferme éolienne de Brillac – Oradour Fanais est composée de 7 éoliennes de type Vestas V112 d'une puissance unitaire de 3,0 MW et d'un poste de livraison. Chaque aérogénérateur a une hauteur de moyeu de 94 mètres (soit une hauteur de mât de 91,6 m au sens de l'article R. 421-2-c du Code de l'Urbanisme) et un diamètre de rotor de 112 mètres, soit une hauteur totale en bout de pale de 150 mètres.

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

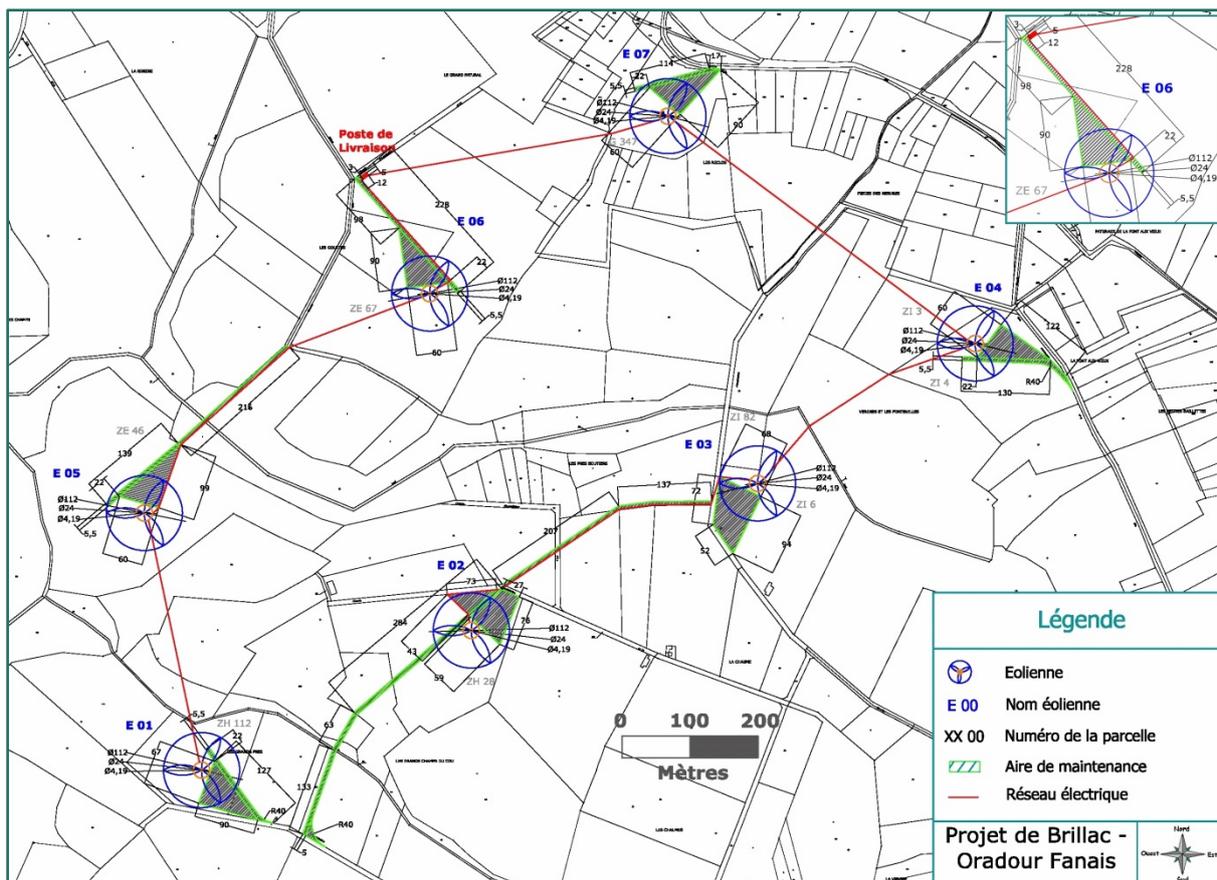
Numéro Eolienne et poste de livraison	Coordonnées en Lambert II étendu (m)*		Coordonnées en WGS 84 (dd°mm'ss,s'')		Cote NGF au sol (m)**	Cote NGF en bout de pales (m)
	X	Y	N	W		
E01	481 073	2 121 855	46°05'11,1''	000°47'55,4''	212	362
E02	481 469	2 122 063	46°05'18,1''	000°48'13,6''	217	367
E03	481 890	2 122 282	46°05'25,4''	000°48'33,0''	220	370
E04	482 210	2 122 490	46°05'32,4''	000°48'47,7''	224	374
E05	480 989	2 122 238	46°05'23,4''	000°47'51,1''	210	360
E06	481 408	2 122 565	46°05'34,3''	000°48'10,3''	221	371
E07	481 759	2 122 829	46°05'43,1''	000°48'26,4''	225	375
PDL	481 312	2 122 739	46°05'39,9''	000°48'05,7''	217	NA***

*X et Y : Données extraites des feuilles cadastrales géoréférencées fournies par www.cadastre.gouv.fr

** Côte NGF : Données extraites de *CartoExplorer 3*

*** NA : Non Applicable

Tableau 14 : Coordonnées des éoliennes et du poste de livraison



Carte 22 : Implantation du parc éolien et du poste de livraison

5.1.2.2. L'ÉOLIENNE

Au sens de l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent, les aérogénérateurs (ou éoliennes) sont définis comme un dispositif mécanique destiné à convertir l'énergie du vent en électricité. Les principaux éléments d'une éolienne sont : un mât, une nacelle, le rotor auquel sont fixées les pales, ainsi que, le cas échéant, un transformateur.

L'aérogénérateur envisagé pour le projet de ferme éolienne de Brillac – Oradour Fanais est de marque Vestas V112-3MW adaptée pour les vents moyens. La puissance nominale (à pleine puissance) est de 3,0 MW, le mât a une hauteur de 94 m (hauteur du moyeu), le diamètre du rotor est de 112 m et la hauteur totale de l'éolienne est de 150 m.



Photo 1 : Photographie d'une éolienne Vestas
(Source : Vestas)

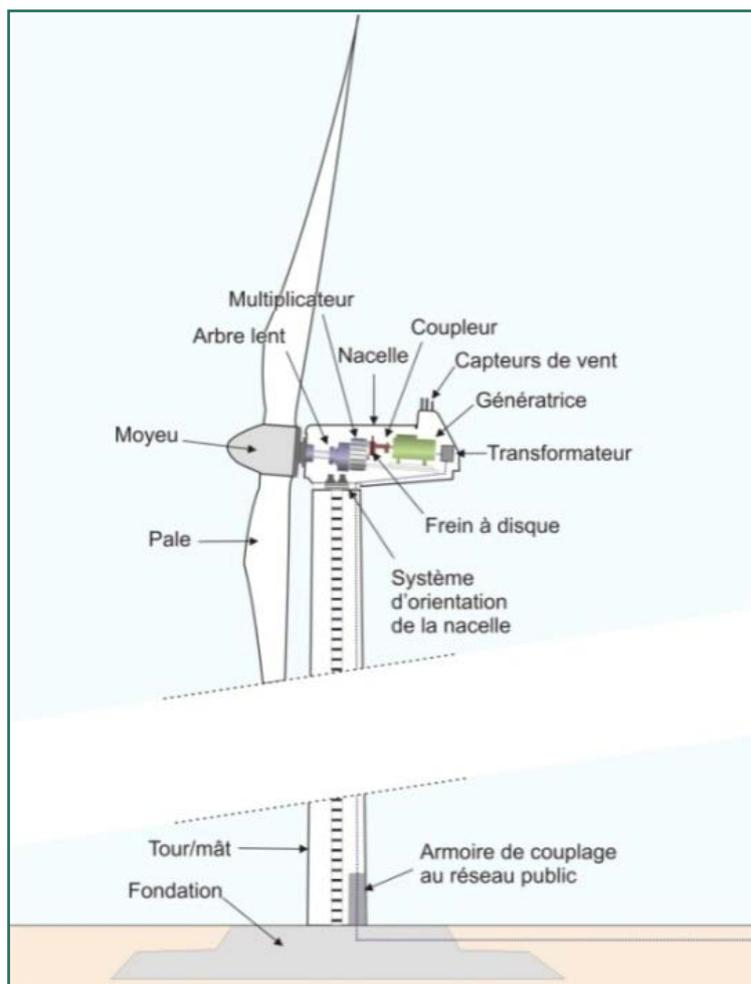


Figure 3 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur

De bas en haut il y a :

- **Des fondations** de 3 à 5 m de profondeur (valeur théorique, des études du sol vont être faites afin de déterminer précisément la profondeur des fondations) couvrant une surface bétonnée de 24 m de diamètre ;
- **Un mât tubulaire** composé de 4 tronçons en acier, de 4,2 m de diamètre à la base. A l'intérieur de la base du mât, est installée une armoire de contrôle électrique contenant des systèmes de comptage ainsi qu'un monte-charge pour accéder à la nacelle ;
- **Une nacelle** abritant plusieurs éléments fonctionnels :
 - La génératrice qui transforme l'énergie de rotation du rotor en énergie électrique ;
 - Le multiplicateur ;
 - Le transformateur qui permet d'élever la tension électrique produite au niveau de celle du réseau électrique ;
 - Le système de freinage mécanique ;
 - Le système d'orientation de la nacelle qui place l'éolienne 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.
- **Un rotor** de 112 m de diamètre, composé de 3 pales en matériaux composites de 56 m de long et réunies au niveau du moyeu.

Les principales caractéristiques de ces éoliennes sont :

- Une puissance nominale de 3,0 MW (3000 kW) ;
- Une régulation de la puissance s'effectuant par variation de l'angle des pales (régulation pitch) ;
- Une vitesse du rotor : de 4,4 à 17,7 tours/minute ;
- Une vitesse de vent de démarrage : de 3 m/s ;
- Une vitesse de vent à puissance nominale de 12 m/s.

Les limites de fonctionnement de ces éoliennes sont :

- Vitesse de coupure du vent : 25 m/s,
- Durée de vie théorique : 20 ans.

Le système de freinage est à la fois aérodynamique et mécanique. Les trois pales indépendantes les unes des autres peuvent être mises en drapeau en quelques secondes. Le blocage complet du rotor n'est effectué que lorsqu'on utilise l'arrêt d'urgence ou en cas d'entretien (frein à disque mécanique).

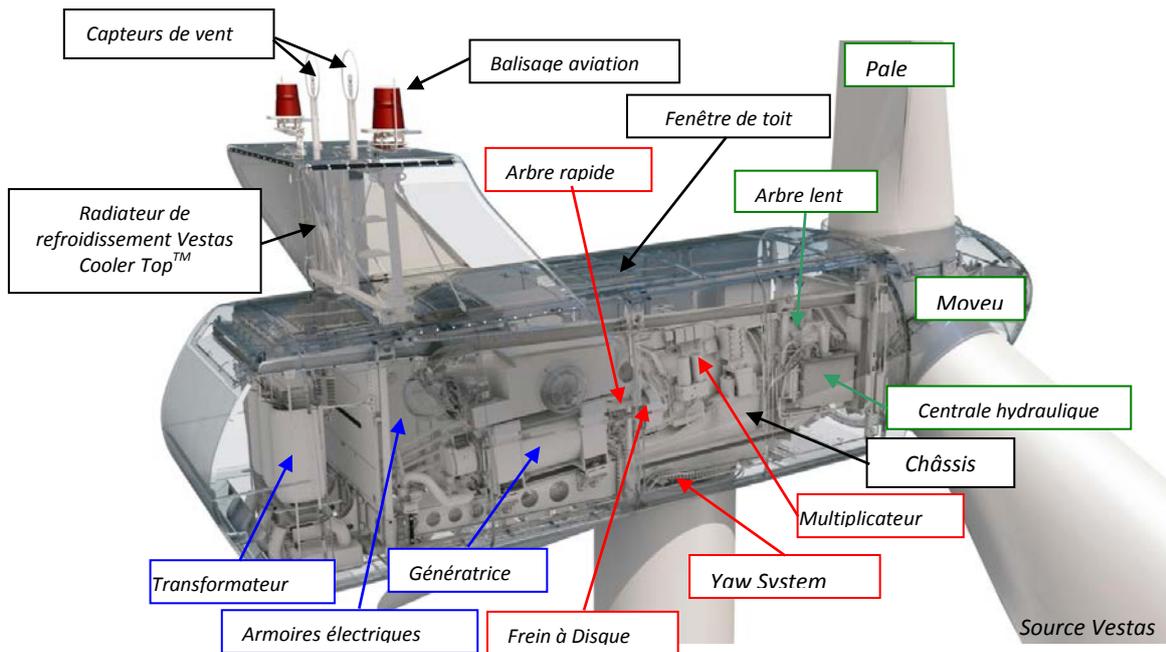


Figure 4 : Schéma de la nacelle V112 – 3MW

D'un point de vue aérodynamique, les éoliennes doivent être suffisamment distantes les unes des autres de sorte que les perturbations liées aux courants d'air engendrés par la rotation des pales soient atténuées au niveau de l'éolienne voisine. Sur le site du projet, les éoliennes seront ainsi implantées à 380 m minimum les unes des autres. Cette distance est suffisante pour rétablir une circulation fluide de l'air.

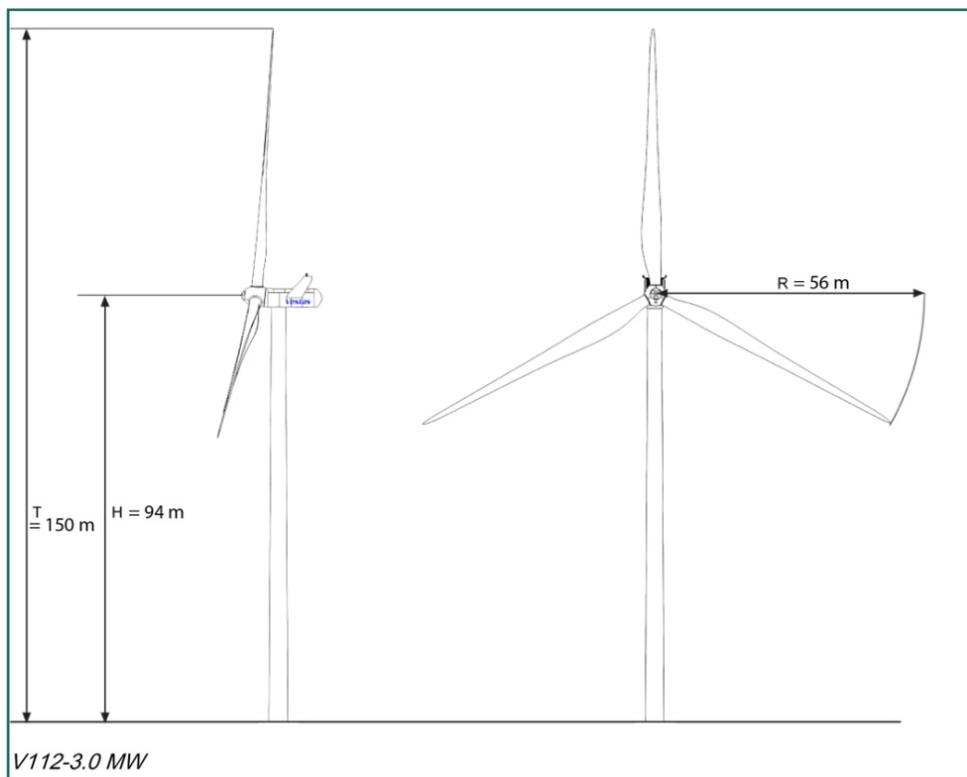


Figure 5 : Schéma de principe de l'éolienne Vestas V112 – 3MW

5.1.2.3. LES EMPRISES AU SOL

Plusieurs emprises au sol sont nécessaires pour la construction et l'exploitation des parcs éoliens :

- **La surface de chantier** est une surface temporaire, durant la phase de construction, destinée aux manœuvres des engins et au stockage au sol des éléments constitutifs des éoliennes.
- **La fondation de l'éolienne** est recouverte de terre végétale. Ses dimensions exactes sont calculées en fonction des aérogénérateurs et des propriétés du sol.
- **La zone de surplomb ou de survol** correspond à la surface au sol au-dessus de laquelle les pales sont situées, en considérant une rotation à 360° du rotor par rapport à l'axe du mât.
- **La plateforme ou aire de maintenance** 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.

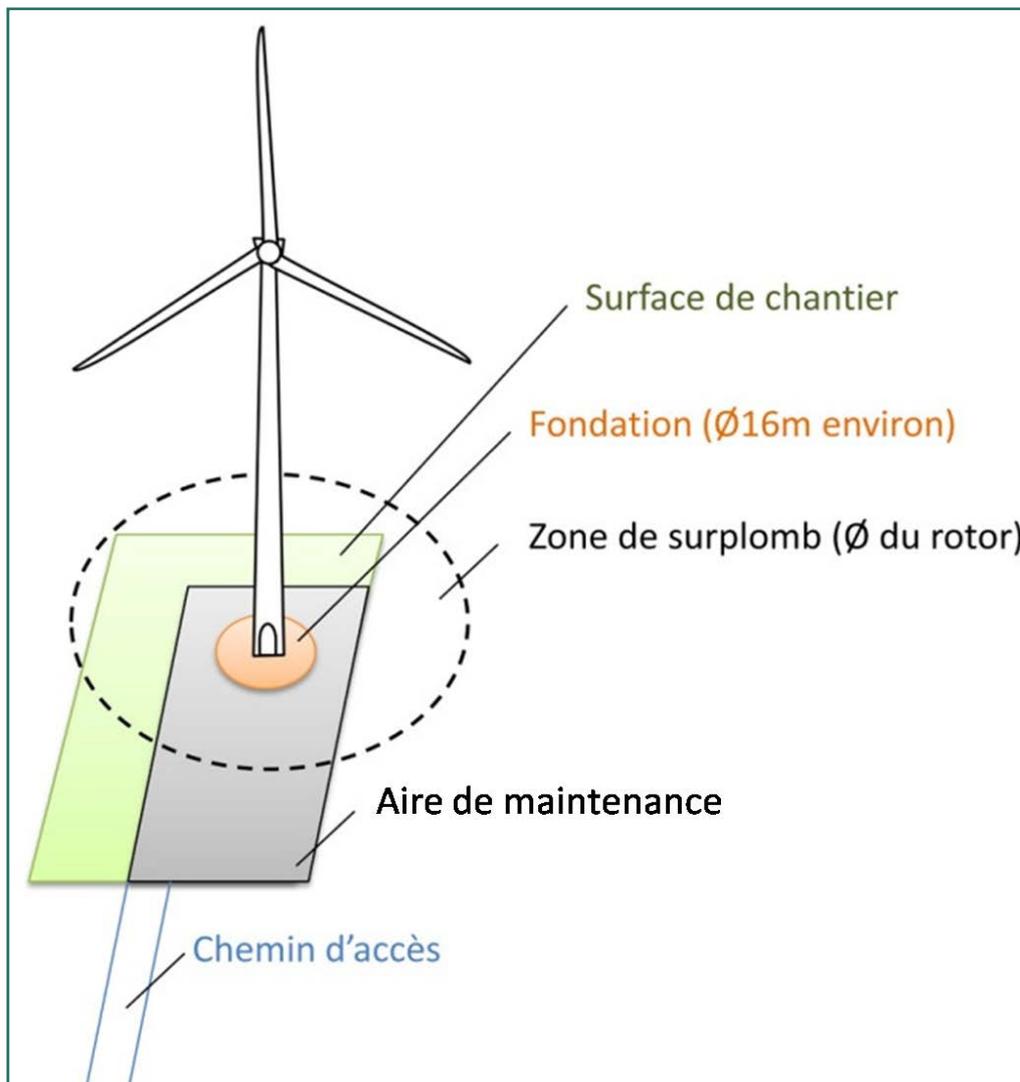


Figure 6 : Illustration des emprises au sol d'une éolienne

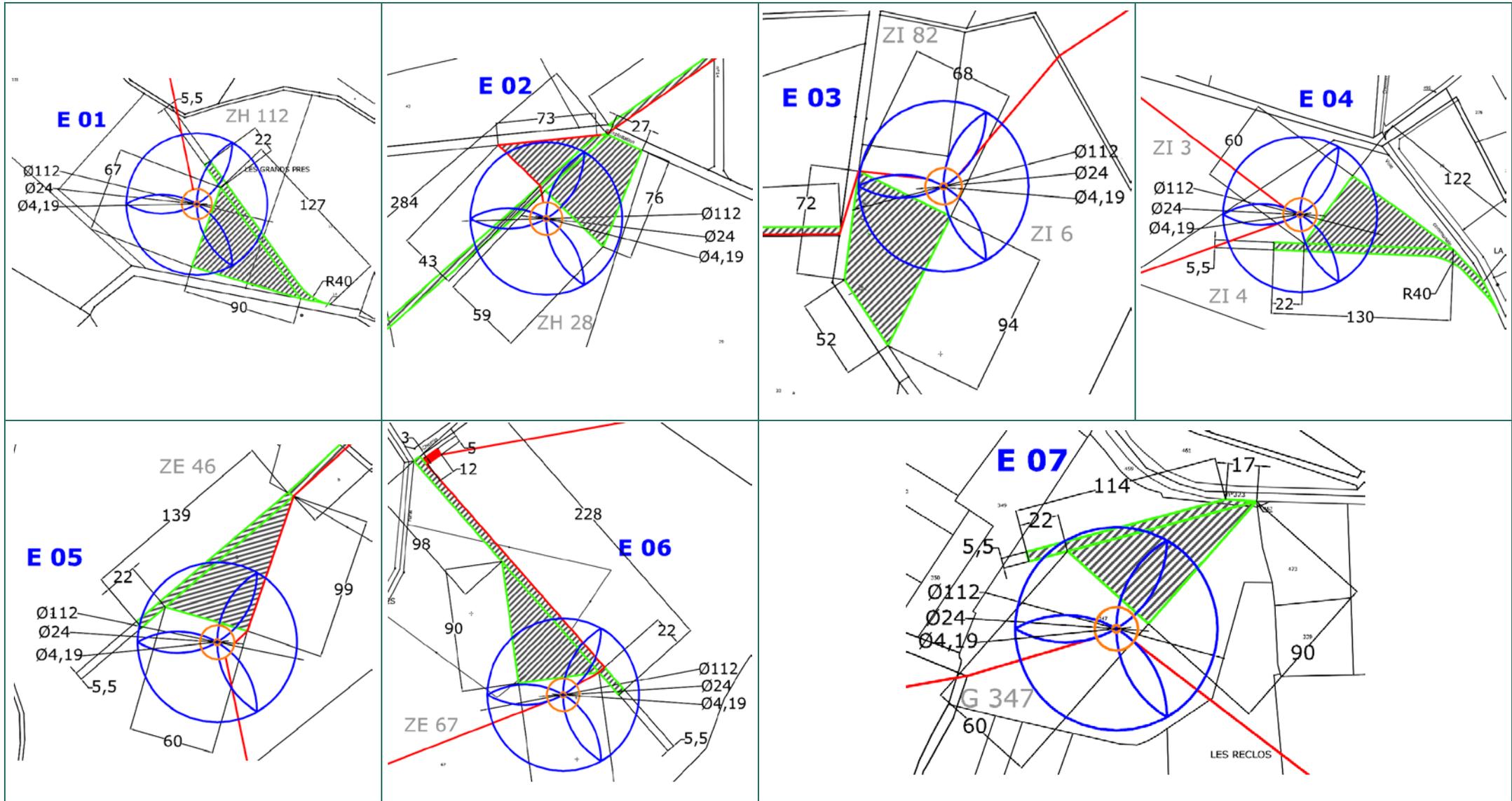


Figure 7 : Aires de montage et d'entretien

5.1.2.4. LES CHEMINS D'ACCES

Pour accéder à chaque aérogénérateur, des pistes d'accès sont aménagées pour permettre aux véhicules d'accéder aux éoliennes aussi bien pour les opérations de 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).

