

# ÉTUDE DE DANGERS

## Ferme éolienne du Bois Élie

Juin 2018



**Volkswind France SAS**

**SAS au capital de 250 000 € R.C.S PARIS 439 906 934**

Centre Régional de Tours

« Les Granges Galand »

37550 SAINT AVERTIN

Tél : 02.47.54.27.44 / Fax : 02.47.54.67.58

[www.volkswind.fr](http://www.volkswind.fr)

***Etude de Dangers - Ferme Eolienne du Bois Elie***

## SOMMAIRE

<b>I.</b>	<b>Préambule .....</b>	<b>7</b>
I.1.	Objectif de l'étude de dangers .....	7
I.2.	Contexte législatif et réglementaire .....	8
I.3.	Nomenclature des installations classées .....	9
<b>II.</b>	<b>Informations générales concernant l'installation .....</b>	<b>10</b>
II.1.	Renseignements administratifs .....	10
II.2.	Localisation du site .....	10
II.3.	Définition de l'aire d'étude.....	13
<b>III.</b>	<b>Description de l'environnement de l'installation .....</b>	<b>14</b>
III.1.	Environnement humain .....	14
III.2.	Environnement naturel .....	16
III.3.	Environnement matériel .....	21
III.4.	Cartographie de synthèse .....	25
<b>IV.</b>	<b>Description de l'installation .....</b>	<b>27</b>
IV.1.	Caractéristiques de l'installation .....	27
IV.2.	Fonctionnement de l'installation.....	30
IV.3.	Fonctionnement des réseaux de l'installation .....	42
<b>V.</b>	<b>Identification des potentiels de dangers de l'installation .....</b>	<b>48</b>
V.1.	Potentiels de dangers liés aux produits .....	48
V.2.	Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation .....	49
V.3.	Réduction des potentiels de dangers à la source .....	49
<b>VI.</b>	<b>Analyse des retours d'expérience .....</b>	<b>53</b>
VI.1.	Inventaire des accidents et incidents en France.....	53
VI.2.	Inventaire des accidents et incidents à l'international .....	54
VI.3.	Inventaire des accidents majeurs survenus sur les sites de l'exploitant .....	56
VI.4.	Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience .....	56
VI.5.	Limites d'utilisation de l'accidentologie .....	57
<b>VII.</b>	<b>Analyse préliminaire des risques .....</b>	<b>58</b>
VII.1.	Objectif de l'analyse préliminaire des risques .....	58
VII.2.	Recensement des événements initiateurs exclus de l'analyse des risques .....	58
VII.3.	Recensement des agressions externes potentielles .....	58
VII.4.	Scénarios étudiés dans l'analyse préliminaire des risques .....	62
VII.5.	Effets dominos .....	65
VII.6.	Mise en place des mesures de sécurité .....	66
VII.7.	Conclusion de l'analyse préliminaire des risques .....	79
<b>VIII.</b>	<b>Étude détaillée des risques .....</b>	<b>80</b>
VIII.1.	Rappel des définitions .....	80
VIII.2.	Caractérisation des scénarios retenus .....	84
VIII.3.	Synthèse de l'étude détaillée des risques .....	131
<b>IX.</b>	<b>Conclusion .....</b>	<b>144</b>
<b>ANNEXE 1 – MÉTHODE DE COMPTAGE DES PERSONNES POUR LA DÉTERMINATION DE LA GRAVITÉ POTENTIELLE D'UN ACCIDENT À PROXIMITÉ D'UNE ÉOLIENNE .....</b>		
	<b>Terrains non bâtis.....</b>	<b>145</b>

## Etude de Dangers - Ferme Eolienne du Bois Elie

<i>Voies de circulation</i> .....	145
<i>Logements</i> .....	146
<i>Etablissements recevant du public (ERP)</i> .....	147
<i>Zones d'activité</i> .....	147
<b>ANNEXE 2 – TABLEAU DE L'ACCIDENTOLOGIE FRANÇAISE</b> .....	<b>148</b>
<b>ANNEXE 3 – SCÉNARIOS GÉNÉRIQUES ISSUS DE L'ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES</b> .....	<b>164</b>
<i>Scénarios relatifs aux risques liés à la glace (G01 et G02)</i> .....	164
<i>Scénarios relatifs aux risques d'incendie (I01 à I07)</i> .....	164
<i>Scénarios relatifs aux risques de fuites (F01 à F02)</i> .....	165
<i>Scénarios relatifs aux risques de chute d'éléments (C01 à C03)</i> .....	166
<i>Scénarios relatifs aux risques de projection de pales ou de fragments de pales (P01 à P06)</i> .....	166
<i>Scénarios relatifs aux risques d'effondrement des éoliennes</i> .....	167
<b>ANNEXE 4 – PROBABILITÉ D'ATTEINTE ET RISQUE INDIVIDUEL</b> .....	<b>168</b>
<b>ANNEXE 5 – CARACTÉRISTIQUES DES CÂBLES (EXEMPLE DE FICHE TYPE)</b> .....	<b>169</b>
<b>ANNEXE 6 – GLOSSAIRE</b> .....	<b>173</b>
<b>ANNEXE 7 – BIBLIOGRAPHIE ET RÉFÉRENCES UTILISÉES</b> .....	<b>177</b>
<b>ANNEXE 8 – SCHÉMAS UNIFILAIRES DES GROUPES DE RACCORDEMENT « LE PUIDS VAUDRON » ET « LE GRAND MUID »</b> .....	<b>178</b>
<b>ANNEXE 9 – CERTIFICAT DE TYPE DE L'ÉOLIENNE V110-2,2MW</b> .....	<b>180</b>

### Table des illustrations

Figure 1: Rose des vents pour les relevés de la station météorologique de Châteaudun situé à 20 km du projet (Source : Météo France).....	16
Figure 2: Schéma simplifié d'un aérogénérateur .....	28
Figure 3: Illustration des emprises au sol d'une éolienne (Les dimensions sont données à titre d'illustration pour une éolienne d'environ 150m de hauteur totale).....	28
Figure 4 : Procédure en cas d'incident .....	39
Figure 5 : Raccordement électrique des installations .....	42
Figure 6 : Tranchées sous champs labouré .....	43
Figure 7: Coupe de tranchée potentielle .....	43
Figure 8 : Plan du poste de livraison 2.5 m x 11 m.....	47
Figure 9 : Exemple de balisage .....	51
Figure 10 : Exemple de panneau d'affichage de prescriptions .....	51
Figure 11: Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateur français entre 2000 et 2011 .....	54
Figure 12: Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2011 .....	55
Figure 13: Répartition des causes premières d'effondrement .....	55
Figure 14: Répartition des causes premières de rupture de pale .....	55
Figure 15: Répartition des causes premières d'incendie .....	56
Figure 16: Evolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées .....	57

## ***Etude de Dangers - Ferme Eolienne du Bois Elie***

### Table des tableaux

Tableau 1 : Renseignements administratifs pour la Ferme Eolienne du Bois Elie .....	10
Tableau 2 : Sites ICPE les plus proches du périmètre d'étude. ....	15
Tableau 3: Températures moyennes (minimales et maximales) de la station Météo-France de Châteaudun (Source : Météo-France) .....	16
Tableau 4: Pluviométrie moyenne mensuelle sur la station e Châteaudun (Source : Météo-France) .....	16
Tableau 5: Arrêtés de reconnaissance de catastrophe naturelle sur les communes de Cormainville, Guillonville et Courbehaye (Source : Prim.net).....	20
Tableau 6: Distance des éoliennes aux routes .....	22
Tableau 7: Coordonnées des éoliennes et PDL du projet .....	29
Tableau 8 : Caractéristiques de l'éolienne Vestas V110 .....	31
Tableau 9: Tableau R&X du groupe « Le puits Vauron » raccords E03-E04-PDL et E02-E01-E05-PDL .....	46
Tableau 10: Tableau R&X du groupe « Le Grand Muid » raccords E06-E09-E08-E07-E10-PDL .....	46
Tableau 11 : Recensement des dangers potentiels.....	49
Tableau 12 : Principales agressions externes liées aux phénomènes naturels .....	59
Tableau 13 : Principales agressions externes liées aux activités humaines .....	61
Tableau 14 : Proposition d'analyse générique des risques .....	65
Tableau 15 : Catégories de scénario exclues de l'étude .....	79
Tableau 16 : Seuils de gravité et d'intensité .....	81
Tableau 17 : Classes de probabilité.....	82
Tableau 18 : Risque d'effondrement des éoliennes.....	85

## ***Etude de Dangers - Ferme Eolienne du Bois Elie***

### Table des cartes

Carte 1 : Localisation générale du projet (Source : Géoportail).....	11
Carte 2 : Vue rapprochée de la localisation du projet (Source : Géoportail) .....	12
Carte 3 : Aire d'étude pour l'étude de danger .....	13
Carte 4 : Distances des éoliennes aux habitations les plus proches .....	14
Carte 5: Carte de France du niveau kéraunique (Source : INERIS).....	17
Carte 6 : Carte du zonage sismique de la France (Source : Planseisme.fr) .....	18
Carte 7 : Risque d'inondation dans le département de l'Eure et Loir (source : prim.net) .....	18
Carte 8: Identification du risque de remontée de nappes sur les communes du projet (Source : BRGM) .....	19
Carte 9: Aléa retrait gonflement des argiles sur la zone de projet (Source : BRGM).....	20
Carte 10: Voies de communications sur la zone de projet.....	21
Carte 11 : Réseau ferroviaire au niveau du projet (Source SNCF).....	22
Carte 12 : Sentier de randonnée sur la commune de Loigny-la-Bataille (Source : www.123randonnee.fr).....	23
Carte 13 : Localisation des lignes hautes tensions (Source : RTE).....	24
Carte 14 : Localisation du captage « LE BOURG» aux alentours de la zone de projet (Source : ARS Centre) .....	24
Carte 15 : Carte de synthèse des contraintes techniques autour du projet .....	26
Carte 16 : Plan général de la Ferme éolienne du Bois Elie .....	30
Carte 17 : Plan général du groupe de raccordement « Le puits Vauron » au poste de livraison .....	44
Carte 18 : Plan général du groupe de raccordement « Le Grand Muid » au poste de livraison .....	45
Carte 19 : Synthèse des risques pour l'éolienne E1 .....	134
Carte 20 : Synthèse des risques pour l'éolienne E2 .....	135
Carte 21 : Synthèse des risques pour l'éolienne E3 .....	136
Carte 22 : Synthèse des risques pour l'éolienne E4 .....	137
Carte 23 : Synthèse des risques pour l'éolienne E5 .....	138
Carte 24 : Synthèse des risques pour l'éolienne E6 .....	139
Carte 25 : Synthèse des risques pour l'éolienne E7 .....	140
Carte 26 : Synthèse des risques pour l'éolienne E8 .....	141
Carte 27 : Synthèse des risques pour l'éolienne E9 .....	142
Carte 28 : Synthèse des risques pour l'éolienne E10 .....	143

## **I. Préambule**

### **I.1. Objectif de l'étude de dangers**

La présente étude de dangers a pour objet de rendre compte de l'examen effectué par la *Ferme Eolienne du Bois Élie SAS* pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques de ses 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 au parc éolien.

Cette étude est proportionnée aux risques présentés par la *Ferme Eolienne du Bois Élie SAS*. Le choix de la méthode d'analyse et la justification des mesures de prévention, de protection et d'intervention sont adaptés à la nature et la complexité des installations et de leurs risques.

Elle précise l'ensemble des mesures de maîtrise des risques mises en œuvre au sein du *parc éolien du Bois Élie*, qui réduisent le risque à l'intérieur et à l'extérieur des éoliennes à un niveau jugé acceptable par l'exploitant.

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

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

## **I.2. Contexte législatif et réglementaire**

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

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

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

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

- description de l'environnement et du voisinage
- description des installations et de leur fonctionnement
- identification et caractérisation des potentiels de danger
- estimation des conséquences de la concrétisation des dangers
- réduction des potentiels de danger
- enseignements tirés du retour d'expérience (des accidents et incidents représentatifs)
- analyse préliminaire des risques
- étude détaillée de réduction des risques
- quantification et hiérarchisation des différents scénarios en terme de gravité, de probabilité et de cinétique de développement en tenant compte de l'efficacité des mesures de prévention et de protection
- représentation cartographique
- résumé non technique de l'étude des dangers.

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

### **I.3. Nomenclature des installations classées**

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

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

La Ferme Eolienne du Bois Élie comprend au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m. L'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.

Le projet éolien comporte 10 aérogénérateurs de type Vestas V110 2200 kW. La hauteur sommitale de la V110 est de 135 m.

## II. Informations générales concernant l'installation

### II.1. Renseignements administratifs

L'exploitant et le propriétaire de l'installation projetée sont la SAS Ferme Eolienne du Bois Élie. Les statuts ainsi que les principales informations relatives à cette société sont précisés ci-après :

Dénomination	FERME EOLIENNE DU BOIS ELIE
Date de création de la société	24 Août 2016
Activité	Toutes études et prestations relatives à la conception, la réalisation et l'exploitation du parc d'éoliennes « Ferme Eolienne du Bois Elie »
Forme juridique	Société par actions simplifiée à associé unique
Capital	20 000 EUR (fixe)
N°SIRET	R.C.S. STRASBOURG TI 822 034 492
Adresse du siège social	1, rue des Arquebusiers - 67 000 Strasbourg
Personne chargée de suivre le dossier	Simon Thomann (tel : 02 47 54 27 44)

Tableau 1 : Renseignements administratifs pour la Ferme Eolienne du Bois Elie

### II.2. Localisation du site

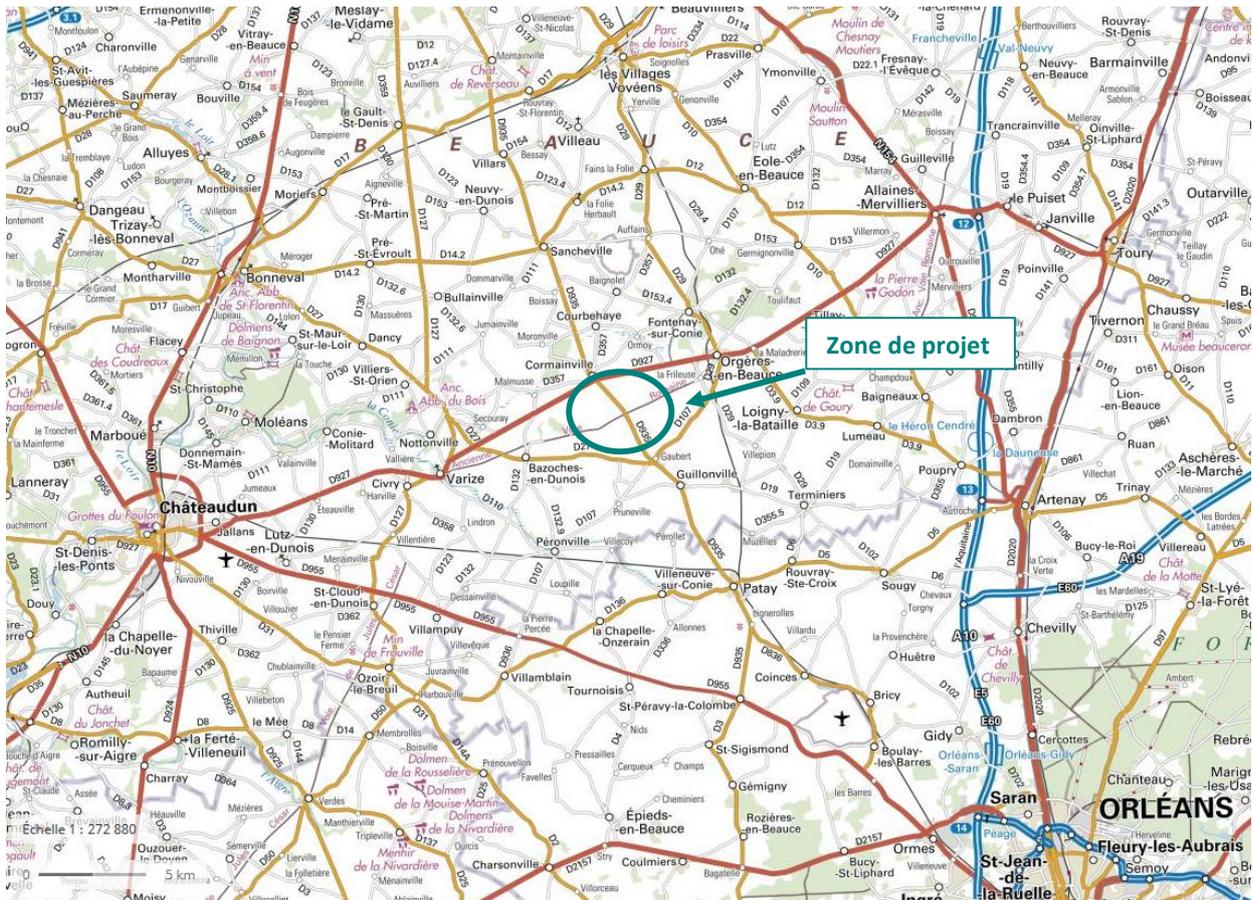
Le parc éolien du Bois Élie, composé de 10 aérogénérateurs, est localisé sur les communes de Cormainville, Guillonville et Courbehaye, dans le département de l'Eure et Loir en région Centre-Val-de-Loire.

## Etude de Dangers - Ferme Eolienne du Bois Elie



Carte 1 : Localisation générale du projet (Source : Géoportail)

## Etude de Dangers - Ferme Eolienne du Bois Elie



Carte 2 : Vue rapprochée de la localisation du projet (Source : Géoportail)



### III. Description de l'environnement de l'installation

Ce chapitre a pour objectif de décrire l'environnement dans la zone d'étude de l'installation, afin d'identifier les principaux intérêts à protéger (enjeux) et les facteurs de risque que peut représenter l'environnement vis-à-vis de l'installation (agresseurs potentiels).

#### III.1. Environnement humain

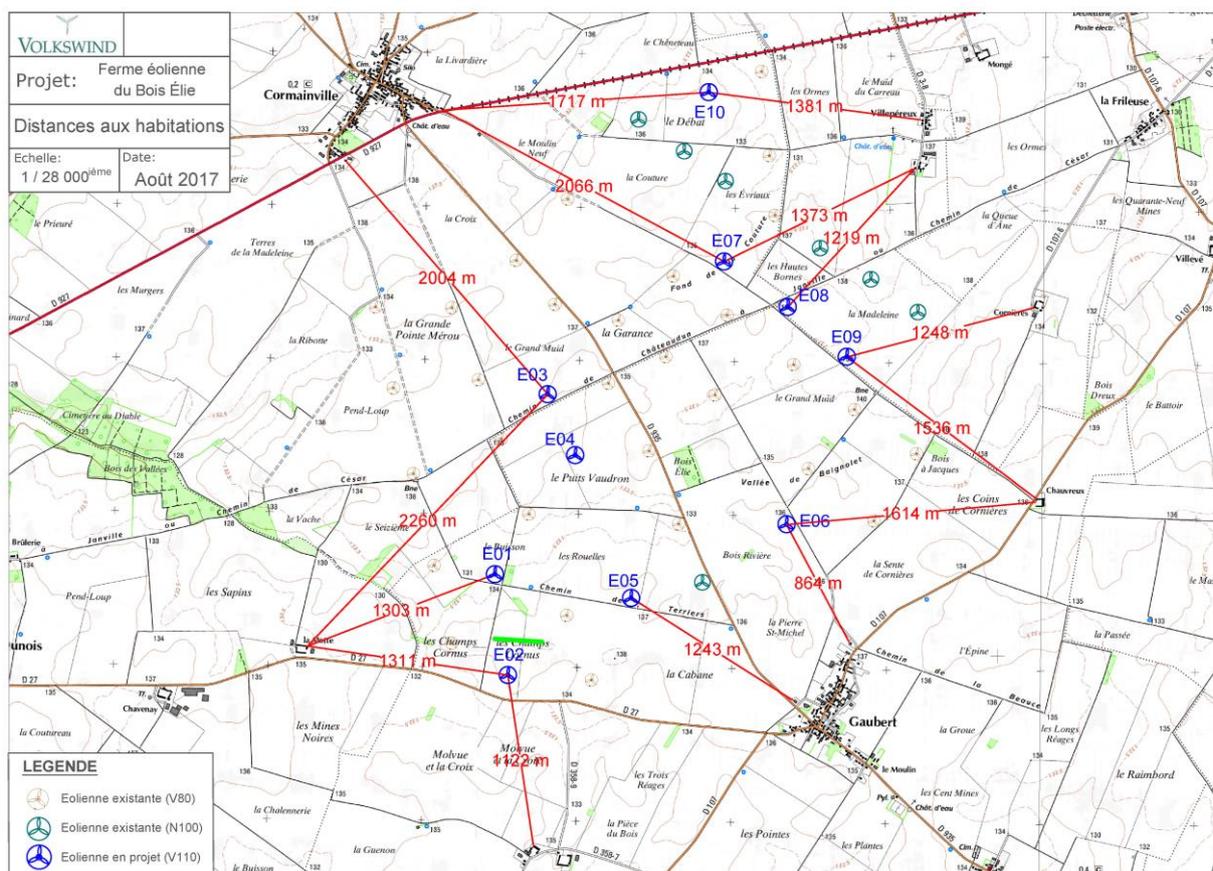
##### III.1.1. Zones urbanisées

La commune de Guillonville comptait 441 habitants en 2014 (Source : INSEE). La commune de Cormainville comptait 247 habitants en 2014 (Source : INSEE) et la commune de Courbehaye comptait 133 habitants en 2014 (Source : INSEE).

Il n'y a pas d'habitation dans le périmètre d'étude de 500m, néanmoins la carte ci-dessous indique les habitations les plus proches vis-à-vis des éoliennes.

Les communes de Guillonville et Courbehaye possèdent un Plan Local d'Urbanisme (PLU). La zone de projet se situe sur des zones agricoles de ces deux PLU.

En revanche, la commune de Cormainville ne possède pas de document d'urbanisme. Elle est donc soumise au règlement national d'urbanisme et au principe de « constructibilité limitée » c'est-à-dire dans la continuité du bâti existant.



Carte 4 : Distances des éoliennes aux habitations les plus proches

**III.1.2. Etablissements recevant du public (ERP)**

Aucun ERP ne se trouve dans le périmètre d'étude du projet.

**III.1.3. Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) et installations nucléaires de base**

Selon les données disponibles sur le site internet du ministère, il existe huit ICPE sur les communes de Cormainville, Guillonville et Courbehaye, dont les plus proches sont à moins de 500 mètres du projet, mais à plus de 300m mètres des 10 éoliennes du parc du Bois Élie.

Conformément à l'arrêté ICPE du 27 août 2011, article 3, une distance de 300 mètres doit être respectée avec une installation ICPE traitant des« produits toxiques, explosifs, comburants et inflammables ». Or les installations sont suffisamment éloignées de la zone d'étude. Cet arrêté n'est donc pas à prendre en compte.

ICPE	Nature	Classement ICPE	Communes	Distance au projet (km)
FERME EOLIENNE DES CHAMPS CORNUS	Installation terrestre de production d'électricité (12 MW)	Autorisé	Cormainville, Guillonville	> 300 m
FERME EOLIENNE DU Puits DE VAUDRON	Installation terrestre de production d'électricité (12 MW)	Autorisé	Cormainville, Guillonville	> 300 m
PARC EOLIEN DE GUILLONVILLE	Installation terrestre de production d'électricité (12 MW)	Autorisé	Cormainville, Guillonville	> 300 m
PARCS EOLIENS DU CANTON D'ORGERES EN BEAUCE	Installation terrestre de production d'électricité (12 MW)	Autorisé	Cormainville, Guillonville	> 300 m
PARCS EOLIENS DU CANTON D'ORGERES EN BEAUCE	Installation terrestre de production d'électricité (12 MW)	Autorisé	Cormainville, Guillonville	> 300 m
SMB (Société des Matériaux de Beauce)	Carrière	Autorisé	Guillonville	3 km
SUEZ Organique	Compostage	Autorisé	Guillonville	4 km
FERME EOLIENNE DE LA MADELEINE	Installation terrestre de production d'électricité (21 MW)	Autorisé	Cormainville, Courbehaye, Guillonville	> 300 m

**Tableau 2 : Sites ICPE les plus proches du périmètre d'étude.**

Aucune installation nucléaire de base n'est répertoriée sur les communes de Guillonville, Cormainville et Courbehaye.

**III.1.4. Autres activités**

L'activité principale au sein du périmètre d'étude est de nature agricole.

## III.2. Environnement naturel

### III.2.1. Contexte climatique

La région Centre-Val de Loire bénéficie d'un climat océanique dégradé. Les hivers sont frais et les étés sont doux. L'ensoleillement de cette région est assez important (environ 1850 h heures par an). L'amplitude thermique entre le mois le plus chaud et le plus froid peut-être assez importante avec 15,5°C.

La station météorologique de Châteaudun se situe environ 25 km de la zone d'étude.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T mini	0,9	0,6	2,7	4,5	8,3	11,1	13,0	12,9	10,1	7,3	3,6	1,5
T maxi	6,7	7,9	12,1	15,1	18,9	22,4	25,3	25,2	21,5	16,4	10,4	7,0
T moy	3,8	4,3	7,4	9,8	13,6	16,8	19,2	19,1	15,8	11,9	7,0	4,2

Tableau 3: Températures moyennes (minimales et maximales) de la station Météo-France de Châteaudun (Source : Météo-France)

Le mois de juillet est le mois le plus chaud avec une température moyenne de 19.2°C. Le mois le plus froid est janvier avec une température moyenne de 3.8°C.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Précipitations (mm)	53,3	41,2	43,3	50,3	60,1	45,0	55,3	41,7	44,6	65,9	53,5	58,1

Tableau 4: Pluviométrie moyenne mensuelle sur la station e Châteaudun (Source : Météo-France)

A Châteaudun, la pluviométrie annuelle est de 612,3 mm.

La rose des vents ci-dessous, issue des données de la station de Châteaudun située à environ 20 km à l'ouest du projet est fournie à titre indicatif. En effet, elle ne peut pas représenter fidèlement les régimes de vent observés au niveau local. Cependant, conformément à la rose des vents ci-après, les vents peuvent être considérés majoritairement de secteur sud-ouest et nord-est. Ils peuvent être supérieurs à 8 mètres par seconde

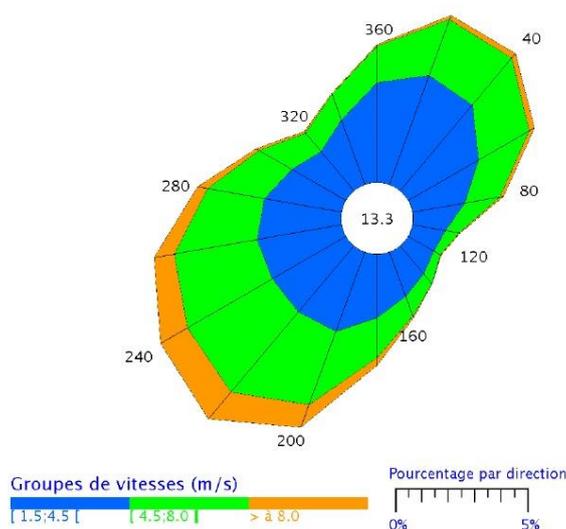


Figure 1: Rose des vents pour les relevés de la station météorologique de Châteaudun situé à 20 km du projet (Source : Météo France)

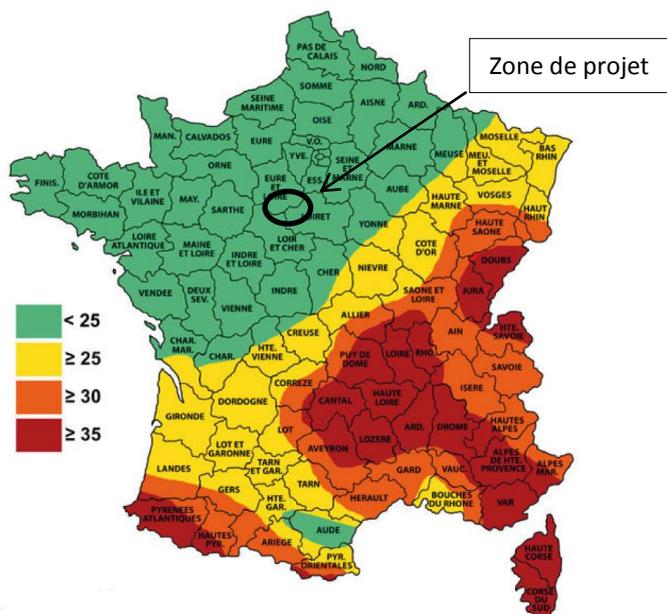
### III.2.2. Risques naturels

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

#### La foudre :

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

En Eure-et-Loir le niveau kéraunique est inférieur ou égal à 25 jours par an. Plus précisément, le nombre de jours d'orage sur les communes de Cormainville, Guillonville et Courbehaye est d'environ 14 jours par an (source : météoorage.fr). Les grands orages sont donc exceptionnels sur cette partie du territoire, la zone d'étude étant dans une région française où le niveau kéraunique est le plus faible (cf. carte ci-dessous).