5.1.2.5. LES RESEAUX ELECTRIQUES

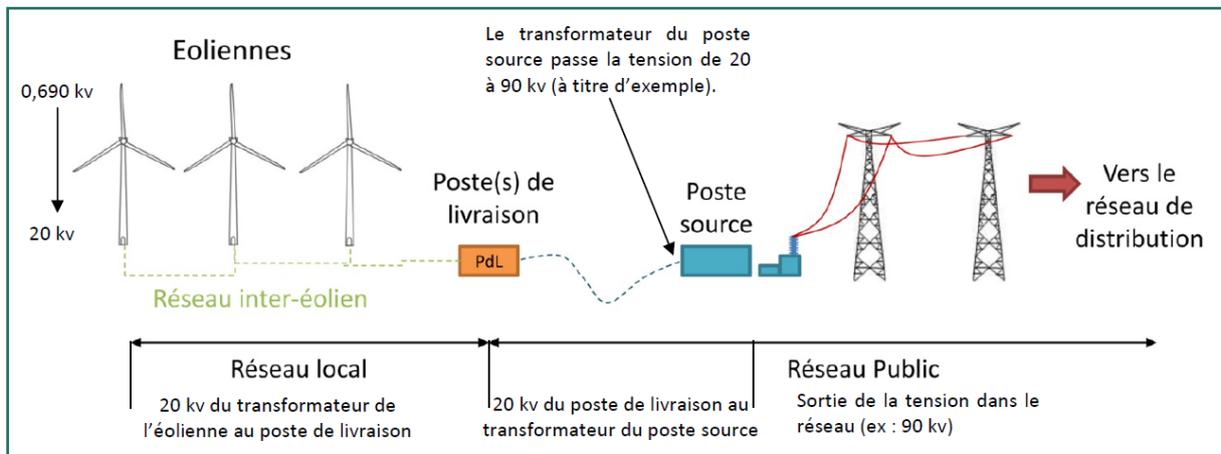


Figure 8 : Schéma de raccordement électrique d'un parc éolien

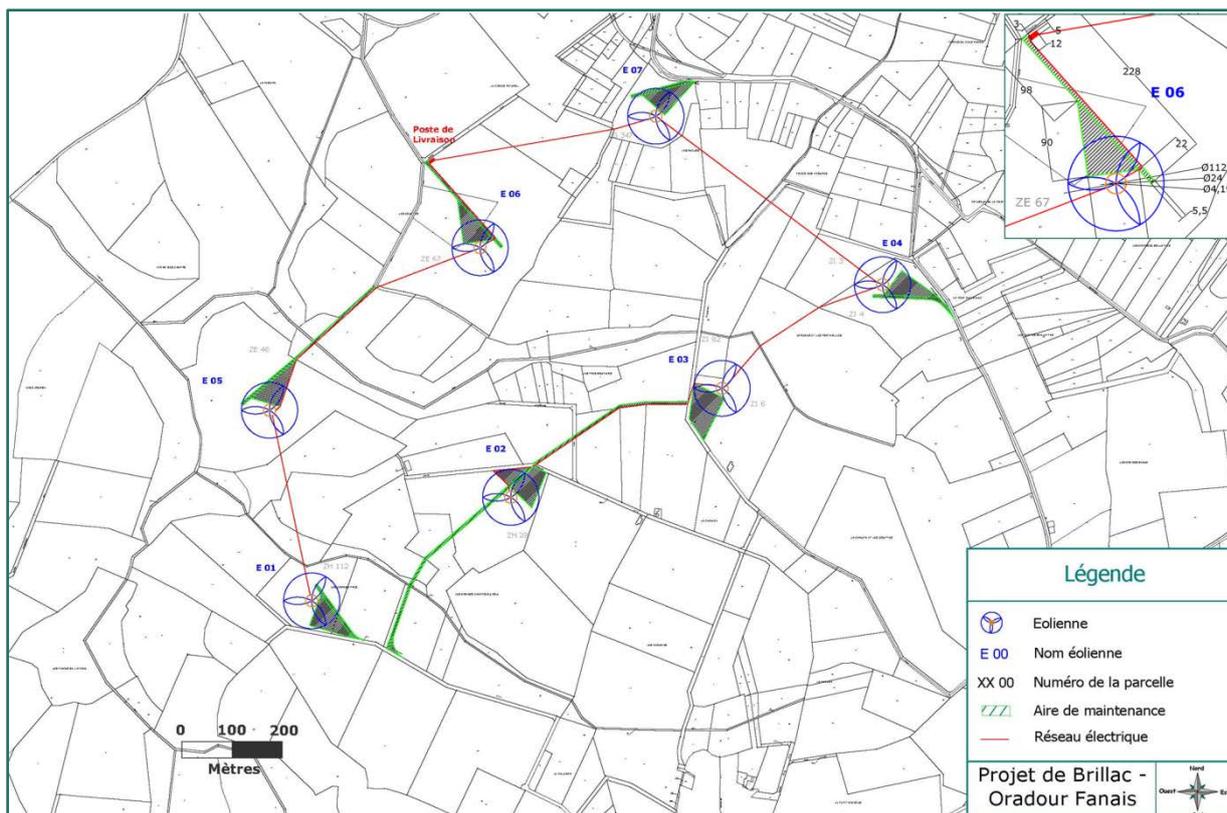
Dans cet exemple, l'énergie produite dans la génératrice a une production d'électricité de 690 volts. Dans les mâts de chaque éolienne (ou pour certaines dans la nacelle) se trouve un transformateur qui augmente la tension jusqu'à 20 000 volts. Le cheminement passe ensuite par le poste de livraison où la tension reste la même à savoir 20 000 volts. Du poste de livraison au transformateur du poste source, la tension est augmentée de 20 kV à 90 kV (donnée à titre d'exemple). Ensuite, la tension est distribuée dans le réseau à hauteur de 90 kV.

On notera que parfois le niveau de tension du poste source est de 15 kV au lieu de 20kV. Dans ce cas, la tension en sortie de poste de livraison jusqu'au poste source sera de 15kV.

Réseau inter-éolien

Le réseau inter-éolien permet de relier le transformateur, intégré ou non dans le mât de chaque éolienne¹, au point de raccordement avec le réseau public. Ce réseau comporte également une liaison de télécommunication qui relie chaque éolienne au terminal de télésurveillance. Ces câbles constituent le réseau interne de la centrale éolienne, ils sont tous enfouis à une profondeur minimale de 80 cm.

¹ Dans le cas des éoliennes V112 – 3MW, les transformateurs sont inclus dans la nacelle



Carte 23 : Réseau interne du parc éolien

Poste de livraison

Le poste de livraison est le nœud de raccordement de toutes les éoliennes avant que l'électricité ne soit injectée dans le réseau public.

Ce poste de livraison sera composé de compteurs électriques, de cellules de protection, de sectionneurs et de filtres électriques. La tension réduite de ces équipements (20 000 volts) n'entraîne pas de risque magnétique important. Son impact est donc globalement limité à son emprise au sol de 60 m² (12 m x 5 m).

Afin de réaliser les connections et le comptage entre le projet éolien et le poste source de Jousseau, le poste de livraison sera disposé au sein du parc, à proximité de l'éolienne E06 en bordure d'un chemin rural.

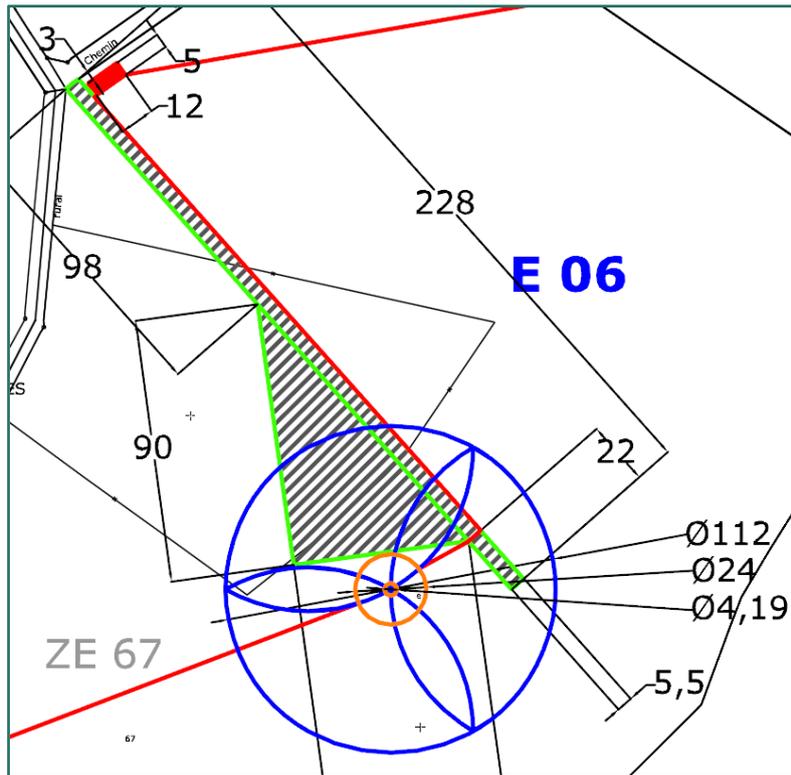


Figure 9 : Implantation cadastrale du poste de livraison

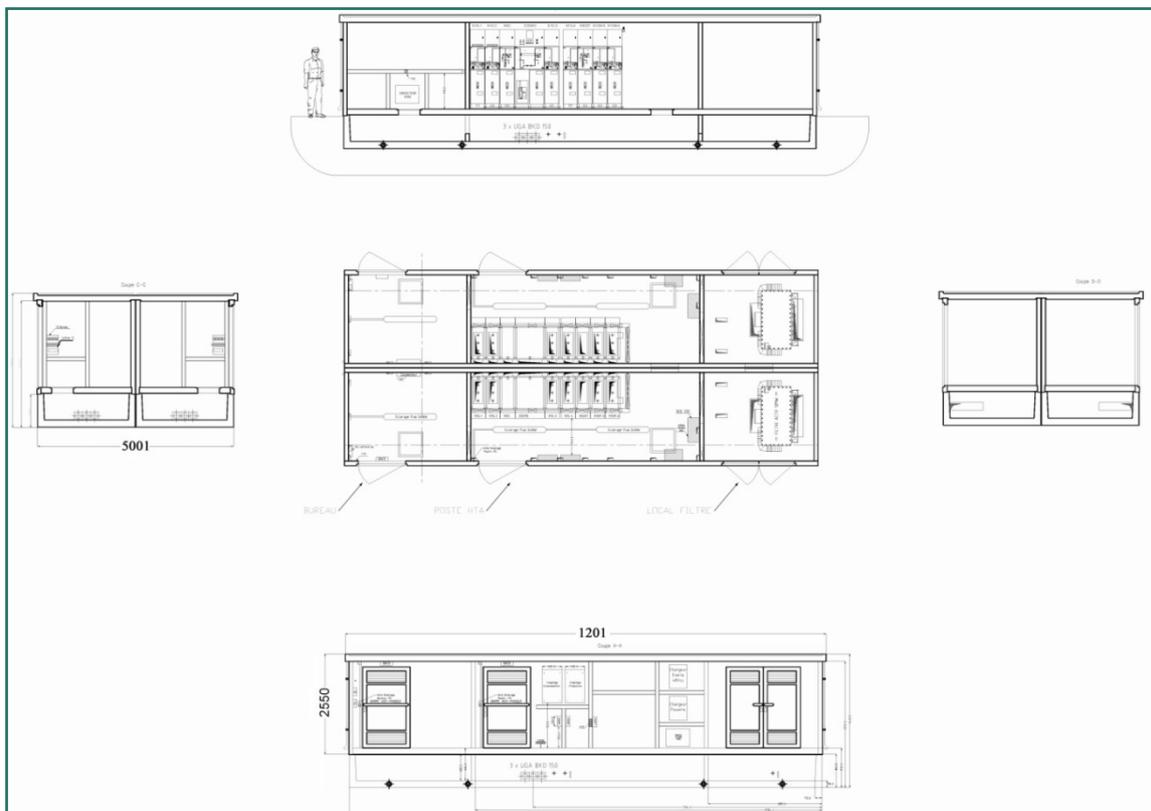


Figure 10 : Plan du poste de livraison

Réseau électrique externe

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

5.1.2.6. LES DISPOSITIFS PARTICULIERS

Le balisage aéronautique

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

L'arrêté du 13 novembre 2009 (relatif à la réalisation du balisage des éoliennes situées en dehors des zones grevées de servitudes aéronautiques) fixe les exigences de réalisation du balisage des éoliennes qui constituent un obstacle à la navigation aérienne.

Le balisage lumineux d'obstacle sera :

- Installé sur toutes les éoliennes,
- Assuré de jour par des feux d'obstacle à éclats blancs,
- Assuré de nuit par des feux d'obstacle à éclats rouges,
- Assure la visibilité de l'éolienne dans tous les azimuts (360°),
- Synchronisé de jour comme de nuit.



Figure 11 : Photographie d'un exemple de balisage aéronautique

Le balisage des prescriptions

Conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux éoliennes, un balisage d'information des prescriptions à observer par les tiers est affiché sur le chemin d'accès de chaque aérogénérateur et sur le poste de livraison.

Les prescriptions figurant sur les panneaux sont :

- les consignes de sécurité à suivre en cas de situation anormale,
- Interdiction de pénétrer dans l'aérogénérateur,
- Mise en garde face aux risques d'électrocution,
- Mise en garde face au risque de chute de glace.

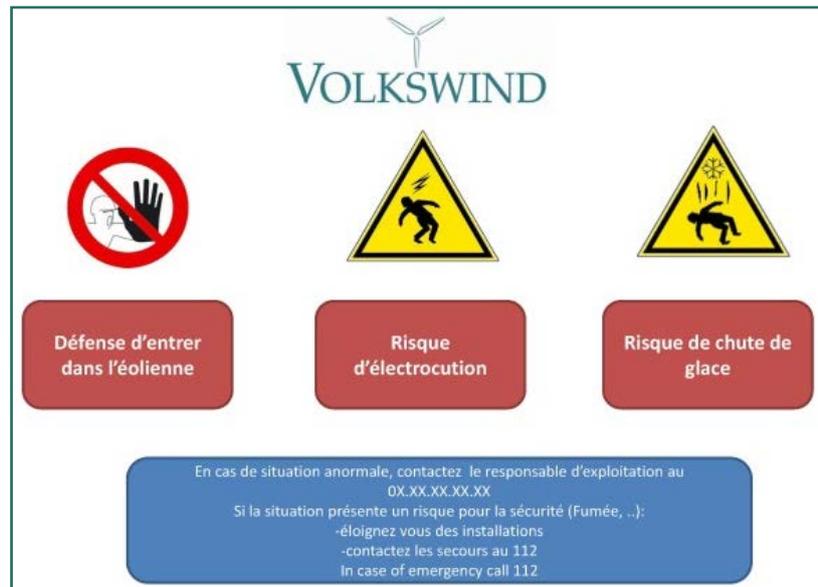


Figure 12 : Exemple de panneau d'affichage des prescriptions

5.2. FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

5.2.1. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UN AEROGENERATEUR

Les principaux éléments constitutifs de l'aérogénérateur sont :

Principaux Elément de l'installation	Fonction	Caractéristiques
Fondation	Ancrer et stabiliser l'éolienne dans le sol	24 m de diamètre (les dimensions précises seront définies une fois l'étude géotechnique réalisée pour chaque éolienne)
Mât	Supporter la nacelle et le rotor	94 m de hauteur (au niveau du moyeu) 4,2 m de diamètre de base
Nacelle	Supporter le rotor Abriter le dispositif de conversion de l'énergie mécanique en électricité (génératrice, etc.) ainsi que les dispositifs de contrôle et de sécurité	3,42 m de hauteur 4,10 m de largeur 12,86 m de longueur
Rotor / pales	Capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice	56 m de longueur de pale 112 m de diamètre de rotor 12,8 tours/min de vitesse nominale
Transformateur	Elever la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau	Élève les tensions de 690 V à 20 000 V
Poste de livraison	Adapter les caractéristiques du courant électrique à l'interface entre le réseau privé et le réseau public	Dimension 12 x 5m

Tableau 15 : Principaux éléments constitutifs de l'éolienne V112 – 3MW

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

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

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

Pour un aérogénérateur V112 – 3MW par exemple, la production électrique atteint 3 000 kWh dès que le vent atteint environ 50 km/h. L'électricité est produite par la génératrice avec une tension de 400 à 690 V. La tension est ensuite élevée jusqu'à 20 000 V par un transformateur placé dans chaque éolienne pour être ensuite injectée dans le réseau électrique public.

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

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

5.2.2. SECURITE DE L'INSTALLATION

L'installation respecte la réglementation applicable en vigueur en matière de sécurité. Elle est conforme aux prescriptions de l'arrêté ministériel relatif aux installations soumises à autorisation au titre de la rubrique 2980 des installations classées relatives à la sécurité de l'installation ainsi qu'à l'ensemble des lois et normes qui assurent la sécurité de l'installation.

La description des différents systèmes de sécurité et de surveillance de l'éolienne V112 – 3 MW sera effectuée au stade de l'analyse préliminaire des risques, dans la partie 8 de la présente étude de dangers.

5.2.2.1. NORMES GENERALES DE CONSTRUCTION

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

La norme IEC61400-1 intitulée « Exigence pour la conception des aérogénérateurs » fixe les prescriptions propres à fournir « un niveau approprié de protection contre les dommages résultant de tout risque durant la durée de vie » de l'éolienne.

Ainsi, la nacelle, le moyeu, les fondations et la tour répondent au standard : IEC61400-1. Les pales respectent le standard IEC61400-1 ; 12 ; 23 (voir ci-dessous).

La génératrice est construite suivant le standard IEC60034.

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

La protection foudre de l'éolienne répond au standard IEC61400-24 et aux standards non spécifiques aux éoliennes comme IEC62305-1, IEC62305-3 et IEC62305-4.

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

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

Les divers types d'éoliennes font l'objet d'évaluations de conformité (tant lors de la conception que lors de la construction), de certifications de type (certifications CE) par un organisme agréé et de déclarations de conformité aux standards et directives applicables.

5.2.2.2. PALES

Les pales constituent un des points les plus délicats de l'éolienne. Il s'agit en effet d'un équipement qui doit posséder des caractéristiques particulières alliant à la fois résistance, légèreté et flexibilité, tout comme l'aile d'un avion. Le profil est de plus étudié pour offrir un maximum de rendement aérodynamique.

Le procédé de fabrication fait à la fois appel à des opérations automatisées et à des opérations manuelles. Le processus simplifié de fabrication est le suivant :

- Réalisation d'une âme tubulaire en stratifié verre résine (le spar), par enroulement filamentaire autour d'un mandrin, incluant une bride métallique (pour raccordement ultérieur sur le moyeu). Des fibres de carbone sont utilisées afin d'améliorer la tenue mécanique de l'ensemble et de limiter le poids ;
- Mise en place sur le spar de la tresse d'écoulement du courant de foudre ;
- Réalisation dans des moules des deux coques constituant l'intrados et l'extrados de la pale. Cela consiste à la mise en place de couches successives de composite verre-résine pré-imprégnées (opérations manuelles) puis à une phase de mise sous vide du moule et de polymérisation de la résine ;
- Mise en place des récepteurs des impacts foudre ;
- Collage des deux coques autour du spar ;
- Finition manuelle des bords d'attaque et de fuite (enduction époxy, ponçage) ;
- Ponçage général et mise en peinture.



Photo 2 : Photographie d'une pale
(Source : Vestas)

A chaque changement de modèle de pale, il est réalisé la fabrication d'une pale prototype qui subit une série de tests : mesure des contraintes de flexion et tests de fatigue dans les deux directions principales, mesure des caractéristiques aérodynamiques, détermination des fréquences propres.

Une deuxième série de tests (tests de chargements statiques, tests de fatigue, ...) est réalisée en présence d'un organisme certificateur en conformité avec le standard IEC 61400-23.

Enfin, un jeu complet de pales est monté en conditions réelles sur un prototype afin d'observer son comportement.

Les résultats de tous ces tests sont indispensables pour lancer la production en série.

5.2.2.3. L'AÉROGÉNÉRATEUR

Le Design Evaluation Conformity Statement atteste la conformité de l'aérogénérateur à la norme CEI 61 400-1 dans sa version de 2005 ainsi qu'à la norme CEI 61 400-22 en ce qui concerne la conception.

Le Type Certificate atteste la conformité de l'aérogénérateur à la norme CEI 61 400-1 dans sa version de 2005.

5.2.2.4. LE BALISAGE

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

Des panneaux présentant les prescriptions au public sont installés sur le chemin d'accès de chaque aérogénérateur.

5.2.2.5. LA FONDATION

Le dimensionnement des fondations respecte les codes de construction pour l'Europe, les Eurocodes.

Les principaux utilisés pour le calcul des fondations sont :

- Eurocode 2 : Calcul des structures en béton ;
- Eurocode 3 : Calcul des structures en acier.

5.2.3. OPERATIONS DE MAINTENANCE DE L'INSTALLATION

5.2.3.1. MODE D'EXPLOITATION

Conduite du système

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

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

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

Par contre, en cas d'arrêts liés à des déclenchements de capteurs de sécurité (déclenchement VOG, déclenchement détecteur d'arc ou d'incendie, pression basse huile, ...), une intervention humaine sur l'éolienne est nécessaire pour examiner l'origine du défaut et acquitter l'alarme avant de pouvoir relancer un démarrage.

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

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

Toute intervention dans la nacelle n'est réalisée qu'après mise à l'arrêt de la machine. De plus, des dispositifs de sectionnement sont répartis sur l'ensemble de la chaîne électrique afin de pouvoir isoler certaines parties et protéger ainsi le personnel intervenant.

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

Formation des personnels

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

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

5.2.3.2. MODALITES DE MAINTENANCE

La société Vestas atteste de la conformité de ses aérogénérateurs à l'ensemble des dispositions contenues dans l'Arrêté du 26 août 2011 y compris les essais de mise en service ainsi que les vérifications de l'état fonctionnel des équipements de mise à l'arrêt.

Les opérations de maintenance réalisées sur les machines Vestas sont décrites ci-après.

Compte tenu de la préfabrication des éoliennes, les opérations de montage de l'éolienne sur site se font dans un délai relativement court (un à deux jours pour assembler les diverses parties).

Après montage, les opérations de raccordements électriques ainsi que les réglages et essais de fonctionnement de l'éolienne demandent quelques semaines.

Tout au long des années de fonctionnement de l'éolienne, des opérations de maintenance programmées vérifient l'état et le fonctionnement des sous-systèmes de l'éolienne. Les opérations de maintenance de la V112-3.0 MW sont organisées de la manière suivante :

- Après 3 mois de fonctionnement, les contrôles principaux suivants sont effectués :
 - vérification des systèmes de sécurité (boutons d'arrêt d'urgence, fonctionnement du frein hydraulique, validité des extincteurs, systèmes antichute, équipement d'évacuation d'urgence, batteries de secours),
 - vérification du serrage des boulons sur tous les éléments de construction (tour, nacelle, échelles, diverses plateformes),
 - vérification de l'état du câble 20 000V,
 - vérification de l'ascenseur,
 - vérification de l'état et du bon fonctionnement des éléments mécaniques : système d'orientation de la nacelle, multiplicateur, arbre lent, frein, moyeu, rotor, roulements de pales, pales, génératrice, système hydraulique d'orientation des pales, systèmes de lubrification (multiplicateur, pales, système d'orientation de la nacelle, génératrice), système de refroidissement par eau glycolée, palan interne, radiateur externe. Ces vérifications s'effectuent par des mesures, des contrôles visuels ainsi que des séquences de tests,
 - vérification des éléments électriques et électroniques : (contrôleur, convertisseur, anémomètre, câbles électriques, transformateur, balisage lumineux, batteries).

- A chaque anniversaire de la première mise en route de l'éolienne, les contrôles principaux suivants sont effectués :
 - vérification des systèmes de sécurité (boutons d'arrêt d'urgence, fonctionnement du frein hydraulique, validité des extincteurs, systèmes antichute, équipement d'évacuation d'urgence, batteries de secours),
 - vérification de l'état du câble 20 000V,
 - vérification de l'ascenseur,
 - vérification de l'état et du bon fonctionnement des éléments mécaniques : système d'orientation de la nacelle, multiplicateur, arbre lent, frein, moyeu, rotor, roulements de pales, pales, génératrice, système hydraulique d'orientation des pales, systèmes de lubrification (multiplicateur, pales, système d'orientation de la nacelle, génératrice), système de refroidissement par eau glycolée, palan interne, radiateur externe. Ces vérifications s'effectuent par des mesures, des contrôles visuels ainsi que des séquences de tests,
 - vérification des éléments électriques et électroniques : (contrôleur, convertisseur, anémomètre, câbles électriques, éléments de protection contre la foudre, transformateur, balisage lumineux, batteries),
 - vérification de l'état de la structure de la tour (fondations, plateformes, amortisseurs d'oscillation de tour, oxydation, moisissure, peinture),
 - remplacement des filtres à air (multiplicateur, éléments électriques),
 - lubrification des éléments tournants (arbre principal, génératrice, système d'orientation des pales),
 - vérification du système de couplage (accouplement composite entre multiplicateur et génératrice).