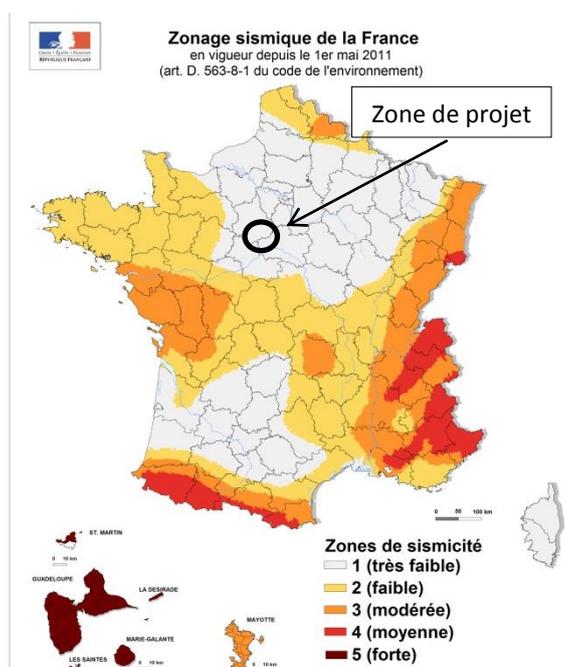
Carte 5: Carte de France du niveau kéraunique (Source : INERIS)

**Sismicité :**

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,
- Quatre zones 2, 3, 4 et 5, où les règles de construction parasismiques sont applicables.

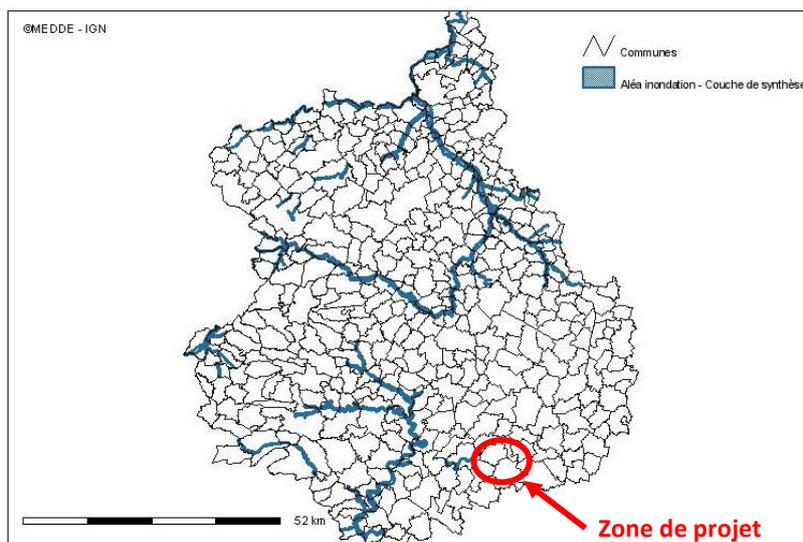
D'après la carte des aléas sismiques sur le territoire national (carte ci-dessous), la zone de projet se trouve dans une zone où la sismicité est très faible (zone de sismicité 1).



**Carte 6 : Carte du zonage sismique de la France (Source : Planseisme.fr)**

**Inondation :**

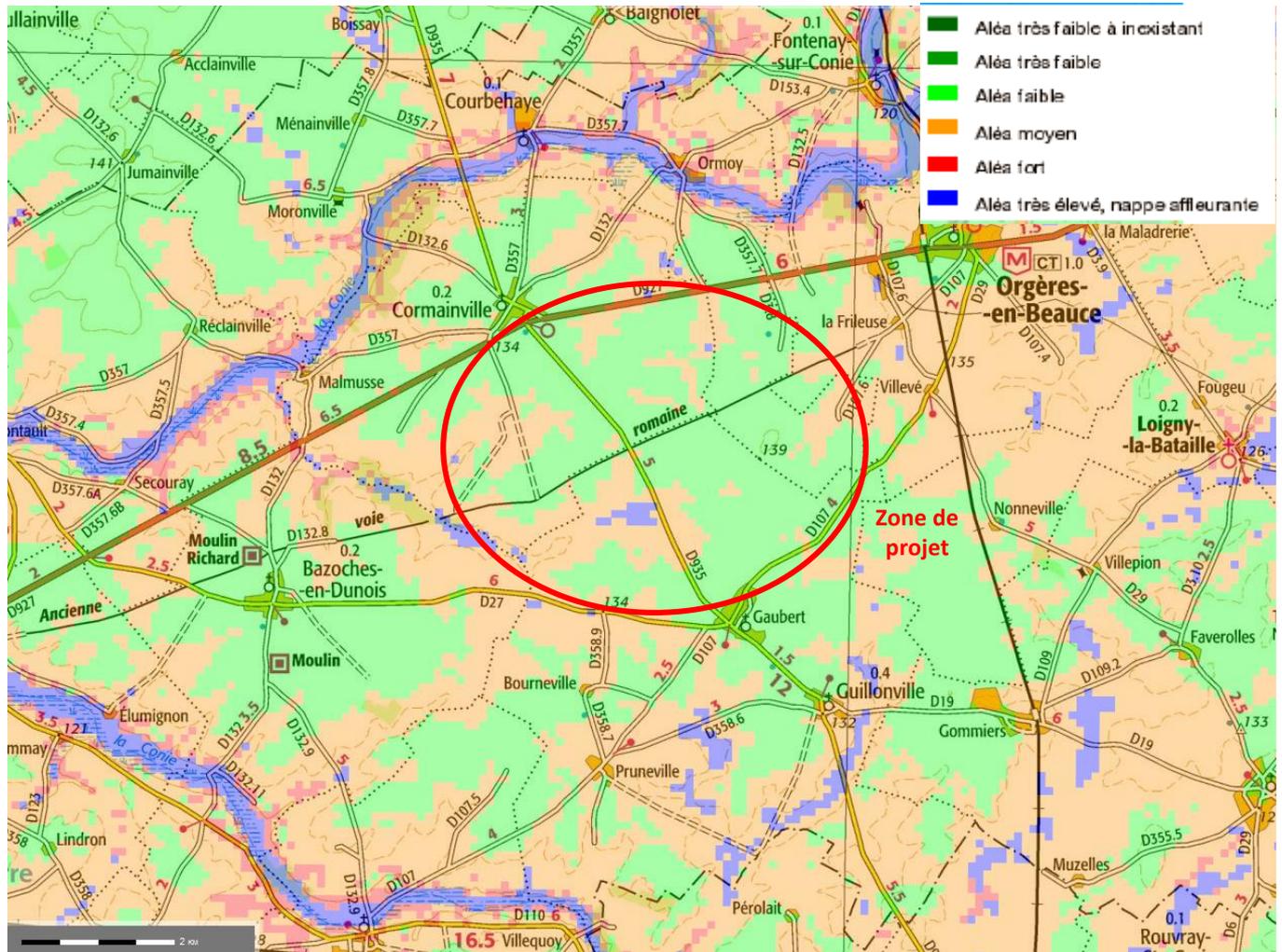
La zone de projet ne se situe pas dans une zone comprenant des inondations. De plus, Le cours d'eau le plus proche de la zone de projet, la Conie (affluent du Loir), est à 1,5 km. Par conséquent, aucune contrainte n'est à attendre pour le projet.



**Carte 7 : Risque d'inondation dans le département de l'Eure et Loir (source : prim.net)**

**Le risque de remontée de nappes :**

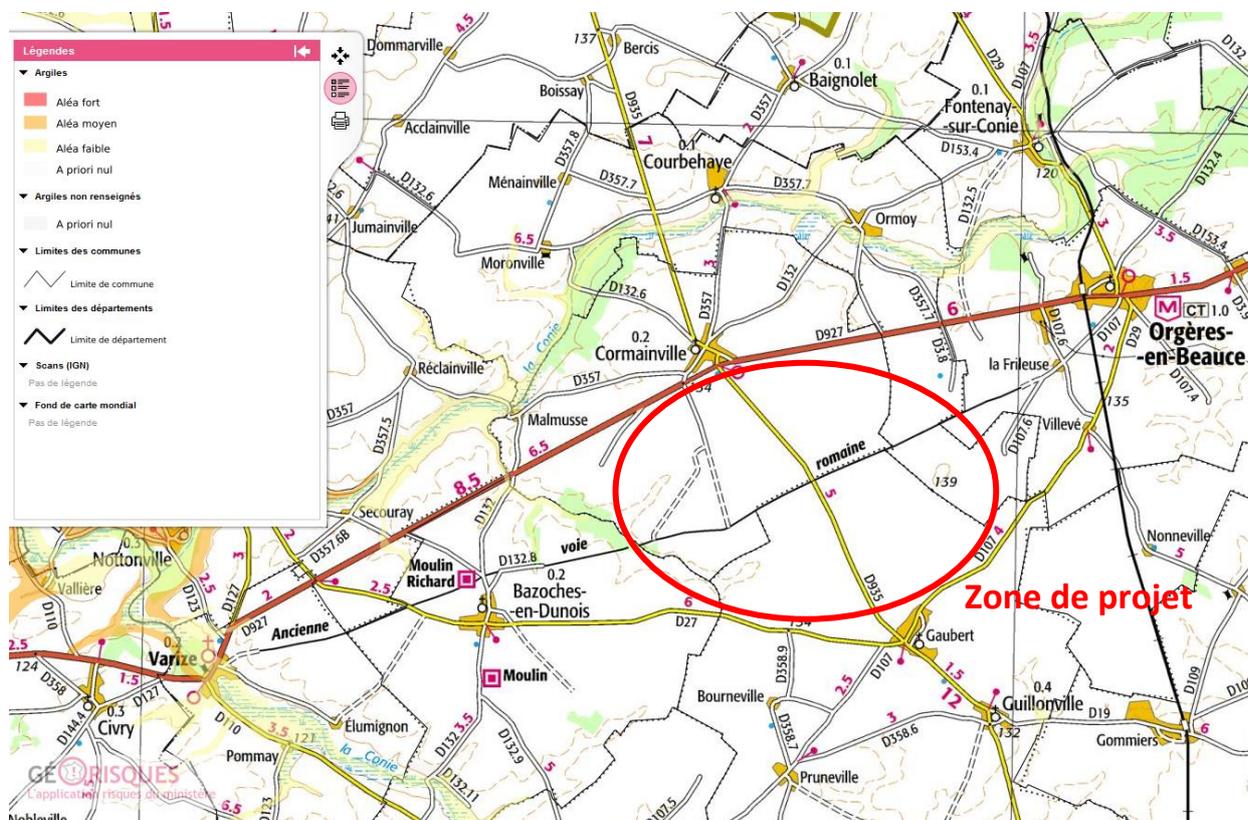
Des risques de remontées de nappes sont possibles sur le territoire français. D'après la carte, la sensibilité du site est très faible à l'est, et moyen à très élevé à l'ouest. Cette contrainte sera prise en compte lors du dimensionnement des fondations.



Carte 8: Identification du risque de remontée de nappes sur les communes du projet (Source : BRGM)

**Le risque de retrait ou de gonflement des argiles :**

Le risque de retrait ou de gonflement des argiles rendent le sol instable et peuvent occasionner des dégâts importants aux constructions. **Le site d'implantation se situe dans sa majeure partie en aléa nul.**



Carte 9: Aléa retrait gonflement des argiles sur la zone de projet (Source : BRGM)

**Arrêtés de catastrophe naturelle :**

Après consultation de la base de données sur le site Prim.net, les communes de Cormainville, de Guillonville et Courbehaye sont concernées par les arrêtés de catastrophe naturelle suivant :

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

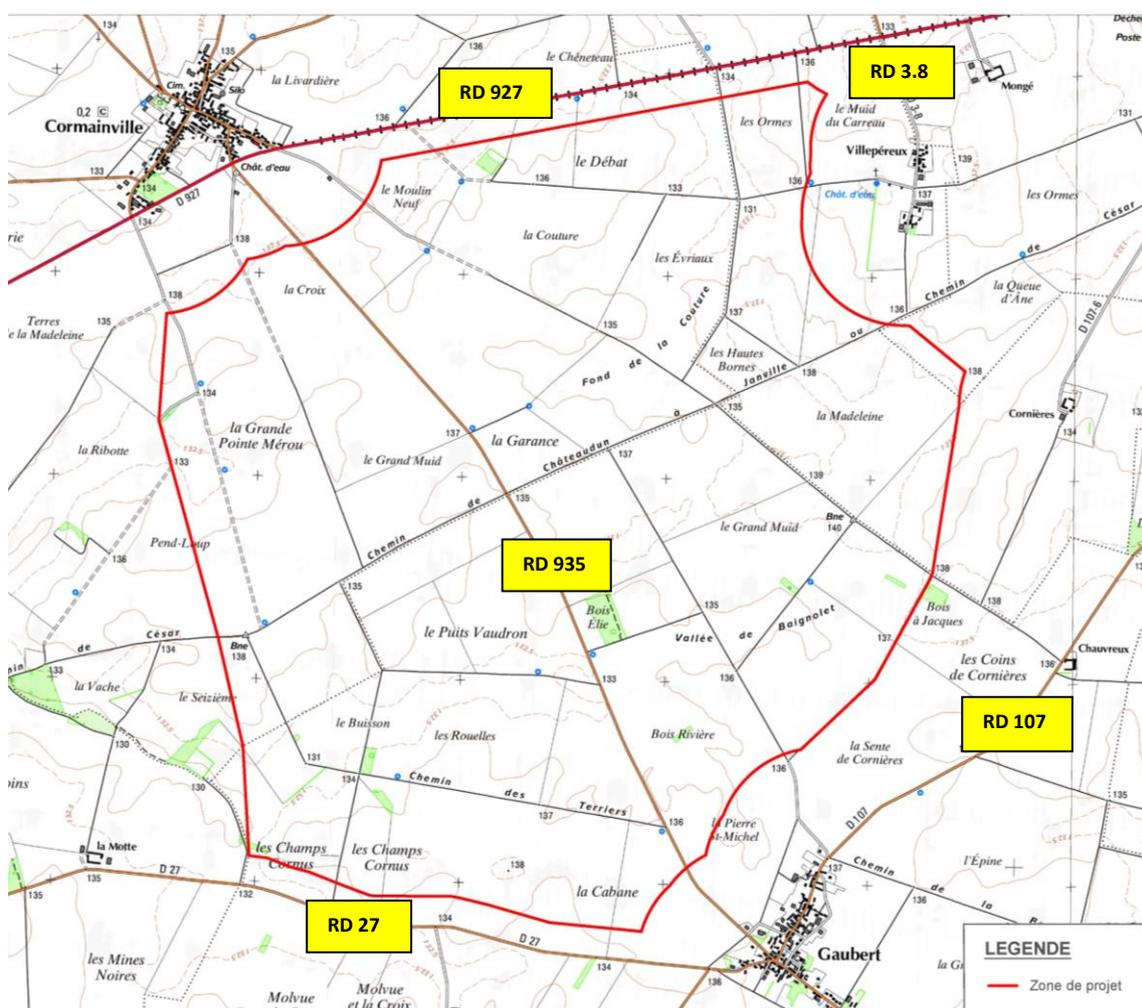
Tableau 5: Arrêtés de reconnaissance de catastrophe naturelle sur les communes de Cormainville, Guillonville et Courbehaye (Source : Prim.net)

### III.3. Environnement matériel

#### III.3.1. Voies de communication

##### ➤ Transport routier

Aucune route communale ne traverse la zone de projet, le secteur d'étude est uniquement traversé par des chemins ruraux et d'exploitation. Cependant, plusieurs routes départementales bordent la zone de projet : la route départementale D927 au nord reliant Toury et Châteaudun, la route départementale D935 traversant le parc existant et reliant Chartres et Saint-Péravy-la-Colombe, et enfin la D27 au sud reliant Bonneval et Guillonville. Notons les routes départementales D107 au sud de la zone de projet et D3.8 au nord-est, moins structurantes.



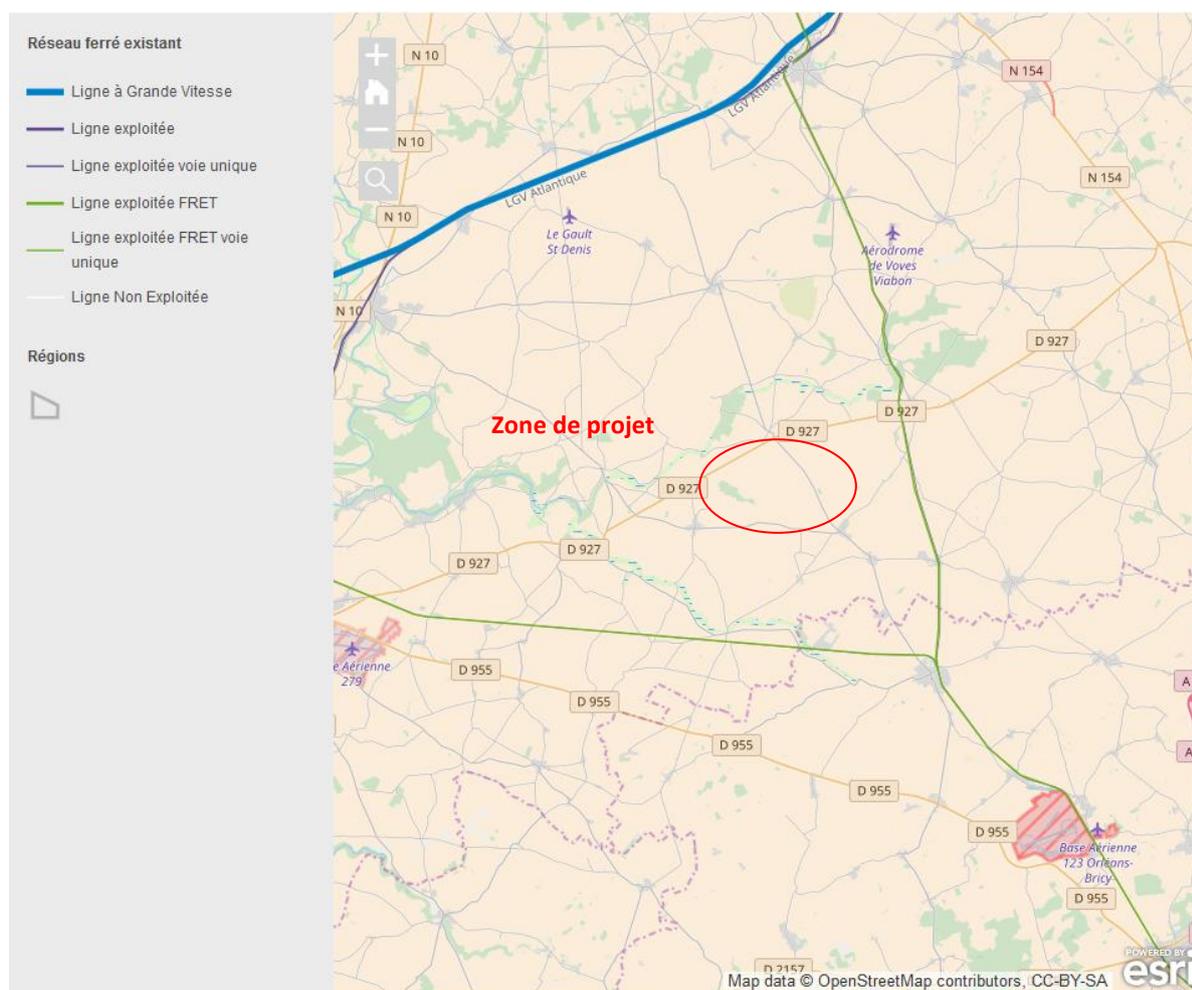
Carte 10: Voies de communications sur la zone de projet

Route	Distance approximative par rapport au mât des éoliennes (m)									
	E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07	E08	E09	E10
D927	2855	3472	1928	2350	3330	3045	1290	1657	2040	181
D27	736	152	1951	1596	744	1359	3017	2765	2499	4057
D935	1268	1448	432	472	512	589	978	1186	1366	1607
D107	2023	1591	2588	2188	1238	1778	2521	2012	1519	3246

Tableau 6: Distance des éoliennes aux routes

➤ **Transport ferroviaire**

La SNCF (société nationale des chemins de fer français) recommande une zone tampon de 300m. La ligne de chemin de fer la plus proche est une ligne de fret qui se situe à 3 km à l'est de l'éolienne la plus proche du projet.



Carte 11 : Réseau ferroviaire au niveau du projet (Source SNCF)

➤ **Sentiers de randonnées**

Un chemin de randonnée à pieds est répertorié sur la commune voisine de Loigny-la-Bataille à environ 5 km du projet éolien du Bois Élie.

Il n'existe aucune prescription en matière de distance de retrait des éoliennes par rapport à la voirie et aux chemins.



Carte 12 : Sentier de randonnée sur la commune de Loigny-la-Bataille (Source : [www.123randonnee.fr](http://www.123randonnee.fr))

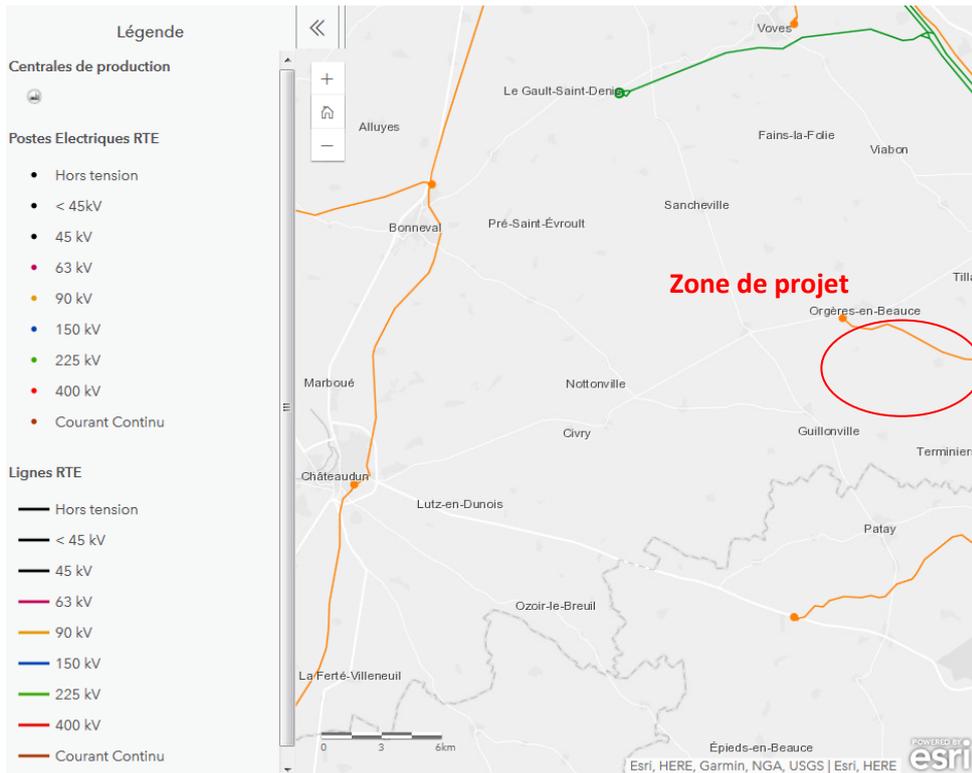
**III.3.2. Réseaux publics et privés**

➤ **Ligne électrique**

Une ligne HTA se situe à proximité de la zone de projet. RTE préconise de respecter une distance équivalente à une hauteur d'éolienne, soit 135 mètres pour le projet nous concernant, par rapport au tracé des lignes haute tension.

Les réseaux électriques situés sur les communes sont gérés par la société ENEDIS qui nous précise par avis du 09/08/2017 la localisation des différents ouvrages exploités dans le périmètre immédiat du projet. Les distances d'approche vis-à-vis des lignes aériennes HTA identifiées sur la zone de projet devront être évaluées avant le début des travaux.

## Etude de Dangers - Ferme Eolienne du Bois Elie

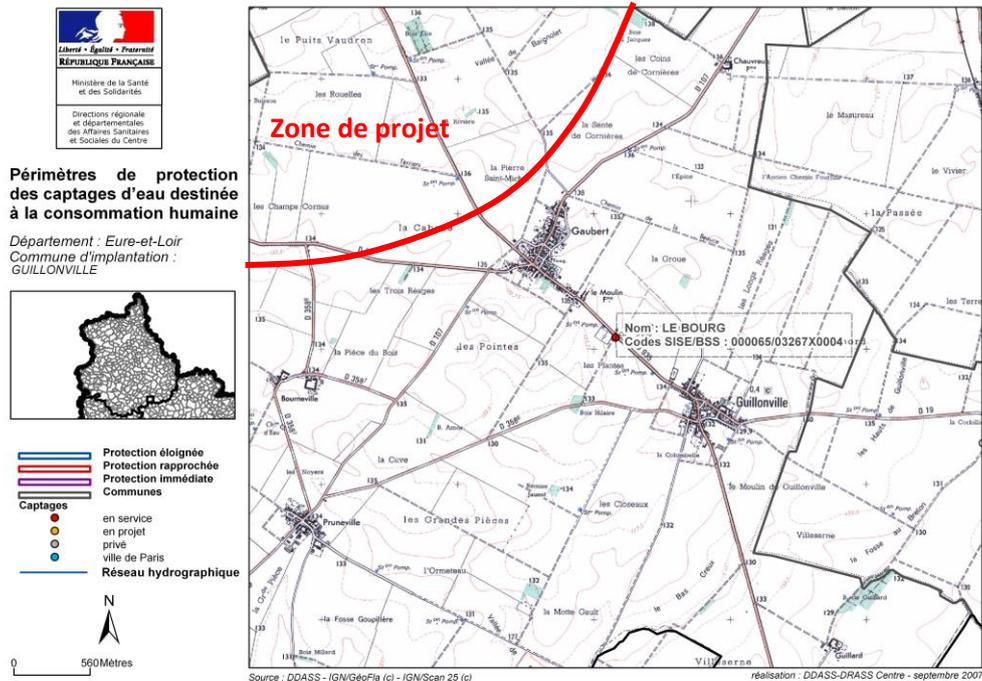


Carte 13 : Localisation des lignes hautes tensions (Source : RTE)

### ➤ Alimentation en eau potable

D'après L'Agence Régionale de Santé (Centre), la commune de Guillonville est la seule des trois communes du projet à posséder un captage AEP dont la gestion est de type régie communale ou syndicale. Deux autres captages, « SONDAGE LES PERRIERES » et « FORAGE F1 LES PERRIERES », sont en projet sur la commune.

Les périmètres de protection rapprochés n'interfèrent pas avec la zone de projet.