- Tous les 4 ou 5 ans (selon l'élément) après la première mise en route de l'éolienne, les contrôles précédents sont complétés par les actions majeures suivantes :
 - remplacement des filtres à huile des systèmes hydrauliques,
 - remplacement des ventilateurs des éléments électriques,
 - remplacement de convertisseurs,
 - vérification des serrages de boulons des structures (tour, moyeu, pales),
 - purge du circuit de refroidissement par eau glycolée.

- Tous les 10 ans après la première mise en route de l'éolienne, les contrôles précédents sont complétés par les actions majeures suivantes :
 - remplacement des pompes,
 - remplacement de certaines valves dans les circuits hydrauliques.

- Les huiles hydrauliques et de lubrification (multiplicateur) sont analysées tous les ans. Elles sont remplacées si les résultats d'analyse ne sont pas conformes ;

- Lors de ces contrôles, si des pièces défectueuses ou usées sont détectées, elles sont remplacées. Certaines pièces ou consommables sont par défaut remplacés périodiquement (liquide de refroidissement et batteries tous les 5 ans, flexibles sur circuit d'huile tous les 7 ans ;

- Un test d'arrêt du système par le VOG est fait tous les ans. Ce test est fait avec le générateur hors charge et en jouant sur l'orientation des pales de façon à atteindre la vitesse de déclenchement.

Tous ces contrôles sont décrits en détail dans des procédures spécifiques et font l'objet de formulaires d'enregistrement des opérations effectuées. Ces procédures évoluent avec l'expérience de Vestas. Elles sont régulièrement mise à jour suivant une logique d'amélioration continue.

5.2.4. STOCKAGE ET FLUX DE PRODUITS DANGEREUX

Conformément à l'article 16 de l'arrêté du 26 août 2001, aucun matériel inflammable ou combustible ne sera stocké dans les éoliennes du parc éolien de Brillac – Oradour Fanais.

5.2.5. PROCEDURE EN CAS D'INCIDENT

Description :

- Capteurs :

Les éoliennes exploitées par la société Volkswind sont équipées des capteurs/détecteurs nécessaires répondant aux demandes d'ICPE (voir chapitre sur les fonctions de sécurité).

Ces dispositifs sont implantés dans les machines selon les normes EN et NF et subissent des tests périodiques et fonctionnels particuliers et adaptés.

Leurs rôles sont de détecter des anomalies survenues au cours de l'exploitation d'une éolienne. En cas d'entrée en fonctionnement anormal de l'éolienne, l'automate de l'éolienne génère une alarme spécifiant le type d'événement : incendie (détecteur de fumée), survitesse (rotor ou génératrice s'emballe), risque de glace/givre (déducteur ou calculateur différentiel).

Enfin, l'alarme est transmise aux opérateurs (constructeur et exploitant) via la voie internet (Email) ou SMS/Appel téléphonique.

- La télésurveillance : système SCADA

C'est le système informatique qui permet de visualiser les paramètres techniques dans une éolienne. Plusieurs capteurs/sondes de température y sont reliés ce qui permet à l'opérateur de contrôler l'état d'une éolienne à distance et d'interagir avec elle (arrêt/mise en pause ou redémarrage si besoin la machine).

- Centre Monitoring

Ce service est proposé par le constructeur de l'éolienne. Les opérateurs surveillent 24/7 les éoliennes du constructeur à l'échelle mondiale. En cas d'événement anormal, une vérification des paramètres techniques est réalisée afin de lever le doute. Si nécessaire, une équipe peut être envoyée sur site pour lever visuellement le doute.

En cas d'alerte (feu ou survitesse), l'opérateur arrête immédiatement la machine pour la mettre en sécurité et enclenche la procédure d'information à l'exploitant et/ou aux secours si nécessaire.

- VOLKSWIND Opération & Maintenance

La Ferme Eolienne délègue le service Opération & Maintenance à VOLKSWIND.

Une équipe qualifiée est d'astreinte 24/7. Elle est chargée de gérer l'exploitation technique des éoliennes.

Le personnel, basé en France et en Allemagne, est en mesure de se connecter en permanence au SCADA des parcs éoliens et réalise la surveillance à distance en redondance avec les constructeurs.

Cette équipe est joignable en permanence sur un numéro générique d'exploitation qui figure sur les panneaux d'avertissement à proximité de chaque éolienne en exploitation ce qui permet à un tiers, témoin d'un problème de fonctionnement, de contacter directement l'exploitant.

Ce numéro est également communiqué à tous les acteurs principaux du site en exploitation tel que : les constructeurs, sous-traitants électriques, ERDF, SDIS, etc. Tous les appels téléphoniques seront transférés à une personne en charge qui traitera la demande en fonction de la nature de l'événement survenu et sera responsable de prévenir les services de secours dans les 15mn suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'éolienne.

- Service Départemental d'Incendie et de Secours (SDIS)

C'est le service compétent à qui l'alerte doit être transmise en cas de nécessité. Ce service va mobiliser les moyens humains et techniques nécessaires en cas d'intervention selon ses propres procédures.

Un travail en amont sera réalisé avec le SDIS concerné par le projet afin d'identifier les informations pratiques du site éolien tel que : identification du parc, nombre et type d'éolienne, localisation de l'installation, des accès possibles, numéro de l'exploitant et des intervenants possibles, etc. afin de garantir les meilleures conditions possibles pour l'intervention des secours (rapidité, mobilisation des bons moyens d'intervention, etc.).

Le SDIS est informé des moyens déjà à disposition dans les éoliennes en cas d'intervention :

- Les extincteurs portatifs à disposition dans la nacelle et en bas de la tour.
- Kit d'évacuation en hauteur par la trappe et palan dans la nacelle.
- La disposition des boutons d'Arrêt d'Urgence dans l'éolienne.
- Numéro du centre de conduite ERDF -> couper l'alimentation du Poste de Livraison à distance.

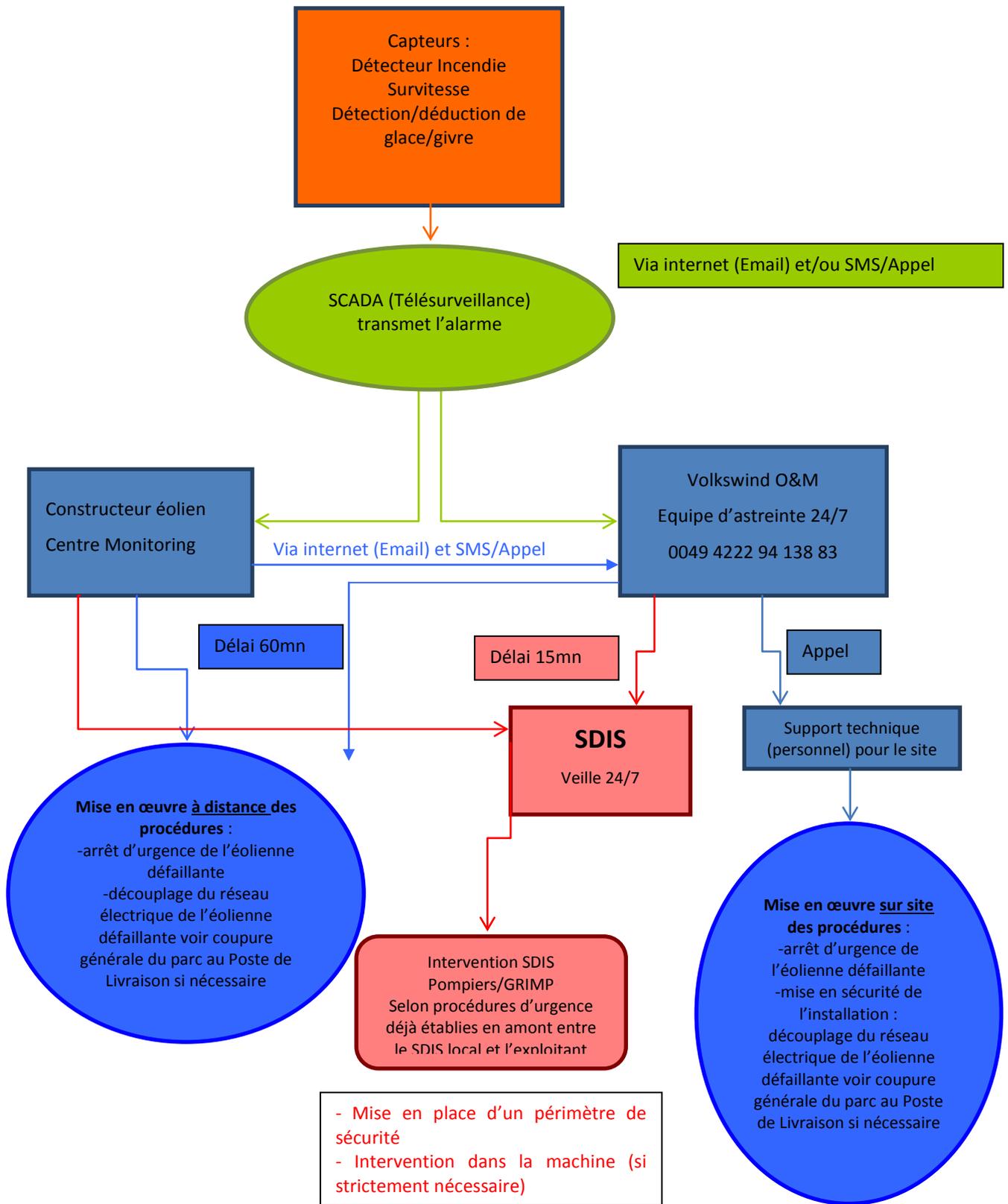
En accord avec le SDIS, des consignes types sont indiquées sur site permettant d'identifier clairement les éléments d'information à donner aux secours lors d'un appel d'urgence, via le **numéro 18** (type d'incidence, accident avec personne ou non, incendie, etc.). Ainsi le SDIS sera en mesure de mobiliser les moyens adéquates : pompiers, GRIMP, évacuation en hélicoptère ou tout simplement mise en sécurité du périmètre s'il n'y a pas de possibilité /nécessité d'intervenir dans les éoliennes.

- Procédure d'urgence

C'est un document rédigé par le SDIS, en collaboration avec l'exploitant au moment de la mise en service du site, comportant les recommandations d'intervention en fonction du type d'incident. Il s'agit d'un document propre à chaque SDIS.

Les consignes de sécurité aux personnels du SDIS et du site y sont identifiées.

Figure 13 : Procédure en cas d'incident



5.3. FONCTIONNEMENT DES RESEAUX DE L'INSTALLATION

5.3.1. RACCORDEMENT ELECTRIQUE

Le réseau électrique est décrit précédemment dans la partie 5.1.2.5.

5.3.2. AUTRES RESEAUX

La ferme éolienne de Brillac – Oradour Fanais 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.

6. IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION

Ce chapitre de l'étude de dangers a pour objectif de mettre en évidence les éléments de l'installation pouvant constituer un danger potentiel, que ce soit au niveau des éléments constitutifs des éoliennes, des produits contenus dans l'installation, des modes de fonctionnements, 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.

6.1. POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX PRODUITS

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

Les produits identifiés dans le cadre de la ferme éolienne de Brillac – Oradour Fanais sont utilisés pour le bon fonctionnement des éoliennes, leur maintenance et leur entretien :

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

Aucun d'entre eux n'est stocké dans les aérogénérateurs ou le poste de livraison, conformément à l'article 16 de l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation.

6.1.1. INVENTAIRE DES PRODUITS

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

- L'huile hydraulique (circuit haute pression) dont la quantité présente est de l'ordre de 250 litres. La principale huile utilisée est l'huile Texaco Rando WM 32 ;
- L'huile de lubrification du multiplicateur (1 170 litres). Il s'agit le plus souvent de l'huile Mobil GearSHCXMP 320 ;
- L'eau glycolée (mélange d'eau et d'éthylène glycol), qui est utilisée comme liquide de refroidissement, dont le volume total de la boucle est de 400 litres) ;
- Les graisses pour les roulements et systèmes d'entraînements ;
- L'hexafluorure de soufre (SF₆), qui est le gaz utilisé comme milieu isolant pour les cellules de protection électrique. La quantité présente varie entre 1,5 kg et 2,15 kg suivant le nombre de caissons composant la cellule.

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

Localisation	Produits	Quantités	Unité
Nacelle	Graisse	23	L
Nacelle	Huile	786	L
Nacelle	Azote	6	L
Hub	Graisse	69	L
Hub	Huile	146	L
Hub	Azote	240	L
Tour	Eau contenant du Glycerol	325	L
Transformateur	SF6	1 à 2	kg

Tableau 16 : Quantité et type de produits chimiques utilisés

Nature	Codes CED	Type	Descriptif	Production par éolienne (Kg)
Batteries	20 01 33*	DID	Piles et accumulateurs visés aux rubriques 16 06 01, 16 06 02 ou 16 06 03 et piles et accumulateurs non triés contenant du mercure	2,2
Néons	20 01 21*	DID	Tubes fluorescents et autres déchets contenant du mercure	<1
Aérosols	16 05 04*	DID	Gaz en récipients à pression (y compris les halons) contenant des substances dangereuses	<1
Emballages et matériels souillés	15 02 02*	DID	Absorbants, matériaux filtrants (y compris les filtres à huile non spécifiés ailleurs). Chiffons d'essuyage et vêtements de protection contaminés par des substances dangereuses	39,6
DEEE	16 02 14	DID	Déchets provenant d'équipements électriques ou électroniques	3
Huile usagée	13 01 13*	DID	Autres huiles hydrauliques	35
Déchets non dangereux en mélange	20 01 99	DIND	Autres fractions non spécifiées ailleurs	108

Tableau 17 : Liste des déchets générés par les activités VESTAS pendant les opérations de maintenance

6.1.1.1. INFLAMMABILITE ET COMPORTEMENT VIS-A-VIS DE L'INCENDIE

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

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

Le SF₆ est pour sa part ininflammable.

Tableau 18 : Dangers associés aux produits entrants utilisés

										Commentaires / Mesures de prévention
Graisse type I			X*			X*				Bacs de récupération - Nettoyage régulier. Alimentation automatique - Port d'EPI adaptés
Graisse type II						X*				Bacs de récupération - Nettoyage régulier. Alimentation automatique - Port d'EPI adaptés
Huile hydraulique			X*			X*				Surveillance du niveau. Maintenance annuelle Bac de rétention - Port d'EPI adaptés
Huile mécanique										Biodégradable - Port d'EPI adaptés
Eau glycolée			X							Surveillance du niveau. Maintenance annuelle Port d'EPI adaptés
Option : présence de transformateur 20 kV dans les machines										
SF6						X*				Cellule hermétique - Pas d'entretien sur site
Huile transformateur										Bacs de rétention intégrés - Port d'EPI adaptés

*Effets à long termes

(1) Dépend du produit utilisé selon les conditions climatiques

Tableau 19 : Type de produits et dangers associés lors des opérations de maintenance

										Commentaires / Mesures de prévention
Produits de nettoyage - Bidons			X							Bac de rétention - Port d'EPI adaptés - kit anti-pollution
Colles			X							Port d'EPI adaptés
Gaz (butane-Propane)		X		X						Port d'EPI adaptés et respect des consignes de stockage
Produit anti-rouille - Spray			X	X						Port d'EPI adaptés - Stockage dans une armoire spécifique
Graisse			X*			X*				Port d'EPI adaptés
Huile - Bidons			X*			X*				Bac de rétention - Port d'EPI adaptés - kit anti-pollution
Peinture - Pots			X	X	X					Port d'EPI adaptés - Stockage dans une armoire spécifique
Gaz pour la calibration des détecteurs de fumée			X	X						Port d'EPI adaptés - Stockage dans une armoire spécifique
Pâte d'acier inoxydable - Pots			X	X	X					Port d'EPI adaptés - Stockage dans une armoire spécifique
Nettoyant de surface métallique - Spray			X	X	X					Port d'EPI adaptés - Stockage dans une armoire spécifique
Liquide refroidissement - Bidons			X							Bac de rétention - Port d'EPI adaptés - kit anti-pollution
Huile Stérile - Spray				X						Port d'EPI adaptés - Stockage dans une armoire spécifique
Huile de coupe - Spray				X						Port d'EPI adaptés - Stockage dans une armoire spécifique

*Effets à long termes

(1) Dépend du produit utilisé selon les conditions climatiques

6.1.1.2. TOXICITE POUR L'HOMME

Ces divers produits ne présentent pas de caractère toxique ni corrosif (à causticité marquée) pour l'homme.

6.1.1.3. DANGEROUSITE POUR L'ENVIRONNEMENT

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

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

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

6.2. POTENTIELS DE DANGERS LIES AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

Les dangers liés au fonctionnement du parc éolien de Brillac – Oradour Fanais 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 ou système	Fonction	Phénomène redouté	Danger potentiel
Système de transmission	Transmission d'énergie mécanique	Survitesse	Echauffement des pièces mécaniques et flux thermique
Système de refroidissement	Refroidissement continu des éléments de la nacelle	Perte de circulation d'eau, fuite dans le circuit, arrêt du ventilateur	Echauffement des pièces mécaniques et flux thermique
Pale	Prise au vent	Bris de pale ou chute de pale	Energie cinétique d'éléments de pales
Aérogénérateur	Production d'énergie électrique à partir d'énergie éolienne	Effondrement	Energie cinétique de chute
Poste de livraison, intérieur de l'aérogénérateur	Réseau électrique	Court-circuit interne	Arc électrique
Nacelle	Protection des équipements destinés à la production électrique	Chute d'éléments	Energie cinétique de projection
Rotor	Transformer l'énergie éolienne en énergie mécanique	Projection d'objets	Energie cinétique des objets

Tableau 20 : Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation

6.3. REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS A LA SOURCE

6.3.1. PRINCIPALES ACTIONS PREVENTIVES

Le choix d'implantation des aérogénérateurs diminue significativement les potentiels de dangers :

Les habitations :

La distance minimale réglementaire est de 500 m. L'habitation la plus proche dans le cadre de ce projet se situe en dehors du périmètre d'étude à 610 m de la première éolienne.

Les voies de communications :

La distance minimale requise par le Conseil Général vis-à-vis du réseau départemental est d'une hauteur d'éolienne soit dans le cas présent : 150 m. Seule la route départementale n° 323 figure dans les 500 m du périmètre d'étude.

Choix de l'éolienne V112 – 3 MW :

Cette éolienne de dernière génération présente toutes les caractéristiques intrinsèques indispensables au respect de l'arrêté du 26 août 2011. De plus, les caractéristiques techniques de ces machines sont adaptées au site, respectant les enjeux acoustiques, écologiques et paysagers.

6.3.2. REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX PRODUITS

Les produits présents sur chaque éolienne (huile, fluide de refroidissement) sont des produits classiques utilisés dans ce type d'activité.

Ils ne présentent pas de caractère dangereux marqué et les quantités mises en œuvre sont adaptées aux volumes des équipements.

Une éventuelle pollution liée à l'entretien des éoliennes (déchets, produits d'entretien, huiles) n'est pas à négliger; ces nuisances peuvent toutefois être limitées par des techniques appropriées (bâches destinées à collecter les déchets).

Les transports d'huiles, de liquide de refroidissement et de graisse se font dans leur emballage d'origine ou contenants adaptés. Ils sont hissés du sol jusqu'à la nacelle grâce au palan interne. Les huiles usagées sont récupérées et traitées par une société spécialisée (valorisation, réutilisation des huiles).

Les éoliennes sont par ailleurs équipées de bacs de rétention capables de retenir l'intégralité des hydrocarbures présents notamment dans la nacelle pour lubrification. Un kit anti-pollution est aussi nécessaire pour chaque intervention.

Les déchets liquides polluant pouvant entraîner une pollution de l'eau (eau glycolée) ne sont pas jetés à l'égout, ni mélangés aux huiles usagées. Ils sont stockés dans des fûts ou cuves étanches.

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

6.3.3. UTILISATION DES MEILLEURES TECHNIQUES DISPONIBLES

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

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

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

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

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 9. pour l'analyse détaillée des risques.

7.1. 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. Cet inventaire se base sur le retour d'expérience de la filière éolienne tel que présenté dans le guide technique de conduite de l'étude de dangers (mars 2012).

Plusieurs sources ont été utilisées pour effectuer le recensement des accidents et incidents au niveau français. Il s'agit à la fois de sources officielles, d'articles de 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 mais cela concernerait essentiellement les incidents les moins graves. Néanmoins, une telle démarche pourra être entreprise en complément.

Dans l'état actuel, la base de données apparaît comme représentative des incidents majeurs ayant affecté le parc éolien français depuis l'année 2000. L'ensemble de ces sources permet d'arriver à un inventaire aussi complet que possible des incidents survenus en France. Un total de 37 incidents a pu être recensé entre 2000 et début 2012 (voir tableau détaillé en annexe 3). Ce tableau de travail a été validé par les membres du groupe de travail.

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

Le graphique suivant montre la répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateurs français entre 2000 et 2011. Cette synthèse exclut les accidents du travail (maintenance, chantier de construction, etc.) 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 présentées :

- 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.

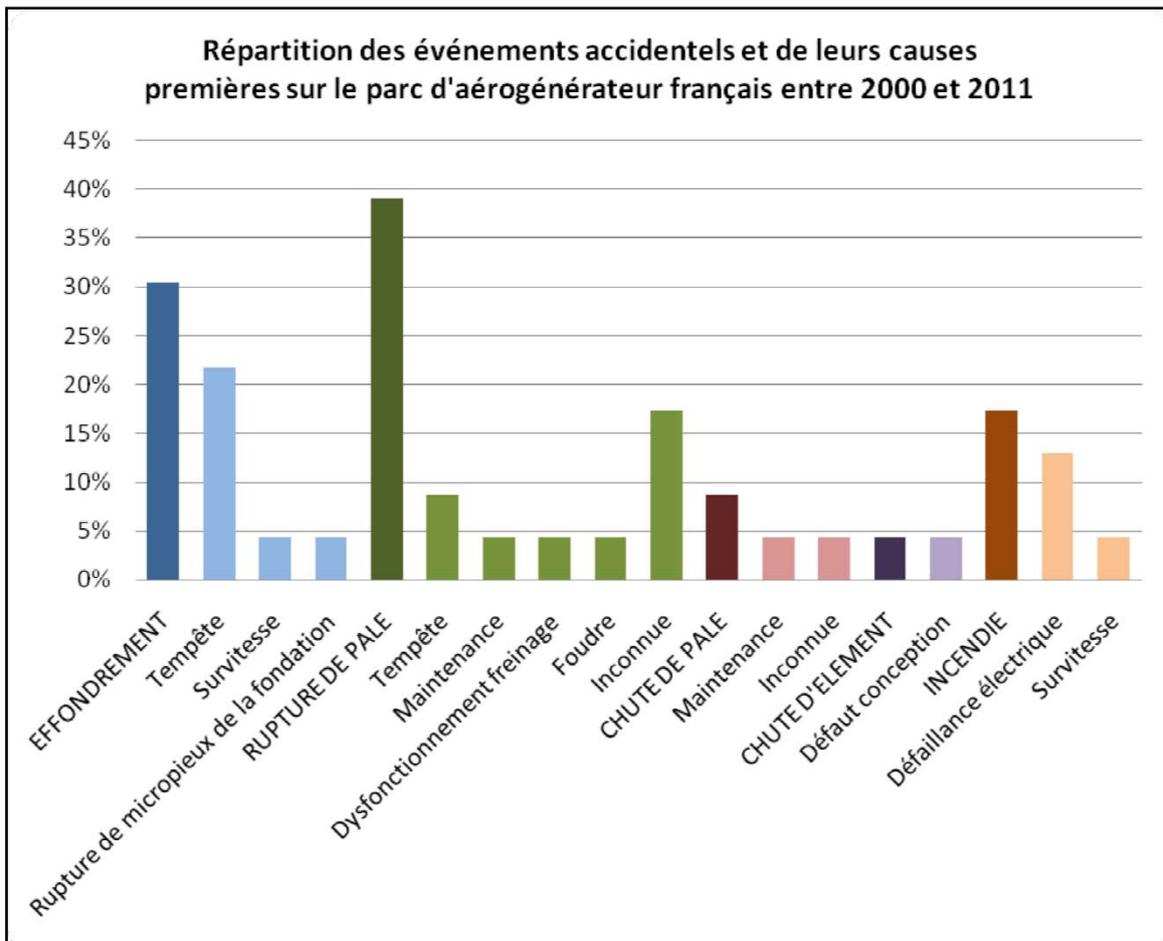


Figure 14 : Répartition des événements accidentels en France

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

7.2. 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, etc. et ne sont donc pas pris en compte dans l'analyse suivante.

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

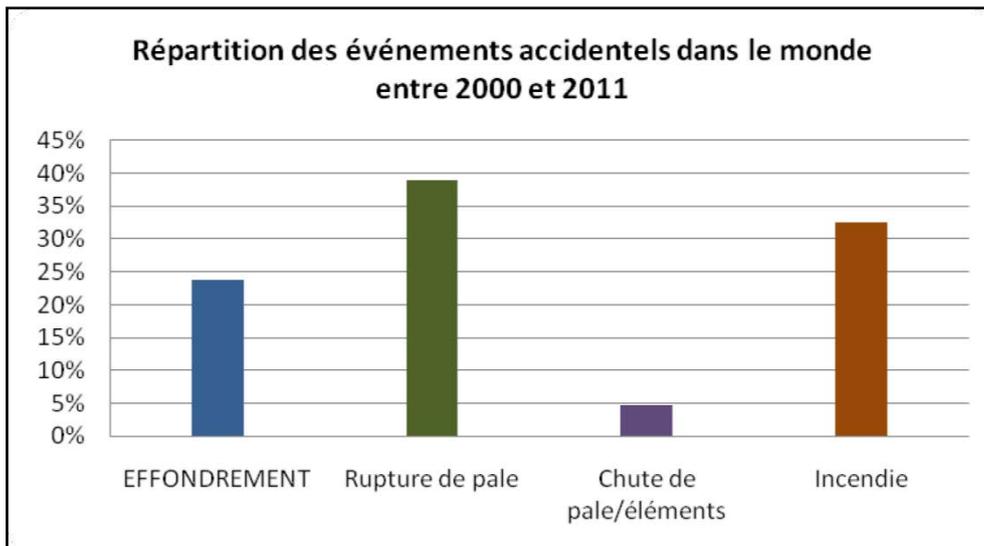


Figure 15 : Répartition des événements accidentels dans le monde

Ci-après, est présenté le recensement des causes premières pour chacun des événements accidentels recensés (données en répartition par rapport à la totalité des accidents analysés).

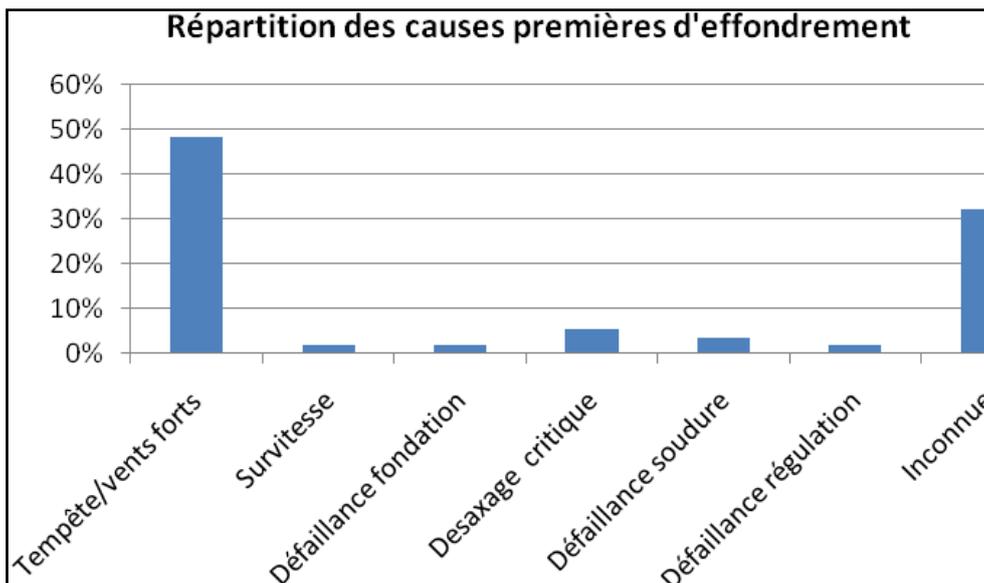


Figure 16 : Répartition des causes premières d'effondrement

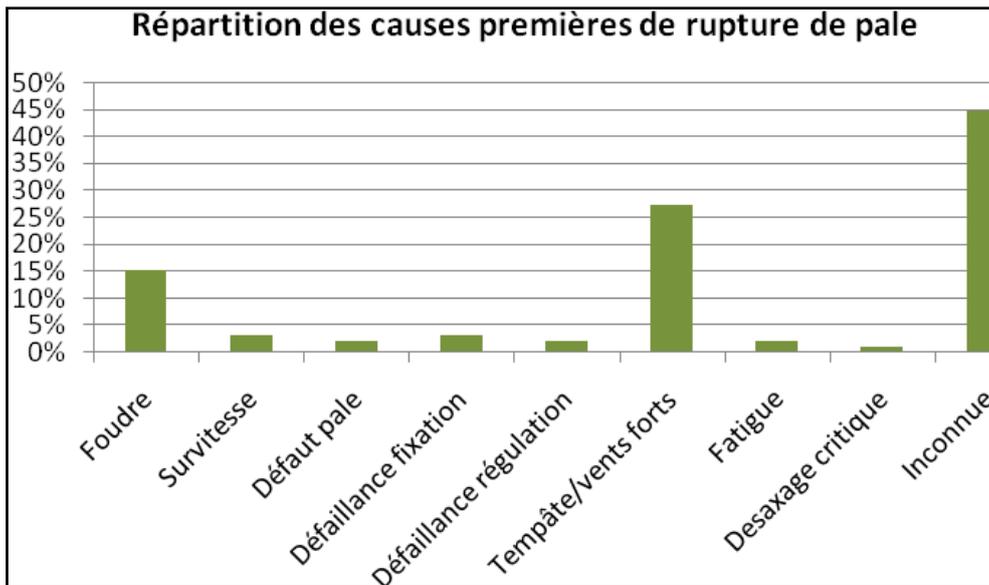


Figure 17 : Répartition des causes premières de rupture de pale

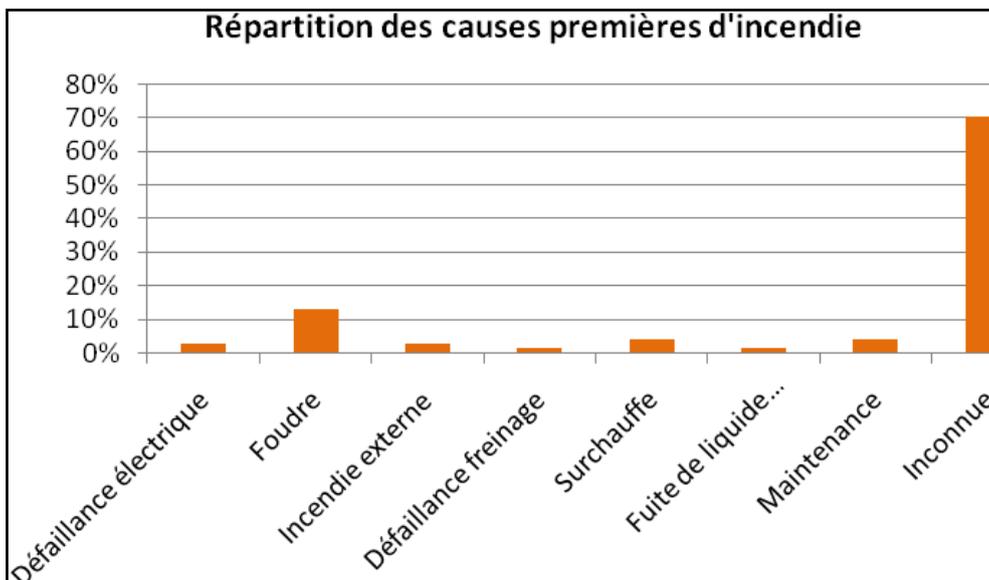


Figure 18 : Répartition des causes premières d'incendie

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

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

Le groupe VOLKSWIND n'a jamais connu d'accident majeur sur l'un de ses parcs éoliens.

7.4. SYNTHÈSE DES PHÉNOMÈNES DANGEREUX REDOUTÉS ISSUS DU RETOUR D'EXPÉRIENCE

7.4.1. ANALYSE DES TYPOLOGIES D'ACCIDENTS LES PLUS FRÉQUENTS

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

La figure ci-dessous montre cette évolution et il apparaît clairement que le nombre d'incidents n'augmente pas proportionnellement au nombre d'éoliennes installées. Depuis 2005, l'énergie éolienne s'est en effet fortement développée en France, mais le nombre d'incidents par an reste relativement constant.

Cette tendance s'explique principalement par un parc éolien français assez récent, qui utilise majoritairement des éoliennes de nouvelle génération, équipées de technologies plus fiables et plus sûres.

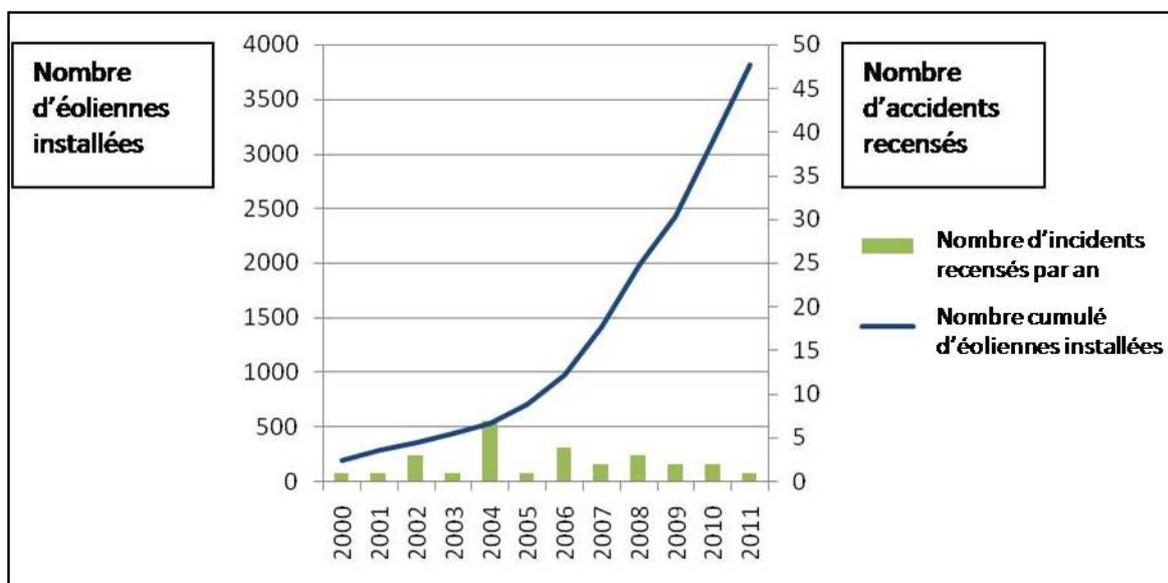


Figure 19 : Evolution du nombre d'incidents annuels en France et du nombre d'éoliennes installées

7.4.2. ANALYSE DES TYPOLOGIES D'ACCIDENTS LES PLUS FRÉQUENTS

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

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

7.5. LIMITES D'UTILISATION DE L'ACCIDENTOLOGIE

Les retours d'expérience présentés ci-dessus doivent être pris avec précaution. Ils comportent notamment les biais suivants :

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

L'analyse du retour d'expérience permet ainsi de dégager de grandes tendances, mais à une échelle détaillée, elle comporte de nombreuses incertitudes.

8. ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

8.1. OBJECTIF DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

L'analyse des risques a pour objectif principal d'identifier les scénarios d'accidents 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'accidents potentiels pour une installation (ainsi que des mesures de sécurité) basé 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'accidents qui présentent des conséquences limitées et les scénarios d'accidents majeurs – ces derniers pouvant avoir des conséquences sur les personnes.

8.2. RECENSEMENT DES EVENEMENTS INITIATEURS EXCLUS DE L'ANALYSE DES RISQUES

Conformément à la circulaire du 10 mai 2010, les événements initiateurs (ou agressions externes) suivants sont exclus de l'analyse des risques :

- chute de météorite ;
- séisme d'amplitude supérieure aux séismes maximums de référence éventuellement corrigés de facteurs, tels que définis par la réglementation applicable aux installations classées considérées ;
- crues d'amplitude supérieure à la crue de référence, selon les règles en vigueur ;
- événements climatiques d'intensité supérieure aux événements historiquement connus ou prévisibles pouvant affecter l'installation, selon les règles en vigueur ;
- chute d'avion hors des zones de proximité d'aéroport ou aérodrome (rayon de 2 km des aéroports et aérodromes) ;
- rupture de barrage de classe A ou B au sens de l'article R. 214-112 du Code de l'environnement ou d'une digue de classe A, B ou C au sens de l'article R. 214-113 du même code ;
- actes de malveillance.

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

- inondations
- séismes d'amplitude suffisante pour avoir des conséquences notables sur les infrastructures
- incendies de cultures ou de forêts
- pertes de confinement de canalisations de transport de matières dangereuses
- explosions ou incendies générés par un accident sur une activité voisine de l'éolienne

8.3. 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.

8.3.1. 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 sera reportée lorsque ceux-ci sont implantés dans un rayon de 2 km et des autres aérogénérateurs qui seront reportés dans un rayon de 500 m.

Infrastructure	Fonction	Événement redouté	Danger potentiel	Distance par rapport au mât des éoliennes (m)						
				E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07
Voie de circulation : voie communale n° 8	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Energie cinétique des véhicules et flux thermiques	1260	900	490	120	1030	500	77
Voie de circulation : voie communale n° 323	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Energie cinétique des véhicules et flux thermiques	1380	930	460	80	1320	860	80
Autre aérogénérateur le plus proche	Production d'électricité	Accident générant des projections d'éléments	Energie cinétique des éléments projetés	390 (de E05)	434 (de E01)	382 (de E04)	382 (de E03)	390 (de E01)	437 (de E07)	437 (de E06)
Agriculture	Exploitation agricole	Engin agricole percutant le poste de livraison	Energie cinétique des véhicules	NA**						
Chasse	Loisir	Balle perdue sur les parois du mât ou sur les pales	Energie cinétique de la balle	NA**						

*Cf. tableau 9 de la partie 4.3.1

** NA : Non Applicable

Tableau 21 : Agressions externes liées aux activités humaines

8.3.2. AGRESSIONS EXTERNES LIEES AUX PHENOMENES NATURELS

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

Agression externe	Intensité
Séisme	Zone de sismicité 2 : faible Le phénomène sismique avec la plus forte intensité ressentie sur la zone s'est produit en 1976 (intensité 4).
Vents et tempête	Les vents supérieurs à 28 m/s représentent en moyenne 0,8 jour/an.
Inondations	Zone de projet non inondable
Foudre	Niveau céramique 25 Respect de la norme IEC 61 400-24 (Juin 2010) ou EN 62 305 – 3 (Décembre 2006)
Glissement de sols/ affaissement miniers	Aléa de retrait-gonflement d'argile à priori nul

Tableau 22 : Agressions externes liées aux phénomènes naturels

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

8.4. SCENARIOS ETUDIES DANS L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

L'Analyse Préliminaire des Risques (APR) doit identifier l'ensemble des séquences accidentelles et phénomènes dangereux associés pouvant déclencher la libération du danger.

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

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

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

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

Les différents scénarios listés de l'APR sont regroupés et numérotés par thématique, en fonction des typologies d'événements redoutés centraux identifiés grâce au retour d'expérience (« G » pour les scénarios concernant la glace, « I » pour ceux concernant l'incendie, « F » pour ceux concernant les fuites, « C » pour ceux concernant la chute d'éléments de l'éolienne, « P » pour ceux concernant les risques de projection, « E » pour ceux concernant les risques d'effondrement).

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

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Intensité
I07	Défaut d'étanchéité	Perte de confinement	Fuites d'huile isolante	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Incendie au poste de transformation Propagation de l'incendie	2
F01	Fuite système de lubrification Fuite convertisseur Fuite transformateur	Ecoulement hors de la nacelle et le long du mât, puis sur le sol avec infiltration	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
F02	Renversement de fluides lors des opérations de maintenance	Ecoulement	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
C01	Défaut de fixation	Chute de trappe	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Impact sur cible	1
C02	Défaillance fixation anémomètre	Chute anémomètre	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	1
C3	Défaut fixation nacelle – pivot central – mât	Chute nacelle	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	1
P01	Survitesse	Contraintes trop importante sur les pales	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la survitesse (N°4)	Impact sur cible	2
P02	Fatigue Corrosion	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	Impact sur cible	2
P03	Serrage inapproprié Erreur maintenance – desserrage	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	2

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Intensité
E01	Effets dominos autres installations	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E02	Glissement de sol	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E03	Crash d'aéronef	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E04	Effondrement engin de levage travaux	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Actions de prévention mises en œuvre dans le cadre du plan de prévention (N°13)	Chute fragments et chute mât	2
E05	Vents forts	 Défaillance fondation	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9) Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort (N°12) Dans les zones cycloniques, mettre en place un système de prévision cyclonique et équiper les éoliennes d'un dispositif d'abattage et d'arrimage au sol (N°13)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E06	Fatigue	Défaillance mât	Effondrement éolienne	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	Projection/chute fragments et chute mât	2

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Intensité
E07	Désaxage critique du rotor	Impact pale – mât	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9) Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Projection/chute fragments et chute mât	2

Tableau 23 : Analyse générique des risques

Ce tableau présentant le résultat d'une analyse des risques peut être considéré comme représentatif des scénarios d'accident pouvant potentiellement se produire sur les éoliennes. Des précisions sur les différents scénarios décrits dans ce tableau sont disponibles en annexe 4 de la présente étude de dangers.

8.5. EFFETS DOMINOS

Lors d'un accident majeur sur une éolienne, une possibilité est que les effets de cet accident endommagent d'autres installations. Ces dommages peuvent conduire à un autre accident. Par exemple, la projection de pale impactant les canalisations d'une usine à proximité peut conduire à des fuites de canalisations de substances dangereuses. Ce phénomène est appelé « effet domino ».

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 ».

Dans le cadre des études de dangers éoliennes, la probabilité d'impact d'un élément de l'aérogénérateur sur une autre installation ICPE n'est évaluée que lorsque celle-ci se situe dans un rayon de 100 mètres.

Il n'y a pas d'installations ICPE dans ce périmètre d'étude. Les effets dominos ne sont pas étudiés.

8.6. MISE EN PLACE DES MESURES DE SECURITE

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

Les tableaux suivants ont pour objectif de synthétiser les fonctions de sécurité identifiées et mises en œuvre sur les éoliennes du parc de Brillac – Oradour Fanais.

Dans le cadre de la présente étude de dangers, les fonctions de sécurité sont détaillées selon les critères suivants :

- **Fonction de sécurité** : il est proposé ci-dessous un tableau par fonction de sécurité. Cet intitulé décrit l'objectif de la ou des mesure(s) de sécurité : il s'agira principalement de « empêcher, éviter, détecter, contrôler ou limiter » et sera en relation avec un ou plusieurs événements conduisant à un accident majeur identifié dans l'analyse des risques. Plusieurs mesures de sécurité peuvent assurer une même fonction de sécurité.

- **Numéro de la fonction de sécurité** : 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 ligne permet d'identifier les mesures assurant la fonction concernée. Dans le cas de système instrumentés de sécurité, tous les éléments de la chaîne devront être présentés (détection + traitement de l'information + action). Il n'est pas demandé de décrire dans le détail la marque ou le fonctionnement de l'équipement considéré, simplement de mentionner leur existence.
- **Description** : cette ligne permet de préciser la description de la mesure de maîtrise des risques, lorsque des détails supplémentaires sont nécessaires.
- **Indépendance** (« oui » ou « non ») : cette caractéristique décrit le niveau d'indépendance d'une mesure de maîtrise des risques vis-à-vis des autres systèmes de sécurité et des scénarios d'accident. Cette condition peut être considérée comme remplie (renseigner « oui ») ou non (renseigner « non »).
 Dans le cadre des études de dangers éoliennes, il est recommandé de mesurer cette indépendance à travers les questions suivantes :
 - Est-ce que la mesure de sécurité décrite a pour unique but d'agir pour la sécurité ? Il s'agit en effet ici de distinguer ces dernières de celles qui ont un rôle dans la sécurité mais aussi dans l'exploitation de l'aérogénérateur.
 - Cette mesure est-elle indépendante des autres mesures intervenant sur le scénario ?
- **Temps de réponse** (en secondes ou en minutes) : cette caractéristique mesure le temps requis entre la sollicitation et l'exécution de la fonction de sécurité. Dans le cadre d'une étude de dangers éolienne, l'estimation de ce temps de réponse peut être simplifiée et se contenter d'une estimation d'un temps de réponse maximum qui doit être atteint. Néanmoins, et pour rappel, la réglementation impose les temps de réponse suivants :
 - Une mesure de maîtrise des risques remplissant la fonction de sécurité « limiter les conséquences d'un incendie » doit permettre de détecter un incendie et de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes ;
 - Une seconde mesure maîtrise des risques remplissant la fonction de sécurité « limiter les conséquences d'un incendie » doit permettre de détecter un incendie et de mettre en œuvre une procédure d'arrêt d'urgence dans un délai de 60 minutes ;
- **Efficacité** (100% ou 0%) : l'efficacité mesure la capacité d'une mesure de maîtrise des risques à remplir la fonction de sécurité qui lui est confiée pendant une durée donnée et dans son contexte d'utilisation. Il s'agit de vérifier qu'une mesure de sécurité est bien dimensionnée pour remplir la fonction qui lui a été assigné.
- **Test (fréquence)** : dans ce champ sont rappelés les tests/essais qui seront réalisés sur les mesures de maîtrise des risques. Conformément à la réglementation, un essai d'arrêt, d'arrêt d'urgence et d'arrêt à partir d'une situation de survitesse seront réalisés avant la mise en service de l'aérogénérateur. Dans tous les cas, les tests effectués sur les mesures de maîtrise des risques seront tenus à la disposition de l'inspection des installations classées pendant l'exploitation de l'installation.
- **Maintenance (fréquence)** : ce critère porte sur la périodicité des contrôles qui permettront de vérifier la performance de la mesure de maîtrise des risques dans le temps. Pour rappel, la réglementation demande qu'à minima : un contrôle tous les ans soit réalisé sur la performance des mesures de sécurité permettant de mettre à l'arrêt, à l'arrêt d'urgence et à l'arrêt à partir d'une situation de survitesse et sur tous les systèmes instrumentés de sécurité.

Note 1 : Pour certaines mesures de maîtrise des risques, certains de ces critères peuvent ne pas être applicables. Il convient alors de renseigner le critère correspondant avec l'acronyme « NA » (Non Applicable).

Note 2 : Certaines mesures de maîtrise des risques ne remplissent pas les critères « efficacité » ou « indépendance » : elles ont une fiabilité plus faible que d'autres mesures de maîtrise des risques. Celles-ci peuvent néanmoins être décrites dans le tableau ci-dessous dans la mesure où elles concourent à une meilleure sécurité sur le site d'exploitation.