Carte 14 : Localisation du captage « LE BOURG » aux alentours de la zone de projet (Source : ARS Centre)

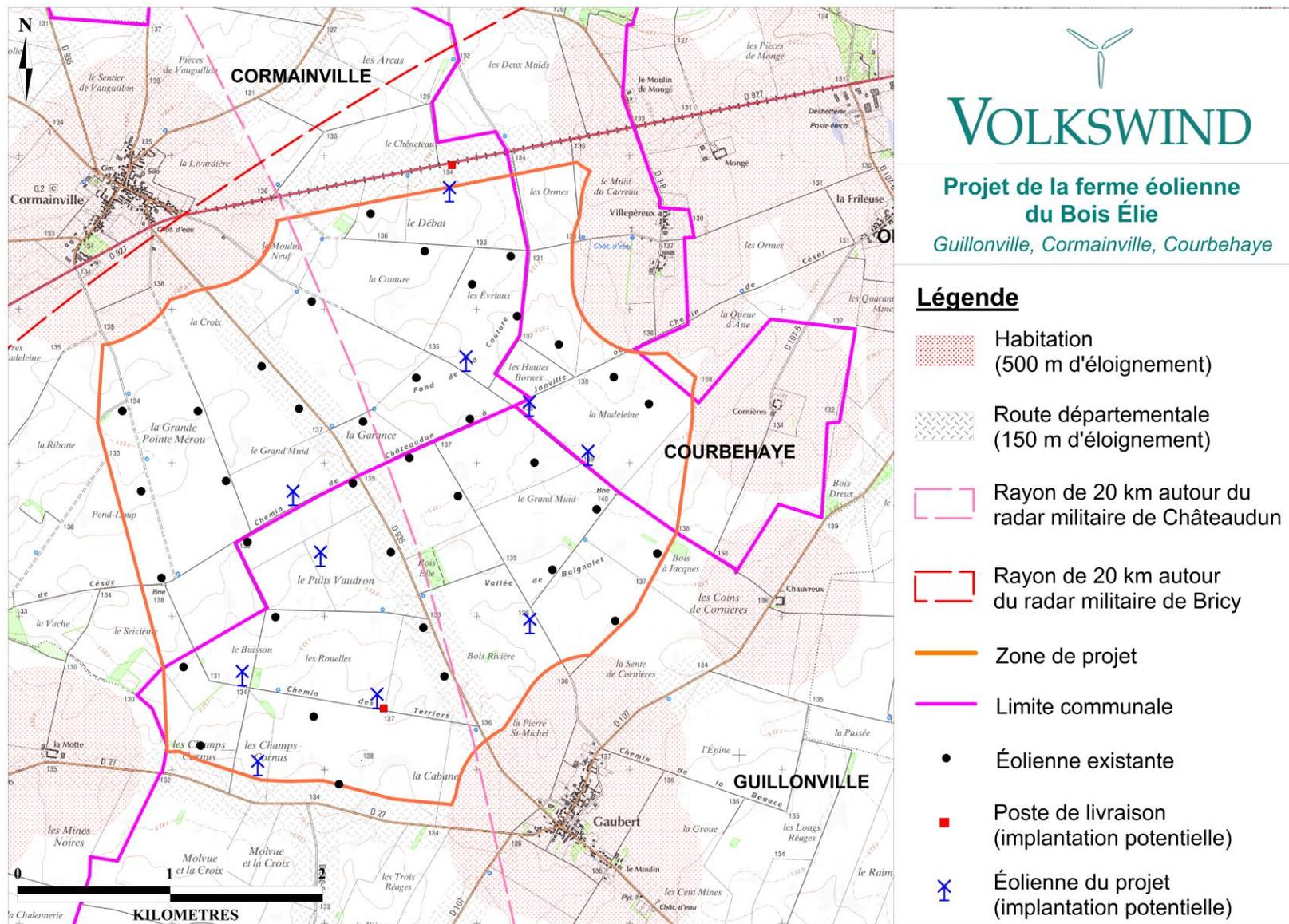
### **III.3.3. Autres ouvrages publics**

Il n'existe pas d'autres ouvrages publics sur la zone d'étude.

### **III.4. Cartographie de synthèse**

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

Dans cette étude, les chemins existants utilisés pour accéder aux éoliennes ont été pris en compte en tant que terrain aménagé mais peu fréquenté, a contrario des champs agricoles qui sont considérés en tant que terrain non aménagés et très peu fréquentés.



## IV. Description de l'installation

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

### IV.1. Caractéristiques de l'installation

#### IV.1.1. Caractéristiques générales d'un parc éolien

Un parc éolien est une centrale de production d'électricité à partir de l'énergie du vent. Il est composé de plusieurs aérogénérateurs et de leurs annexes (cf. schéma du raccordement électrique au paragraphe IV.3.1) :

- Plusieurs éoliennes fixées sur une fondation adaptée, accompagnée d'une aire stabilisée appelée « plateforme » ou « aire de grutage »
- Un réseau de câbles électriques enterrés permettant d'évacuer l'électricité produite par chaque éolienne vers le ou les poste(s) de livraison électrique (appelé « réseau inter-éolien »)
- Un ou plusieurs poste(s) de livraison électrique, concentrant l'électricité des éoliennes et organisant son évacuation vers le réseau public d'électricité au travers du poste source local (point d'injection de l'électricité sur le réseau public)
- Un réseau de câbles enterrés permettant d'évacuer l'électricité regroupée au(x) poste(s) de livraison vers le poste source (appelé « réseau externe ») et appartenant le plus souvent au gestionnaire du réseau de distribution d'électricité)
- Un réseau de chemins d'accès
- Éventuellement des éléments annexes type mât de mesure de vent, aire d'accueil du public, aire de stationnement, etc.

#### ❖ Éléments constitutifs d'un aérogénérateur

Au sens de l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement, les aérogénérateurs (ou éoliennes) sont définis comme un dispositif mécanique destiné à convertir l'énergie du vent en électricité, composé des principaux éléments suivants : un mât, une nacelle, le rotor auquel sont fixées les pales, ainsi que, le cas échéant, un transformateur.

Les aérogénérateurs se composent de trois principaux éléments :

- **Le rotor** qui est composé de trois pales (pour la grande majorité des éoliennes actuelles) construites en matériaux composites et réunies au niveau du moyeu. Il se prolonge dans la nacelle pour constituer l'arbre lent.
- **Le mât** est généralement composé de 3 à 4 tronçons en acier ou 15 à 20 anneaux de béton surmonté d'un ou plusieurs tronçons en acier. Dans la plupart des éoliennes, il abrite le transformateur qui permet d'élever la tension électrique de l'éolienne au niveau de celle du réseau électrique.
- **La nacelle** abrite plusieurs éléments fonctionnels :
  - le générateur transforme l'énergie de rotation du rotor en énergie électrique ;
  - le multiplicateur (certaines technologies n'en utilisent pas) ;
  - le système de freinage mécanique ;
  - le système d'orientation de la nacelle qui place le rotor face au vent pour une production optimale d'énergie ;
  - les outils de mesure du vent (anémomètre, girouette) ;
  - le balisage diurne et nocturne nécessaire à la sécurité aéronautique.

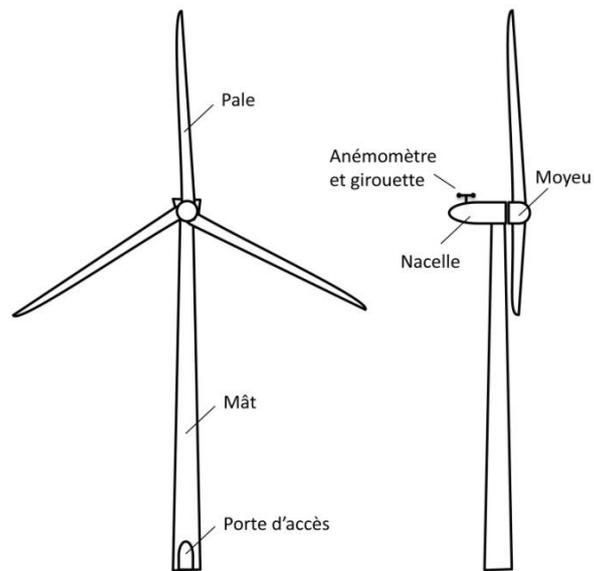


Figure 2: Schéma simplifié d'un aérogénérateur

#### ❖ Emprise au sol

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

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

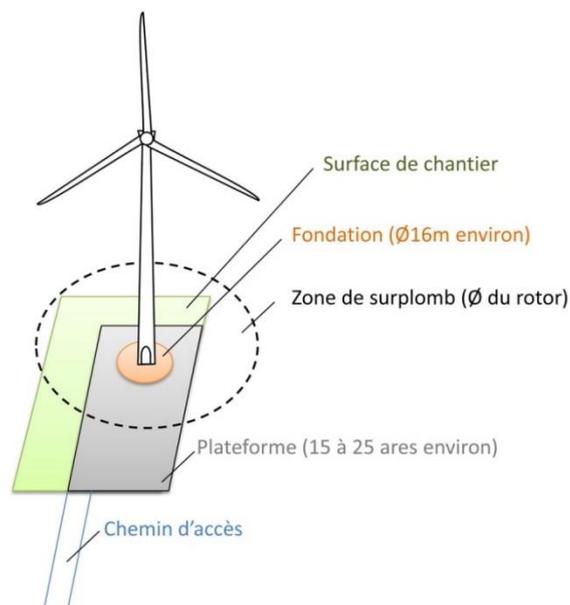


Figure 3: Illustration des emprises au sol d'une éolienne

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

❖ **Chemins d'accès**

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

- L'aménagement de ces accès concerne principalement les chemins agricoles existants ;
- Si nécessaire, de nouveaux chemins sont créés sur les parcelles agricoles.

Durant la phase de construction et de démantèlement, les engins empruntent ces chemins pour acheminer les éléments constituant les éoliennes et de leurs annexes.

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

❖ **Autres installations**

Aucune autre installation n'est prévue (parking, etc.)

**IV.1.2. Activité de l'installation**

L'activité principale du parc éolien de Ferme éolienne de Bois Elie est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent. Les six aérogénérateurs de type N117 ont une hauteur de moyeu de 106 m. Cette installation est donc soumise à la rubrique 2980 des installations classées pour la protection de l'environnement.

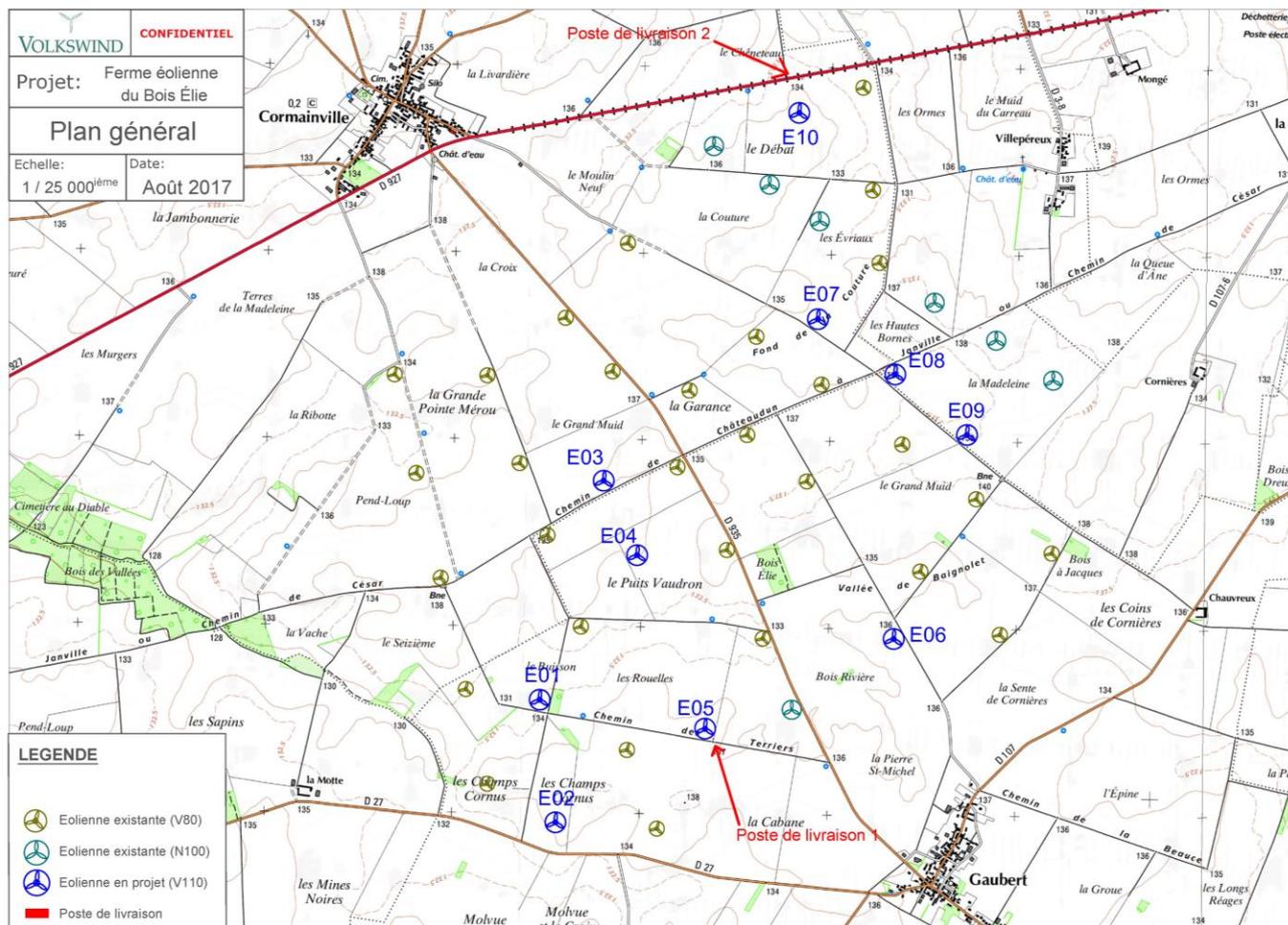
**IV.1.3. Composition de l'installation**

Le parc éolien du Bois Elie est composé de 10 aérogénérateurs et deux postes de livraisons simple (deux bâtiment séparé). Les dix aérogénérateurs ont une hauteur de moyeu de 80 mètres et un diamètre de rotor de 110 mètres, soit une hauteur totale en bout de pale de 135 mètres. Les deux postes de livraison représentent au total une surface au sol de 55 m<sup>2</sup>.

Le tableau ci-dessous indique les coordonnées géographiques des aérogénérateurs et du poste de livraison

Numéro Eolienne	Coordonnées en Lambert 93 (m)		Coordonnées en WGS 84 (dd°mm'ss,s")		Côte NGF au sol (m)	Hauteur Totale de l'éolienne V110 (m)	Côte NGF en bout de pale de l'éolienne V110 (m)
	X	Y	E	N			
<b>E01</b>	597127	6779662	1°37'03.8"	48°6'33.2"	132	135	267
<b>E02</b>	597211	6779005	1°37'08.4"	48°6'12.0"	134	135	269
<b>E03</b>	597469	6780832	1°37'19.3"	48°7'11.3"	136	135	271
<b>E04</b>	597647	6780435	1°37'28.2"	48°6'58.5"	135	135	270
<b>E05</b>	598008	6779507	1°37'46.5"	48°6'28.7"	136	135	271
<b>E06</b>	599013	6779986	1°38'34.7"	48°6'44.8"	136	135	271
<b>E07</b>	598609	6781697	1°38'13.7"	48°7'40.0"	133	135	268
<b>E08</b>	599021	6781401	1°38'33.9"	48°7'30.6"	134	135	269
<b>E09</b>	599404	6781077	1°38'52.7"	48°7'20.3"	138	135	273
<b>E10</b>	598510	6782800	1°38'08.0"	48°8'15.6"	136	135	271
<b>PDL 1 (2,5x11)</b>	598050	6779451	1°37'48.6"	48°6'26.9"	136	3	139
<b>PDL 2 (2,5x11)</b>	598527	6782984	1°38'08.7"	48°8'21.6"	134	3	137

**Tableau 7: Coordonnées des éoliennes et PDL du projet**



Carte 16 : Plan général de la Ferme éolienne du Bois Elie

## IV.2. Fonctionnement de l'installation

### IV.2.1. Principe de fonctionnement d'un aérogénérateur

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 de 2,5 MW par exemple, la production électrique atteint 2 500 kWh dès que le vent atteint environ 50 km/h. L'électricité produite par la génératrice correspond à un courant alternatif de

## Etude de Dangers - Ferme Eolienne du Bois Elie

fréquence 50 Hz avec une tension de 400 à 690 V. La tension est ensuite élevée jusqu'à 20 000 V par un transformateur placé dans chaque éolienne pour être ensuite injectée dans le réseau électrique public.

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

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

### Caractéristiques du projet

<b>Elément de l'installation</b>	<b>Fonction</b>	<b>Caractéristiques</b>
<i>Fondation</i>	<i>Ancrer et stabiliser l'éolienne dans le sol</i>	<i>Environ 24 m de diamètre et une profondeur de 2 à 4 m. (les dimensions précises seront définies une fois l'étude géotechnique réalisée pour chaque éolienne)</i>
<i>Mât</i>	<i>Supporter la nacelle et le rotor</i>	<i>3,65 m de diamètre à la base, scindé en 3 sections cylindriques. 80 m à hauteur de moyeu.</i>
<i>Nacelle</i>	<i>Supporter le rotor Abriter le dispositif de conversion de l'énergie mécanique en électricité (génératrice, etc.) ainsi que les dispositifs de contrôle et de sécurité</i>	<i>Longueur de 12,7m, la largeur est de 4,2 m sans le refroidisseur jusqu'à 5,1 m avec le refroidisseur et une hauteur de 4,3 m, jusqu'à 8,3 m avec le refroidisseur</i>
<i>Rotor / pales</i>	<i>Capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice</i>	<i>110 m de diamètre Surface balayée de 9 503 m<sup>2</sup> Plage de rotation opératoire entre 3 et 20 m/s</i>
<i>Transformateur</i>	<i>Elever la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau</i>	<i>Elève la tension de 690V à 20 000V</i>
<i>Poste de livraison</i>	<i>Adapter les caractéristiques du courant électrique à l'interface entre le réseau privé et le réseau public</i>	<i>Deux postes de livraison seront nécessaires pour ce projet. Les dimensions des postes de livraison sont de : 11x2,5 m</i>

**Tableau 8 : Caractéristiques de l'éolienne Vestas V110**

### IV.2.2. Sécurité de l'installation

#### ➤ **Les éoliennes Vestas V110-2,2MW**

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 de l'installation sera effectuée au stade de l'analyse préliminaire des risques, dans la partie VII de l'étude de dangers.

### L'aérogénérateur

Concernant la société VESTAS, celle-ci stipule que :

- L'aérogénérateur respecte la Directive Machine 2006/42/CE.

- **La société VESTAS atteste de la conformité de ses aérogénérateurs à l'ensemble des dispositions contenues dans l'Arrêté du 26 août 2011. Les articles respectés sont précisés en annexe 3.**

Notamment, la nacelle, le nez et la tour répondent au standard : IEC61400-1.

Les pales respectent le standard IEC61400-1 ; 12 ; 23.

La génératrice est construite suivant le standard IEC60034.

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

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

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

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

La Certification de type (certifications CE) et la déclaration de conformité attestent la conformité de l'aérogénérateur aux standards et directives applicables.

### **1. Le balisage**

Ce thème est également abordé dans la partie V.3.1 page 49.

### **2. La fondation**

Les fondations répondent au standard IEC1400-1.

Leur dimensionnement respecte les codes de construction pour l'Europe, les Eurocodes.

Les principaux Eurocodes utilisés pour le calcul des fondations sont :

- Eurocode 2 : Calcul des structures en béton ;
- Eurocode 7 : Calcul géotechnique.

### **➤ Conformité aux prescriptions de l'arrêté ministériel**

L'installation est conforme aux prescriptions de l'arrêté ministériel relatif aux installations soumises à autorisation au titre de la rubrique 2980 des installations classées relatives à la sécurité de l'installation ainsi qu'aux principales normes et certifications applicables à l'installation.

Cela concerne notamment :

- L'éloignement de 500 mètres de toute construction à usage d'habitation, de tout immeuble habité ou de toute zone destinée à l'habitation telle que définie dans les documents d'urbanisme opposables en vigueur au 13 juillet 2010 et de 300 mètres d'une installation nucléaire ;
- L'implantation de façon à ne pas perturber de manière significative le fonctionnement des radars et des aides à la navigation utilisés dans le cadre des missions de sécurité de la navigation aérienne et de sécurité météorologique des personnes et des biens ;
- La présence d'une voie d'accès carrossable entretenue permettant l'intervention des services d'incendie et de secours ;
- Le respect des normes suivantes : norme NF EN 61 400-1 (version de juin 2006) ou CEI 61 400-1 (version de 2005) ou toute norme équivalente en vigueur dans l'Union européenne ;
- L'installation conforme aux dispositions de l'article R. 111-38 du code de la construction et de l'habitation ;
- Le respect des normes suivantes : norme IEC 61 400-24 (version de juin 2010), normes NFC 15-100 (version compilée de 2008), NFC 13-100 (version de 2001) et NFC 13-200 (version de 2009) ;

- L'installation conforme aux dispositions de la directive du 17 mai 2006 susvisée qui leur sont applicables ;
- Le balisage de l'installation conformément aux dispositions prises en application des articles L. 6351-6 et L.6352-1 du code des transports et des articles R. 243-1 et R. 244-1 du code de l'aviation civile,
- Le maintien fermé à clé des accès à l'intérieur de chaque aérogénérateur, du poste de transformation, de raccordement ou de livraison, afin d'empêcher les personnes non autorisées d'accéder aux équipements ;
- L'affichage visible des prescriptions à observer par les tiers sur un panneau sur le chemin d'accès de chaque aérogénérateur, sur le poste de livraison et, le cas échéant, sur le poste de raccordement ;
- La réalisation d'essais d'arrêt permettant de s'assurer du fonctionnement correct de l'ensemble des équipements avant la mise en service industrielle des aérogénérateurs ;
- L'interdiction d'entreposage à l'intérieur de l'aérogénérateur de matériaux combustibles ou inflammables.

Les installations respecteront les conditions techniques fixées par l'arrêté du 17 mai 2001.

La description détaillée des différents systèmes de sécurité de l'installation sera quant à elle effectuée au stade de l'analyse préliminaire des risques, dans la partie VII.

#### ➤ **Gestion à distance du fonctionnement des éoliennes**

L'exploitation des éoliennes ne fera pas l'objet d'une présence permanente sur site, mis à part lors des opérations de maintenance. Le fonctionnement du parc éolien est entièrement automatisé et contrôlé à distance depuis le centre de commande.

L'exploitation des éoliennes s'effectue grâce à un Automate Programmable Industriel (API) qui analyse en permanence les données en provenance des différents capteurs de l'installation et de l'environnement (conditions météorologiques, vitesse de rotation des pales, production électrique, niveau de pression du réseau hydraulique, etc.) et qui contrôle les commandes en fonction des paramètres.

Sur un moniteur de contrôle placé au niveau du poste électrique de livraison, toutes les données d'exploitation peuvent être affichées et contrôlées, et des fonctions telles que le démarrage, l'arrêt et l'orientation des pales peuvent être commandées.

De plus, les éoliennes sont équipées d'un système de contrôle à distance des données. La supervision peut s'effectuer à distance depuis un PC équipé d'un navigateur Internet et d'une connexion ADSL ou RNIS. Le logiciel de supervision (SCADA – Supervising Control And Data Acquisition) est fourni par le constructeur Vestas.

Le SCADA constitue un terminal de dialogue entre l'automate et son système d'entrée/sortie, connecté en réseau au niveau des armoires de contrôle placées dans la nacelle et dans le pied de l'éolienne.

#### ➤ **Méthodes et moyens d'intervention**

En cas de sinistre, les pompiers seront prévenus par le personnel du site ou les riverains directement par le 18. L'appel arrivera au Centre de Traitement des Appels (CTA), qui est capable de mettre en œuvre les moyens nécessaires en relation avec l'importance du sinistre. Cet appel sera ensuite répercuté sur le Centre de Secours disponible et le plus adapté au type du sinistre.

Une voie d'accès donne aux services d'interventions un accès facilité au site du parc éolien.

Les moyens d'intervention une fois l'incident ou accident survenu sont des moyens de récupération des fragments : grues, engins, camions.

En cas d'incendie avancé, les sapeurs-pompiers se concentreront sur le barrage de l'accès au foyer d'incendie. Une zone de sécurité avec un rayon de 500 mètres autour de l'éolienne devra être respectée.

**IV.2.3. Opérations de maintenance de l'installation**

➤ **Conduite du système**

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

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

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

Par contre, en cas d'arrêt lié à un déclenchement de capteur de sécurité (déclenchement VOG, déclenchement détecteur d'arc électrique, température haute, pression basse huile, ...), une intervention humaine sur l'éolienne est nécessaire pour examiner l'origine du défaut avant de pouvoir relancer un démarrage.

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

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

Toute intervention dans le rotor n'est réalisée qu'après le blocage mécanique de celui-ci.

Des dispositifs de consignation électrique sont répartis sur l'ensemble des éléments électriques afin de pouvoir isoler certaines parties et protéger ainsi le personnel intervenant.

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 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.

➤ **Entretien préventif du matériel**

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

	Composants	Opérations
<b>Inspection</b>	Etat général	Vérification de la propreté de l'intérieur de l'éolienne Vérification qu'aucun matériau combustible ou inflammable n'est entreposé dans l'éolienne
	Moyeu	Inspection visuelle du moyeu Vérification des boulons entre le moyeu et les supports de pale* Vérification des boulons maintenant la coque du moyeu

**Etude de Dangers - Ferme Eolienne du Bois Elie**

Pales	Vérification des roulements et du jeu Vérification des joints d'étanchéité Inspection visuelle des pales, de l'extérieur et de l'intérieur Vérification des boulons de chaque pale* Vérification des bruits anormaux Vérification des bandes paratonnerres
Système de transfert de courant foudre Moyeu / nacelle	Vérification des boulons et de l'absence d'impacts de foudre.
Arbre principal	Vérification des boulons fixant l'arbre principal et le moyeu* Inspection visuelle des joints d'étanchéité Vérification des bruits anormaux et des vibrations Vérification du fonctionnement du système de lubrification Vérification des dommages au niveau des boulons de blocage du rotor
Système d'orientation de la nacelle (Yaw system)	Vérification des boulons fixant le haut du palier d'orientation et la tour* Vérification des bruits anormaux Vérification du système de lubrification
Tour	Vérification de l'état du béton à l'intérieur et à l'extérieur de la tour Vérification des boulons entre la partie fondation et la tour, entre les sections de la tour et sur l'échelle* Vérification des brides et des cordons de soudure Vérification des plateformes Vérification du câble principal
Bras de couple	Vérification boulons Vérification et serrage de la connexion à la terre
Système d'inclinaison des pales (Vestas Pitch System)	Vérification des boulons du cylindre principal et du bras de manivelle Vérification des boulons de l'arbre terminal et des roulements
Multiplicateur	Changement d'huile et nettoyage du multiplicateur si nécessaire Vérification du niveau sonore lors du fonctionnement du multiplicateur Vérification des joints, de l'absence de fuite, etc... Vérification d'absence de fuites au niveau des points de lubrification Vérification des capteurs de débris
Huile du multiplicateur	Vérification du niveau d'huile Vérification des composants du bloc hydraulique et des pompes
Système de freinage	Vérification des étriers, des disques et des plaquettes de freins Inspection des entrées et des sorties de tuyaux
Générateur	Vérification des câbles électriques dans le générateur Vérification des fuites de liquides de refroidissement et de graisse Lubrification des roulements

Système de refroidissement par eau	Vérification du fonctionnement des pompes à eau Vérifications des tubes et des tuyaux Vérification du niveau de liquide de refroidissement
Vestas Cooler Top™	Vérification boulons
Système hydraulique	Vérification d'absence de fuites dans la nacelle, l'arbre principal et les pompes
Onduleur	Vérification du fonctionnement de l'onduleur.
Capteur de vent et balisage aérien	Vérification du bon fonctionnement du balisage aérien et inspection visuelle du capteur de vitesse de vent.
Nacelle	Vérification boulons Vérification d'absence de fissures autour des raccords Vérification des points d'ancrage et des fissures autour de ceux-ci
Extérieur	Vérification de la protection de surface Nettoyage des têtes de boulons et d'écrous, des raccords, etc.
Transformateur	Inspection mécanique et électrique du transformateur
Sécurité générale	Inspection des câbles électriques Inspection du système de mise à la terre

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

Ces opérations de maintenance courante seront répétées lors de l'inspection après la première année de fonctionnement, puis régulièrement selon le calendrier de maintenance.

Les opérations de maintenance supplémentaires sont présentées ci-après.