Fonction de sécurité	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	N° de la fonction de sécurité	1
Mesures de sécurité	Système de déduction de la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. Procédure adéquate de redémarrage.		
Description	Ce système déduit la formation de glace sur les pales à partir des données de température et de rendement de l'éolienne (l'accumulation de glace alourdit les pales et diminue le rendement de la turbine). Une configuration du système SCADA permet d'alerter les opérateurs par un message-type. Le redémarrage peut ensuite se faire soit automatiquement après disparition des conditions de givre, soit manuellement après inspection visuelle sur site.		
Indépendance	Non Ce système s'appuie sur le système SCADA utilisé pour l'exploitation du parc.		
Temps de réponse	Quelques minutes (<60 min.) conformément à l'article 25 de l'arrêté du 26 août 2011		
Efficacité	100 %		
Tests	Surveillance via le monitoring journalier et, si elle est mise en œuvre, via la maintenance prédictive. NB : il n'est pas prévu de recourir à la maintenance prédictive dans un premier temps sur ce projet mais cela pourra être fait quand les techniques auront été perfectionnées.		
Maintenance	Maintenance annuelle lors des maintenances préventives ; actualisation du système SCADA.		

Tableau 24 : Mesures de sécurité pour prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace

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

Tableau 25 : Mesures de sécurité pour prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace

Fonction de sécurité	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	N° de la fonction de sécurité	3
Mesures de sécurité	Capteurs de température des pièces mécaniques Définition de seuils critiques de température pour chaque type de composant avec alarmes Mise à l'arrêt ou bridage jusqu'à refroidissement		
Description	Des capteurs de température sont mis en place sur certains équipements (paliers et roulements des machines tournantes, enroulements du générateur et du transformateur). Ces capteurs ont des seuils hauts qui, une fois dépassés, conduisent à une alarme et à une mise à l'arrêt du rotor.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection de l'ordre de la seconde ; mise en pause de la turbine <1min		
Efficacité	100 %		
Tests	Surveillance via le monitoring journalier et, si elle est mise en œuvre, via la maintenance prédictive. NB : il n'est pas prévu de recourir à la maintenance prédictive dans un premier temps sur ce projet mais cela pourra être fait quand les techniques auront été perfectionnées.		
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.		

Tableau 26 : Mesures de sécurité pour prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques

Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	4
Mesures de sécurité	Vestas Overspeed Protection		
Description	Système instrumenté de sécurité (automate totalement indépendant de l'automate de conduite) qui dispose d'un capteur de vitesse de rotation disposé sur l'arbre lent. Le dépassement d'une vitesse de 17,2 tours par minute sur l'arbre lent conduit à la mise à l'arrêt de la machine par mise en drapeau des pales (cette mise en drapeau est assurée par le circuit hydraulique avec l'assistance complémentaire des accumulateurs disposés sur les vérins). En cas d'arrêt par survitesse (déclenchement du relais de sécurité), l'éolienne ne peut être redémarrée à distance. Il est nécessaire de venir acquitter localement le défaut et d'effectuer un contrôle de la machine avant de relancer l'éolienne.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection < 1 minute Le couplage du système de détection de survitesse au système SCADA permet l'envoi en temps réel d'alertes par SMS et par courriel, selon les instructions de l'exploitant. L'exploitant sera ainsi en mesure de transmettre l'alerte aux services d'Urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur conformément à l'article 23 de l'arrêté du 26 août 2011.		
Efficacité	100 %		
Tests	Lors de la mise en service de l'aérogénérateur, une série de tests (arrêts simples, d'urgence et de survitesse) est réalisée afin de s'assurer du fonctionnement et de la sécurité de l'éolienne conformément à l'article 15 de l'arrêté du 26 août 2011.		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis tous les ans suivant les manuels de maintenance Vestas. Ces vérifications sont consignées dans le document IRF Vestas. Maintenance conforme aux dispositions des articles 15 et 18 de l'arrêté du 26 août 2011. Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

Tableau 27 : Mesures de sécurité pour prévenir la survitesse

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

Tableau 28 : Mesures de sécurité pour prévenir les courts-circuits

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) 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.		

Tableau 29 : Mesures de sécurité pour prévenir les effets de la foudre

Fonction de sécurité	Protection et intervention incendie	N° de la fonction de sécurité	7
Mesures de sécurité	<p>1. Indicateurs alarmés de température haute sur pièces mécaniques. Suivant le niveau de détection et les capteurs, la machine peut être bridée ou mise à l'arrêt jusqu'à refroidissement. Le redémarrage peut être effectué à distance, si les seuils de température sont au-dessous des seuils d'alarme.</p> <p>2. Système de détection incendie.</p> <p>3. Intervention des services de secours.</p>		
Description	<p>1. Des capteurs de température sont mis en place sur certains équipements (paliers et roulements des machines tournantes, enroulements du générateur et du transformateur). Ces capteurs ont des seuils hauts qui, une fois dépassés, conduisent à une alarme et à une mise à l'arrêt du rotor.</p> <p>2. Les éoliennes sont équipées d'un capteur de fumée au minimum, disposé dans la nacelle. Le détecteur de fumée est, d'un point de vue de la détection incendie, redondant avec la détection de température haute. En cas de détection, une sirène est déclenchée, l'éolienne est mise à l'arrêt en « emergency stop » et isolement électrique par ouverture de la cellule en pied de mât. De façon concomitante un message d'alarme est envoyé au centre de télésurveillance via le système de contrôle commande. Le système de détection incendie est alimenté par le réseau secouru (UPS).</p> <p>Vis-à-vis de la protection incendie, deux extincteurs sont présents dans la nacelle et un extincteur est disponible en pied de tour (utilisables par le personnel sur un départ de feu).</p>		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	<p>< 1 minute pour les détecteurs et l'enclenchement de l'alarme L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur. Le temps d'intervention des services de secours est quant à lui dépendant de la zone géographique.</p>		
Efficacité	100 %		
Tests	Test des détecteurs de fumée à la mise en service puis tous les ans.		
Maintenance	<p>Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011.</p> <p>Le matériel incendie (type extincteurs) est contrôlé périodiquement par le fabricant du matériel ou un organisme extérieur.</p> <p>Maintenance curative suite à une défaillance du matériel.</p>		

Tableau 30 : Mesures de sécurité pour protéger et intervenir en cas d'incendie

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	<p>Nombreux détecteurs de niveau d'huile permettant de détecter les éventuelles fuites d'huile et d'arrêter l'éolienne en cas d'urgence.</p> <p>Les opérations de vidange font l'objet de procédures spécifiques. Dans tous les cas, le transfert des huiles s'effectue de manière sécurisée via un système de tuyauterie et de pompes directement entre l'élément à vidanger et le camion de vidange.</p> <p>Des kits de dépollution d'urgence composés de grandes feuilles de textile absorbant pourront être utilisés afin :</p> <ul style="list-style-type: none"> - de contenir et arrêter la propagation de la pollution ; - d'absorber jusqu'à 20 litres de déversements accidentels de liquides (huile, eau, alcools ...) et produits chimiques (acides, bases, solvants ...) ; - de récupérer les déchets absorbés. <p>Si ces kits de dépollution s'avèrent insuffisants, une société spécialisée récupérera et traitera le gravier souillé via les filières adéquates, puis le remplacera par un nouveau revêtement.</p>		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Dépendant du débit de fuite		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	Inspection des niveaux d'huile plusieurs fois par an		

Tableau 31 : Mesures de sécurité pour la prévention et la rétention des fuites

Fonction de sécurité	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)	N° de la fonction de sécurité	9
Mesures de sécurité	<p>Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints, etc.)</p> <p>Procédures qualités</p> <p>Attestation du contrôle technique (procédure permis de construire)</p>		
Description	<p>La norme IEC 61 400-1 « Exigence pour la conception des aérogénérateurs » fixe les prescriptions propres à fournir « un niveau approprié de protection contre les dommages résultant de tout risque durant la durée de vie » de l'éolienne.</p> <p>Ainsi la nacelle, le nez, les fondations et la tour répondent au standard IEC 61 400-1. Les pales respectent le standard IEC 61 400-1 ; 12 ; 23.</p> <p>Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223.</p> <p>De plus, des organismes compétents externes, mandatés par l'exploitant du parc, produisent des rapports attestant de la conformité de nos turbines à la fin de la phase d'installation. L'article R111-38 du code de la construction et de l'habitation fait référence au contrôle technique de construction. Il est obligatoire, à la charge de l'exploitant et réalisé par des organismes agréés par l'État. Ce contrôle assure la solidité des ouvrages ainsi que la sécurité des biens et des personnes.</p>		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %		
Tests	NA		
Maintenance	<p>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.</p>		

Tableau 32 : Mesures de sécurité pour prévenir les défauts de stabilité et d'assemblage de l'éolienne

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	Traçabilité : rapport de service		
Maintenance	NA		

Tableau 33 : Mesures de sécurité pour prévenir les erreurs de maintenance

Fonction de sécurité	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	N° de la fonction de sécurité	11
Mesures de sécurité	Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents. Détection et prévention des vents forts et tempêtes Arrêt automatique et diminution de la prise au vent de l'éolienne (mise en drapeau progressive des pâles) par le système de conduite via le freinage aérodynamique		
Description	L'éolienne est mise à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale pour laquelle elle a été conçue (25 m/s pour la V112 – 3 MW) Cet arrêt est réalisé par le frein aérodynamique de l'éolienne avec mise en drapeau des pales (Le freinage est effectué en tournant ensemble les 3 pales à un angle de 85 à 90 °, afin de positionner celles-ci en position où elles offrent peu de prise au vent). Cette mise en drapeau est effectuée par le système d'orientation des pales « Pitch System » (calage d'angle).		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	< 1 min		
Efficacité	100 %. NB : En fonction de l'intensité attendue des vents, d'autres dispositifs de diminution de la prise au vent de l'éolienne peuvent être envisagés.		
Tests	Pitch system testé tous les ans lors des maintenances préventives.		
Maintenance	Tous les ans		

Tableau 34 : Mesures de sécurité pour prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort

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.

8.7. CONCLUSION DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

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

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

Nom du scénario exclu	Justification
Incendie de l'éolienne (effets thermiques) <i>I01 à I04</i>	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 <i>I05 à I07</i>	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. Il est également noté que 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)
Infiltration d'huile dans le sol <i>F01 à F02</i>	En cas d'infiltration d'huiles dans le sol, les volumes de substances libérés dans le sol restent mineurs.

Tableau 35 : Scénarios exclus

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

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

Ces scénarios regroupent plusieurs causes et séquences d'accident. En estimant la probabilité, gravité, cinétique et intensité de ces événements, il est possible de caractériser les risques pour toutes les séquences d'accidents.

9. ETUDE DETAILLEE DES RISQUES

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

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

9.1. RAPPEL DES DEFINITIONS

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

Cet arrêté ne prévoit de détermination de l'intensité et de la gravité que pour les effets de surpression, de rayonnement thermique et de toxicité.

Cet arrêté est complété par la circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 juillet 2003.

Cette circulaire précise en son point 1.2.2 qu'à l'exception de certains explosifs pour lesquels les effets de projection présentent un comportement caractéristique à faible distance, les projections et chutes liées à des ruptures ou fragmentations ne sont pas modélisées en intensité et gravité dans les études de dangers.

Force est néanmoins de constater que ce sont les seuls phénomènes dangereux susceptibles de se produire sur des éoliennes.

Afin de pouvoir présenter des éléments au sein de cette étude de dangers, il est proposé de recourir à la méthode ad hoc préconisée par le guide technique 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.

Ainsi, l'étude de dangers doit caractériser chaque scénario d'accident majeur potentiel retenu dans l'étude détaillée des risques en fonction des paramètres suivants :

- Cinétique ;
- Intensité ;
- Gravité ;
- Probabilité.

L'étude porte en effet sur la probabilité que l'accident se produise, la vitesse avec laquelle il produit des effets et à laquelle les secours sont en mesure d'intervenir (cinétique), l'effet qu'il aura s'il se produit (intensité) et le nombre de personnes exposées (gravité).

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

9.1.1. CINETIQUE

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

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

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

9.1.2. INTENSITE

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

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

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

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

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

- 5% d'exposition : seuils 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 36 : Niveaux d'intensité

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

9.1.3. 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.

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

Tableau 37 : Niveaux de gravité

9.1.4. 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'accidents majeurs :

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

Tableau 38 : Niveaux de probabilités

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

9.2. CARACTERISATION DES SCENARIOS RETENUS

9.2.1. EFFONDREMENT DE L'ÉOLIENNE

Zone d'effet :

La zone d'effet de l'effondrement d'une éolienne correspond à une surface circulaire de rayon égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale, soit 150 m dans le cas des éoliennes du parc de Brillac – Oradour Fanais.

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

Intensité :

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène d'effondrement de l'éolienne dans le cas de la ferme éolienne de Brillac – Oradour Fanais. Z_I est la zone d'impact, Z_E est la zone d'effet, R est la longueur de pale ($R = 56\text{m}$), H la hauteur du mat ($H = 94\text{ m}$), L la largeur du mat ($L = 4,2\text{ m}$) et LB la largeur de la base de la pale ($LB = 2,6\text{ m}$).

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale, soit 150 m)			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = (H \times L) + LB \times R \times LB/2 = 584,08 \text{ m}^2$	$Z_E = \pi \times (H+R)^2 = 70\,686 \text{ m}^2$	$D = Z_I / Z_E \times 100 = 0,83 \% (< 1 \%)$	Exposition modérée

Tableau 39 : Niveau d'intensité pour le scénario d'effondrement de l'éolienne

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

Gravité :

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 9.1.3), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène d'effondrement, dans le rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne :

- Plus de 1000 personnes exposées : « Désastreux » ;
- Entre 100 et 1000 personnes exposées : « Catastrophique » ;
- Entre 10 et 100 personnes exposées : « Important » ;
- Moins de 10 personne exposées : « Sérieux » ;
- Présence humaine exposée inférieure à une personne : « Modéré ».

Dans un rayon de 150 m autour des éoliennes, la surface de 7,07 ha est constituée de champs, de chemins agricoles et de voies de circulation non structurantes. Les terrains sont donc considérés comme aménagés mais peu fréquentés et le nombre de personnes permanentes est de 1 personne/10 ha.

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

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale, soit 150 m)		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E01	$(7,07 \times 1/10) = 0,707$	Modéré
E02	$(7,07 \times 1/10) = 0,707$	Modéré
E03	$(7,07 \times 1/10) = 0,707$	Modéré
E04	$(7,07 \times 1/10) = 0,707$	Modéré
E05	$(7,07 \times 1/10) = 0,707$	Modéré
E06	$(7,07 \times 1/10) = 0,707$	Modéré
E07	$(7,07 \times 1/10) = 0,707$	Modéré

Tableau 40 : Niveau de gravité pour le scénario d'effondrement de l'éolienne

Probabilité :

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

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

Tableau 41 : Niveau de probabilité pour le scénario d'effondrement de l'éolienne

Ces valeurs correspondent à une classe de probabilité « C » (improbable) 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'expérience², 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 : « Événement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité ».

Une probabilité de classe « C » est donc retenue par défaut pour ce type d'événement.

Néanmoins, les dispositions constructives des éoliennes ayant fortement 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 types de mesures de sécurité sont notamment :

- respect intégral des dispositions de la norme IEC 61 400-1 ;
- contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages ;
- système de détection des survitesses et 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 éoliennes mises en service après 2005.

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

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

Acceptabilité :

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

² Une année d'expérience correspond à une éolienne observée pendant une année. Ainsi, si on a observé une éolienne pendant 5 ans et une autre pendant 7 ans, on aura au total 12 années d'expérience.

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

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale, soit 150 m)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E01	Modéré	Acceptable
E02	Modéré	Acceptable
E03	Modéré	Acceptable
E04	Modéré	Acceptable
E05	Modéré	Acceptable
E06	Modéré	Acceptable
E07	Modéré	Acceptable

Tableau 42 : Niveau de risque pour le scénario d'effondrement de l'éolienne

Ainsi, pour la ferme éolienne, le phénomène d'effondrement des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

9.2.2. CHUTE DE GLACE

Considérations générales :

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

Selon l'étude WECO [15], une grande partie du territoire français (hors zones de montagne) est 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'éolienne (nacelle, pales). Normalement, le givre qui se forme en fine pellicule sur les pales de l'éolienne fond avec le soleil. En cas de vents forts, des morceaux de glace peuvent se détacher. Ils se désagrègent généralement avant d'arriver au sol. Ce type de chute de glace est similaire à ce qu'on observe sur d'autres bâtiments et infrastructures.

Zone d'effet :

Le risque de chute de glace est cantonné à la zone de survol des pales, soit un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor autour du mat de l'éolienne. Pour le parc éolien, la zone d'effet a donc un rayon de 56 mètres. Cependant, il convient de noter que, lorsque l'éolienne est à l'arrêt, les pales n'occupent qu'une faible partie de cette zone.

Intensité :

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute de glace dans le cas de la ferme éolienne de Brillac – Oradour Fanais. Z_I est la zone d'impact, Z_E est la zone d'effet, D est le degré d'exposition, R est la longueur de pale ($R = 56$ m), SG est la surface du morceau de glace majorant ($SG = 1$ m²).

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol, soit 56 m)			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
Z _I = SG = 1 m ²	Z _E = π × R ² = 9 852 m ²	D = Z _I / Z _E × 100 = 0,01 % (< 1 %)	Exposition modérée

Tableau 43 : Niveau de d'intensité pour le scénario de chute de glace

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 9.1.3), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute de glace, dans la zone de survol de l'éolienne :

- Plus de 1000 personnes exposées : « Désastreux » ;
- Entre 100 et 1000 personnes exposées : « Catastrophique » ;
- Entre 10 et 100 personnes exposées : « Important » ;
- Moins de 10 personnes exposées : « Sérieux » ;
- Présence humaine exposée inférieure à « une personne » : « Modéré ».

Dans un rayon de 56 m autour des éoliennes, la surface de 0,99 ha est occupée par des champs et les aires de maintenance des éoliennes. Les terrains sont considérés comme aménagés mais peu fréquentés. Le nombre de personnes exposées est donc de 1 personne/10 ha.

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, soit 56 m)		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E01	(0,99 × 1/10) = 0,099	Modérée
E02	(0,99 × 1/10) = 0,099	Modérée
E03	(0,99 × 1/10) = 0,099	Modérée
E04	(0,99 × 1/10) = 0,099	Modérée
E05	(0,99 × 1/10) = 0,099	Modérée
E06	(0,99 × 1/10) = 0,099	Modérée
E07	(0,99 × 1/10) = 0,099	Modérée

Tableau 44 : Niveau de gravité pour le scénario de chute de glace

Probabilité :

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

Acceptabilité :

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

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

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol, soit 56 m)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E01	Modérée	Acceptable
E02	Modérée	Acceptable
E03	Modérée	Acceptable
E04	Modérée	Acceptable
E05	Modérée	Acceptable
E06	Modérée	Acceptable
E07	Modérée	Acceptable

Tableau 45 : Niveau de risque pour le scénario de chute de glace

Ainsi, pour la ferme éolienne, le phénomène de chute de glace des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

Il convient également de rappeler que, conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation, un panneau informant le public des risques (et notamment des risques de chute de glace) sera installé sur le chemin d'accès de chaque aérogénérateur, c'est-à-dire en amont de la zone d'effet de ce phénomène. Cette mesure permettra de réduire les risques pour les personnes potentiellement présentes sur le site lors des épisodes de grand froid.

9.2.3. CHUTE D'ÉLÉMENTS DE L'ÉOLIENNE

Zone d'effet :

La chute d'éléments comprend la chute de tous les équipements situés en hauteur : trappes, boulons, morceaux de pales ou pales entières. Le cas majorant est ici le cas de la chute de pale. Il est retenu dans l'étude détaillée des risques pour représenter toutes les chutes d'éléments.

Le risque de chute d'éléments est cantonné à la zone de survol des pales, c'est-à-dire une zone d'effet correspondant à un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor.

Intensité :

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du parc éolien de Brillac – Oradour Fanais. Z_I est la zone d'impact, Z_E est la zone d'effet, D est le degré d'exposition, R est la longueur de pale ($R = 56$ m) et LB la largeur de la base de la pale ($LB = 2,6$ m).

Chute d'éléments de l'éolienne (Dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol, soit 56 m)			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_i = R \times LB/2 = 72,8 \text{ m}^2$	$Z_E = \pi \times R^2 = 9\,852 \text{ m}^2$	$D = Z_i/Z_E \times 100 = 0,74 \%$ ($< 1 \%$)	Exposition modérée

Tableau 46 : Niveau d'intensité pour le scénario de chute d'éléments de l'éolienne

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

Gravité :

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 9.1.3), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute d'éléments de l'éolienne, dans la zone de survol de l'éolienne :

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

- Plus de 1000 personnes exposées : « Désastreux » ;
- Entre 100 et 1000 personnes exposées : « Catastrophique » ;
- Entre 10 et 100 personnes exposées : « Important » ;
- Moins de 10 personnes exposées : « Sérieux » ;
- Présence humaine exposée inférieure à une personne : « Modéré ».

De même que le scénario de chute de glace, dans un rayon de 56 m autour des éoliennes, la surface de 0,99 ha est occupée par des champs et les aires de maintenance des éoliennes. Les terrains sont considérés comme aménagés mais peu fréquentés. Le nombre de personnes exposées est donc de 1 personne/10 ha.

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

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol, soit 56 m)		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E01	$(0,99 \times 1/10) = 0,099$	Modérée
E02	$(0,99 \times 1/10) = 0,099$	Modérée
E03	$(0,99 \times 1/10) = 0,099$	Modérée
E04	$(0,99 \times 1/10) = 0,099$	Modérée
E05	$(0,99 \times 1/10) = 0,099$	Modérée
E06	$(0,99 \times 1/10) = 0,099$	Modérée
E07	$(0,99 \times 1/10) = 0,099$	Modérée

Tableau 47 : Niveau de gravité pour le scénario de chute d'éléments de l'éolienne

Probabilité :

Peu d'éléments sont disponibles dans la littérature pour évaluer la fréquence des événements de chute de pales ou d'éléments d'éoliennes. Le retour d'expérience connu en France montre que ces événements ont une classe de probabilité « C » (2 chutes et 5 incendies pour 15 667 années d'expérience, soit 4.47×10^{-4} événement par éolienne et par an).

Ces événements correspondent également à la définition qualitative de l'arrêté du 29 septembre 2005 d'une probabilité « C » : « Événement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité ». Une probabilité de classe « C » (improbable) est donc retenue par défaut pour ce type d'événement.

Acceptabilité :

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

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

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol, soit 56 m)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E01	Modérée	Acceptable
E02	Modérée	Acceptable
E03	Modérée	Acceptable
E04	Modérée	Acceptable
E05	Modérée	Acceptable
E06	Modérée	Acceptable
E07	Modérée	Acceptable

Tableau 48 : Niveau de risque pour le scénario de chute d'éléments de l'éolienne

Ainsi, pour la ferme éolienne, le phénomène de chute d'éléments de l'éolienne constitue un risque acceptable pour les personnes.

9.2.4. 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'éolienne. On constate que les autres données disponibles dans cette accidentologie montrent des distances d'effet inférieures.

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

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

- 1300 m rapporté pour un accident à Hundhammerfjellet en Norvège le 20/01/2006,
- 1000 m rapporté pour un accident à Burgos en Espagne le 09/12/2000.

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

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

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

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

Intensité :

Pour le phénomène de projection de pale ou de fragment de pale, le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface d'un élément (cas majorant d'une pale entière) et la superficie de la zone d'effet du phénomène (500 m).

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du parc éolien Brillac – Oradour Fanais. Z_I est la zone d'impact, Z_E est la zone d'effet, D est le degré d'exposition, R est la longueur de pale ($R = 56\text{m}$) et LB est la largeur de la base de la pale ($LB = 2,6\text{m}$).

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)			
Zone d'impact en m^2	Zone d'effet du phénomène étudié en m^2	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = R \times LB / 2 = 72,8 \text{ m}^2$	$Z_E = \pi \times 500^2 = 785\,398 \text{ m}^2$	$D = Z_I / Z_E \times 100 = 0,0093 \%$ ($< 1 \%$)	Exposition modérée

Tableau 49 : Niveau d'intensité pour le scénario de projection de pale ou de fragment de pale

Gravité :

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 9.1.3), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de projection, dans la zone de 500 m autour de l'éolienne :

- Plus de 1000 personnes exposées : « Désastreux » ;
- Entre 100 et 1000 personnes exposées : « Catastrophique » ;
- Entre 10 et 100 personnes exposées : « Important » ;
- Moins de 10 personnes exposées : « Sérieux » ;
- Présence humaine exposée inférieure à une personne : « Modéré ».

Dans un rayon de 500 m autour de chaque éolienne, la surface de 78,54 ha comprend des champs, des chemins agricoles et des voies de circulation non structurantes. Cette zone fait donc partie de la catégorie des terrains aménagés mais peu fréquentés (voir paragraphe 4.4 Cartographie de synthèse). Pour chaque éolienne, 1 personne/10 ha est prise en compte.

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

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E01	$(78,53 \times 1/10) = 7,85$	Sérieuse
E02	$(78,53 \times 1/10) = 7,85$	Sérieuse
E03	$(78,53 \times 1/10) = 7,85$	Sérieuse
E04	$(78,53 \times 1/10) = 7,85$	Sérieuse
E05	$(78,53 \times 1/10) = 7,85$	Sérieuse
E06	$(78,53 \times 1/10) = 7,85$	Sérieuse
E07	$(78,53 \times 1/10) = 7,85$	Sérieuse

Tableau 50 : Niveau de gravité pour le scénario de projection de pale ou de fragment de pale

Probabilité :

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

Source	Fréquence	Justification
Site specific hazard assesment for a wind farm project [4]	1×10^{-6}	Respect de l'Eurocode EN 1990 - Basis of structural design
Guide for risk based zoning of wind turbines [5]	$1,1 \times 10^{-4}$	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

Tableau 51 : Niveau de probabilité pour le scénario de projection de pale ou de fragment de pale

Ces valeurs correspondent à des classes de probabilité de « B » (probable), « C » (improbable) ou « E » (extrêmement rare).

Le retour d'expérience français montre également une classe de probabilité « C » (12 événements pour 15 667 années d'expérience, soit $7,66 \times 10^{-4}$ événement par éolienne et par an).

Ces événements correspondent également à la définition qualitative de l'arrêté du 29 Septembre 2005 d'une probabilité « C » : « Événement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité ».

Une probabilité de classe « C » est donc retenue par défaut pour ce type d'événement.

Néanmoins, les dispositions constructives des éoliennes ayant fortement 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 des normes IEC 61 400-24 et EN 62 305-3 relatives à la foudre ;
- système de détection des survitesses et un système redondant de freinage ;
- système de détection des vents forts et un système redondant de freinage et de mise en sécurité des installations ;
- utilisation de matériaux résistants pour la fabrication des pales (fibre de verre ou de carbone, résines, etc.).

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

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

Acceptabilité :

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

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

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E01	Sérieuse	Acceptable
E02	Sérieuse	Acceptable
E03	Sérieuse	Acceptable
E04	Sérieuse	Acceptable
E05	Sérieuse	Acceptable
E06	Sérieuse	Acceptable
E07	Sérieuse	Acceptable

Tableau 52 : Niveau de risque pour le scénario de projection de pale ou de fragment de pale

Ainsi, pour la ferme éolienne de Brillac – Oradour Fanais, le phénomène de projection de tout ou partie de pale des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

9.2.5. PROJECTION DE GLACE

Zone d'effet :

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

En ce qui concerne la distance maximale atteinte par ce type de projectiles, il n'existe pas d'information dans l'accidentologie. La référence [15] propose une distance d'effet fonction de la hauteur et du diamètre de l'éolienne, dans les cas où le nombre de jours de glace est important et où l'éolienne n'est pas équipée de système d'arrêt des éoliennes en cas de givre ou de glace :

Distance d'effet = 1,5 x (hauteur de moyeu + diamètre de rotor)

Cette distance de projection est jugée conservatrice dans des études postérieures [17]. A défaut de données fiables, il est proposé de considérer cette formule pour le calcul de la distance d'effet pour les projections de glace.

Intensité :

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de glace dans le cas du parc éolien. Z_i est la zone d'impact, Z_E est la zone d'effet, D est le degré d'exposition, R est la longueur de pale (R = 56 m), H est la hauteur au moyeu (H = 94m), et SG est la surface majorante d'un morceau de glace.

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de R _{PG} = 1,5 x (H + 2R) autour de l'éolienne, soit 309 m)			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
Z _i = SG = 1 m ²	Z _E = π x [1,5 x (H + 2 x R)] ² = 299 962,4 m ²	D = Z _i /Z _E x 100 = 3,33 x 10 ⁻⁴ % (< 1 %)	Exposition modérée

Tableau 53 : Niveau d'intensité pour le scénario de projection de morceaux de glace

Gravité :

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 9.1.3), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de projection de glace, dans la zone d'effet de ce phénomène :

- Plus de 1000 personnes exposées : « Désastreux » ;
- Entre 100 et 1000 personnes exposées : « Catastrophique » ;
- Entre 10 et 100 personnes exposées : « Important » ;
- Moins de 10 personnes exposées : « Sérieux » ;
- Présence humaine exposée inférieure à « une personne » : « Modéré ».

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

Dans un rayon de 309 m autour de chaque éolienne, la surface de 30,0 ha comprend des champs, des portions de chemins ruraux et parfois de route (non structurante). Cette zone fait donc partie de la catégorie des terrains aménagés mais peu fréquentés (voir paragraphe 4.4 Cartographie de synthèse). Pour chaque éolienne, 1 personne/10 ha est prise en compte.

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

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de $R_{PG} = 1,5 \times (H + 2R)$ autour de l'éolienne, soit 309 m)		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E01	$(30,0 \times 1/10) = 3$	Sérieuse
E02	$(30,0 \times 1/10) = 3$	Sérieuse
E03	$(30,0 \times 1/10) = 3$	Sérieuse
E04	$(30,0 \times 1/10) = 3$	Sérieuse
E05	$(30,0 \times 1/10) = 3$	Sérieuse
E06	$(30,0 \times 1/10) = 3$	Sérieuse
E07	$(30,0 \times 1/10) = 3$	Sérieuse

Tableau 54 : Niveau de gravité pour le scénario de projection de morceaux de glace

Probabilité :

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

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

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

Acceptabilité :

Avec une classe de probabilité « B – événement probable », le risque de projection de glace pour chaque aérogénérateur est évalué comme acceptable dans le cas d'un niveau de gravité « Sérieux ». Cela correspond pour cet événement à un nombre équivalent de personnes permanentes inférieur à 10 dans la zone d'effet.

Pour les aérogénérateurs munis de système permettant de détecter ou de déduire la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur, pour lesquels, en cas de formation importante de glace, la mise à l'arrêt de la machine est effectuée dans un délai maximal de soixante minutes et ayant une procédure de redémarrage en cas d'arrêt automatique lié à la présence de glace sur les pales, le risque sera jugé acceptable pour les niveaux de gravité « Modéré » et « Sérieux ».

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

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de $R_{PG} = 1,5 \times (H + 2R)$ autour de l'éolienne, soit 309 m)			
Eolienne	Gravité	Présence de système d'arrêt en cas de détection ou déduction de glace et de procédure de redémarrage	Niveau de risque
E01	Sérieuse	Oui	Acceptable
E02	Sérieuse	Oui	Acceptable
E03	Sérieuse	Oui	Acceptable
E04	Sérieuse	Oui	Acceptable
E05	Sérieuse	Oui	Acceptable
E06	Sérieuse	Oui	Acceptable
E07	Sérieuse	Oui	Acceptable

Tableau 55 : Niveau de risque pour le scénario de projection de morceaux de glace

Ainsi, pour la ferme éolienne de Brillac – Oradour Fanais le phénomène de projection de glace constitue un risque acceptable pour les personnes.

9.3. SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE DÉTAILLÉE DES RISQUES

9.3.1. TABLEAU DE SYNTHÈSE DES SCÉNARIOS ÉTUDIÉS

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

E01 à E07					
Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité
Effondrement de l'éolienne	Rayon \leq hauteur totale de l'éolienne en bout de pale, soit 150 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	D (rare)	Modérée
Chute de glace	Rayon $\leq D/2$ = zone de survol = 56 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	A (courant)	Modérée
Chute d'éléments de l'éolienne	Rayon $\leq D/2$ = zone de survol = 56 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	C (improbable)	Modérée
Projection de pale ou de fragment de pale	Rayon = 500 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	D (rare)	Sérieuse
Projection de glace	Rayon = $1,5 \times (H+2R)$ autour de l'éolienne = 309 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	B (probable)	Sérieuse

Tableau 56 : Tableau de synthèse des risques et des paramètres associés pour toutes les éoliennes

9.3.2. SYNTHÈSE DE L'ACCEPTABILITÉ DES RISQUES

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

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

La légende suivante permettra d'apprécier l'acceptabilité des risques pour chacun des événements accidentels redoutés.

<i>Niveau de risque</i>	<i>Couleur</i>	<i>Acceptabilité</i>
Risque très faible		Acceptable
Risque faible		Acceptable
Risque important		Non acceptable

Tableau 57 : Légende de la matrice de criticité

E01 à E07					
Effondrement de l'éolienne					
<i>Conséquence</i>	<i>Classe de Probabilité</i>				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux					
Modéré		X (acceptable)			

Tableau 58 : Matrice de criticité pour le risque d'effondrement de l'éolienne

E01 à E07					
Chute de glace					
Conséquence	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux	Yellow	Red	Red	Red	Red
Catastrophique	Yellow	Yellow	Red	Red	Red
Important	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red
Sérieux	Green	Green	Yellow	Yellow	Red
Modéré	Green	Green	Green	Green	X (acceptable)

Tableau 59 : Matrice de criticité pour le risque de chute de glace

E01 à E07					
Chute d'éléments de l'éolienne					
Conséquence	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux	Yellow	Red	Red	Red	Red
Catastrophique	Yellow	Yellow	Red	Red	Red
Important	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red
Sérieux	Green	Green	Yellow	Yellow	Red
Modéré	Green	Green	X (acceptable)	Green	Yellow

Tableau 60 : Matrice de criticité pour le risque de chute d'éléments de l'éolienne

E01 à E07					
Projection de tout ou partie de pale					
Conséquence	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux	Yellow	Red	Red	Red	Red
Catastrophique	Yellow	Yellow	Red	Red	Red
Important	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red
Sérieux	Green	X (acceptable)	Yellow	Yellow	Red
Modéré	Green	Green	Green	Green	Yellow

Tableau 61 : Matrice de criticité pour le risque de projection de tout ou partie de pale

E01 à E07					
Projection de glace					
Conséquence	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux	Yellow	Red	Red	Red	Red
Catastrophique	Yellow	Yellow	Red	Red	Red
Important	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red
Sérieux	Green	Green	Yellow	X (acceptable)	Red
Modéré	Green	Green	Green	Green	Yellow

Tableau 62 : Matrice de criticité pour le risque de projection de glace

Au regard de la matrice complétée pour chacun des événements accidentels redoutés, il ressort que :

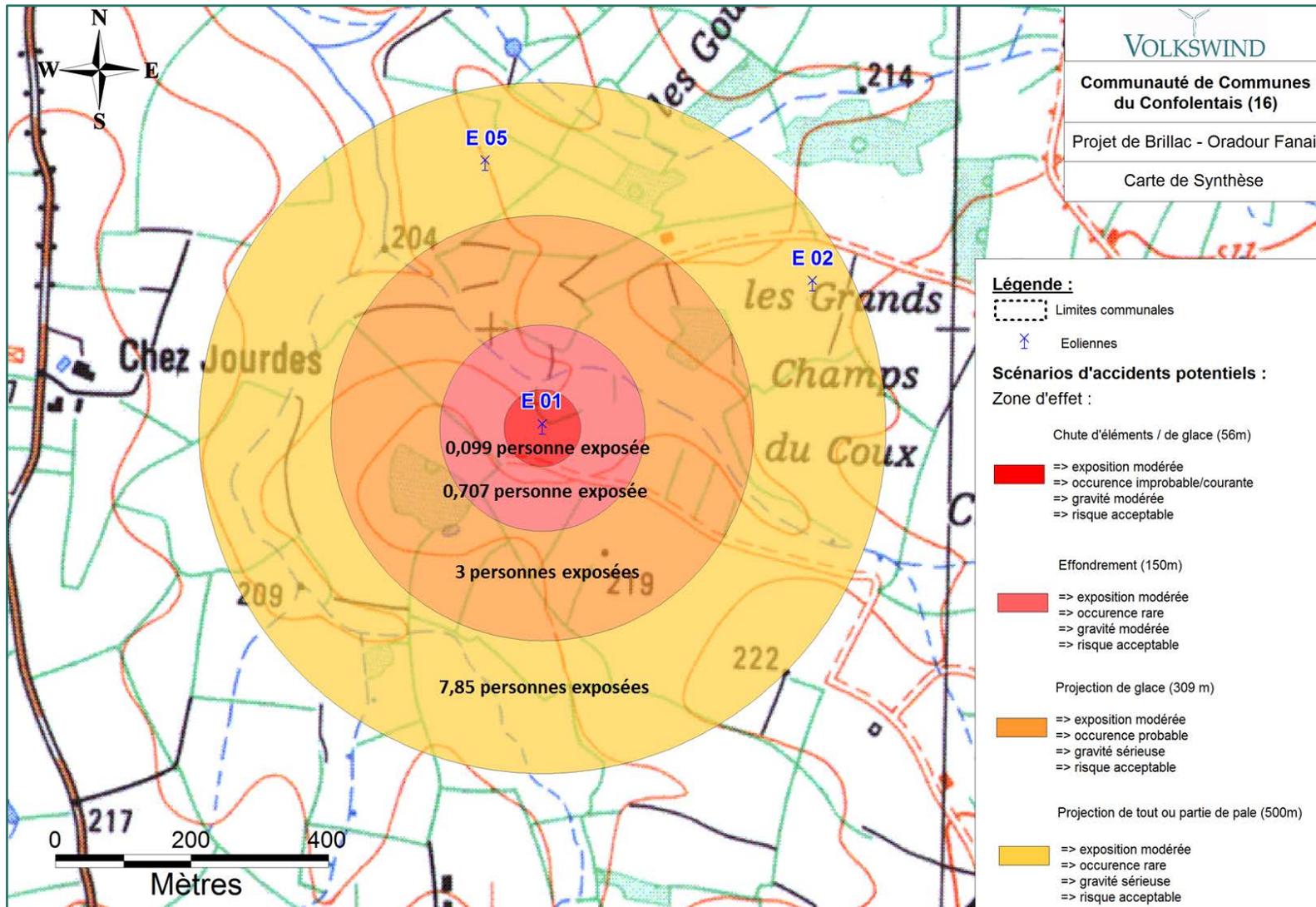
- aucun accident n'apparaît dans les cases rouges de la matrice, ce qui signifie qu'il n'existe aucun « risque important » et « non acceptable » ;
- les risques d'effondrement, de chute d'éléments et de projection de tout ou partie de pale apparaissent dans les cases vertes synonymes de « risques très faibles » et « acceptables » ;
- les risques de chute et de projection de glace figurent dans les cases jaunes « risques faibles » et « acceptables ». Pour ces accidents, il convient de souligner que les fonctions de sécurité détaillées dans la partie 8.6 seront mises en place.

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

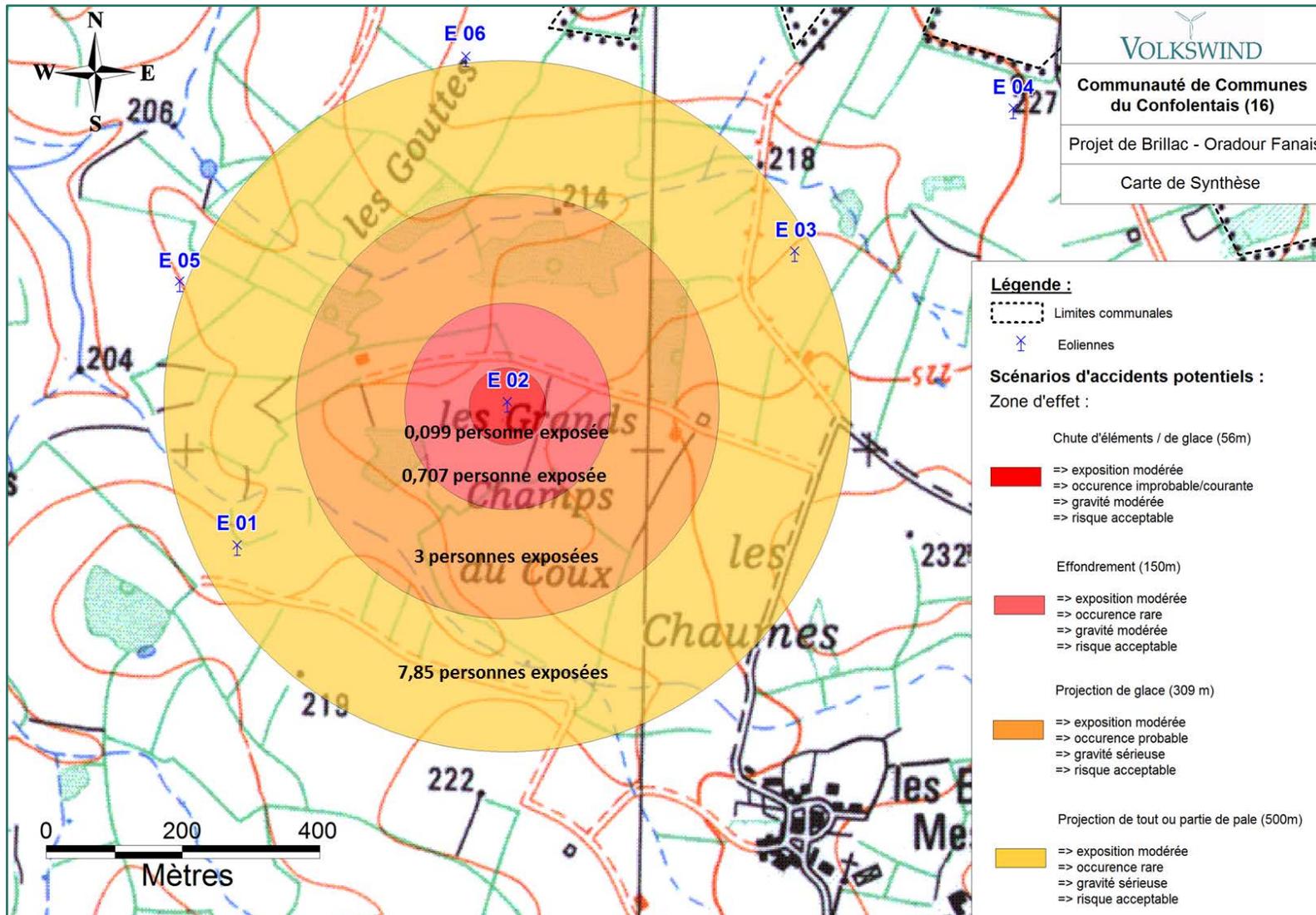
9.3.3. CARTOGRAPHIE DES RISQUES

Les cartes de synthèse ci-dessous sont proposées pour chaque aérogénérateur. Elles font apparaître, pour les scénarii détaillés dans le tableau de synthèse :

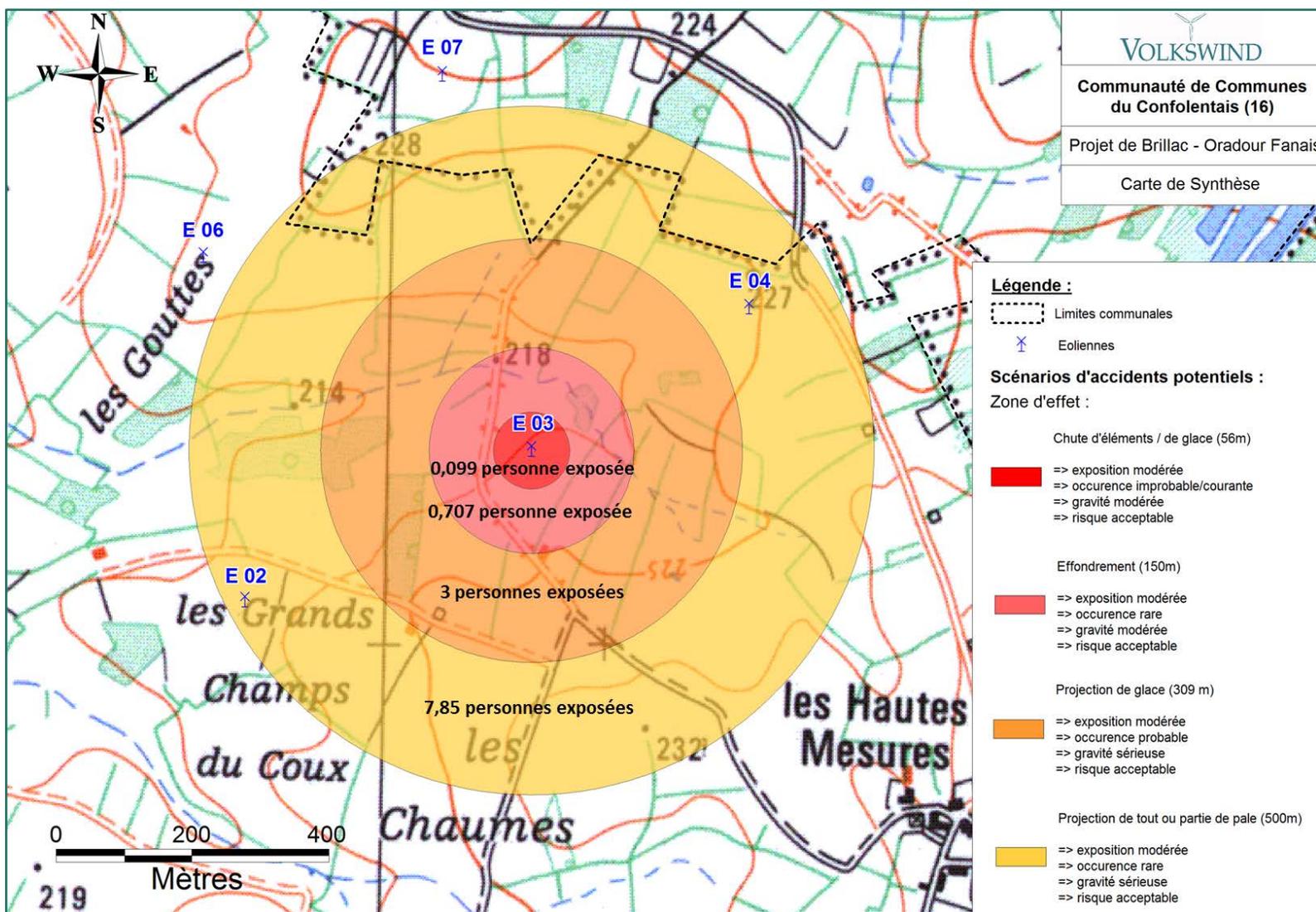
- Les enjeux étudiés dans l'étude détaillée des risques,
- L'intensité des différents phénomènes dangereux dans les zones d'effet de chaque phénomène dangereux,
- Le nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) exposées par zone d'effet.