	Composants	Opérations
Inspection après chaque année de fonctionnement	Moyeu	Vérification de l'état de la fibre de verre Vérification des joints d'étanchéité Vérification de la fonctionnalité des trappes d'accès et de leurs verrous
	Pales	Vérification des tubes de graissage et du bloc de distribution de graisse Vérification du niveau de graisse dans les collecteurs de graisse et remplacement s'ils sont pleins Remplissage du distributeur de graisse
	Système de transfert de courant foudre Moyeu / nacelle	Vérification du câble connectant les bandes anti-foudres Vérification des amortisseurs d'usure Vérification des bandes anti-foudre
	Système d'inclinaison des pales (Vestas Pitch System)	Vérification du bon fonctionnement du système d'inclinaison des pales Vérification de la pression des accumulateurs Vérification de la tension des fixations des accumulateurs Vérification des boulons Vérification des pistons des vérins hydrauliques

**Etude de Dangers - Ferme Eolienne du Bois Elie**

Arbre principal	Vérification et lubrification des roulements principaux tous les 5 ans Vérification de l'ajustement des capteurs RPM Lubrification des boulons de blocage du rotor
Bras de couple	Vérification des boulons entre le bras de couple et le bâti tous les 4 ans
Multiplicateur	Vérification et remplacement (si nécessaire) des filtres à air Remplacement des filtres à air tous les 10 ans Remplacement du système de détection de particules tous les 10 ans Vérification des flexibles de drainage. Remplacement si nécessaire. Remplacement des flexibles de drainage tous les 10 ans Remplacement des tuyaux tous les 7 ans Inspection des boulons du système d'accouplement entre le multiplicateur et l'arbre principal tous les 4 ans Extraction d'un échantillon d'huile pour analyse
Système de freinage	Vérification du câblage des capteurs d'usure et de chaleur Remplacement des plaquettes de freins tous les 7 ans
Générateur	Vérification du bruit des roulements Vérification du système de graissage automatique Vérification du système de refroidissement
Système de refroidissement par eau	Remplacement du liquide de refroidissement tous les 5 ans
Système hydraulique	Vérification des niveaux d'huile et remplacement si nécessaire Extraction d'un échantillon d'huile pour analyse Changement d'huile selon les rapports d'analyse Remplacement des filtres (tous les ans, tous les 2 ans ou tous les 4 ans, selon le filtre) Remplacement des filtres (tous les ans, tous les 2 ans ou tous les 4 ans, selon le filtre) Contrôle des flux et de la pression Vérification de la pression dans le système de frein
Vestas Cooler Top™	Inspection visuelle du Vestas Cooler Top™ et des systèmes parafoudres
Onduleur	Vérification du bon fonctionnement de l'onduleur Remplacement des différents filtres des ventilateurs Remplacement des différents ventilateurs tous les 5 ans Remplacement de la batterie tous les 5 ans
Capteur de vent et balisage aérien	Inspection visuelle du capteur de vitesse de vent et du bon fonctionnement du balisage.
Nacelle	Changement des filtres à air Changement des batteries des processeurs
Tour	Changement des filtres de ventilation contaminés Maintenance de l'élévateur de personnes
Système de détection d'arc électrique	Test du capteur de détection d'arc électrique du jeu de barres et dans la salle du transformateur

Système d'orientation nacelle (Yaw System)	Lubrification de la couronne d'orientation Vérification du niveau d'huile des motoréducteurs, et remplissage si besoin Changement de l'huile des motoréducteurs tous les 10 ans Vérification et ajustement du couple de freinage
Armoire de contrôle en pied de tour	Test des batteries Remplacement des batteries de secours tous les 5 ans Remplacement des radiateurs en cas de défaillance
Sécurité générale	Test des boutons d'arrêt d'urgence Test d'arrêt en cas de survitesse Vérification des équipements de sauvetage Vérification de la date d'inspection des extincteurs Test des détecteurs de fumée (si installés) Vérification du système antichute

➤ **Contrôles réglementaires périodiques**

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

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

➤ **Maintenance curative**

Il s'agit des opérations de maintenance réalisées suite à des défaillances de matériels ou d'équipements (ex : remplacement d'un capteur défaillant, ajout de liquide de refroidissement faisant suite à une fuite, ...). Ces opérations sont faites à la demande, dès détection du dysfonctionnement, de façon à rendre l'équipement à nouveau opérationnel.

➤ **Prise en compte du retour d'expérience**

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

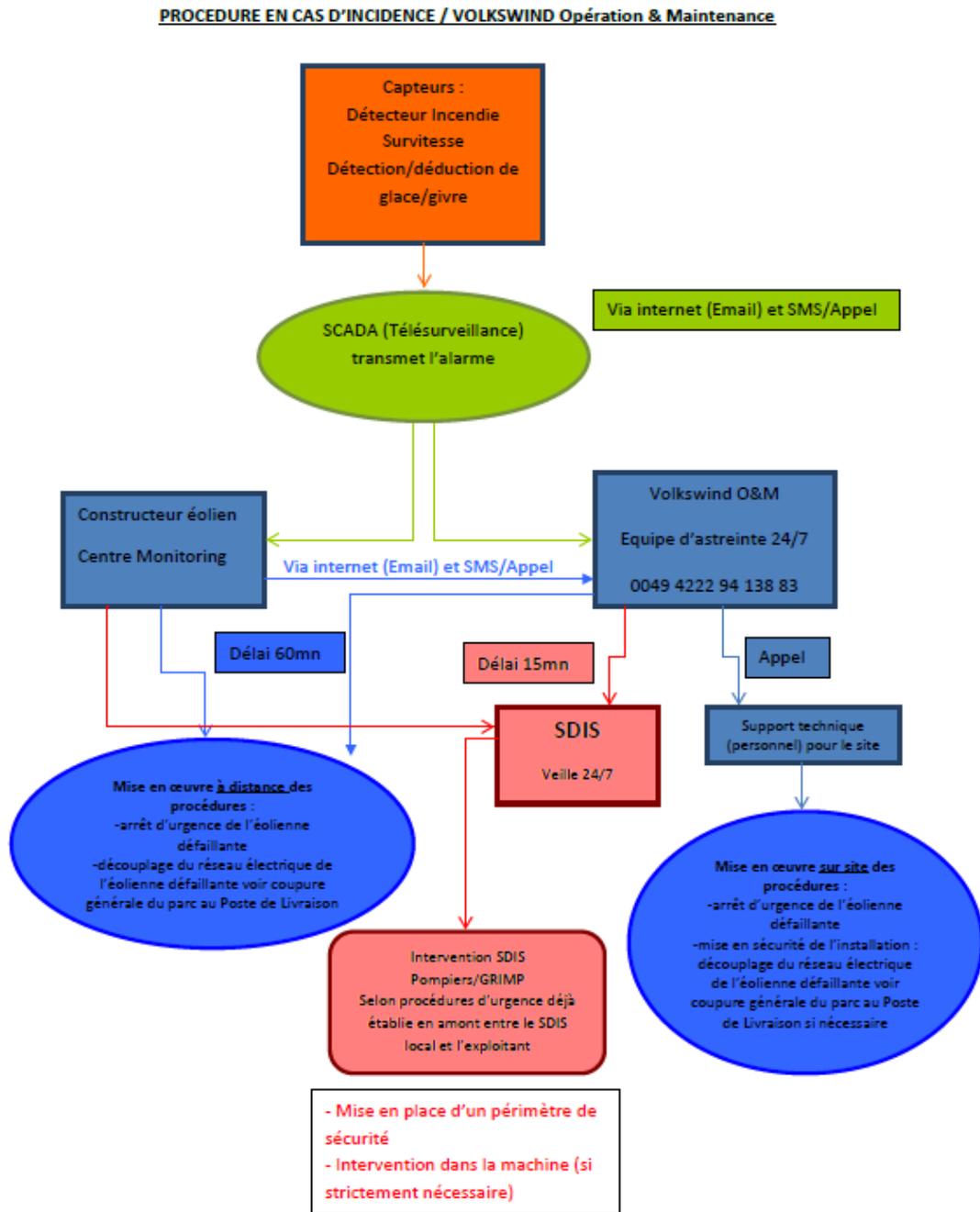
Ainsi, les principaux axes d'amélioration ont porté sur :

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

**IV.2.4. Stockage et flux de produits dangereux**

Conformément à l'article 16 de l'arrêté du 26 août 2011, aucun matériel inflammable ou combustible ne sera stocké dans les éoliennes du parc éolien du Bois Elie.

IV.2.5. Procédure en cas d'incident



Volkswind All right reserved

Figure 4 : Procédure 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 VII.6 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 de 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 du Bois Elie délègue le service Opération & Maintenance à VOLKSWIND Service France.

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.

Le support technique identifié sur la Figure 4 correspond :

- Soit un prestataire identifié à proximité du projet avant la mise en service du parc éolien, qui sera une personne habilitée à intervenir sur les éoliennes et le poste de livraison (un électricien)
- Soit le personnel Vestas qui se trouvera dans un centre de maintenance à proximité, en fonction de la distance au centre de maintenance le plus proche.

## ***Etude de Dangers - Ferme Eolienne du Bois Elie***

Dans le cas du projet de la ferme éolienne du Bois Elie, le centre de maintenance Vestas le plus proche est situé à Sancheville (28) à une distance de 8 km (10 minutes en voiture).

- 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.

La ferme éolienne du Bois Elie s'engage à respecter l'ensemble des prescriptions que le SDIS sera susceptible d'émettre dans le cadre de l'instruction de ce dossier. La ferme éolienne du Bois Elie s'engage à transmettre les informations nécessaires avant la mise en service du parc éolien.

- 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.

### IV.3. Fonctionnement des réseaux de l'installation

#### IV.3.1. Raccordement électrique

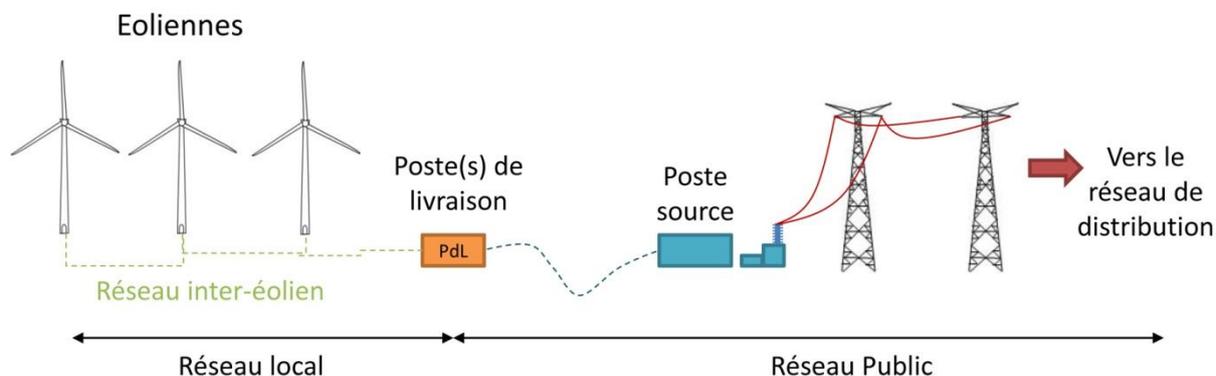


Figure 5 : Raccordement électrique des installations

L'énergie produite dans la génératrice a une tension de 0,660 kV. À l'intérieur même de chaque éolienne se trouvent un transformateur qui augmente la tension jusqu'à 20 000 volts. Le cheminement passe ensuite par le poste de livraison puis par le poste source où la tension reste la même (20 kV). Enfin, dans le poste source, la tension est augmentée de 20 kV à la tension du réseau (90 kV dans l'exemple présenté ici) pour être évacuée dans le réseau de distribution.

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

Dans le cadre de la demande d'approbation de projet de travaux au titre de l'article L.323-11 du code de l'énergie, Volkswind s'engage à :

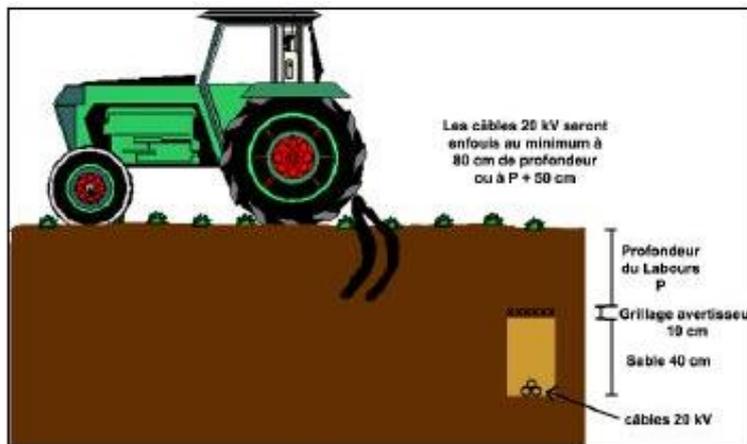
- Respecter les dispositions de l'arrêté du 17 mai 2001 fixant les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les ouvrages électriques ;
- Diligenter un contrôle technique des travaux en application de l'article R.323-30 du code de l'énergie et de l'arrêté d'application du 14 janvier 2013 ;
- Transmettre, conformément à l'article R.323-29 du code de l'énergie modifié, au gestionnaire du réseau public de distribution d'électricité, les informations permettant à ce dernier d'enregistrer la présence de lignes privées dans son SIG des ouvrages ;
- Procéder aux déclarations préalables aux travaux de construction de l'ouvrage concerné, et enregistrer ce dernier sur le guichet unique en application des dispositions des articles L.554-1 à L.554-4 et R.554-1 et suivants du code de l'environnement qui sont relatives à la sécurité des réseaux souterrains, aériens ou subaquatiques de transport et de distribution.

#### ❖ Réseau inter-éolien

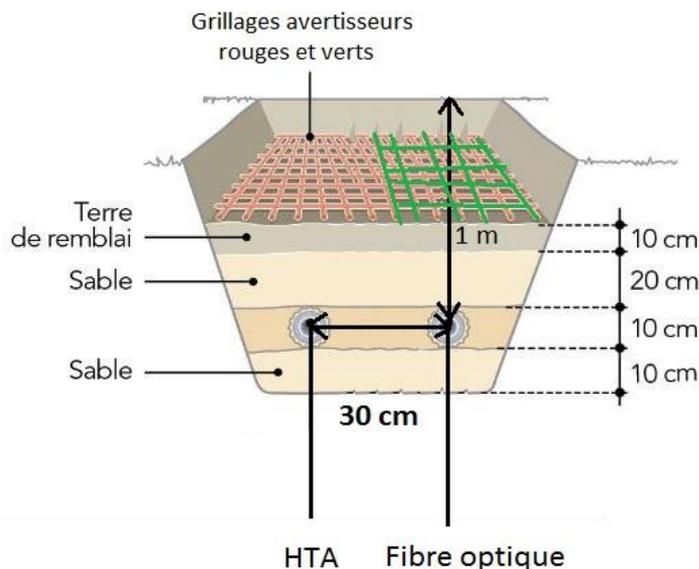
Conformément au décret du 2 mai 2014 et plus particulièrement à l'article 6, les éléments suivants attestent de l'entière conformité des liaisons électriques intérieures avec la réglementation technique en vigueur.

Ces éléments viennent argumenter la demande **d'approbation le projet d'ouvrage privé au titre de l'article L. 323-11 du code de l'énergie.**

Le réseau inter-éolien permet de relier le transformateur, intégré ou non dans le mât de chaque éolienne<sup>1</sup>, 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.



**Figure 6 : Tranchées sous champs labouré**

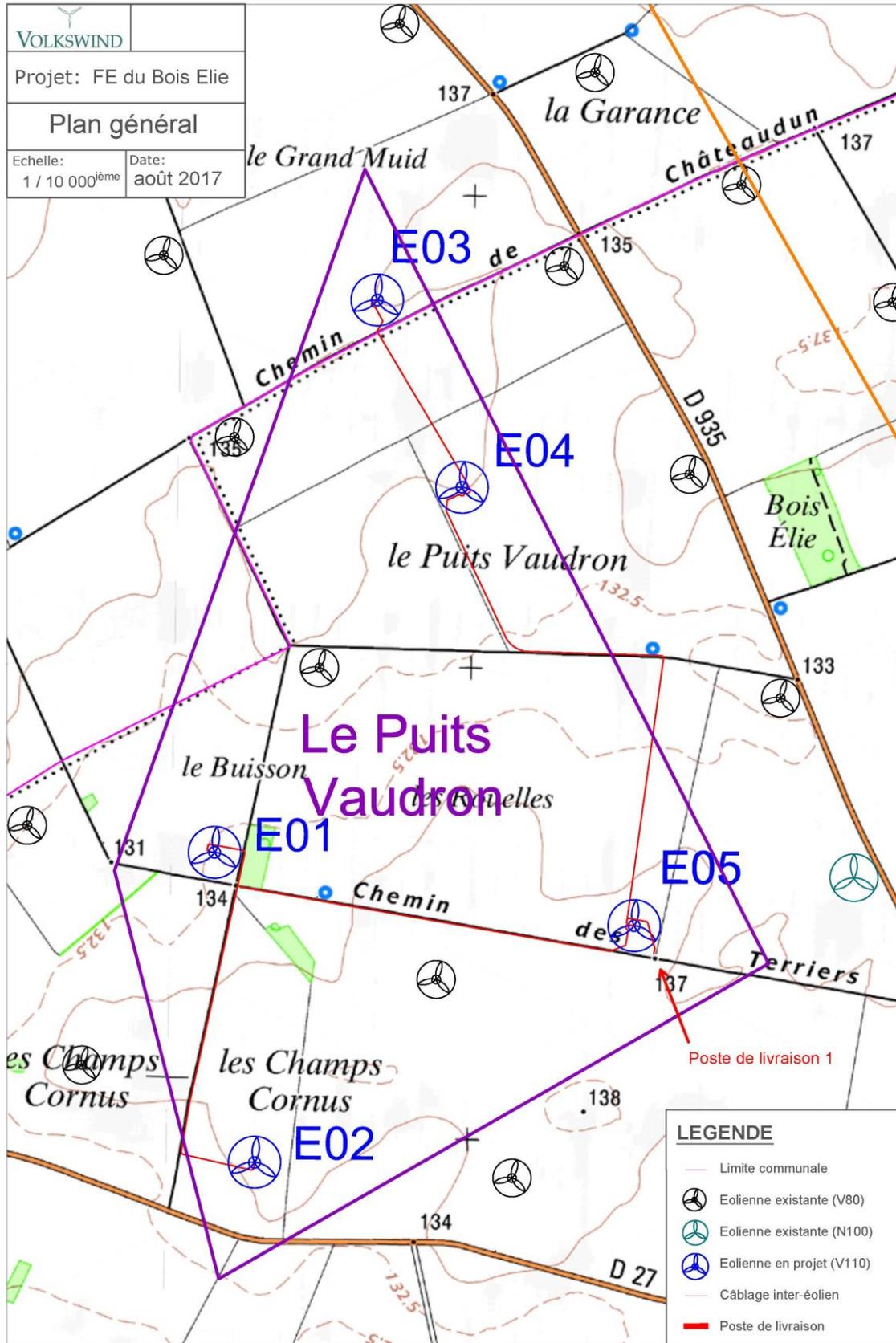


**Figure 7: Coupe de tranchée potentielle**

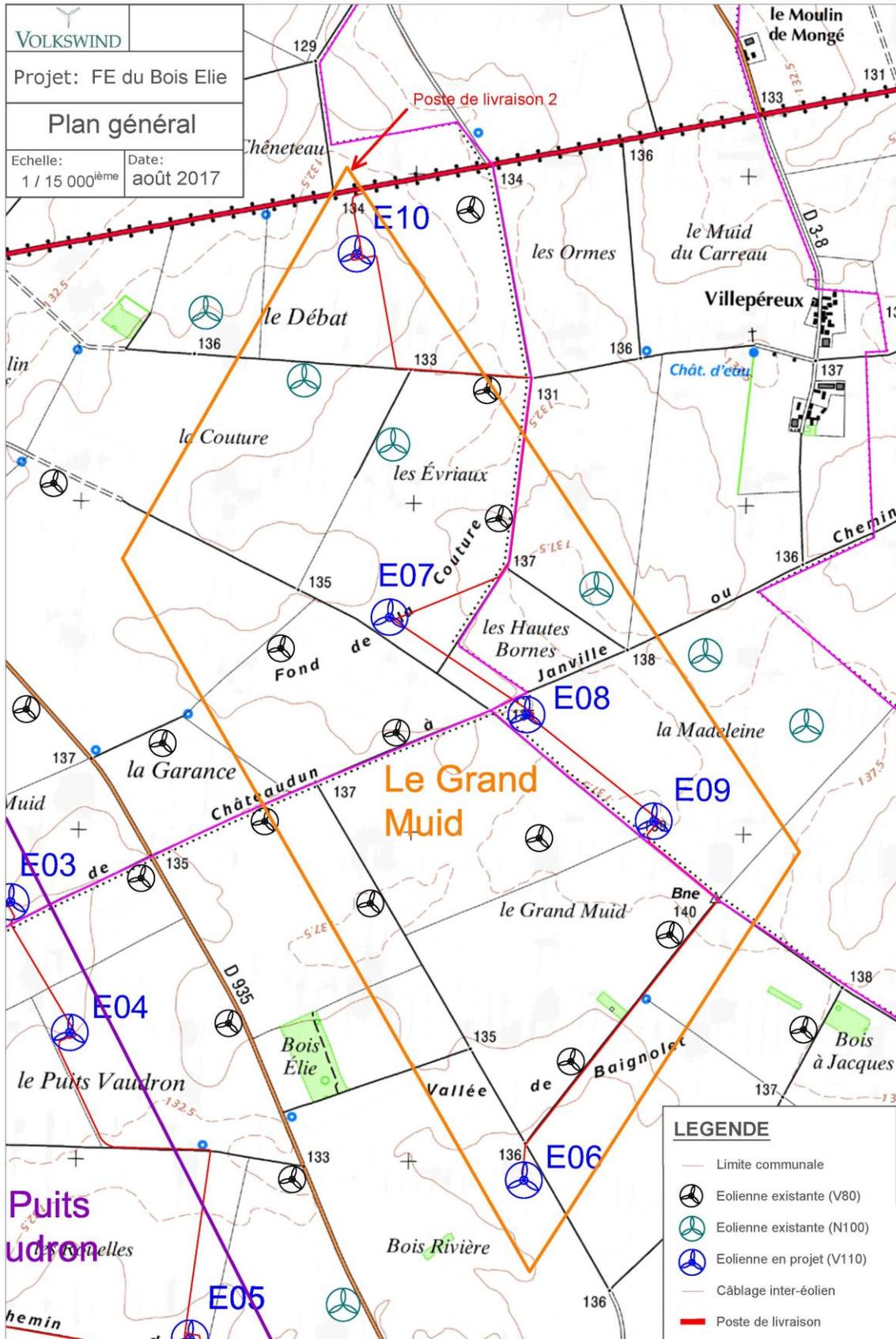
La figure représentée ci-dessus illustre le type tranchée potentielle qui pourraient concerner le projet du parc éolien du Bois Elie. Ces tranchées peuvent contenir plusieurs types de câble dont un exemple de fiche type se trouve en Annexe 5 – Caractéristiques des câbles (exemple de fiche type) page 169.

Pour le projet du parc éolien du Bois Elie, un plan du réseau intra-parc est défini ainsi que deux groupes de raccordement. Le premier groupe « Le puits Vauron » est constitué des éoliennes E01, E02, E03, E04 et E05. Le groupe est relié au poste de livraison qui se trouve près de l'éolienne E05. Le second, « Le Grand Muid », est composé des éoliennes E06, E07, E08, E09 et E10. Le groupe est relié à un autre poste de livraison, qui se trouve à proximité de l'éolienne E10.

<sup>1</sup> Si le transformateur n'est pas intégré au mât de l'éolienne, il est situé à l'extérieur du mât, à proximité immédiate, dans un local fermé.



Carte 17 : Plan général du groupe de raccordement « Le puits Vauron » au poste de livraison



Carte 18 : Plan général du groupe de raccordement « Le Grand Muid » au poste de livraison

## Etude de Dangers - Ferme Eolienne du Bois Elie

Pour plus de précision, le câblage intra-parc est également visible sur les plans ICPE à l'échelle 1/1000. Le détail des deux groupes précédemment cités, comme la section et la longueur du câble nécessaire, est disponible dans les tableaux de données présentés ci-dessous.

Ferme éolienne du Bois Elie ("Le Puits Vaudron") E02 - E01 - E05 - PDL1										
Type de Câble	Longueur (mètres)	De Eol à Eol	Commune	Parcelle	MW ds le câble	R' résistance câble	R	X' résistance câble	X	
1	150 mm <sup>2</sup>	929,9	E02 - E01	Guillonville	YP28, YP29, chemin rural, YP4	2,2	0,206	0,1915594	0,11	0,102289
2	150 mm <sup>2</sup>	1069,9	E01 - E05	Guillonville	YP4, chemin rural, YK1	4,4	0,206	0,2203994	0,11	0,117689
3	240 mm <sup>2</sup>	128,6	E05 - PDL	Guillonville	YK1	11	0,125	0,016075	0,1	0,01286
<b>Sous-total</b>								<b>0,4280338</b>		<b>0,232838</b>
<b>La section la plus impédante est :</b>								<b>0,2203994</b>		<b>0,117689</b>
Ferme éolienne du Bois Elie ("Le Puits Vaudron") E03 - E04 - E05										
Type de Câble	Longueur (mètres)	De Eol à Eol	Commune	Parcelle	MW ds le câble	R' résistance câble	R	X' résistance câble	X	
1	150 mm <sup>2</sup>	505,3	E03 - E04	Cormainville, Guillonville	Z113, chemin, YE82, YE14, YE15, YE16	2,2	0,206	0,1040918	0,11	0,055583
2	150 mm <sup>2</sup>	1305,3	E04 - E05	Guillonville	YE16, YE80, chemin, YP38	4,4	0,206	0,2688918	0,11	0,143583
4	240 mm <sup>2</sup>	128,6	E05 - PDL	Guillonville	YK1	11	0,125	0,016075	0,1	0,01286
<b>Sous-total</b>								<b>0,3890586</b>		<b>0,212026</b>
<b>La section la plus impédante est :</b>								<b>0,2688918</b>		<b>0,143583</b>

**Tableau 9: Tableau R&X du groupe « Le puits Vauron » raccords E03-E04-PDL et E02-E01-E05-PDL**

Ferme éolienne du Bois Elie ("Le Grand Muid") E06 - E09 - E08 - E07 - E10 - PDL2										
Type de Câble	Longueur (mètres)	De Eol à Eol	Commune	Parcelle	MW ds le câble	R' résistance câble	R	X' résistance câble	X	
1	150 mm <sup>2</sup>	1409,3	E06 - E09	Guillonville, Courbehaye	YK39, YK38, chemin, YC21	2,2	0,206	0,2903158	0,11	0,155023
2	150 mm <sup>2</sup>	542,7	E09 - E08	Courbehaye	YC21	4,4	0,206	0,1117962	0,11	0,059697
3	150 mm <sup>2</sup>	552	E08 - E7	Courbehaye, Cormainville	YC21, chemin, ZH19	6,6	0,206	0,113712	0,11	0,06072
4	240 mm <sup>2</sup>	1828,9	E7-E10	Courbehaye, Cormainville	ZH19, chemin, ZH46	8,8	0,125	0,2286125	0,1	0,18289
5	240 mm <sup>2</sup>	272,2	E10 - PDL	Cormainville	ZH46	11	0,125	0,034025	0,1	0,02722
<b>Sous-total</b>								<b>0,7784615</b>		<b>0,48555</b>
<b>La section la plus impédante est :</b>								<b>0,2903158</b>		<b>0,18289</b>

**Tableau 10: Tableau R&X du groupe « Le Grand Muid » raccords E06-E09-E08-E07-E10-PDL**

Les schémas unifilaires qui illustrent ces tableaux sont disponibles en annexe 8.

### ❖ Poste de livraison

Le poste de livraison est le nœud de raccordement de toutes les éoliennes avant que l'électricité ne soit injectée dans le réseau public. Certains parcs éoliens, par leur taille, peuvent posséder plusieurs postes de livraison, voire se raccorder directement sur un poste source, qui assure la liaison avec le réseau de transport d'électricité (lignes haute tension).

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

## Etude de Dangers - Ferme Eolienne du Bois Elie

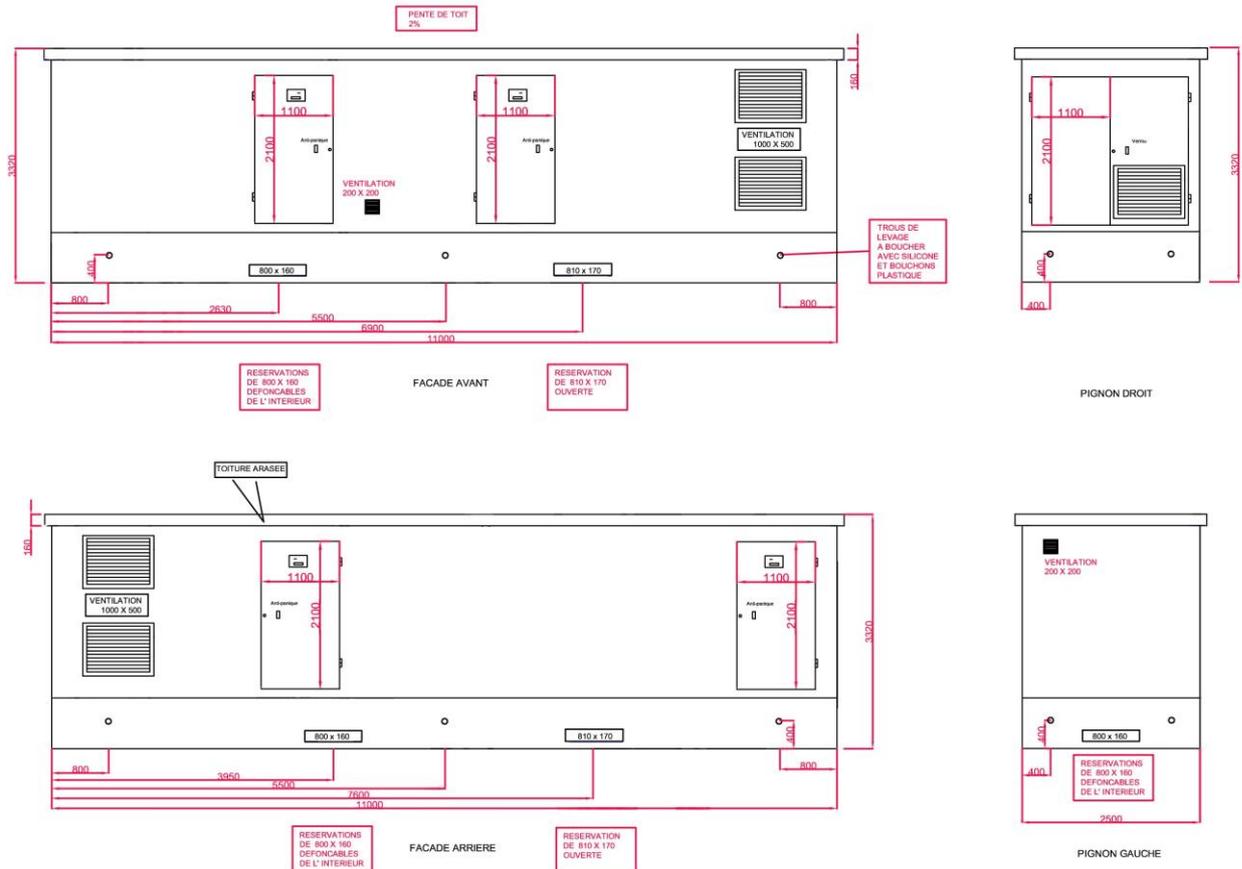


Figure 8 : Plan du poste de livraison 2,5 m x 11 m

S'agissant du plan de façade du poste de livraison, et plus particulièrement de l'emplacement et du nombre des portes, il est à noter que les attentes du gestionnaire du réseau pourront contraindre la société à modifier le présent plan. En effet, la présence d'un filtre actif ou passif, l'évolution de certaines normes ou des attentes particulières du gestionnaire de réseau par exemple peuvent contraindre à modifier l'agencement intérieur des postes et donc à modifier l'emplacement et le nombre des portes d'accès. Néanmoins, le plan de façade présenté permet de représenter la philosophie générale du traitement visuelle des ouvrants d'un poste de livraison. Quel que soit le nombre et l'emplacement de ces derniers, le traitement visuel sera réalisé de la même manière.

### ❖ 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 lui aussi entièrement enterré.

### IV.3.2. Autres réseaux

La ferme éolienne du Bois Elie 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.

## V. Identification des potentiels de dangers de l'installation

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

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

### V.1. Potentiels de dangers liés aux produits

#### V.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 des turbines Vestas sont :

- L'huile hydraulique (circuit haute pression) dont la quantité présente est de l'ordre de 250 litres est l'huile Texaco Rando WM 32 ;
- L'huile de lubrification du multiplicateur dont la quantité présente est de l'ordre de 400 litres est l'huile Mobil Gear SHC XMP 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 d'environ 400 litres ;
- Les graisses pour les roulements et systèmes d'entrainements ;
- L'hexafluorure de soufre (SF<sub>6</sub>), qui est le gaz utilisé comme milieu isolant pour les cellules de protection électrique. La quantité présente varie entre 1,5 kg et 2,2 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).

#### V.1.2. Dangers des produits

##### ❖ Inflammabilité et comportement vis à 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 SF<sub>6</sub> est pour sa part ininflammable.

##### ❖ Toxicité pour l'homme

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

##### ❖ Dangereusité pour l'environnement

Vis-à-vis de l'environnement, le SF<sub>6</sub> possède un potentiel de réchauffement global (gaz à effet de serre) très important, mais les quantités présentes sont très limitées (seulement 1 à 2 kg de gaz dans les cellules de protection).

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

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

## **V.2. Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation**

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

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

Ces dangers potentiels sont recensés dans le tableau suivant.

<b>Installation ou système</b>	<b>Fonction</b>	<b>Phénomène redouté</b>	<b>Danger potentiel</b>
Système de transmission	Transmission d'énergie mécanique	Survitesse	Echauffement des pièces mécaniques et flux thermique
Pale	Prise au vent	Bris de pale ou chute de pale	Energie cinétique d'éléments de pales
Aérogénérateur	Production d'énergie électrique à partir d'énergie éolienne	Effondrement	Energie cinétique de chute
Poste de livraison, intérieur de l'aérogénérateur	Réseau électrique	Court-circuit interne	Arc électrique
Nacelle	Protection des équipements destinés à la production électrique	Chute d'éléments	Energie cinétique de projection
Rotor	Transformer l'énergie éolienne en énergie mécanique	Projection d'objets	Energie cinétique des objets
Nacelle	Protection des équipements destinés à la production électrique	Chute de nacelle	Energie cinétique de chute

**Tableau 11 : Recensement des dangers potentiels**

## **V.3. Réduction des potentiels de dangers à la source**

### **V.3.1. Principales actions préventives**

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

#### **❖ Les habitations**

La distance minimale imposée par la loi est de 500m, l'habitation existante la plus proche se trouve à environ 864m de l'éolienne E06.

❖ **Les voies de communications**

Le règlement impose une servitude de recul de 75m des routes à grande circulation (article L.11-1-4 du code de l'urbanisme) et de 100m concernant les autoroutes.

Sur le projet de la ferme éolienne du Bois Elie, l'axe de circulation le plus important est la D927, située à environ 180 mètres de l'éolienne E10. La route D27 se situe à environ 150 m de l'éolienne E02, la plus proche. La distance minimale entre le projet et la route départementale D935, est de 430 m environ. C'est l'éolienne E03 qui est la plus proche. La route D107 se situe à 1,238 km de l'éolienne E05.

Ces distances assez importantes aux habitations et au réseau viaire permettent de réduire les potentiels de dangers.

❖ **Les réseaux**

Une ligne haute tension passe à l'Est de la zone de projet, cependant les éoliennes en projet sont situées à plus de 3000 mètres de ces ouvrages. Ainsi, les préconisations de retrait soumises par Enedis sont respectées.

Aucun autre réseau n'est présent dans la zone de projet.

❖ **Choix des éoliennes VESTAS V110 – 2,2 MW**

Ces éoliennes de dernière génération présentent toutes les caractéristiques intrinsèques indispensables au respect de l'arrêté du 26 août 2011.

Ces éoliennes permettent de couvrir une plage plus importante de vent du fait de leurs rotors imposant de 110m de diamètre. Grâce à leurs tailles, ils captent plus facilement le vent même dans les petites vitesses, comparé à un rotor de diamètre inférieur. Cela optimise la production et permet de produire davantage d'électricité à partir d'une même quantité de vent.

Les modes de bridage de ces éoliennes sont configurables, sans réduction significative de la productivité, ce qui permet une plus grande souplesse lorsque les mesures de réception acoustique post-construction montrent des dépassements de la réglementation en mode non bridé.

Enfin, leurs dimensions et émissions acoustiques ont été étudiées dans le cadre des volets écologiques, paysagers, et acoustiques de l'étude d'impacts. Ces études concluent à la bonne adaptation de ces gabarits d'éolienne pour le site choisi.

**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 assure la visibilité de l'éolienne dans tous les azimuts (360°). Il sera :

- Installé sur toutes les éoliennes ;
- Assuré de jour par des feux à éclats blancs ;
- Assuré de nuit par des feux à éclats rouges ;
- Synchronisé de jour comme de nuit.



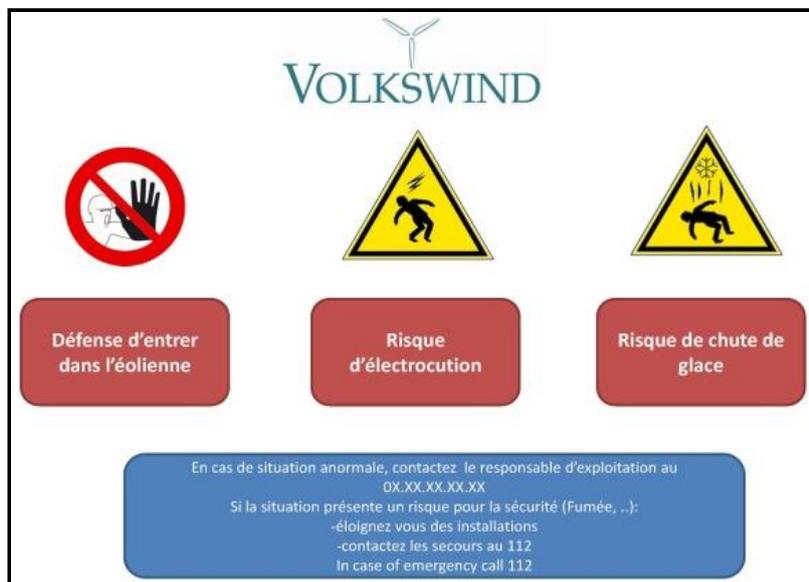
**Figure 9 : Exemple de balisage**

- 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 sont affichées 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 10 : Exemple de panneau d'affichage de prescriptions**

❖ **Réduction des dangers liés aux produits**

Comme précédemment indiqué, les produits présents dans une éolienne sont des lubrifiants. La quantité est estimée à environ 850 L par éolienne, et les lubrifiants doivent être contrôlés et partiellement renouvelés tous les 6 mois à 5 ans selon le type.

Les quantités de produits ne peuvent être diminuées et les produits lubrifiants en eux-mêmes ne peuvent faire l'objet de substitution (considérés comme non dangereux pour l'environnement si utilisés comme recommandés et combustibles mais non inflammables).

Les produits de nettoyage de type solvant, classés comme dangereux pour l'environnement peuvent quant à eux potentiellement faire l'objet de substitution. On rappelle cependant que ces produits ne sont utilisés que de manière ponctuelle et ne sont pas présents sur le site.

On note que la nacelle fait office de bac de récupération en cas de fuite au niveau de la couronne d'orientation. Le transformateur, présent dans le pied de l'éolienne ne nécessite pas de bac de récupération car un système sec est utilisé, il ne nécessite donc l'usage d'aucun lubrifiant.

La réduction des dangers liés aux produits dépend donc essentiellement de la bonne maintenance des appareils et du respect des règles de sécurité. Une attention particulière devra également être portée au transport des lubrifiants sur le site lors des phases de renouvellement.

### **V.3.2. Utilisation des meilleures techniques disponibles**

L'Union Européenne a adopté un ensemble de règles communes dès 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. La directive IPPC visait à minimiser la pollution émanant de différentes sources industrielles dans toute l'Union Européenne.

La directive IPPC a été remplacée par la directive 2010/75/UE relative aux émissions industrielles, appelée directive IED. Cette nouvelle directive réunit en un seul texte sept directives distinctes relatives aux émissions industrielles. Elle regroupe en particulier la directive IPPC, la directive 2001/80/CE relative aux grandes installations de combustion, la directive 2000/76/CE relative à l'incinération de déchets et la directive 1999/13/CE relative aux émissions de solvants.

Ce texte renforce tous les grands principes de la directive IPPC et élargit légèrement le champ d'application.

Le bureau européen IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control) a élaboré des documents guides, les BREF (Best REferences), pour un certain nombre de branches industrielles ou de types d'installations techniques, faisant l'état des Meilleures Technologies Disponibles. La Directive IED est entrée en vigueur le 6 janvier 2011. Les BREF deviennent la référence obligatoire pour la détermination des conditions d'autorisation.

Les éoliennes n'entrent pas dans le champ d'application de l'annexe I de la directive IED ou rubrique 3000 et suivantes de la nomenclature des ICPE. Elles ne consomment pas de matières premières et ne rejettent aucune émission dans l'atmosphère. Elles ne sont pas soumises aux prescriptions de cette directive.

## **VI. Analyse des retours d'expérience**

Il n'existe actuellement aucune base de données officielle recensant l'accidentologie dans la filière éolienne. Néanmoins, il a été possible d'analyser les informations collectées en France et dans le monde par plusieurs organismes divers (associations, organisations professionnelles, littérature spécialisées, etc.). Ces bases de données sont cependant très différentes tant en termes de structuration des données qu'en termes de détail de l'information.

L'analyse des retours d'expérience vise donc ici à faire émerger des typologies d'accident rencontrés tant au niveau national qu'international. Ces typologies apportent un éclairage sur les scénarios les plus rencontrés. D'autres informations sont également utilisées dans la partie VIII pour l'analyse détaillée des risques.

### **VI.1. Inventaire des accidents et incidents en France**

Un inventaire des incidents et accidents en France a été réalisé afin d'identifier les principaux phénomènes dangereux potentiels pouvant affecter le parc éolien du Bois Elie. Cet inventaire se base sur le retour d'expérience de la filière éolienne tel que présenté dans le guide technique de conduite de l'étude de dangers (mars 2012).

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

- Rapport du Conseil Général des Mines (juillet 2004)
- Base de données ARIA du Ministère du Développement Durable
- Communiqués de presse du SER-FEE et/ou des exploitants éoliens
- Site Internet de l'association « Vent de Colère »
- Site Internet de l'association « Fédération Environnement Durable »
- Articles de presse divers
- Données diverses fournies par les exploitants de parcs éoliens en France

Dans le cadre de ce recensement, il n'a pas été réalisé d'enquête exhaustive directe auprès des exploitants de parcs éoliens français. Cette démarche pourrait augmenter le nombre d'incidents recensés, mais cela concernerait essentiellement les incidents les moins graves.

Dans l'état actuel, la base de données élaborée par le groupe de travail de SER/FEE ayant élaboré le guide technique d'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens apparaît comme représentative des incidents majeurs ayant affecté le parc éolien français depuis l'année 2000. L'ensemble de ces sources permet d'arriver à un inventaire aussi complet que possible des incidents survenus en France. Un total de 37 incidents a pu être recensé entre 2000 et début 2012 (voir tableau détaillé en annexe 2). Ce tableau de travail a été validé par les membres du groupe de travail précédemment mentionné.

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

Le graphique suivant montre la répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateur français entre 2000 et 2011. Cette synthèse exclut les accidents du travail (maintenance, chantier de construction, etc.) et les événements qui n'ont pas conduit à des effets sur les zones autour des aérogénérateurs. Dans ce graphique sont présentés :

- La répartition des événements effondrement, rupture de pale, chute de pale, chute d'éléments et incendie, par rapport à la totalité des accidents observés en France. Elles sont représentées par des histogrammes de couleur foncée ;
- La répartition des causes premières pour chacun des événements décrits ci-dessus. Celle-ci est donnée par rapport à la totalité des accidents observés en France. Elles sont représentées par des histogrammes de couleur claire.

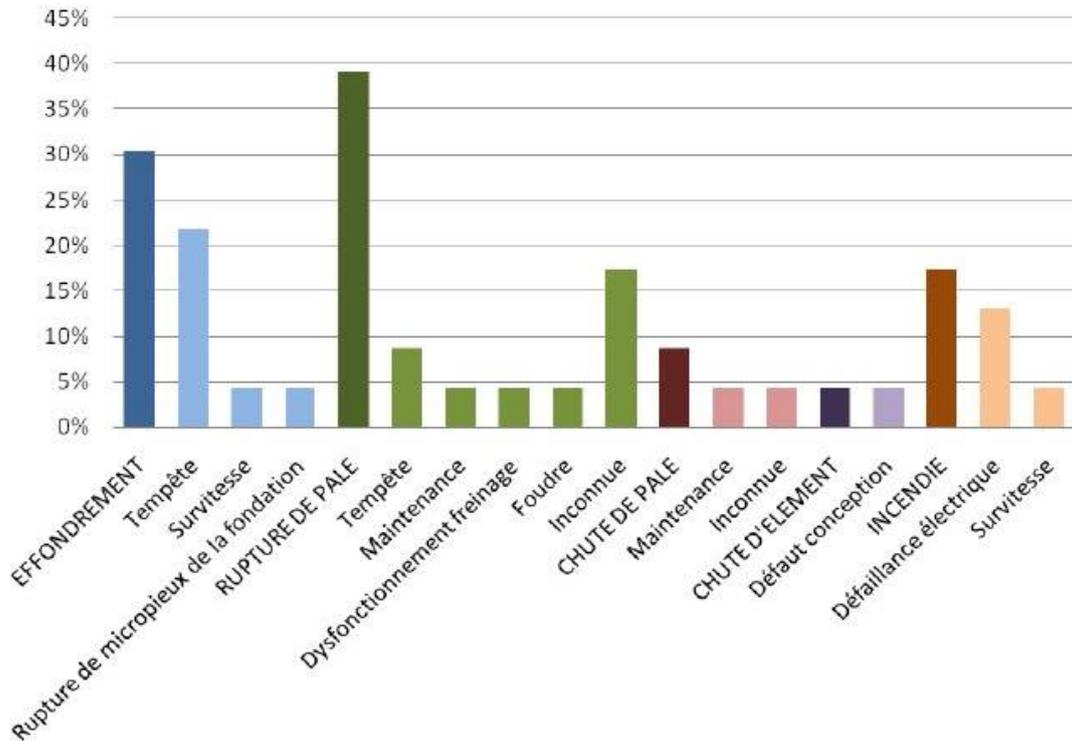


Figure 11: Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateur français entre 2000 et 2011

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

## VI.2. Inventaire des accidents et incidents à l'international

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

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

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

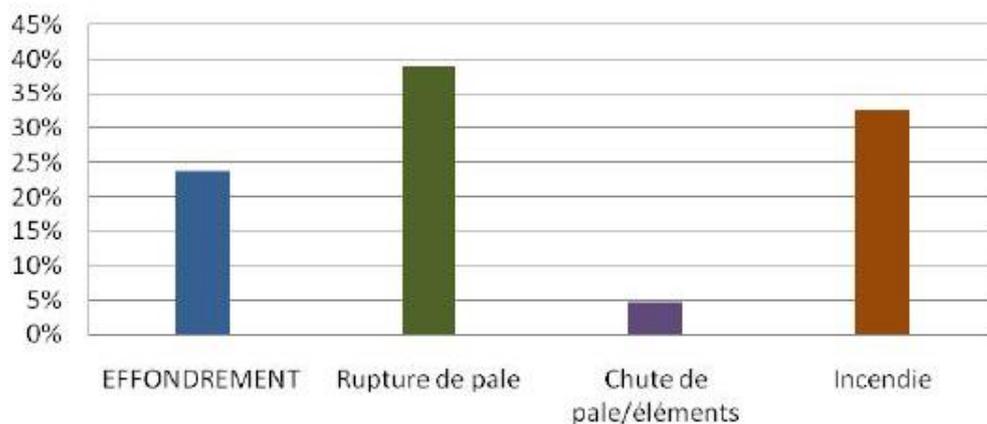


Figure 12: Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2011

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

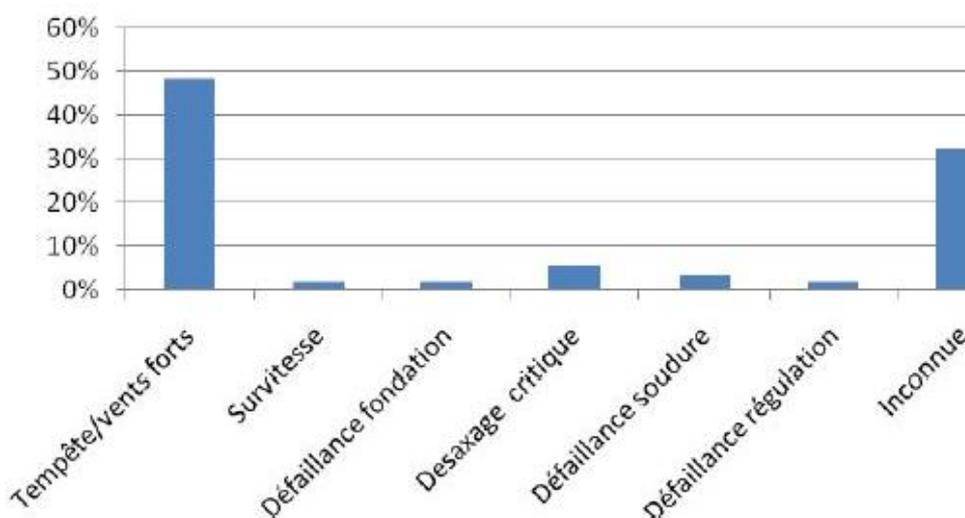


Figure 13: Répartition des causes premières d'effondrement

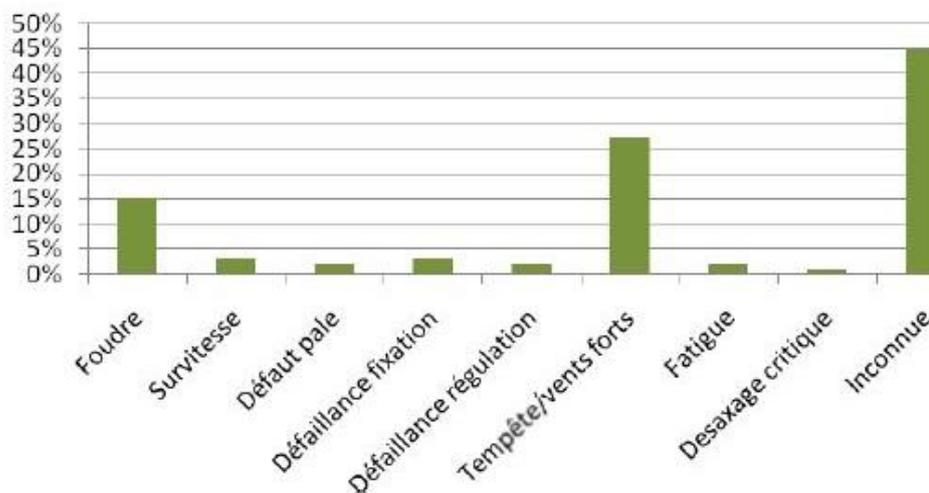


Figure 14: Répartition des causes premières de rupture de pale

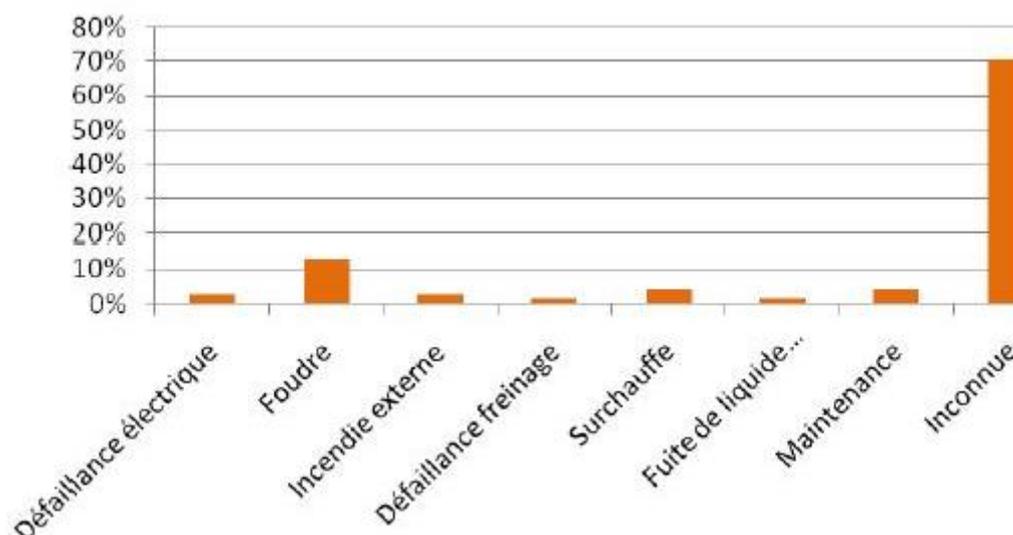


Figure 15: Répartition des causes premières d'incendie

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.

### VI.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.

### VI.4. Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience

#### VI.4.1. Analyse de l'évolution des accidents en France

À 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.

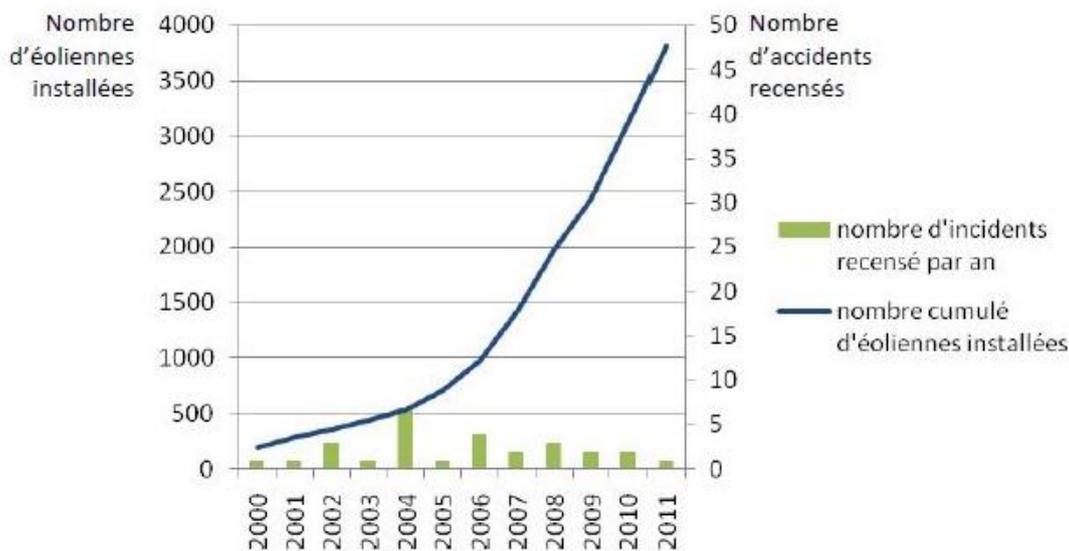


Figure 16: Evolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées

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

#### VI.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

#### VI.5. Limites d'utilisation de l'accidentologie

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

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

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

## VII. Analyse préliminaire des risques

### VII.1. Objectif de l'analyse préliminaire des risques

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

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

### VII.2. Recensement des événements initiateurs exclus de l'analyse des risques

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

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

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

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

### VII.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.

**VII.3.1. Agression externes liées aux activités humaines**

Le Tableau 13 page 61 synthétise les principales agressions externes liées aux activités humaines.