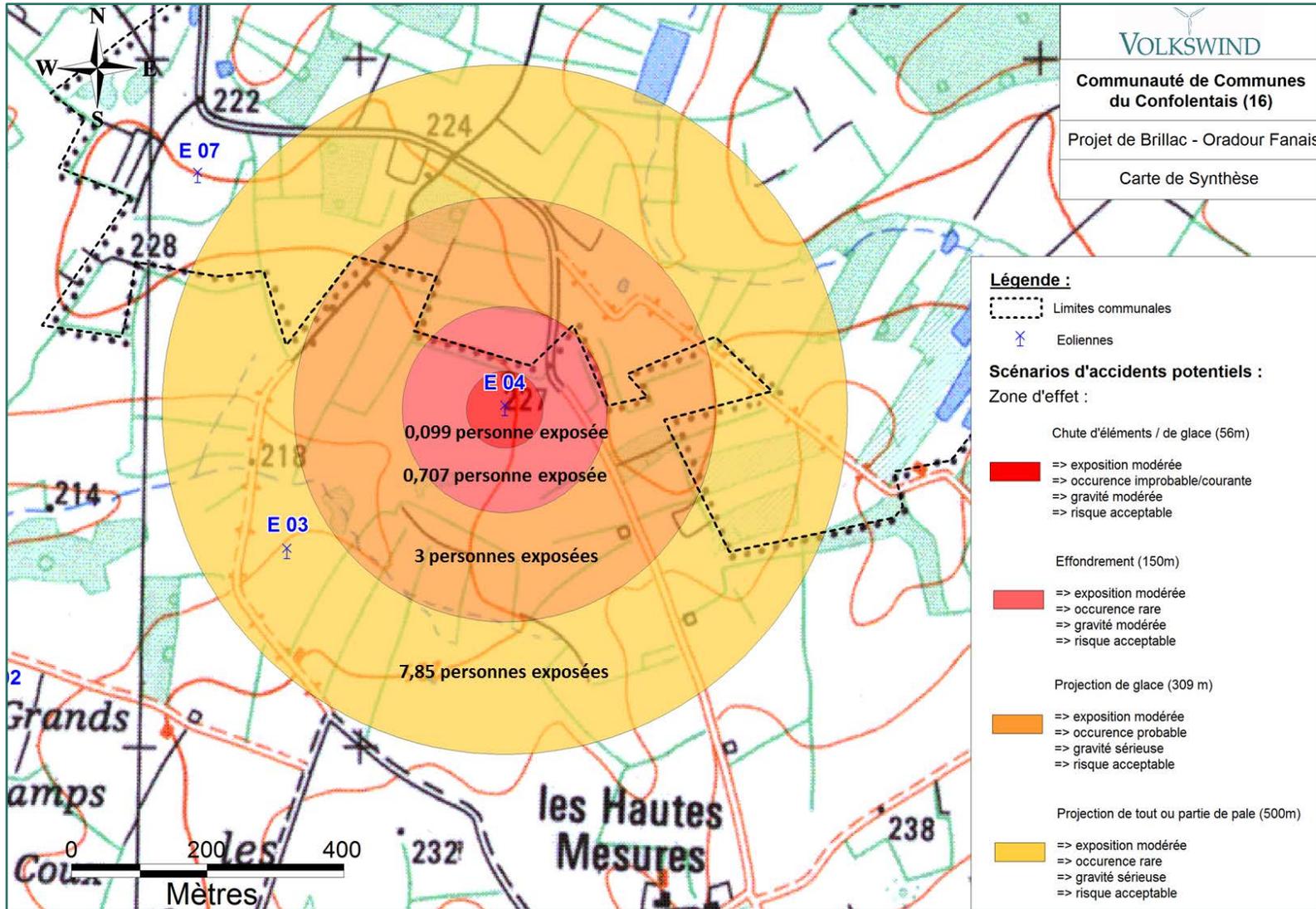
Carte 24 : Synthèse des risques pour l'éolienne E01



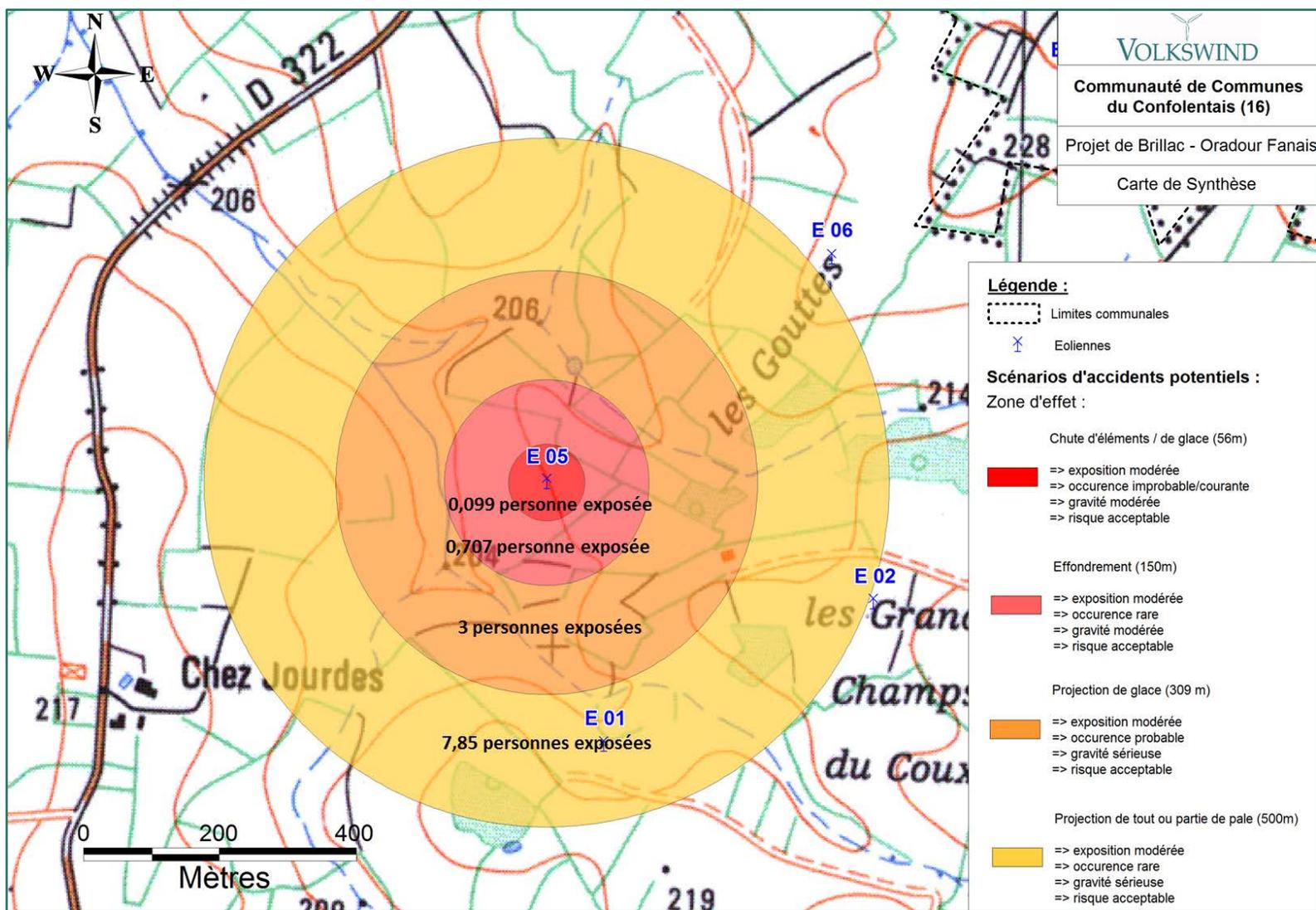
Carte 25 : Synthèse des risques pour l'éolienne E02



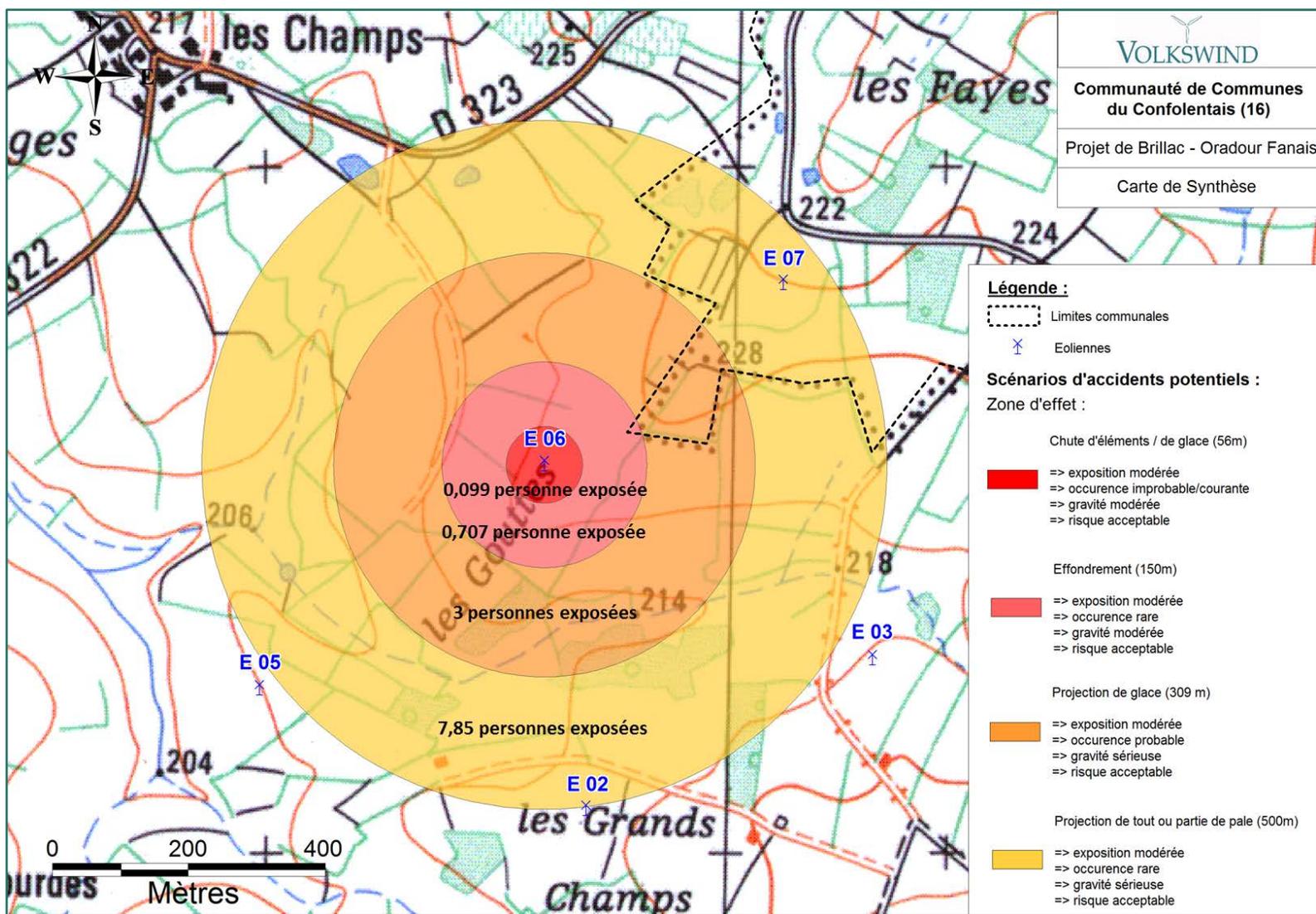
Carte 26 : Synthèse des risques pour l'éolienne E03



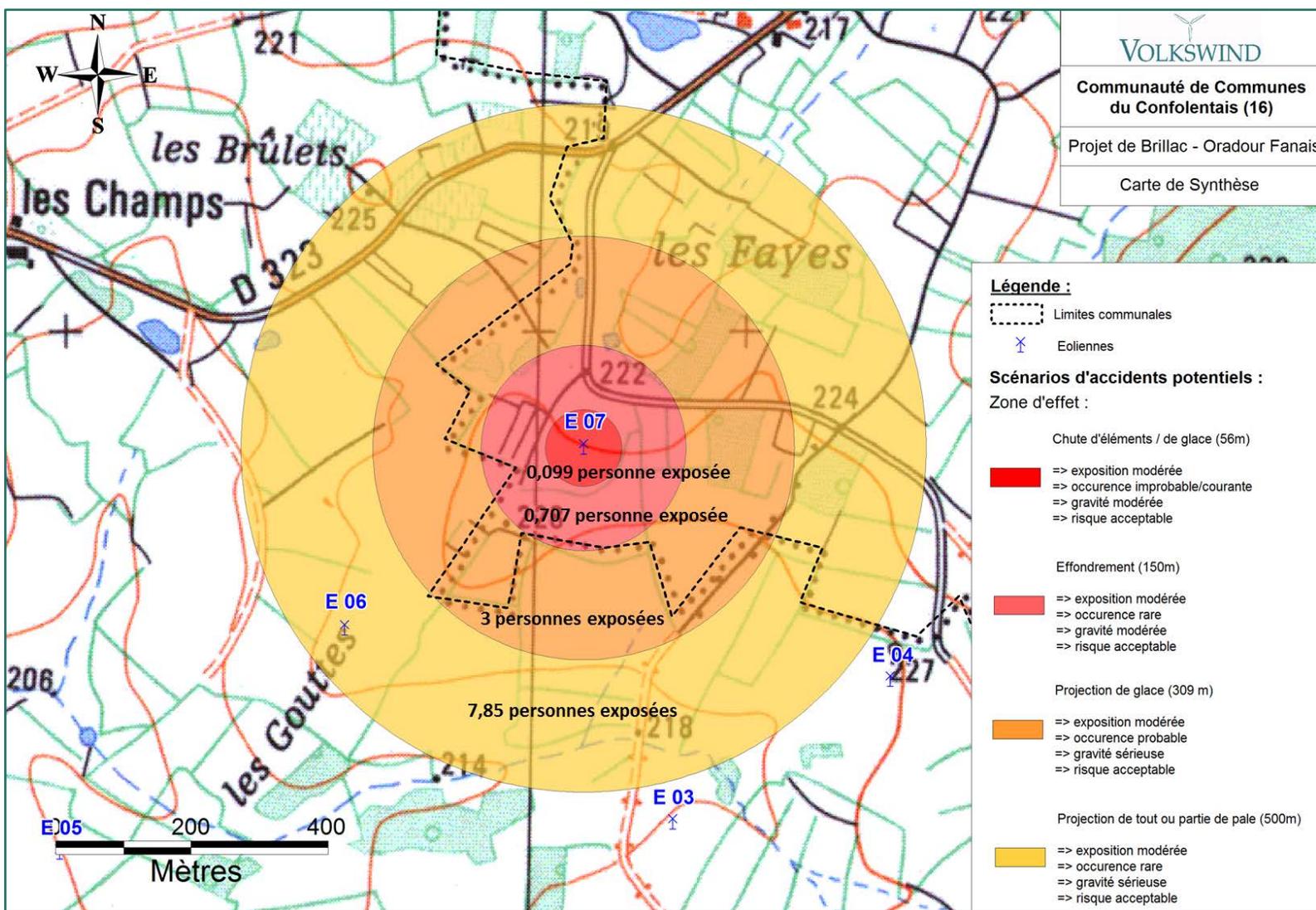
Carte 27 : Synthèse des risques pour l'éolienne E04



Carte 28 : Synthèse des risques pour l'éolienne E05



Carte 29 : Synthèse des risques pour l'éolienne E06



Carte 30 : Synthèse des risques pour l'éolienne E07

10. CONCLUSION

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

Tout d'abord, cette étude a décrit l'environnement du site ainsi que l'installation et son fonctionnement. Cela a permis de présenter le respect de l'ensemble de la réglementation s'appliquant aux éoliennes mais aussi la prise en compte des préconisations et des avis des organismes consultés (aviation militaire, conseil général, etc.). L'ensemble des cibles humaines dans le périmètre d'étude a été identifié et quantifié.

Ensuite, l'étude a identifié les potentiels de dangers de l'installation qu'ils soient liés aux produits ou au fonctionnement de l'installation (chute d'éléments, projection d'éléments, effondrement, échauffement de pièces mécaniques, court-circuit électrique).

Puis, le retour d'expérience a permis d'identifier les principaux événements accidentels au niveau national et international que sont l'incendie, l'effondrement, la rupture de pale et la chute d'éléments.

L'analyse préliminaire des risques (APR) a permis d'identifier les scénarios d'accident majeurs et les mesures de sécurité qui empêchent ces scénarios de se produire ou en limitent les effets. L'APR a ainsi identifié l'ensemble des séquences accidentelles et phénomènes dangereux pouvant déclencher la libération du danger. Les scénarios ont été regroupés par thème : Glace, Incendie, Fuite, Chute d'élément, Projection et Effondrement. L'analyse du séquençage du déroulement des phénomènes accidentels permet de concevoir les mesures appropriées à apporter pour supprimer, réduire ou limiter le danger. L'APR, en répondant à l'ensemble des séquences accidentelles et phénomènes dangereux par des mesures appropriées, sélectionne les scénarios qui font l'objet de l'Etude Détaillée des Risques en excluant ceux dont l'intensité est faible.

Un ensemble de mesures de maîtrise des risques est mise en place pour prévenir ou limiter les conséquences des accidents majeurs dont voici les principales :

- Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace,
- Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace,
- Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques,
- Prévenir la survitesse,
- Prévenir les courts-circuits,
- Prévenir les effets de la foudre,
- Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage,
- Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort.

L'Etude Détaillée des Risques a caractérisé les scénarios sélectionnés en termes de probabilité, cinétique, intensité et gravité. Les scénarios retenus sont : projection de tout ou une partie de pale, effondrement de l'éolienne, chute d'éléments de l'éolienne, chute de glace et projection de glace.

Pour chaque scénario d'accident, le calcul du niveau d'intensité (en fonction du ratio entre la zone d'impact et la zone d'effet du phénomène étudié) et l'estimation du niveau de gravité (en fonction du nombre de personnes exposées) associés à la probabilité d'occurrence (niveaux issus de la bibliographie), permet de définir si le risque est acceptable ou non.

Le niveau de gravité le plus important, la gravité sérieuse, concerne les risques de projection de tout ou partie de pale et le risque de projection de glace. Le risque de projection de tout ou partie de pale comporte une probabilité d'occurrence faible (probabilité D : rare) alors que le risque de projection de glace a une occurrence probable (probabilité B : probable). A l'inverse, le risque de chute de glace détient un niveau de gravité des plus faibles (gravité modérée) mais sa probabilité d'occurrence est la plus forte (probabilité A : courant). Le risque de chute d'éléments de l'éolienne comporte lui aussi un niveau de gravité modéré mais sa probabilité d'occurrence reste improbable. De la même façon, le niveau de gravité d'effondrement de l'éolienne est modéré et sa probabilité d'occurrence est la plus faible.

En conclusion, les éléments exposés par la présente étude de dangers montrent objectivement que les risques résiduels sont acceptables, confirmant ainsi la sûreté du projet de parc éolien de Brillac – Oradour Fanais.

ANNEXES

PUBLIC



DET NORSKE VERITAS

TYPE CERTIFICATE

Vestas V112 3.0MW

IEC TC-219701-0
Type Certificate number

2011-10-07
Date of issue

Manufacturer:
Vestas Wind Systems A/S
Alsvej 21
DK-8940 Randers SV

Valid until: 2016-10-07

Conformity evaluation has been carried out according to **IEC 61400-22: 2010 "Wind Turbines - Part 22: Conformity Testing and Certification"**. This certificate attests compliance with IEC 61400-1 ed. 3: 2005 and IEC 61400-22 concerning the design and manufacture.

Reference documents:

Design Basis Conformity Statement:	IEC DB-219701-0
Design Evaluation Conformity Statement:	IEC DE-219701-0
Type Test Conformity Statement:	IEC TT-219701-0
Manufacturing Conformity Statement:	IEC MC-219701-0
Foundation Design Evaluation Conformity Statement(s):	IEC FE-219701-0
Type Characteristics Measurement Conformity Statement(s):	IEC TM-219701-0
Final Evaluation Report:	PD-642197-122PQ01-81

Wind Turbine specification:

IEC WT class: 2A/3A. For further information see Appendix 1 of this Certificate.

Date: 2011-10-07


Claus F. Christensen

Management Representative
Det Norske Veritas, Danmark A/S



DANAK
PROD Reg. no. 7031

Date: 2011-10-07


Torben Søndergaard

Project Manager
Det Norske Veritas, Danmark A/S

DET NORSKE VERITAS, DANMARK A/S



APPENDIX 1 - WIND TURBINE TYPE SPECIFICATION

General:

IEC WT class acc. to IEC 61400-1 ed. 3: 2005:	IEC WT class 2A/3A
Rotor diameter:	112m
Rated power:	3075 kW
Rated wind speed V_r :	12.0 m/s
Hub height(s):	84 m (IEC 2A) 94 m (IEC 2A) 119 m (IEC 3A)
Operating wind speed range V_{in} - V_{out} :	3 – 25 m/s
Design life time:	20 years

Wind conditions:

	2A	3A
V_{ref} (hub height):	42.5 m/s	37.5 m/s
V_{ave} (hub height):	8.5 m/s	7.5 m/s
I_{ref}/I_{15} ($V_{hub}=15$ m/s) acc. to IEC 61400-1 ed. 3: 2005:	0.16	0.16
Mean flow inclination:	8°	8°

Electrical network conditions:

Normal supply voltage and range:	3 x 650 V 10-35 KV
Normal supply frequency and range:	50 Hz \pm 6%
Voltage imbalance:	IEC 61000-3-6- TR max 2%
Maximum duration of electrical power network outages:	Two 3 months periods
Number of annual electrical network outages:	52 per year

Other environmental conditions (where taken into account):

Air density:	1.225 kg/m ³
Normal and extreme temperature ranges:	-10°C to +40°C
Extreme temperature range:	-20°C to +50°C
Relative humidity:	100% (40% of time) and 90% (rest of time)
Solar radiation:	1000 W/m ²
Salinity:	Present
Design conditions in case of offshore WT (water depth, wave conditions etc.):	Not relevant – Onshore turbine
Description of lightning protection system:	Designed according to IEC 61400-24, Protection level 1 and 61312-1
Earthquake model and parameters:	Not relevant



Main components:

Blade type: Gear box type: Main Bearing: Generator type: Transformer type: Tower type: Foundation Crane: Service lift: Controller:	Vestas 55m blade Bosch Rexroth GPV 570D (i=1:113.257) SKF 240/950 CA/W33 or FAG F-582562.PRL-WPO Vestas MAGPower 3.3MW DGIPM 560-12m Siemens Geafol 4GD6592-1ZY 3350 kVA- 3450kVA Tubular Steel Towers HH84 (dwg: 0017-1750) HH94 (dwg: 0017-3183) HH119 (dwg: 0016-8671) Gravity based concrete slab HH84, IEC2A, GWL at foundation (0014-4605) Gravity based concrete slab HH84, IEC2A, GWL at terrain (0014-4606) Gravity based concrete slab HH94, IEC2A, GWL at foundation (0014-4674) Gravity based concrete slab HH94, IEC2A, GWL at terrain (0014-4677) Gravity based concrete slab HH119, IEC3A, GWL at foundation (0014-4695) Gravity based concrete slab HH119, IEC3A, GWL at terrain (0014-4696) Type / Not present Avanti Shark or Power Lift Sherpa-SD VMP Global
---	--

ANNEXE 2 – Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne

La détermination du nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) présentes dans chacune des zones d'effet se base sur la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers. Cette fiche permet de compter aussi simplement que possible, selon des règles forfaitaires, le nombre de personnes exposées dans chacune des zones d'effet des phénomènes dangereux identifiés.

Dans le cadre de l'étude de dangers des parcs éoliens, cette méthode permet tout d'abord, au stade de la description de l'environnement de l'installation (partie 4), de comptabiliser les enjeux humains présents dans les ensembles homogènes (terrains non bâtis, voies de circulation, zones habitées, ERP, zones industrielles, commerces...) situés dans l'aire d'étude de l'éolienne considérée.

D'autre part, cette méthode permet ensuite de déterminer la gravité associée à chaque phénomène dangereux retenu dans l'étude détaillée des risques (partie 9).

Terrains non bâtis

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

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

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

Voies de circulation

Les voies de circulation n'ont à être prises en considération que si elles sont empruntées par un nombre significatif de personnes. En effet, les voies de circulation non structurantes (< 2000 véhicules/jour) sont déjà comptées dans la catégorie des terrains aménagés mais peu fréquentés.

Voies de circulation automobiles

Dans le cas général, on comptera 0,4 personne permanente par kilomètre exposé par tranche de 100 véhicules/jour. Exemple : 20 000 véhicules/jour sur une zone de 500 m = $0,4 \times 0,5 \times 20\ 000/100 = 40$ personnes.

Nombre de personnes exposées sur voies de communication structurantes en fonction du linéaire et du trafic											
		Linéaire de route compris dans la zone d'effet (en m)									
		100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
Trafic (en véhicules/jour)	2000	0,8	1,6	2,4	3,2	4	4,8	5,6	6,4	7,2	8
	3000	1,2	2,4	3,6	4,8	6	7,2	8,4	9,6	10,8	12
	4000	1,6	3,2	4,8	6,4	8	9,6	11,2	12,8	14,4	16
	5000	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
	7500	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
	10000	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
	20000	8	16	24	32	40	48	56	64	72	80
	30000	12	24	36	48	60	72	84	96	108	120
	40000	16	32	48	64	80	96	112	128	144	160
	50000	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
	60000	24	48	72	96	120	144	168	192	216	240
	70000	28	56	84	112	140	168	196	224	252	280
	80000	32	64	96	128	160	192	224	256	288	320
90000	36	72	108	144	180	216	252	288	324	360	
100000	40	80	120	160	200	240	280	320	360	400	

Voies ferroviaires

Train de voyageurs : compter 1 train équivalent à 100 véhicules (soit 0,4 personne exposée en permanence par kilomètre et par train), en comptant le nombre réel de trains circulant quotidiennement sur la voie.