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

**VII.3.2. Agressions externes liées aux phénomènes naturels**

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

<b>Agression externe</b>	<b>Intensité</b>
Séisme	Aléa « très faible » en Eure-et-Loir.
Vents et tempête	La rafale maximale de vent enregistrée à Chartres atteint 162 km/h le 16 janvier 1955.
Remontée de nappes	Le site présente une sensibilité faible à moyen
Foudre	Le niveau kéraunique en Eure-et-Loir est inférieur à 25 jours par an. 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 12 : Principales 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.

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

Infrastructure	Fonction	Événement redouté	Danger potentiel	Périmètre	Distance approximative par rapport au mât des éoliennes (m)									
					E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07	E08	E09	E10
Voies de circulation	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Energie cinétique des véhicules et flux thermiques	D927	2855	3472	1928	2350	3330	3045	1290	1657	2040	181
				D27	736	153	1951	1596	744	1359	3017	2765	2499	4057
				D935	1268	1448	432	472	512	589	978	1186	1366	1607
				D107	2023	1591	2588	2188	1238	1778	2521	2012	1519	3246
Aérodrome	Transport aérien	Chute d'aéronef	Energie cinétique de l'aéronef, flux thermique	Aérodrome 2000 m	Pas d'aérodrome dans un périmètre de 2km									
Ligne THT	Transport d'électricité	Rupture de câble	Arc électrique, surtensions	Ligne RTE HTA 200 m	La liaison électrique (90kV) passe à proximité, à l'Est du projet Elle se termine à Orgères-En Beauce. Le mât de l'éolienne E10, la plus proche, est à plus de 3 km									
Autres aérogénérateurs	Production d'électricité	Accident générant des projections d'éléments	Energie cinétique des éléments projetés	Autres aérogénérateurs 500 m	18 mâts sont existants dans les 500 mètres des éoliennes envisagées pour la ferme éolienne du Bois Elie (3 sont des Nordex N100 et 15 des Vestas V80). Toutes les éoliennes du Bois Elie sont à plus de 340 mètres au minimum des 37 éoliennes existantes.									

**Etude de Dangers - Ferme Eolienne du Bois Elie**

Infrastructure	Fonction	Événement redouté	Danger potentiel	Périmètre	Distance approximative par rapport au mât des éoliennes (m)			
Conduite de gaz	Transport de gaz	Explosion générant des projections d'éléments	Flux thermique, Energie cinétique des éléments projetés	150 m	Aucune conduite de gaz dans les 500 m des éoliennes.			
Agriculture	Exploitation agricole	Engin agricole percutant le poste de livraison	Engin cinétique des véhicules		NA*			
Chasse	Loisirs	Balle perdu sur les parois du mât ou sur les pales	Énergie cinétique de la balle		NA*			

*\*Non Applicable*

**Tableau 13 : Principales agressions externes liées aux activités humaines**

## VII.4. Scénarios étudiés dans l'analyse préliminaire des risques

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

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

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

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

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

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
G01	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales, le mât et la nacelle	Chute de glace lorsque les éoliennes sont arrêtées	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace (N°2)	Impact de glace sur les enjeux	1
G02	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales	Projection de glace lorsque les éoliennes sont en mouvement	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de la glace (N°1)	Impact de glace sur les enjeux	2
I01	Humidité / Gel	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (N°5)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I02	Dysfonctionnement électrique	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (N°5)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I03	Survitesse	Echauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3) Prévenir la survitesse	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2

**Etude de Dangers - Ferme Eolienne du Bois Elie**

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
				(N°4)		
<b>I04</b>	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
<b>I05</b>	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
<b>I06</b>	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
<b>I07</b>	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
<b>F01</b>	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
<b>F02</b>	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
<b>C01</b>	Défaut de fixation	Chute de trappe	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Impact sur cible	1
<b>C02</b>	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

**Etude de Dangers - Ferme Eolienne du Bois Elie**

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
<b>C3</b>	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
<b>P01</b>	Survitesse	Contraintes trop importante sur les pales	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la survitesse (N°4)	Impact sur cible	2
<b>P02</b>	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
<b>P03</b>	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
<b>E01</b>	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
<b>E02</b>	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
<b>E05</b>	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
<b>E07</b>	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
<b>E08</b>	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	Projection/chute fragments et chute mât	2

## Etude de Dangers - Ferme Eolienne du Bois Elie

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
				en place un système de prévision cyclonique et équiper les éoliennes d'un dispositif d'abattage et d'arrimage au sol (N°13)		
<b>E09</b>	Fatigue	Défaillance mât	Effondrement éolienne	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	Projection/chute fragments et chute mât	2
<b>E10</b>	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 14 : Proposition d'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 3 – Scénarios génériques issus de l'analyse préliminaire des risques page 164 du présent guide.

### VII.5. Effets dominos

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

Les effets dominos susceptibles d'impacter les éoliennes sont décrits dans le tableau d'analyse des risques générique présenté ci-dessus.

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

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

Aucune infrastructure à risque (canalisation de gaz, ligne électrique HTB...) ou installation ICPE n'est présente à moins de 100 mètres des éoliennes du parc éolien du Bois Elie. C'est la raison pour laquelle il est proposé de négliger les conséquences des effets dominos dans le cas de la présente étude.

## VII.6. Mise en place des mesures de sécurité

Les tableaux suivants ont pour objectif de synthétiser les fonctions de sécurité identifiées et mises en œuvre sur les éoliennes du parc éolien du Bois Elie. 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 d'« empêcher, éviter, détecter, contrôler ou limiter » et sera en relation avec un ou plusieurs événements conduisant à un accident majeur identifié dans l'analyse des risques. Plusieurs mesures de sécurité peuvent assurer une même fonction de sécurité.
- **Numéro de la fonction de sécurité** : ce numéro vise à simplifier la lecture de l'étude de dangers en permettant des renvois à l'analyse de risque par exemple.
- **Mesures de sécurité** : cette ligne permet d'identifier les mesures assurant la fonction concernée. Dans le cas de systèmes instrumentés de sécurité, tous les éléments de la chaîne de sécurité sont présentés (détection + traitement de l'information + action).
- **Description** : cette ligne permet de préciser la description de la mesure de maîtrise des risques, lorsque des détails supplémentaires sont nécessaires.
- **Indépendance** (« oui » ou « non ») : cette caractéristique décrit le niveau d'indépendance d'une mesure de maîtrise des risques vis-à-vis des autres systèmes de sécurité et des scénarios d'accident. Cette condition peut être considérée comme remplie (renseigner « oui ») ou non (renseigner « non »).
- **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.
- **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.
- **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.

**Etude de Dangers - Ferme Eolienne du Bois Elie**

<b>Fonction de sécurité</b>	<b>Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace</b>	<b>N° de la fonction de sécurité</b>	<b>1</b>
<b>Mesures de sécurité</b>	Système de déduction de la formation de glace.		
<b>Description</b>	Ce système Vestas déduit la formation de glace sur les pales à partir des données de température et de rendement de l'éolienne (l'accumulation de glace alourdit les pales et diminue le rendement de la turbine). Une configuration du système SCADA permet d'alerter les opérateurs par un message type « Ice Climate ». Une mise à l'arrêt est ensuite effectuée de manière automatique ou manuelle, selon le type de contrat.  Les procédures de redémarrage sont définies par l'exploitant.		
<b>Indépendance</b>	Oui		
<b>Temps de réponse</b>	Mise à l'arrêt de la turbine < 1 min		
<b>Efficacité</b>	100 %		
<b>Tests</b>	NA		
<b>Maintenance</b>	Surveillance via la maintenance prédictive		

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

**Etude de Dangers - Ferme Eolienne du Bois Elie**

<b>Fonction de sécurité</b>	<b>Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques</b>	<b>N° de la fonction de sécurité</b>	<b>3</b>
<b>Mesures de sécurité</b>	<p>Sondes de température sur pièces mécaniques</p> <p>Suivant les niveaux d'alarme et les capteurs, la machine peut être bridée ou mise à l'arrêt jusqu'à refroidissement.</p> <p>Le redémarrage peut être effectué à distance, si les seuils de température sont au-dessous des seuils d'alarme.</p>		
<b>Description</b>	<p>Des sondes de température sont mises en place sur les équipements ayant de fortes variations de température au cours de leur fonctionnement (paliers et roulements des machines tournantes, enroulements du générateur et du transformateur). Ces sondes ont des seuils hauts qui, une fois dépassés, conduisent à une alarme et à une mise à l'arrêt du rotor.</p>		
<b>Indépendance</b>	Oui		
<b>Temps de réponse</b>	<p>Temps de détection de l'ordre de la seconde</p> <p>Mise en pause de la turbine &lt; 1 min</p>		
<b>Efficacité</b>	100 %		
<b>Tests</b>	Surveillance via la maintenance prédictive, avec détection de la déviation de températures de chaque capteur.		
<b>Maintenance</b>	<p>Surveillance via la maintenance prédictive, avec détection de la déviation de température de chaque capteur (comparaison avec les données des autres éoliennes du parc).</p> <p>Remplacement de la sonde de température en cas de dysfonctionnement de l'équipement.</p> <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>		

<b>Fonction de sécurité</b>	<b>Prévenir la survitesse</b>	<b>N° de la fonction de sécurité</b>	<b>4</b>
<b>Mesures de sécurité</b>	<p>Détection de survitesse et système de freinage.</p> <p>Eléments du système de protection contre la survitesse conformes aux normes IEC 61508 (SIL 2) et EN 954-1</p>		
<b>Description</b>	<p>Systèmes de coupure s'enclenchant en cas de dépassement des seuils de vitesse prédéfinis, indépendamment du système de contrôle commande.</p> <p>NB : Le système de freinage est constitué d'un frein aérodynamique principal (mise en drapeau des pales) et / ou d'un frein mécanique auxiliaire.</p>		
<b>Indépendance</b>	Oui		
<b>Temps de réponse</b>	<p>15 à 60s (arrêt de l'éolienne selon le programme de freinage adapté)</p> <p>L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement</p>		

**Etude de Dangers - Ferme Eolienne du Bois Elie**

	anormal de l'aérogénérateur conformément aux dispositions de l'arrêté du 26 août 2011.
<b>Efficacité</b>	100 %
<b>Tests</b>	Test d'arrêt simple, d'arrêt d'urgence et de la procédure d'arrêt en cas de survitesse avant la mise en service des aérogénérateurs conformément à l'article 15 de l'arrêté du 26 août 2011.
<b>Maintenance</b>	Maintenance préventive annuelle de l'éolienne avec notamment contrôle de l'usure du frein et de pression du circuit de freinage d'urgence. Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.

<b>Fonction de sécurité</b>	<b>Prévenir les courts-circuits</b>	<b>N° de la fonction de sécurité</b>	<b>5</b>
<b>Mesures de sécurité</b>	Détecteur d'arc avec coupure électrique (salle transformateur et armoires électriques).		
<b>Description</b>	<p>Outre les protections traditionnelles contre les surintensités et les surtensions, les armoires électriques disposées dans les nacelles Vestas (qui abritent les divers jeux de barres), sont équipées de détecteurs d'arc électrique. Ce système de capteurs photosensibles a pour objectif de détecter toute formation d'un arc électrique (caractéristique d'un début d'amorçage) qui pourrait conduire à des phénomènes de fusion de conducteurs et de début d'incendie.</p> <p>Le fonctionnement de ces détecteurs commande le déclenchement de la cellule HT située en pied de mât, conduisant ainsi à la mise hors tension de la machine.</p> <p>La remise sous tension puis le recouplage de la machine ne peuvent être faits qu'après inspection visuelle des éléments HT de la nacelle, puis du réarmement du détecteur d'arc et de l'acquiescement manuel du défaut.</p>		
<b>Indépendance</b>	Oui		
<b>Temps de réponse</b>	50 millisecondes Le couplage du système de détection d'arc électrique avec le système SCADA permet l'envoi en temps réel d'alertes par SMS et par courriel, selon les instructions de l'exploitant.		
<b>Efficacité</b>	100 %		
<b>Tests</b>	Test des détecteurs d'arc à la mise en service puis tous les ans.		
<b>Maintenance</b>	Les installations électriques font l'objet d'un contrôle avant la mise en service industrielle du parc éolien, puis annuellement conformément à l'article 10 de l'arrêté du 26 août 2011. Ce contrôle donne lieu à un rapport, dit rapport de vérification annuel, réalisé par un organisme agréé. Des vérifications de tous les équipements électriques ainsi que des mesures d'isolement et de serrage des câbles sont intégrés dans le manuel de maintenance préventive Vestas.		

**Etude de Dangers - Ferme Eolienne du Bois Elie**

<b>Fonction de sécurité</b>	<b>Prévenir les effets de la foudre</b>	<b>N° de la fonction de sécurité</b>	<b>6</b>
<b>Mesures de sécurité</b>	Système de protection contre la foudre conçu pour répondre à la classe de protection I de la norme internationale IEC 61400.		
<b>Description</b>	Compte tenu de leur situation et des matériaux de construction, les pales sont les éléments les plus sensibles à la foudre. Des pastilles métalliques en acier inoxydable permettant de capter les courants de foudre sont disposées à intervalles réguliers sur les deux faces des pales. Elles sont reliées entre elles par une tresse en cuivre, interne à la pale. Le pied de pale est muni d'une plaque métallique en acier inoxydable, sur une partie de son pourtour, raccordée à la tresse de cuivre. Un dispositif métallique flexible (nommé LCTU – Lightning Current Transfer Unit) assure la continuité électrique entre la pale et le châssis métallique de la nacelle (il s'agit d'un système de contact glissant comportant deux points de contact par pale). Ce châssis est relié électriquement à la tour, elle-même reliée au réseau de terre disposé en fond de fouille. En cas de coup de foudre sur une pale, le courant de foudre est ainsi évacué vers la terre via la fondation et des prises profondes.		
<b>Indépendance</b>	Oui		
<b>Temps de réponse</b>	Immédiat, dispositif passif		
<b>Efficacité</b>	100 %		
<b>Tests</b>	Avant la première mise en route de l'éolienne, une mesure de mise à la terre est effectuée.		
<b>Maintenance</b>	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.		

**Etude de Dangers - Ferme Eolienne du Bois Elie**

<b>Fonction de sécurité</b>	<b>Protection et intervention incendie</b>	<b>N° de la fonction de sécurité</b>	<b>7</b>
<b>Mesures de sécurité</b>	<p>Sondes de température sur pièces mécaniques.</p> <p>Suivant les niveaux d'alarme et les capteurs, la machine peut être bridée ou mise à l'arrêt jusqu'à refroidissement.</p> <p>Le redémarrage peut être effectué à distance, si les seuils de température sont au-dessous des seuils d'alarme.</p> <p>Système de détection incendie</p>		
<b>Description</b>	<p>1. Des sondes de température sont mises en place sur les équipements ayant de fortes variations de température au cours de leur fonctionnement (paliers et roulements des machines tournantes, enroulements du générateur et du transformateur). Ces sondes ont des seuils hauts qui, une fois dépassés, conduisent à une alarme et à une mise à l'arrêt du rotor.</p> <p>2. Les éoliennes sont équipées par défaut d'un système autonome de détection composé de plusieurs capteurs de fumée et de chaleur disposés aux possibles points d'échauffements tels que : La chambre du transformateur, le générateur, la cellule haute tension, le convertisseur, les armoires électriques principales, le système de freinage.</p> <p>En cas de détection, une sirène est déclenchée, l'éolienne est mise à l'arrêt en « emergency stop » et isolement électrique par ouverture de la cellule en pied de mât. De façon concomitante un message d'alarme est envoyé au centre de télésurveillance via le système de contrôle commande.</p> <p>Le système de détection incendie est alimenté par le réseau secouru (UPS).</p> <p>Vis-à-vis de la protection incendie, deux extincteurs sont présents dans la nacelle et un extincteur est disponible en pied de tour (utilisables par le personnel sur un départ de feu).</p>		
<b>Indépendance</b>	Oui		
<b>Temps de réponse</b>	<p>Temps de détection de l'ordre de la seconde</p> <p>Le couplage des éléments de détection de fumée au système SCADA permet l'envoi en temps réel d'alertes par SMS et par courriel, selon les instructions de l'exploitant.</p> <p>L'exploitant sera ainsi en mesure de transmettre l'alerte aux services d'Urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur conformément à l'article 23 de l'arrêté du 26 août 2011.</p>		
<b>Efficacité</b>	100 %		
<b>Tests</b>	Test des détecteurs de fumée à la mise en service puis tous les ans.		
<b>Maintenance</b>	<p>Contrôle tous les ans du système de détection incendie pour être conforme à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2012</p> <p>Le matériel incendie (extincteurs) est contrôlé périodiquement par un organisme spécialisé.</p> <p>Maintenance prédictive sur les capteurs de température.</p>		

**Etude de Dangers - Ferme Eolienne du Bois Elie**

<b>Fonction de sécurité</b>	<b>Prévention et rétention des fuites</b>	<b>N° de la fonction de sécurité</b>	<b>8</b>
<b>Mesures de sécurité</b>	1. Détecteurs de niveau d'huile et capteurs de pression 2. Capteur de niveau du circuit de refroidissement (niveau bas alarmé avec arrêt après temporisation) 3. Procédure d'urgence 4. Kit antipollution 5. Bacs de rétention		
<b>Description</b>	<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>Présence de plusieurs bacs collecteurs au niveau des principaux composants.</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"> <li>- de contenir et arrêter la propagation de la pollution ;</li> <li>- d'absorber jusqu'à 20 litres de déversements accidentels de liquides (huile, eau, alcools ...) et produits chimiques (acides, bases, solvants ...) ;</li> <li>- de récupérer les déchets absorbés.</li> </ul> <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>		
<b>Indépendance</b>	Oui		
<b>Temps de réponse</b>	Temps de détection de l'ordre de la seconde Mise en pause de la turbine < 1 min		
<b>Efficacité</b>	100 %		
<b>Tests</b>	Tests des systèmes hydrauliques à la mise en service, au bout de 3 mois de fonctionnement puis tous les ans suivant les manuels de maintenance Vestas. Ces vérifications sont consignées dans le document IRF Vestas.  Dépendant du débit de fuite.		
<b>Maintenance</b>	Les vérifications d'absence de fuites sont effectuées à chaque service planifié.  Surveillance des niveaux d'huile via des outils d'analyses instantanées ou hebdomadaires. Inspection et maintenance curative en fonction du type de déclenchement d'alarme.		

**Etude de Dangers - Ferme Eolienne du Bois Elie**

<b>Fonction de sécurité</b>	<b>Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)</b>	<b>N° de la fonction de sécurité</b>	<b>9</b>
<b>Mesures de sécurité</b>	Contrôles réguliers des fondations et des différents assemblages de structure (ex : brides, joints, etc.) Procédures et contrôle qualité		
<b>Description</b>	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. Le constructeur remet à chacun de ses clients, un document « Type certificate » ( <b>annexe 10</b> ) qui atteste de la conformité de l'éolienne fournie au standard IEC 61400-1 (édition 2005). Ainsi la nacelle, le moyeu, les fondations et la tour répondent aux standards IEC 61 400-1. Les pales respectent le standard IEC 61 400 -1 ; 12 ; 23. 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. Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223.		
<b>Indépendance</b>	Oui		
<b>Temps de réponse</b>	NA		
<b>Efficacité</b>	100 %		
<b>Tests</b>	NA		
<b>Maintenance</b>	Le plan de maintenance Vestas prévoit le contrôle des brides de fixation, des brides de mât, des fixations des pales et le contrôle visuel du mât trois mois puis un an après la mise en service industrielle puis tous les trois ans, conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011.		

<b>Fonction de sécurité</b>	<b>Prévenir les erreurs de maintenance</b>	<b>N° de la fonction de sécurité</b>	<b>10</b>
<b>Mesures de sécurité</b>	Procédure de maintenance.		
<b>Description</b>	Préconisation du manuel de maintenance Formation du personnel		
<b>Indépendance</b>	Oui		
<b>Temps de réponse</b>	NA		
<b>Efficacité</b>	100 %		
<b>Tests</b>	Traçabilité : rapport de service		
<b>Maintenance</b>	NA		

**Etude de Dangers - Ferme Eolienne du Bois Elie**

<b>Fonction de sécurité</b>	<b>Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort</b>	<b>N° de la fonction de sécurité</b>	<b>11</b>
<b>Mesures de sécurité</b>	Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents Mise à l'arrêt sur détection de vent fort et freinage aérodynamique par le système de contrôle		
<b>Description</b>	En France, la classification de vents des éoliennes fait référence à la norme « IEC 61400-1 ». Les éoliennes Vestas sont dimensionnées pour chacune de ces classes. Il est donc important de faire correspondre la classe du site avec la classe de la turbine  Les éoliennes sont mises à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale de 25 m/s. Cet arrêt est réalisé par le frein aérodynamique de l'éolienne avec mise en drapeau des pales. Cette mise en drapeau est effectuée par le système d'orientation des pales « Vestas Pitch System ».		
<b>Indépendance</b>	Oui		
<b>Temps de réponse</b>	Temps de détection de l'ordre de la seconde. Mise drapeau des pales < 1 min		
<b>Efficacité</b>	100%		
<b>Tests</b>	Pitch system testé tous les ans lors des maintenances préventives.		
<b>Maintenance</b>	Tous les ans.		

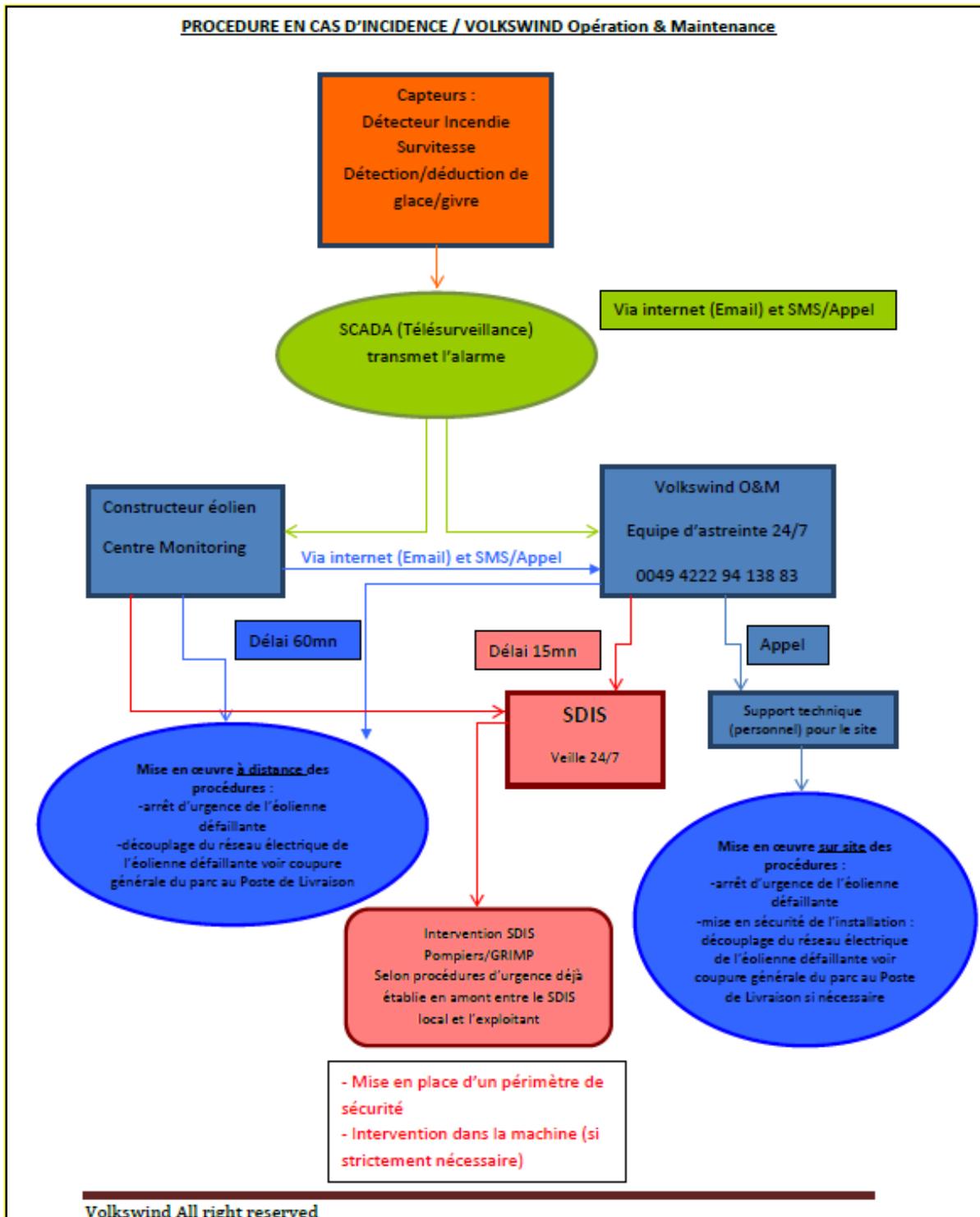
<b>Fonction de sécurité</b>	<b>Empêcher la perte de contrôle de l'éolienne en cas de défaillance réseau</b>	<b>N° de la fonction de sécurité</b>	<b>12</b>
<b>Mesures de sécurité</b>	Détection des défaillances du réseau électrique Batteries pour chaque système pitch Système d'alimentation sans coupure (UPS)		
<b>Description</b>	Surveillance du réseau + surveillance des défaillances réseau par le convertisseur principal qui entraîne la déconnexion de l'éolienne du réseau électrique.  Commande de l'éolienne et communication externe assurées pendant environ 10 min, permettant l'arrêt automatique de l'éolienne.		
<b>Indépendance</b>	Oui		
<b>Temps de réponse</b>	150 ms pour identifier une défaillance réseau 15 à 60 s pour l'arrêt de l'éolienne selon le programme de freinage		
<b>Efficacité</b>	100%		
<b>Tests</b>	Vérification de la charge des batteries d'alimentation de secours des systèmes pitch lors de la séquence de démarrage de l'éolienne		
<b>Maintenance</b>	Remplacement des batteries du système pitch au cours de la maintenance quinquennal. Maintenance curative suite à une défaillance du matériel.		

<b>Fonction de sécurité</b>	<b>Prévenir la dégradation de l'état des équipements</b>	<b>N° de la fonction de sécurité</b>	<b>13</b>
<b>Mesures de sécurité</b>	1. Procédure de contrôle des équipements lors des maintenances planifiées. 2. Suivi de données mesurées par les capteurs et sondes présentes dans les éoliennes Vestas		
<b>Description</b>	1. Ce point est détaillé dans le chapitre dédié aux maintenances planifiées. 2. L'intégralité des données mesurées par les capteurs et sondes présentes dans les éoliennes Vestas est suivie et enregistrée dans une base de données unique. Ces données sont traitées par des algorithmes en permanence afin de détecter, au plus tôt, les dégradations des équipements. Lorsqu'elle est nécessaire, une inspection de l'équipement soupçonné de se dégrader est planifiée. Les algorithmes de détection et de génération d'alarmes sont en amélioration continue.		
<b>Indépendance</b>	Oui		
<b>Temps de réponse</b>	Entre 12 heures et 6 mois selon le type de dégradation		
<b>Efficacité</b>	NA		
<b>Tests</b>	Traçabilité : rapport de service		
<b>Maintenance</b>	NA		

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.

Procédure en cas d'incident (mise en route des détecteurs Incendie, survitesse ou déduction de glace)



## **Description :**

### **Capteurs**

Les éoliennes exploitées par société Volkswind sont équipées des capteurs/détecteurs nécessaires répondant aux demandes d'ICPE.

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

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 si nécessaire de provoquer l'arrêt/mettre en pause ou redémarrer 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 d'incidence (feu ou survitesse), l'opérateur arrête immédiatement la machine pour la mettre en sécurité et enclenche la procédure d'information à l'exploitant et aux secours.

### **VOLKSWIND Opération & Maintenance**

La ferme éolienne 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 le numéro générique d'exploitation (0049 4222 94 138 83.) 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 : 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.

Un travail en amont sera réalisé avec chaque SDIS concerné par le projet afin d'identifier en phase d'exploitation du parc 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

## ***Etude de Dangers - Ferme Eolienne du Bois Elie***

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.

## VII.7. Conclusion de l'analyse préliminaire des risques

Dans le cadre de l'analyse préliminaire des risques génériques des parcs éoliens, 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)	<p>En cas d'incendie de nacelle, et en raison de la hauteur des nacelles, les effets thermiques ressentis au sol seront mineurs. Par exemple, dans le cas d'un incendie de nacelle située à 50 mètres de hauteur, la valeur seuil de 3 kW/m<sup>2</sup> n'est pas atteinte. Dans le cas d'un incendie au niveau du mât les effets sont également mineurs et l'arrêté du 26 Août 2011 encadre déjà largement la sécurité des installations. Ces effets ne sont donc pas étudiés dans l'étude détaillée des risques.</p> <p>Néanmoins il peut être redouté que des chutes d'éléments (ou des projections) interviennent lors d'un incendie. Ces effets sont étudiés avec les projections et les chutes d'éléments.</p>
Incendie du poste de livraison ou du transformateur	<p>En cas d'incendie de ces éléments, les effets ressentis à l'extérieur des bâtiments (poste de livraison) seront mineurs ou inexistant du fait notamment de la structure en béton. De plus, la réglementation encadre déjà largement la sécurité de ces installations (l'arrêté du 26 août 2011 [9] et impose le respect des normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200)</p>
Infiltration d'huile dans le sol	<p>En cas d'infiltration d'huiles dans le sol, les volumes de substances libérées dans le sol restent mineurs.</p> <p>Ce scénario peut ne pas être détaillé dans le chapitre de l'étude détaillée des risques sauf en cas d'implantation dans un périmètre de protection rapprochée d'une nappe phréatique.</p>

Tableau 15 : Catégories de scénario exclues de l'étude

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.

## VIII. Étude détaillée des risques

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

### VIII.1. Rappel des définitions

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

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

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

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

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

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

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

#### VIII.1.1. Cinétique

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

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

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

#### VIII.1.2. Intensité

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

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

Or, les seuils d'effets proposés dans l'arrêté du 29 septembre 2005 [13] caractérisent des phénomènes dangereux dont l'intensité s'exerce dans toutes les directions autour de l'origine du phénomène, pour des

effets de surpression, toxiques ou thermiques). Ces seuils ne sont donc pas adaptés aux accidents générés par les aérogénérateurs.

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

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

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

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

<b>Intensité</b>	<b>Degré d'exposition</b>
exposition très forte	Supérieur à 5 %
exposition forte	Compris entre 1 % et 5 %
exposition modérée	Inférieur à 1 %

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

### **VIII.1.3. Gravité**

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

<b>Intensité Gravité</b>	<b>Zone d'effet d'un événement accidentel engendrant une exposition très forte</b>	<b>Zone d'effet d'un événement accidentel engendrant une exposition forte</b>	<b>Zone d'effet d'un événement accidentel engendrant une exposition modérée</b>
<b>« Désastreux »</b>	Plus de 10 personnes exposées	Plus de 100 personnes exposées	Plus de 1000 personnes exposées
<b>« Catastrophique »</b>	Moins de 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées	Entre 100 et 1000 personnes exposées
<b>« Important »</b>	Au plus 1 personne exposée	Entre 1 et 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées
<b>« Sérieux »</b>	Aucune personne exposée	Au plus 1 personne exposée	Moins de 10 personnes exposées
<b>« Modéré »</b>	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 16 : Seuils de gravité et d'intensité**

La méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne est présentée en Annexe 1 – Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne. Le calcul du nombre de personnes exposées par éolienne et par scénario sera détaillé dans la suite du document.

**VIII.1.4. Probabilité**

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

<b>Niveaux</b>	<b>Echelle qualitative</b>	<b>Echelle quantitative (probabilité annuelle)</b>
<b>A</b>	<p align="center"><b><i>Courant</i></b></p> <p>Se produit sur le site considéré et/ou peut se produire à plusieurs reprises pendant la durée de vie des installations, malgré d'éventuelles mesures correctives.</p>	$P > 10^{-2}$
<b>B</b>	<p align="center"><b><i>Probable</i></b></p> <p>S'est produit et/ou peut se produire pendant la durée de vie des installations.</p>	$10^{-3} < P \leq 10^{-2}$
<b>C</b>	<p align="center"><b><i>Improbable</i></b></p> <p>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.</p>	$10^{-4} < P \leq 10^{-3}$
<b>D</b>	<p align="center"><b><i>Rare</i></b></p> <p>S'est déjà produit mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement la probabilité.</p>	$10^{-5} < P \leq 10^{-4}$
<b>E</b>	<p align="center"><b><i>Extrêmement rare</i></b></p> <p>Possible mais non rencontré au niveau mondial. N'est pas impossible au vu des connaissances actuelles.</p>	$\leq 10^{-5}$

**Tableau 17 : Classes de probabilité**

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 :

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

$P_{\text{ERC}}$  = 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)

### ***Etude de Dangers - Ferme Eolienne du Bois Elie***

$P_{rotation}$  = 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)

$P_{présence}$  = 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.

## VIII.2. Caractérisation des scénarios retenus

### VIII.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 135 m dans le cas des éoliennes du parc du Bois Élie.

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

#### ❖ Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène d'effondrement de l'éolienne dans le cas du parc éolien du Bois Élie. R est la longueur de pale (R = 55 m), H la hauteur du mât (H = 80 m), L la largeur du mât à la base (L = 3,95 m) et LB la largeur de la base de la pale (LB = 1,87 m).

<b>Effondrement de l'éolienne V110</b>				
<b>(dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)</b>				
<i>Éoliennes</i>	<i>Zone d'impact en m<sup>2</sup></i> $Z_i = (H) \times L + 3 \times R \times LB / 2$	<i>Zone d'effet du phénomène étudié en m<sup>2</sup></i> $Z_e = \pi \times (H+R)^2$	<i>Degré d'exposition du phénomène étudié en %</i> $D = Z_i / Z_e$	<i>Intensité</i>
E01 à E10	La zone d'impact est de 470 m <sup>2</sup>	La zone d'effet est de 57 256 m <sup>2</sup>	<b>0,82 %</b>	<b>exposition modérée</b>

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 VIII.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 100 personnes exposées → « Désastreux »
- Entre 10 et 100 personnes exposées → « Catastrophique »
- Entre 1 et 10 personnes exposées → « Important »
- Au plus 1 personne exposée → « Sérieux »
- Pas de zone de létalité en dehors de l'établissement → « Modéré »

Le Tableau 18 suivant indique, pour chaque aérogénérateur, le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène d'effondrement et la gravité associée.

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

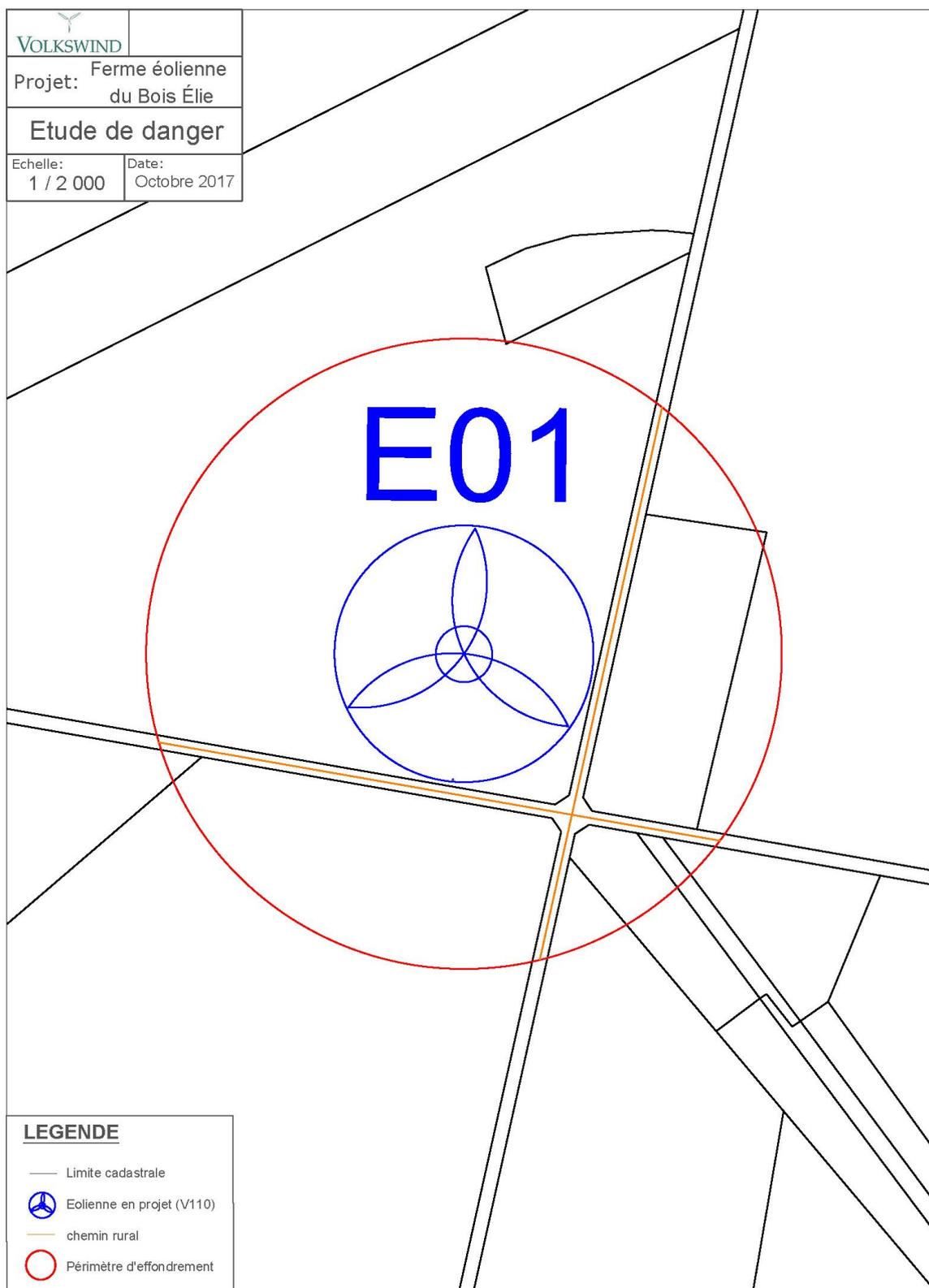
Il est à noter que pour la plupart des parcs éoliens, dans le périmètre délimité par la hauteur de chute de l'éolienne, le terrain est non aménagé et très peu fréquenté. Pour une éolienne d'une hauteur en bout de pale de 135 m, le nombre de personnes exposées sera donc inférieur à 1 (moins de 0,1 personne). La gravité sera donc considérée comme « modérée ». Un calcul précis doit être fait si le périmètre présente d'autres caractéristiques (présence de routes structurantes, de terrains fréquentés, etc.).

<b>Effondrement de l'éolienne V110</b>			
<b>(dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)</b>			
<i>Eoliennes</i>	<i>Intensité</i>	<i>Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)</i>	<i>Gravité</i>
E01	exposition modérée	0,0790	Modérée
E02	exposition modérée	0,0573	Modérée
E03	exposition modérée	0,0680	Modérée
E04	exposition modérée	0,0573	Modérée
E05	exposition modérée	0,0681	Modérée
E06	exposition modérée	0,0693	Modérée
E07	exposition modérée	0,0681	Modérée
E08	exposition modérée	0,0829	Modérée
E09	exposition modérée	0,0681	Modérée
E10	exposition modérée	0,0573	Modérée

**Tableau 18 : Risque d'effondrement des éoliennes**

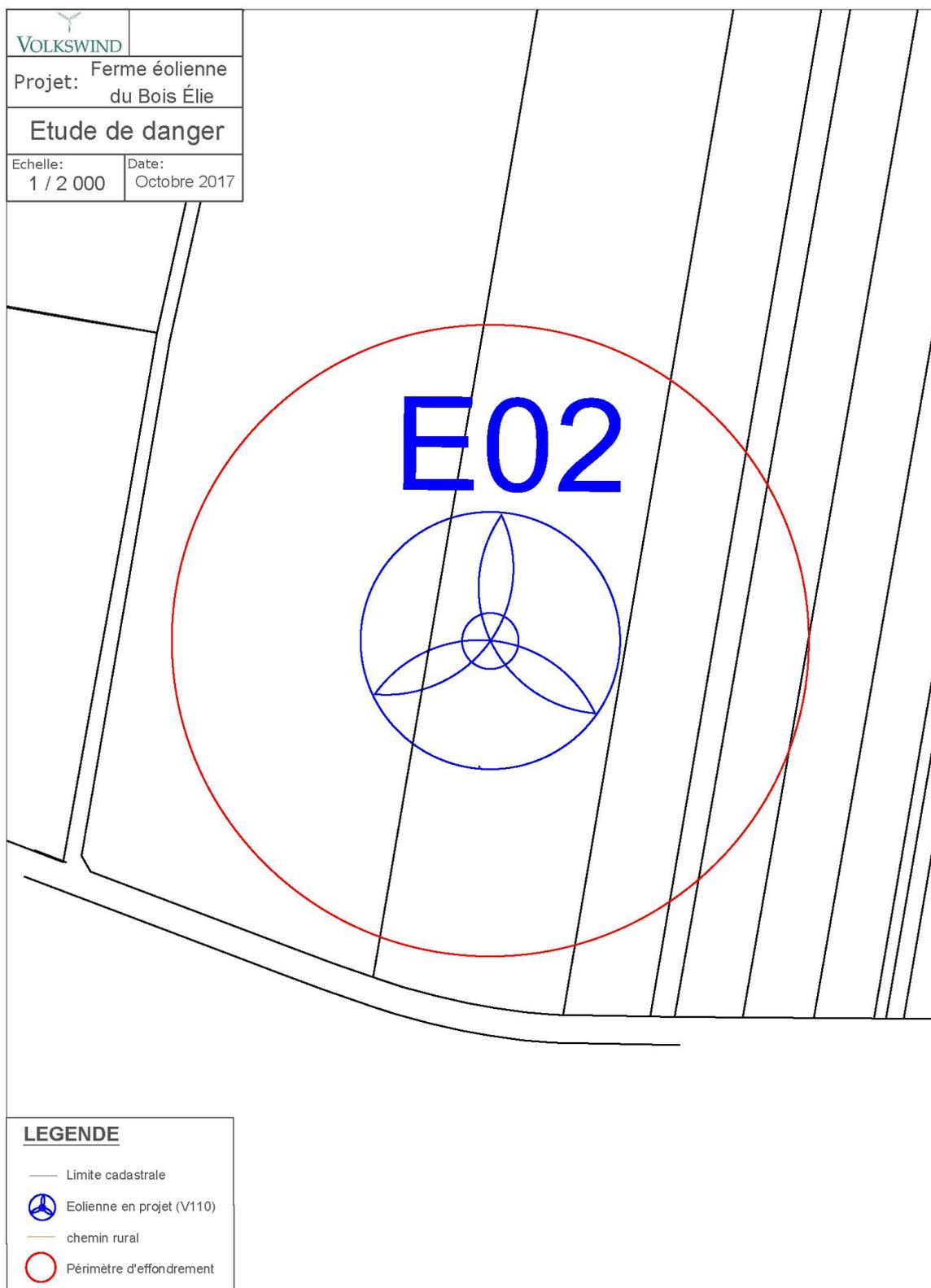
Les 10 éoliennes de la Ferme Eolienne du Bois Elie ont une gravité qualifiée de « modérée ».

Les plans ci-après détaillent par éolienne la nature des terrains. Ceci permet de définir les personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène d'effondrement et la gravité associée.



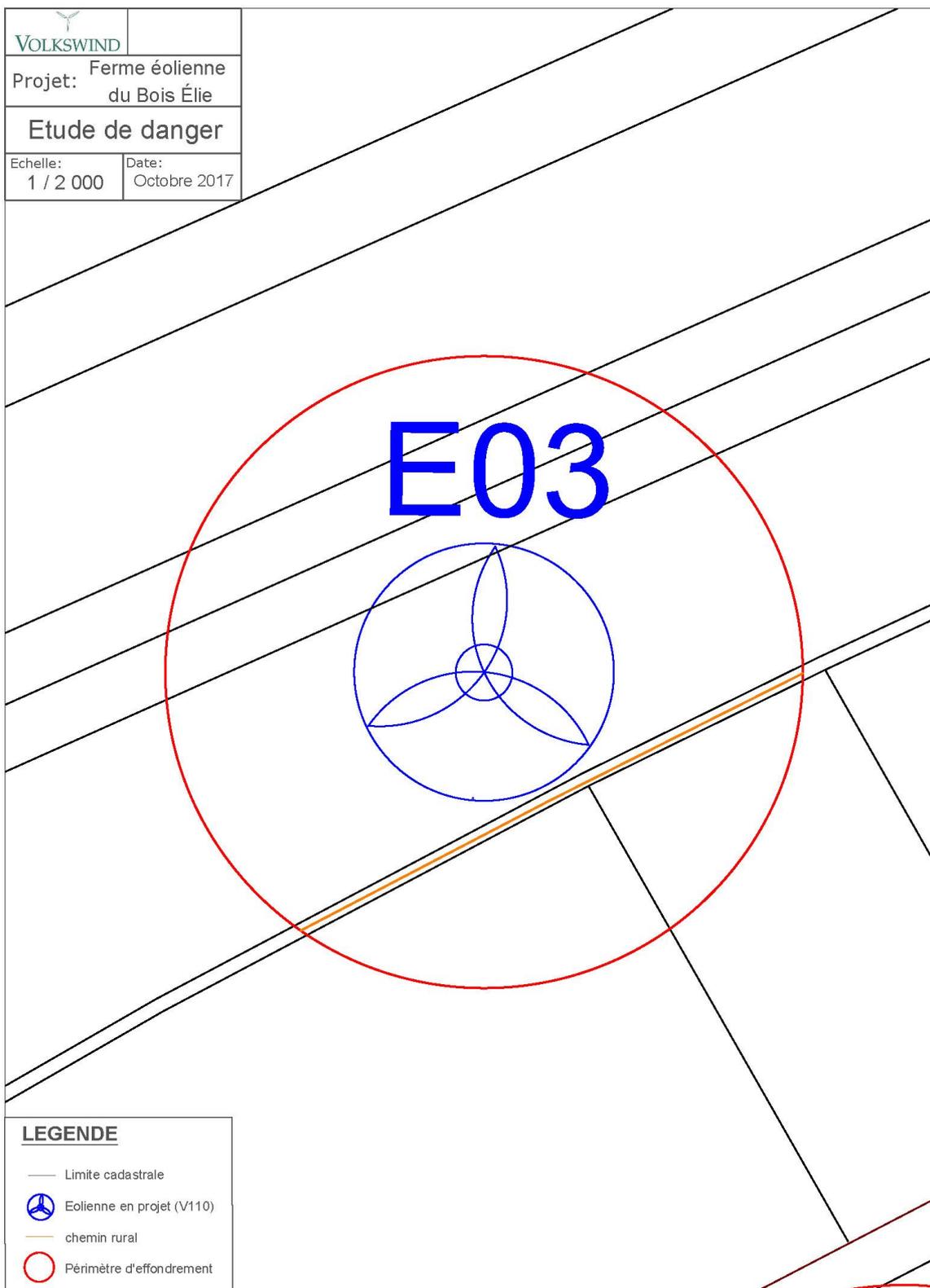
- Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairie, bois) : 1 personne/100ha sur 54 835 m<sup>2</sup>
- Terrains aménagés mais peu fréquentés (chemins ruraux) : 1 personne/10ha sur 2 420 m<sup>2</sup>

**Nombre de personnes exposées dans la zone d'étude : 0,079**



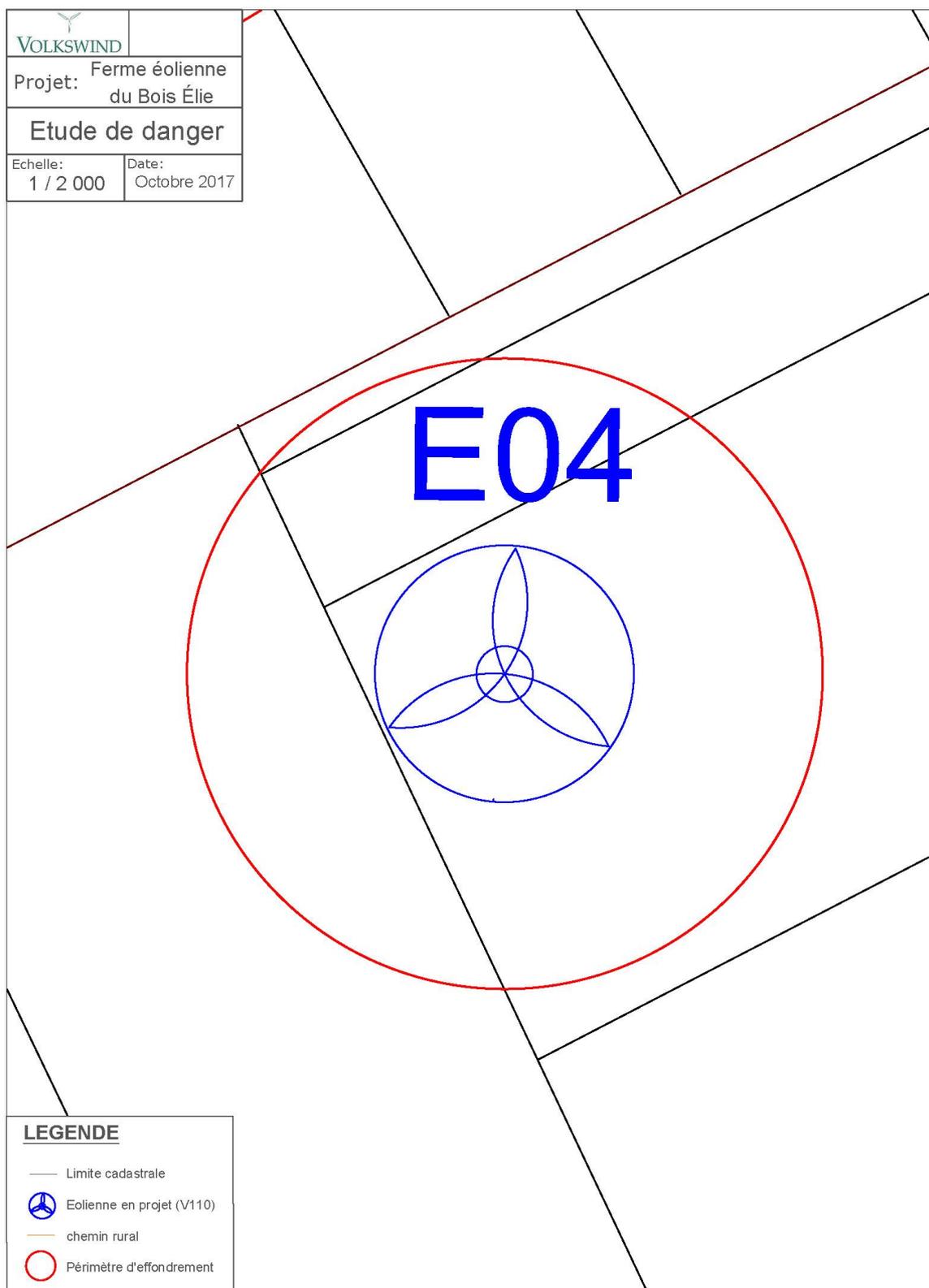
- Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairie, bois) : 1 personne/100ha sur 57 255 m<sup>2</sup>
- Terrains aménagés mais peu fréquentés (chemins ruraux) : 1 personne/10ha sur 0 m<sup>2</sup>

**Nombre de personnes exposées dans la zone d'étude : 0,057**



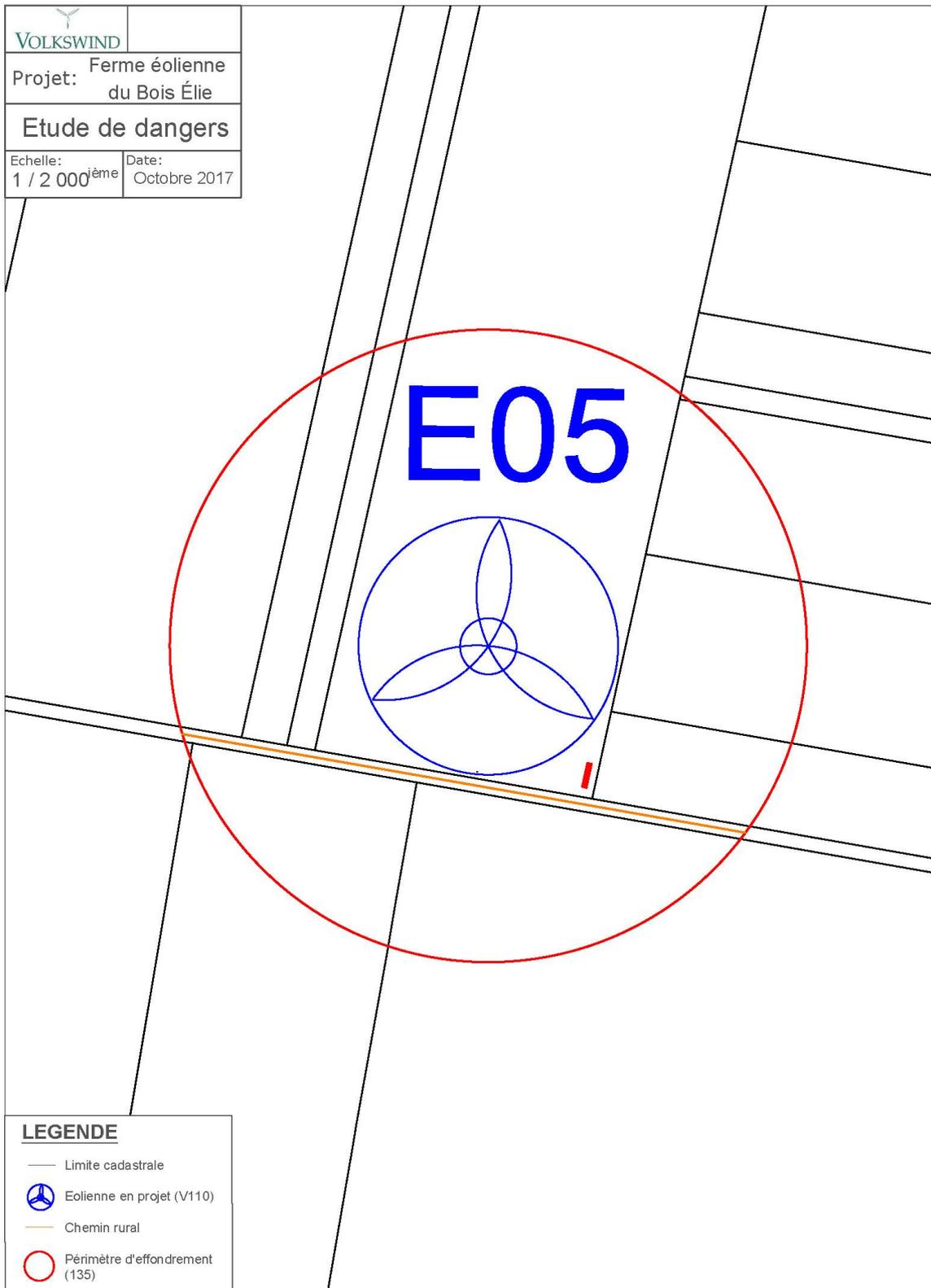
- Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairie, bois) : 1 personne/100ha sur 56 060 m<sup>2</sup>
- Terrains aménagés mais peu fréquentés (chemins ruraux) : 1 personne/10ha sur 1 195 m<sup>2</sup>