Voies navigables

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

Chemins et voies piétonnes

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

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

Logements

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

Etablissements recevant du public (ERP)

Compter les ERP (bâtiments d'enseignement, de service public, de soins, de loisir, religieux, grands centres commerciaux etc.) en fonction de leur capacité d'accueil (au sens des catégories du code de la construction et de l'habitation), le cas échéant sans compter leurs routes d'accès (cf. paragraphe sur les voies de circulation automobile).

Les commerces et ERP de catégorie 5 dont la capacité n'est pas définie peuvent être traités de la façon suivante :

- compter 10 personnes par magasin de détail de proximité (boulangerie et autre alimentation, presse et coiffeur) ;
- compter 15 personnes pour les tabacs, cafés, restaurants, supérettes et bureaux de poste.

Les chiffres précédents peuvent être remplacés par des chiffres issus du retour d'expérience local pour peu qu'ils restent représentatifs du maximum de personnes présentes et que la source du chiffre soit soigneusement justifiée.

Une distance d'éloignement de 500 m aux habitations est imposée par la loi. La présence d'habitations ou d'ERP se rencontre peu en pratique.

Zone d'activité

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

ANNEXE 3 – TABLEAU DE L'ACCIDENTOLOGIE FRANÇAISE

Le tableau ci-dessous a été établi par le groupe de travail constitué pour la réalisation du présent guide. Il recense l'ensemble des accidents et incidents connus en France concernant la filière éolienne entre 2000 et début 2012. L'analyse de ces données est présentée dans la partie 7. de l'étude de dangers.

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Effondrement	Novembre 2000	Port la Nouvelle	Aude	0,5	1993	Non	Le mât d'une éolienne s'est plié lors d'une tempête suite à la perte d'une pale (coupure courant prolongée pendant 4 jours suite à la tempête)	Tempête avec foudre répétée	Rapport du CGM Site Vent de Colère	-
Rupture de pale	2001	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pales en bois (avec inserts)	?	Site Vent de Colère	Information peu précise
Effondrement	01/02/2002	Wormhout	Nord	0,4	1997	Non	Bris d'hélice et mât plié	Tempête	Rapport du CGM Site Vent du Bocage	-
Maintenance	01/07/2002	Port la Nouvelle – Sigean	Aude	0,66	2000	Oui	Grave électrisation avec brûlures d'un technicien	Lors de mesures pour cartériser la partie haute d'un transformateur 690V/20kV en tension. Le mètre utilisé par la victime, déroulé sur 1,46m, s'est soudainement plié et est entré dans la zone du transformateur, créant un arc électrique.	Rapport du CGM	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Effondrement	28/12/2002	Névian - Grande Garrigue	Aude	0,85	2002	Oui	Effondrement d'une éolienne suite au dysfonctionnement du système de freinage	Tempête + dysfonctionnement du système de freinage	Rapport du CGM Site Vent de Colère Article de presse (Midi Libre)	-
Rupture de pale	25/02/2002	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pale en bois (avec inserts) sur une éolienne bipale	Tempête	Article de presse (La Dépêche du 26/03/2003)	Information peu précise

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Rupture de pale	05/11/2003	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pales en bois (avec inserts) sur trois éoliennes. Morceaux de pales disséminés sur 100 m.	Dysfonctionnement du système de freinage	Rapport du CGM Article de presse (Midi Libre du 15/11/2003)	-
Effondrement	01/01/2004	Le Portel – Boulogne sur Mer	Pas de Calais	0,75	2002	Non	Cassure d'une pale, chute du mât et destruction totale. Une pale tombe sur la plage et les deux autres dérivent sur 8 km.	Tempête	Base de données ARIA Rapport du CGM Site Vent de Colère Articles de presse (WindpowerMonthly May 2004, La Voix du Nord du 02/01/2004)	-
Effondrement	20/03/2004	Loon Plage – Port de Dunkerque	Nord	0,3	1996	Non	Couchage du mât d'une des 9 éoliennes suite à l'arrachement de la fondation	Rupture de 3 des 4 micropieux de la fondation, erreur de calcul (facteur de 10)	Base de données ARIA Rapport du CGM Site Vent de Colère Articles de presse (La Voix du Nord du 20/03/2004 et du 21/03/2004)	-
Rupture de pale	22/06/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2001	Non	Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5 m à 50 m, mât intact	Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage)	Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004)	-
Rupture de pale	08/07/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2001	Non	Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5m à 50m, mat intact	Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage)	Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004)	Incident identique à celui s'étant produit 15 jours auparavant
Rupture de pale	2004	Escales-Conilhac	Aude	0,75	2003	Non	Bris de trois pales		Site Vent de Colère	Information peu précise
Rupture de pale + incendie	22/12/2004	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75	2004	Non	Bris des trois pales et début d'incendie sur une éolienne (survitesse de plus de 60 tr/min)	Survitesse due à une maintenance en cours, problème de régulation, et dysfonctionnement du système de freinage	Base de données ARIA Article de presse (La Tribune du 30/12/2004) Site Vent de Colère	-
Rupture de pale	2005	Wormhout	Nord	0,4	1997	Non	Bris de pale		Site Vent de Colère	Information peu précise

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

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Emballement	03/2008	Dinéault	Finistère	0,3	2002	Non	Emballement de l'éolienne mais pas de bris de pale	Tempête + système de freinage hors service (boulon manquant)	Base de données ARIA	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (événement unique et sans répercussion potentielle sur les personnes)
Collision avion	04/2008	Plouguin	Finistère	2	2004	Non	Léger choc entre l'aile d'un bimoteur Beechcraftch (liaison Ouessant-Brest) et une pale d'éolienne à l'arrêt. Perte d'une pièce de protection au bout d'aile. Mise à l'arrêt de la machine pour inspection.	Mauvaise météo, conditions de vol difficiles (sous le plafond des 1000m imposé par le survol de la zone) et faute de pilotage (altitude trop basse)	Articles de presse (Le Télégramme, Le Post)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident aéronautique)
Rupture de pale	19/07/2008	Erize-la-Brûlée - Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Oui	Chute de pale et projection de morceaux de pale suite à un coup de foudre	Foudre + défaut de pale	Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain 22/07/2008)	-
Incendie	28/08/2008	Vauvillers	Somme	2	2006	Oui	Incendie de la nacelle	Problème au niveau d'éléments électroniques	Dépêche AFP 28/08/2008	-
Rupture de pale	26/12/2008	Raival - Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Oui	Chute de pale		Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain)	-
Maintenance	26/01/2009	Clastres	Aisne	2,75	2004	Oui	Accident électrique ayant entraîné la brûlure de deux agents de maintenance	Accident électrique (explosion d'un convertisseur)	Base de données ARIA	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Rupture de pale	08/06/2009	Bollène	Vaucluse	2,3	2009	Oui	Bout de pale d'une éolienne ouvert	Coup de foudre sur la pale	Interne exploitant	Non utilisable dans les chutes ou les projections (la pale est restée accrochée)

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Incendie	21/10/2009	Froidfond - Espinassière	Vendée	2	2006	Oui	Incendie de la nacelle	Court-circuit dans transformateur sec embarqué en nacelle ?	Article de presse (Ouest-France) Communiqué de presse exploitant Site FED	-
Incendie	30/10/2009	Freysenet	Ardèche	2	2005	Oui	Incendie de la nacelle	Court-circuit faisant suite à une opération de maintenance (problème sur une armoire électrique)	Base de données ARIA Site FED Article de presse (Le Dauphiné)	-
Maintenance	20/04/2010	Toufflers	Nord	0,15	1993	Non	Décès d'un technicien au cours d'une opération de maintenance	Crise cardiaque	Article de presse (La Voix du Nord 20/04/2010)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Effondrement	30/05/2010	Port la Nouvelle	Aude	0,2	1991	Non	Effondrement d'une éolienne	Le rotor avait été endommagé par l'effet d'une survitesse. La dernière pale (entière) a pris le vent créant un balourd. Le sommet de la tour a plié et est venu buter contre la base entraînant la chute de l'ensemble.	Interne exploitant	-
Incendie	19/09/2010	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75	2004	Non	Emballement de deux éoliennes et incendie des nacelles.	Maintenance en cours, problème de régulation, freinage impossible, évacuation du personnel, survitesse de +/- 60 tr/min	Articles de presse Communiqué de presse SER-FEE	-

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Maintenance	15/12/2010	Pouillé-les-Côteaux	Loire Atlantique	2,3	2010	Oui	Chute de 3 m d'un technicien de maintenance à l'intérieur de l'éolienne. L'homme de 22 ans a été secouru par le GRIMP de Nantes. Aucune fracture ni blessure grave.		Interne SER-FEE	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Transport	31/05/2011	Mesvres	Saône-et-Loire	-	-	-	Collision entre un train régional et un convoi exceptionnel transportant une pale d'éolienne, au niveau d'un passage à niveau Aucun blessé		Article de presse (Le Bien Public 01/06/2011)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident de transport hors site éolien)
Rupture de pale	14/12/2011	Non communiqué	Non communiqué	2,5	2003	Oui	Pale endommagée par la foudre. Fragments retrouvés par l'exploitant agricole à une distance n'excédant pas 300 m.	Foudre	Interne exploitant	Information peu précise sur la distance d'effet
Incendie	03/01/2012	Non communiqué	Non communiqué	2,3	2006	Oui	Départ de feu en pied de tour. Acte de vandalisme : la porte de l'éolienne a été découpée pour y introduire des pneus et de l'huile que l'on a essayé d'incendier. Le feu ne s'est pas propagé, dégâts très limités et restreints au pied de la tour.	Malveillance / incendie criminel	Interne exploitant	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (pas de propagation de l'incendie)
Rupture de pale	05/01/2012	Widehem	Pas-de-Calais	0,75	2000	Non	Bris de pales, dont des fragments ont été projetés jusqu'à 380 m. Aucun blessé et aucun dégât matériel (en dehors de l'éolienne).	Tempête + panne d'électricité	Article de presse (La Voix du Nord 06/01/2012) Vidéo DailyMotion Interne exploitant	-

Annexe 4 – Scénarios génériques issus de l'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

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

Le tableau générique issu de l'analyse préliminaire des risques est présenté dans la partie 8.4. de l'étude de dangers. Il peut être considéré comme représentatif des scénarios d'accident pouvant potentiellement se produire sur les éoliennes et pourra par conséquent être repris à l'identique dans les études de dangers.

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

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

Scénario G01

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

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

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

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

Scénario G02

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

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

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

Les éventuels incendies interviendront dans le cas où plusieurs conditions seraient réunies (Ex : Foudre + défaillance du système parafoudre = Incendie).

Le moyen de prévention des incendies consiste en un contrôle périodique des installations.

Dans l'analyse préliminaire des risques seulement quelques exemples vous sont fournis. La méthodologie suivante pourra aider à déterminer l'ensemble des scénarios devant être regardés :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Scénarios relatifs aux risques de fuites (F01 à F02)

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

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

Scénario F01

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

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

- Vérification des niveaux d'huile lors des opérations de maintenance

- Détection des fuites potentielles par les opérateurs lors des maintenances
- Procédure de gestion des situations d'urgence

Deux événements peuvent être aggravants :

- Ecoulement de ces produits le long des pales de l'éolienne, surtout si celle-ci est en fonctionnement.

Les produits seront alors projetés aux alentours.

- Présence d'une forte pluie qui dispersera rapidement les produits dans le sol.

Scénario F02

Lors d'une maintenance, les opérateurs peuvent accidentellement renverser un bidon d'huile, une bouteille de solvant, un sac de graisse ... Ces produits dangereux pour l'environnement peuvent s'échapper de l'éolienne ou être renversés hors de cette dernière et infiltrer les sols environnants.

Plusieurs procédures/actions permettront d'empêcher le renversement et l'écoulement de ces produits :

- Kits anti-pollution associés à une procédure de gestion des situations d'urgence
- Sensibilisation des opérateurs aux bons gestes d'utilisation des produits

Ce scénario est à adapter en fonction des produits utilisés.

Événement aggravant : fortes pluies qui disperseront rapidement les produits dans le sol.

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

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

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

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

Les événements principaux susceptibles de conduire à la rupture totale ou partielle de la pale sont liés à 3 types de facteurs pouvant intervenir indépendamment ou conjointement :

- Défaut de conception et de fabrication
- Non-respect des instructions de montage et/ou de maintenance
- Causes externes dues à l'environnement : glace, tempête, foudre...

Si la rupture totale ou partielle de la pale intervient lorsque l'éolienne est à l'arrêt on considère que la zone d'effet sera limitée au surplomb de l'éolienne.

Si l'éolienne est en fonctionnement la zone d'effet sera déterminée en fonction de l'étude balistique et du site. L'emballement de l'éolienne constitue un facteur aggravant en cas de projection de tout ou partie d'une pale.

Cet emballement peut notamment être provoqué par la perte d'utilité décrite au 2.2 de la présente partie C (scénarios incendies).

Scénario P01

En cas de défaillance du système d'arrêt automatique de l'éolienne en cas de survitesse, les contraintes importantes exercées sur la pale (vent trop fort) pourraient engendrer la casse de la pale et sa projection.

Scénario P02

Les contraintes exercées sur les pales - contraintes mécaniques (vents violents, variation de la répartition de la masse due à la formation de givre...), conditions climatiques (averses violentes de grêle, foudre...) - peuvent entraîner la dégradation de l'état de surface et à terme l'apparition de fissures sur la pale.

Prévention : Maintenance préventive (inspections régulières des pales, réparations si nécessaire).

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

Scénarios P03

Un mauvais serrage de base ou le desserrage avec le temps des goujons des pales pourrait amener au décrochage total ou partiel de la pale, dans le cas de pale en plusieurs tronçons.

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

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

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

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

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

Annexe 5 – Probabilité d’atteinte et Risque individuel

Le risque individuel encouru par un nouvel arrivant dans la zone d’effet d’un phénomène de projection ou de chute est appréhendé en utilisant la probabilité de l’atteinte par l’élément chutant ou projeté de la zone fréquentée par le nouvel arrivant. Cette probabilité est appelée probabilité d’accident.

Cette probabilité d’accident est le produit de plusieurs probabilités :

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

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

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

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

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

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

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

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

Evènement redouté central	Borne supérieure de la classe de probabilité de l’ERC (pour les éoliennes récentes)	Degré d’exposition	Probabilité d’atteinte
Effondrement	10^{-4}	10^{-2}	10^{-6} (E)
Chute de glace	1	$5 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-2}$ (A)
Chute d’éléments	10^{-3}	$1,8 \cdot 10^{-2}$	$1,8 \cdot 10^{-5}$ (D)
Projection de tout ou partie de pale	10^{-4}	10^{-2}	10^{-6} (E)
Projection de morceaux de glace	10^{-2}	$1,8 \cdot 10^{-6}$	$1,8 \cdot 10^{-8}$ (E)

Les seuls Evénements Redoutés Centraux (ERC) pour lesquels la probabilité d’atteinte n’est pas de classe E sont ceux qui concernent les phénomènes de chutes de glace ou d’éléments dont la zone d’effet est limitée à la zone de survol des pales et où des panneaux sont mis en place pour alerter le public de ces risques.

De plus, les zones de survol sont comprises dans l’emprise des baux signés par l’exploitant avec le propriétaire du terrain ou à défaut dans l’emprise des autorisations de survol si la zone de survol s’étend sur plusieurs parcelles. La zone de survol ne peut donc pas faire l’objet de constructions nouvelles pendant l’exploitation de l’éolienne.

Annexe 6 – Glossaire

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

Accident : Evénement non désiré, tel qu'une émission de substance toxique, un incendie ou une explosion résultant de développements incontrôlés survenus au cours de l'exploitation d'un établissement qui entraîne des conséquences/ dommages vis à vis des personnes, des biens ou de l'environnement et de l'entreprise en général. C'est la réalisation d'un phénomène dangereux, combinée à la présence d'enjeux vulnérables exposés aux effets de ce phénomène.

Cinétique : Vitesse d'enchaînement des événements constituant une séquence accidentelle, de l'événement initiateur aux conséquences sur les éléments vulnérables (cf. art. 5 à 8 de l'arrêté du 29 septembre 2005). Dans le tableau APR proposé, la cinétique peut être lente ou rapide. Dans le cas d'une cinétique lente, les enjeux ont le temps d'être mis à l'abri. La cinétique est rapide dans le cas contraire.

Danger : Cette notion définit une propriété intrinsèque à une substance (butane, chlore...), à un système technique (mise sous pression d'un gaz...), à une disposition (élévation d'une charge...), à un organisme (microbes), etc., de nature à entraîner un dommage sur un « élément vulnérable » (sont ainsi rattachées à la notion de « danger » les notions d'inflammabilité ou d'explosivité, de toxicité, de caractère infectieux, etc. inhérentes à un produit et celle d'énergie disponible [pneumatique ou potentielle] qui caractérisent le danger).

Efficacité (pour une mesure de maîtrise des risques) ou capacité de réalisation : Capacité à remplir la mission/fonction de sécurité qui lui est confiée pendant une durée donnée et dans son contexte d'utilisation. En général, cette efficacité s'exprime en pourcentage d'accomplissement de la fonction définie. Ce pourcentage peut varier pendant la durée de sollicitation de la mesure de maîtrise des risques. Cette efficacité est évaluée par rapport aux principes de dimensionnement adapté et de résistance aux contraintes spécifiques.

Evénement initiateur : Événement, courant ou anormal, interne ou externe au système, situé en amont de l'événement redouté central dans l'enchaînement causal et qui constitue une cause directe dans les cas simples ou une combinaison d'événements à l'origine de cette cause directe.

Evénement redouté central : Événement conventionnellement défini, dans le cadre d'une analyse de risque, au centre de l'enchaînement accidentel. Généralement, il s'agit d'une perte de confinement pour les fluides et d'une perte d'intégrité physique pour les solides. Les événements situés en amont sont conventionnellement appelés « phase pré-accidentelle » et les événements situés en aval « phase post-accidentelle ».

Fonction de sécurité : Fonction ayant pour but la réduction de la probabilité d'occurrence et/ou des effets et conséquences d'un événement non souhaité dans un système. Les principales actions assurées par les fonctions de sécurité en matière d'accidents majeurs dans les installations classées sont : empêcher, éviter, détecter, contrôler, limiter. Les fonctions de sécurité identifiées peuvent être assurées à partir d'éléments techniques de sécurité, de procédures organisationnelles (activités humaines), ou plus généralement par la combinaison des deux.

Gravité : On distingue l'intensité des effets d'un phénomène dangereux de la gravité des conséquences découlant de l'exposition d'enjeux de vulnérabilités données à ces effets.

La gravité des conséquences potentielles prévisibles sur les personnes, prises parmi les intérêts visés à l'article L. 511-1 du code de l'environnement, résulte de la combinaison en un point de l'espace de l'intensité des effets d'un phénomène dangereux et de la vulnérabilité des enjeux potentiellement exposés.

Indépendance d'une mesure de maîtrise des risques : Faculté d'une mesure, de par sa conception, son exploitation et son environnement, à ne pas dépendre du fonctionnement d'autres éléments et notamment d'une part d'autres mesures de maîtrise des risques, et d'autre part, du système de conduite de l'installation, afin d'éviter les modes communs de défaillance ou de limiter leur fréquence d'occurrence.

Intensité des effets d'un phénomène dangereux : Mesure physique de l'intensité du phénomène (thermique, toxique, surpression, projections). Parfois appelée gravité potentielle du phénomène dangereux (mais cette expression est source d'erreur). Les échelles d'évaluation de l'intensité se réfèrent à des seuils d'effets moyens conventionnels sur des types d'éléments vulnérables [ou enjeux] tels que « homme », « structures ». Elles sont définies, pour les installations classées, dans l'arrêté du 29/09/2005. L'intensité ne tient pas compte de l'existence ou non d'enjeux exposés. Elle est cartographiée sous la forme de zones d'effets pour les différents seuils.

Mesure de maîtrise des risques (ou barrière de sécurité) : Ensemble d'éléments techniques et/ou organisationnels nécessaires et suffisants pour assurer une fonction de sécurité. On distingue parfois :

- les mesures (ou barrières) de prévention : mesures visant à éviter ou limiter la probabilité d'un événement indésirable, en amont du phénomène dangereux
- les mesures (ou barrières) de limitation : mesures visant à limiter l'intensité des effets d'un phénomène dangereux
- les mesures (ou barrières) de protection : mesures visant à limiter les conséquences sur les enjeux potentiels par diminution de la vulnérabilité.

Phénomène dangereux : Libération d'énergie ou de substance produisant des effets, au sens de l'arrêté du 29 septembre 2005, susceptibles d'infliger un dommage à des enjeux (ou éléments vulnérables) vivantes ou matérielles, sans préjuger l'existence de ces dernières. C'est une « Source potentielle de dommages »

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

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

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

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

Attention aux confusions possibles :

1. Assimilation entre probabilité d'un accident et celle du phénomène dangereux correspondant, la première intégrant déjà la probabilité conditionnelle d'exposition des enjeux. L'assimilation sous-entend que les enjeux sont effectivement exposés, ce qui n'est pas toujours le cas, notamment si la cinétique permet une mise à l'abri ;
2. Probabilité d'occurrence d'un accident x sur un site donné et probabilité d'occurrence de l'accident x, en moyenne, dans l'une des N installations du même type (approche statistique).

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

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

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

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

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

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

obtenus dépendent du choix des méthodes d'analyse de risque utilisées et des éléments disponibles.

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

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

Aérogénérateur : Dispositif mécanique destiné à convertir l'énergie du vent en électricité, composé des principaux éléments suivants : un mât, une nacelle, le rotor auquel sont fixées les pales, ainsi que, le cas échéant, un transformateur

Survitesse : Vitesse de rotation des parties tournantes (rotor constitué du moyeu et des pales ainsi que la ligne d'arbre jusqu'à la génératrice) supérieure à la valeur maximale indiquée par le constructeur.

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

ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement

SER : Syndicat des Energies Renouvelables

FEE : France Energie Eolienne (branche éolienne du SER)

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

EDD : Etude de dangers*

APR : Analyse Préliminaire des Risques

ERP : Etablissement Recevant du Public

ANNEXE 7 : Bibliographie et références utilisées

- [1] L'évaluation des fréquences et des probabilités à partir des données de retour d'expérience (ref DRA-11-117406-04648A), INERIS, 2011
- [2] NF EN 61400-1 Eoliennes – Partie 1 : Exigences de conception, Juin 2006
- [3] Wind Turbine Accident data to 31 March 2011, Caithness Windfarm Information Forum
- [4] Site Specific Hazard Assessment for a wind farm project – Case study – Germanischer Lloyd, Windtest Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH, 2010/08/24
- [5] Guide for Risk-Based Zoning of wind Turbines, Energy research centre of the Netherlands (ECN), H. Braam, G.J. van Mulekom, R.W. Smit, 2005
- [6] Specification of minimum distances, Dr-ing. Veenker ingenieurgesellschaft, 2004
- [7] Permitting setback requirements for wind turbine in California, California Energy Commission – Public Interest Energy Research Program, 2006
- [8] Oméga 10: Evaluation des barrières techniques de sécurité, INERIS, 2005
- [9] Arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement
- [10] Arrêté du 29 Septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation
- [11] Circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 Juillet 2003
- [12] Bilan des déplacements en Val-de-Marne, édition 2009, Conseil Général du Val-de-Marne
- [13] Arrêté du 29 Septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation
- [14] Alpine test site Gütisch : monitoring of a wind turbine under icing conditions- R. Cattin et al.
- [15] Wind energy production in cold climate (WECO), Final report - Bengt Tammelin et al. – Finnish Meteorological Institute, Helsinki, 2000
- [16] Rapport sur la sécurité des installations éoliennes, Conseil Général des Mines - Guillet R., Leteutrois J.-P. - juillet 2004
- [17] Risk analysis of ice throw from wind turbines, Seifert H., Westerhellweg A., Kröning J. - DEWI, avril 2003
- [18] Wind energy in the BSR: impacts and causes of icing on wind turbines, Narvik University College, novembre 2005