**Nombre de personnes exposées dans la zone d'étude : 0,068**



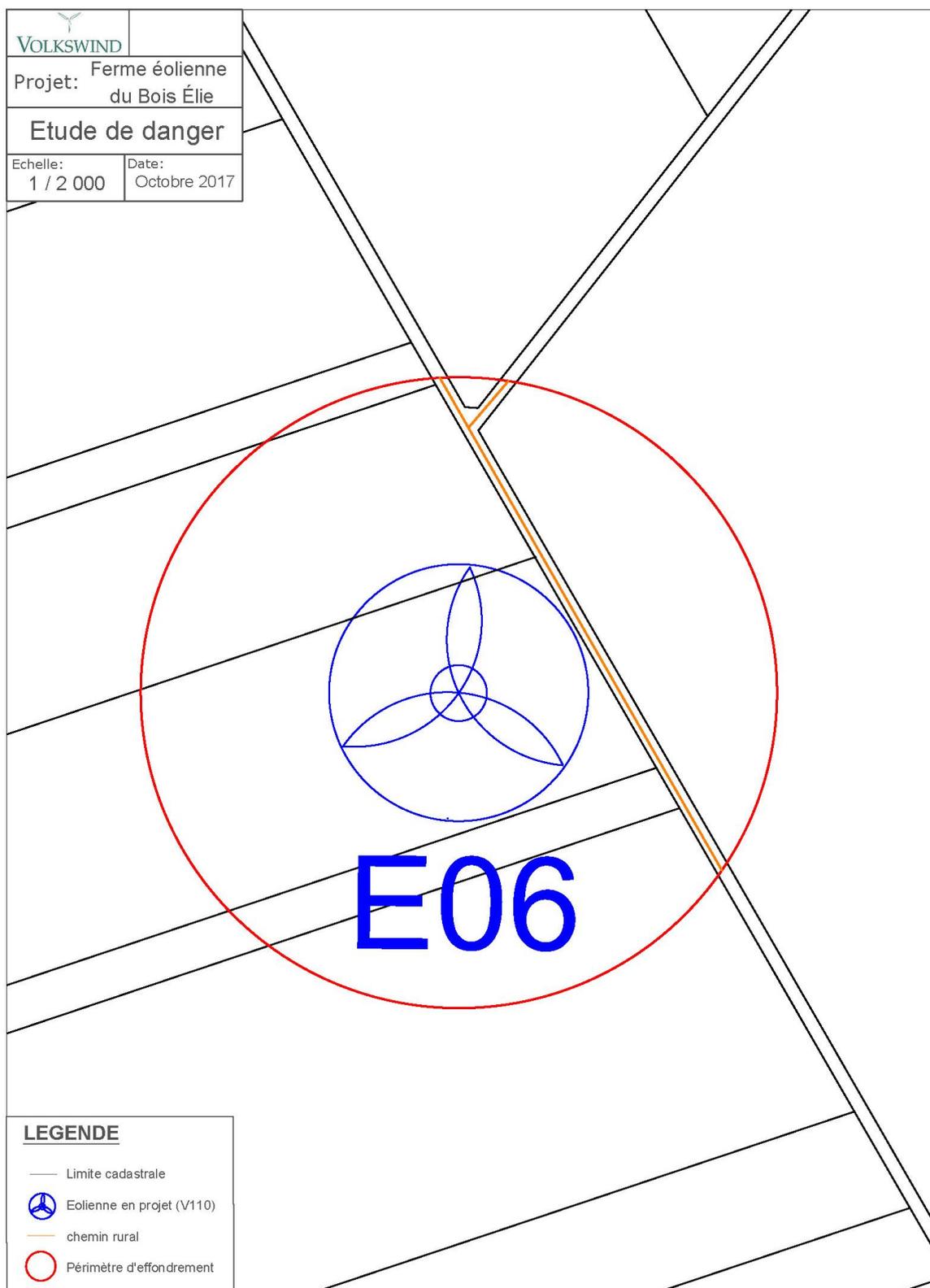
- Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairie, bois) : 1 personne/100ha sur 57 255 m<sup>2</sup>
- Terrains aménagés mais peu fréquentés (chemins ruraux) : 1 personne/10ha sur 0 m<sup>2</sup>

**Nombre de personnes exposées dans la zone d'étude : 0,057**



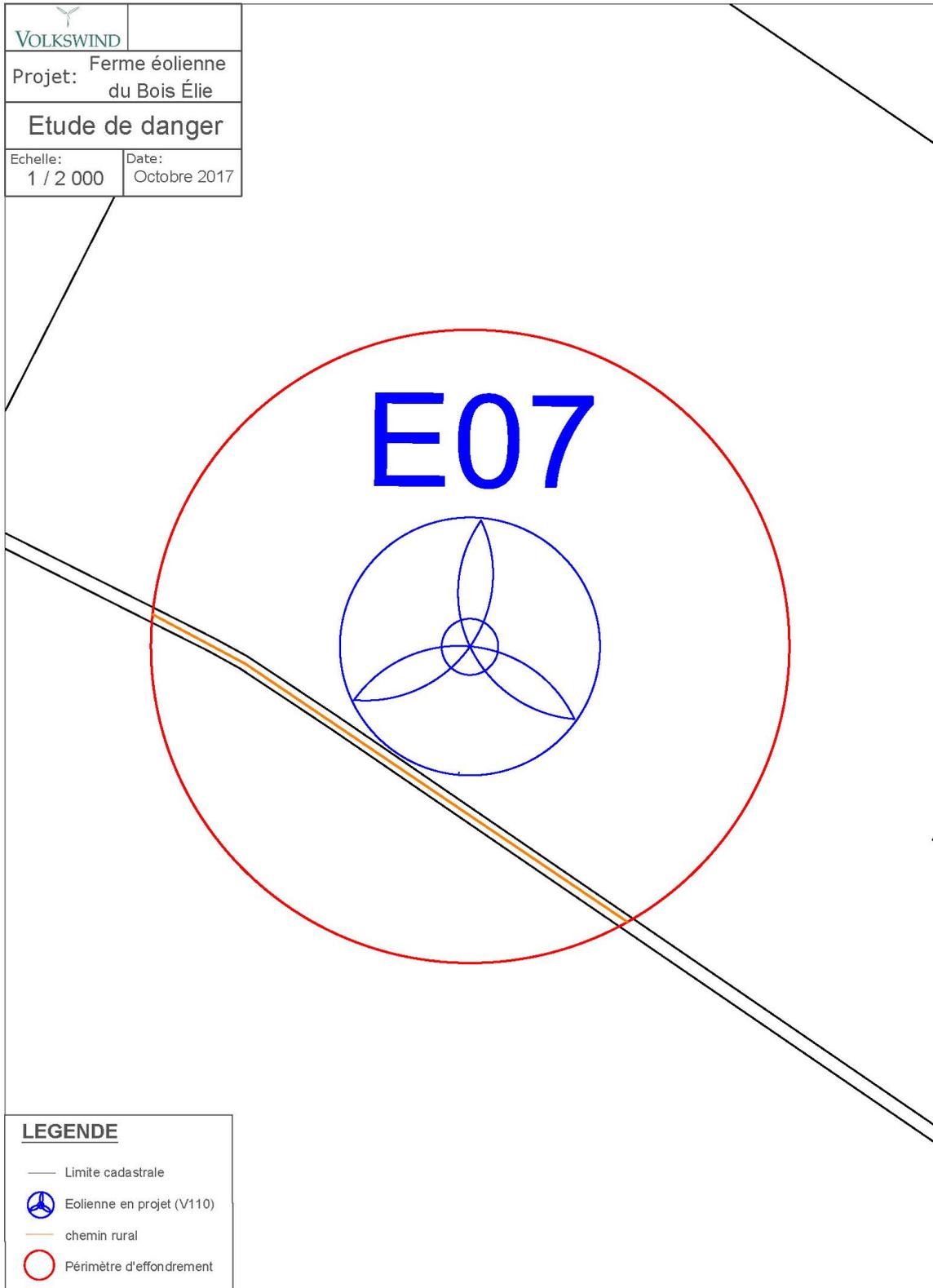
- Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairie, bois) : 1 personne/100ha sur 56 045 m<sup>2</sup>
- Terrains aménagés mais peu fréquentés (chemins ruraux) : 1 personne/10ha sur 1 210 m<sup>2</sup>

**Nombre de personnes exposées dans la zone d'étude : 0,068**



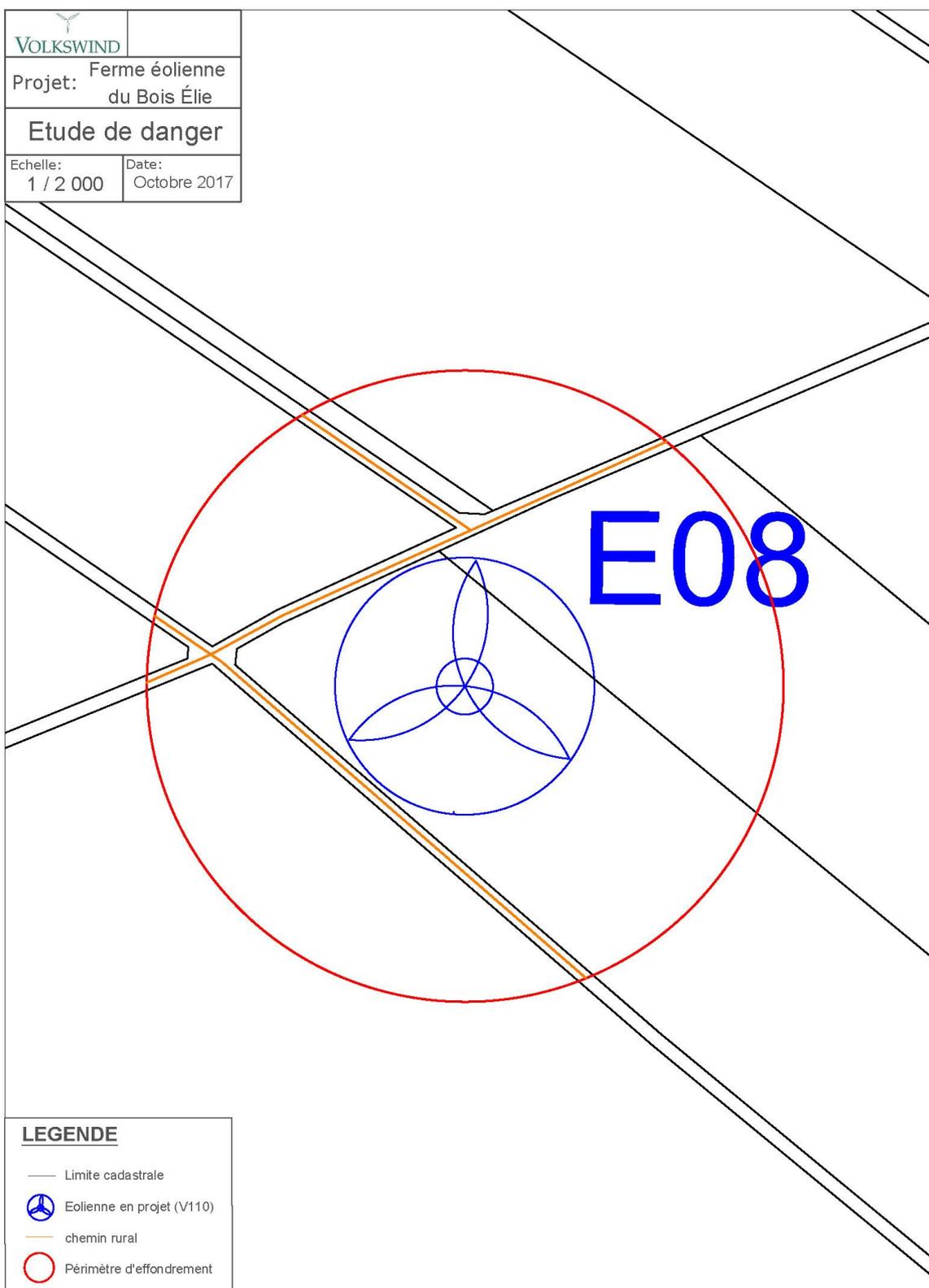
- Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairie, bois) : 1 personne/100ha sur 55 915 m<sup>2</sup>
- Terrains aménagés mais peu fréquentés (chemins ruraux) : 1 personne/10ha sur 1 340 m<sup>2</sup>

**Nombre de personnes exposées dans la zone d'étude : 0,069**



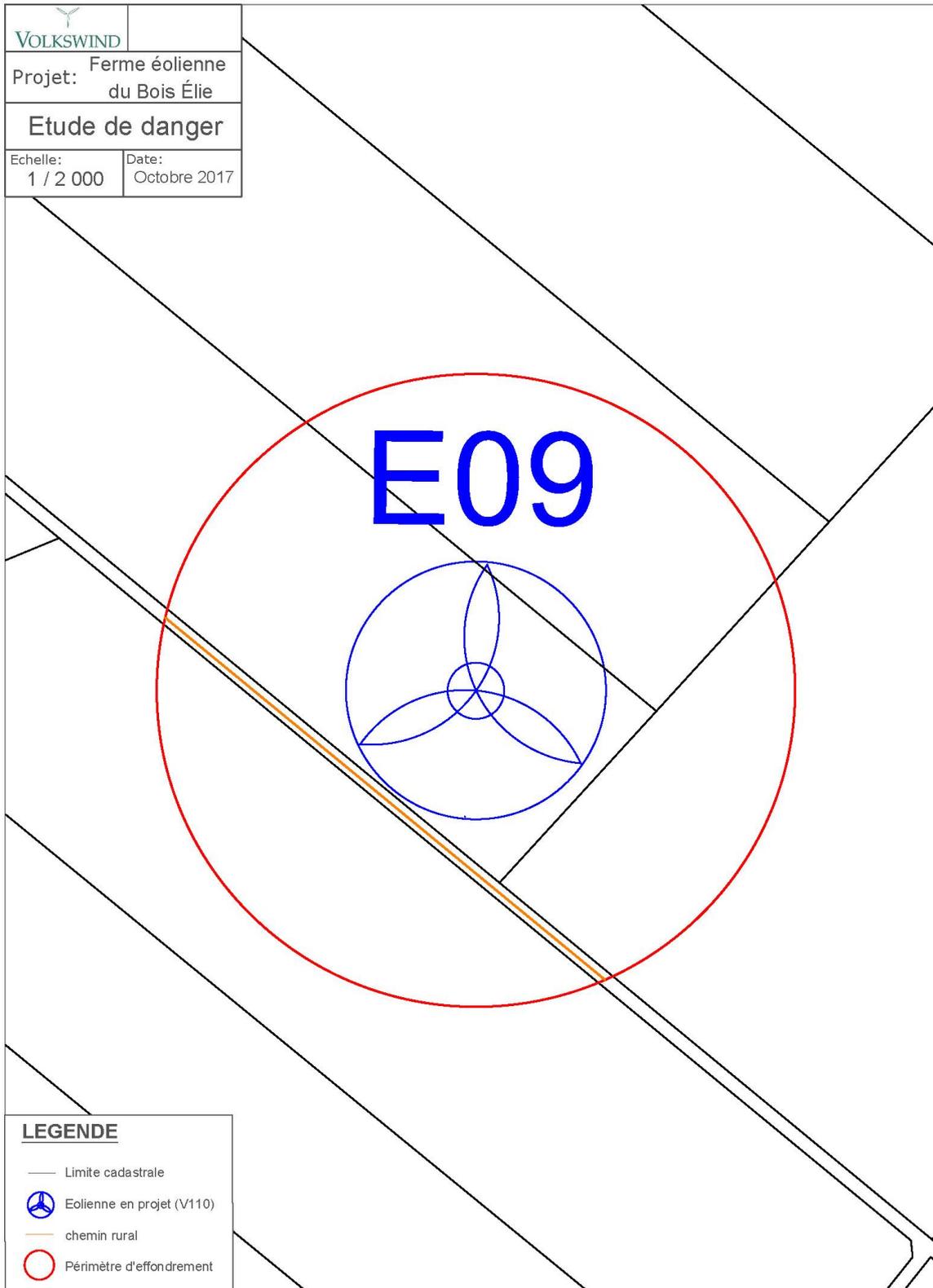
- Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairie, bois) : 1 personne/100ha sur 56 055 m<sup>2</sup>
- Terrains aménagés mais peu fréquentés (chemins ruraux) : 1 personne/10ha sur 1 200 m<sup>2</sup>

**Nombre de personnes exposées dans la zone d'étude : 0,068**



- Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairie, bois) : 1 personne/100ha sur 54 405 m<sup>2</sup>
- Terrains aménagés mais peu fréquentés (chemins ruraux) : 1 personne/10ha sur 2 850 m<sup>2</sup>

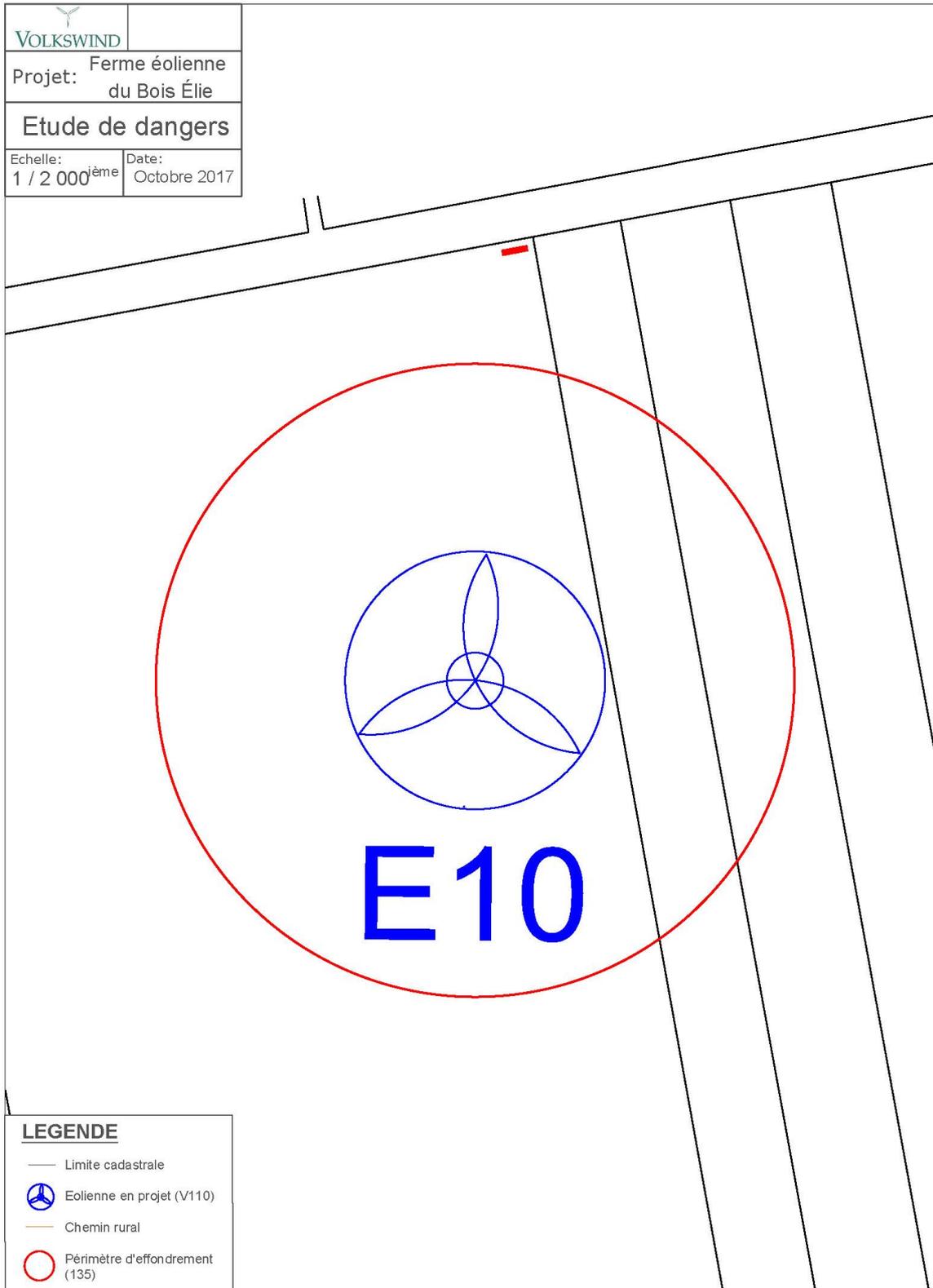
**Nombre de personnes exposées dans la zone d'étude : 0,082**



- Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairie, bois) : 1 personne/100ha sur 56 045 m<sup>2</sup>
- Terrains aménagés mais peu fréquentés (chemins ruraux) : 1 personne/10ha sur 1 210 m<sup>2</sup>

**Nombre de personnes exposées dans la zone d'étude : 0,068**

**Etude de Dangers - Ferme Eolienne du Bois Elie**



- Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairie, bois) : 1 personne/100ha sur 57 255 m<sup>2</sup>
- Terrains aménagés mais peu fréquentés (chemins ruraux) : 1 personne/10ha sur 0 m<sup>2</sup>

**Nombre de personnes exposées dans la zone d'étude : 0,057**

❖ **Probabilité**

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

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

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

Le retour d'expérience français montre également une classe de probabilité « C ». En effet, il a été recensé seulement 7 événements pour 15 667 années d'expérience<sup>2</sup>, soit une probabilité de  $4,47 \times 10^{-4}$  par éolienne et par an.

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

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

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

- Respect intégral des dispositions de la norme IEC 61 400-1 ;
- Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages ;
- Système de détection des survitesses et un système redondant de freinage ;
- Système de détection des vents forts et un système redondant de freinage et de mise en sécurité des installations – un système adapté est installé en cas de risque cyclonique.

On note d'ailleurs, dans le retour d'expérience français, qu'aucun effondrement n'a eu lieu sur les éoliennes mises en service après 2005.

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

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

---

<sup>2</sup> 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.

❖ **Acceptabilité**

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

Conséquence	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux					
Modéré		E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8, E9, E10			

Légende de la matrice

Niveau de risque	Couleur	Acceptabilité
Risque très faible		acceptable
Risque faible		acceptable
Risque important		non acceptable

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

## VIII.2.2. Chute de glace

### ❖ Considérations générales

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

Selon l'étude WECO [15], une grande partie du territoire français (hors zones de montagne) est concerné par moins d'un jour de formation de glace par an. Certains secteurs du territoire comme les zones côtières affichent des moyennes variant entre 2 et 7 jours de formation de glace par an.

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

### ❖ Zone d'effet

Le risque de chute de glace est cantonné à la zone de survol des pales, soit un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor autour du mât de l'éolienne. Pour le parc éolien du Bois Élie, la zone d'effet a donc un rayon de 55 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.

La zone d'effet du phénomène de chute de glace correspond au cercle bleu entourant l'éolienne sur les plans fournis au chapitre VIII.2.1 page 84.

### ❖ Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute de glace dans le cas du parc éolien du Bois Élie.  $Z_I$  est la zone d'impact,  $Z_E$  est la zone d'effet,  $D$  le diamètre du rotor ( $D = 110$  m),  $SG$  est la surface du morceau de glace majorant, soit  $1 \text{ m}^2$ .

<b>Chute de glace</b>			
<b>(dans un rayon inférieur ou égal à <math>R = D/2 = 55 \text{ m} = \text{zone de survol}</math>)</b>			
<i>Zone d'impact</i>	<i>Zone d'effet du phénomène étudié</i>	<i>Degré d'exposition du phénomène étudié</i>	<i>Intensité</i>
$Z_I = SG$ $1 \text{ m}^2$	$Z_E = \pi \times R^2$ $9\,503 \text{ m}^2$	$d = Z_I / Z_E$ <b>0,01 %</b> ( $< 1 \%$ )	<b>exposition modérée</b>

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

❖ **Gravité**

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe VIII.1.3), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute de glace, dans la zone de survol de l'éolienne :

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

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

<b>Chute de glace</b>			
<b>(dans un rayon inférieur ou égal à <math>R = D/2 = 55 \text{ m} = \text{zone de survol}</math>)</b>			
<i>Eolienne</i>	<i>Intensité</i>	<i>Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)</i>	<i>Gravité</i>
E01	Exposition modérée	0,010	Modérée
E02	Exposition modérée	0,010	Modérée
E03	Exposition modérée	0,010	Modérée
E04	Exposition modérée	0,010	Modérée
E05	Exposition modérée	0,010	Modérée
E06	Exposition modérée	0,010	Modérée
E07	Exposition modérée	0,010	Modérée
E08	Exposition modérée	0,010	Modérée
E09	Exposition modérée	0,010	Modérée
E10	Exposition modérée	0,010	Modérée

Il est à noter que pour la plupart des parcs éoliens, la zone de survol de l'éolienne est un terrain non aménagé et très peu fréquenté (1 personne pour 100 ha d'après la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010).

Les dix éoliennes de la Ferme Eolienne du Bois Elie ont une gravité qualifiée de « modérée ».

❖ **Probabilité**

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

❖ **Acceptabilité**

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

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	E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8, E9, E10

Légende de la matrice

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

Ainsi, pour le parc éolien du Bois Elie, 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.

**VIII.2.3. Chute d'éléments de l'éolienne**

❖ **Zone d'effet**

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

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

La zone d'effet du phénomène de chute d'éléments correspond au cercle bleu entourant l'éolienne sur les plans fournis au chapitre VIII.2.1 page 84.

❖ **Intensité**

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du parc éolien du Bois Élie.  $d$  est le degré d'exposition,  $Z_I$  la zone d'impact,  $Z_E$  la zone d'effet,  $D$  le diamètre du rotor ( $D=110$  m) et  $LB$  la largeur de la pale ( $LB=1,87$  m).

<b>Chute d'éléments de l'éolienne V110</b>			
<b>(dans un rayon inférieur ou égal à <math>R = D/2 = 55</math> m = zone de survol)</b>			
<i>Zone d'impact</i>	<i>Zone d'effet du phénomène étudié</i>	<i>Degré d'exposition du phénomène étudié</i>	<i>Intensité</i>
$Z_I = R * LB / 2$ <b>51,4 m<sup>2</sup></b>	$Z_E = \pi * R^2$ <b>9 503 m<sup>2</sup></b>	$d = Z_I / Z_E$ <b>0,54 %</b> (< 1 %)	<b>exposition modérée</b>

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

❖ **Gravité**

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe VIII.1.3), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute 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 »

## Etude de Dangers - Ferme Eolienne du Bois Elie

Le tableau suivant indique, pour chaque aérogénérateur, le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène de chute d'éléments et la gravité associée. Les plans détaillant la nature des terrains de la zone de survol pour chaque éolienne sont les mêmes que précédemment (VIII.2.2).

<b>Chute d'éléments</b> <b>(dans un rayon inférieur ou égal à <math>R = D/2 = 55 \text{ m}</math> = zone de survol)</b>			
<i>Eolienne</i>	<i>Intensité</i>	<i>Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)</i>	<i>Gravité</i>
E01	Exposition modérée	0,010	Modérée
E02	Exposition modérée	0,010	Modérée
E03	Exposition modérée	0,010	Modérée
E04	Exposition modérée	0,010	Modérée
E05	Exposition modérée	0,010	Modérée
E06	Exposition modérée	0,010	Modérée
E07	Exposition modérée	0,010	Modérée
E08	Exposition modérée	0,010	Modérée
E09	Exposition modérée	0,010	Modérée
E10	Exposition modérée	0,010	Modérée

### ❖ 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  $4.47 \times 10^{-4}$  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.

❖ **Acceptabilité**

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

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	E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8, E9, E10	Green	Yellow

Légende de la matrice

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

Ainsi, pour le parc éolien du Bois Elie, le phénomène de chute d'éléments de l'éolienne constitue un risque acceptable pour les personnes.

**VIII.2.4. Projection de pales ou de fragments de pales**

❖ **Zone d'effet**

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

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

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

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

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

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

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

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

❖ **Intensité**

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du parc éolien du Bois Élie.  $d$  est le degré d'exposition,  $Z_i$  la zone d'impact,  $Z_E$  la zone d'effet,  $D$  le diamètre du rotor ( $D = 2 \cdot R = 110$  m) et  $LB$  la largeur de la base de la pale ( $LB = 1,87$  m).

<b>Projection de pale ou de fragment de pale de V110</b>			
<b>(zone de 500 m autour de chaque éolienne)</b>			
<i>Zone d'impact</i>	<i>Zone d'effet du phénomène étudié</i>	<i>Degré d'exposition du phénomène étudié</i>	<i>Intensité</i>
$Z_i = R \cdot LB / 2$ 51,4 m <sup>2</sup>	$Z_E = \pi \times P^2$ 785 398 m <sup>2</sup>	$d = Z_i / Z_E$ <b>0,0065 %</b> (< 1 %)	<b>Exposition modérée</b>

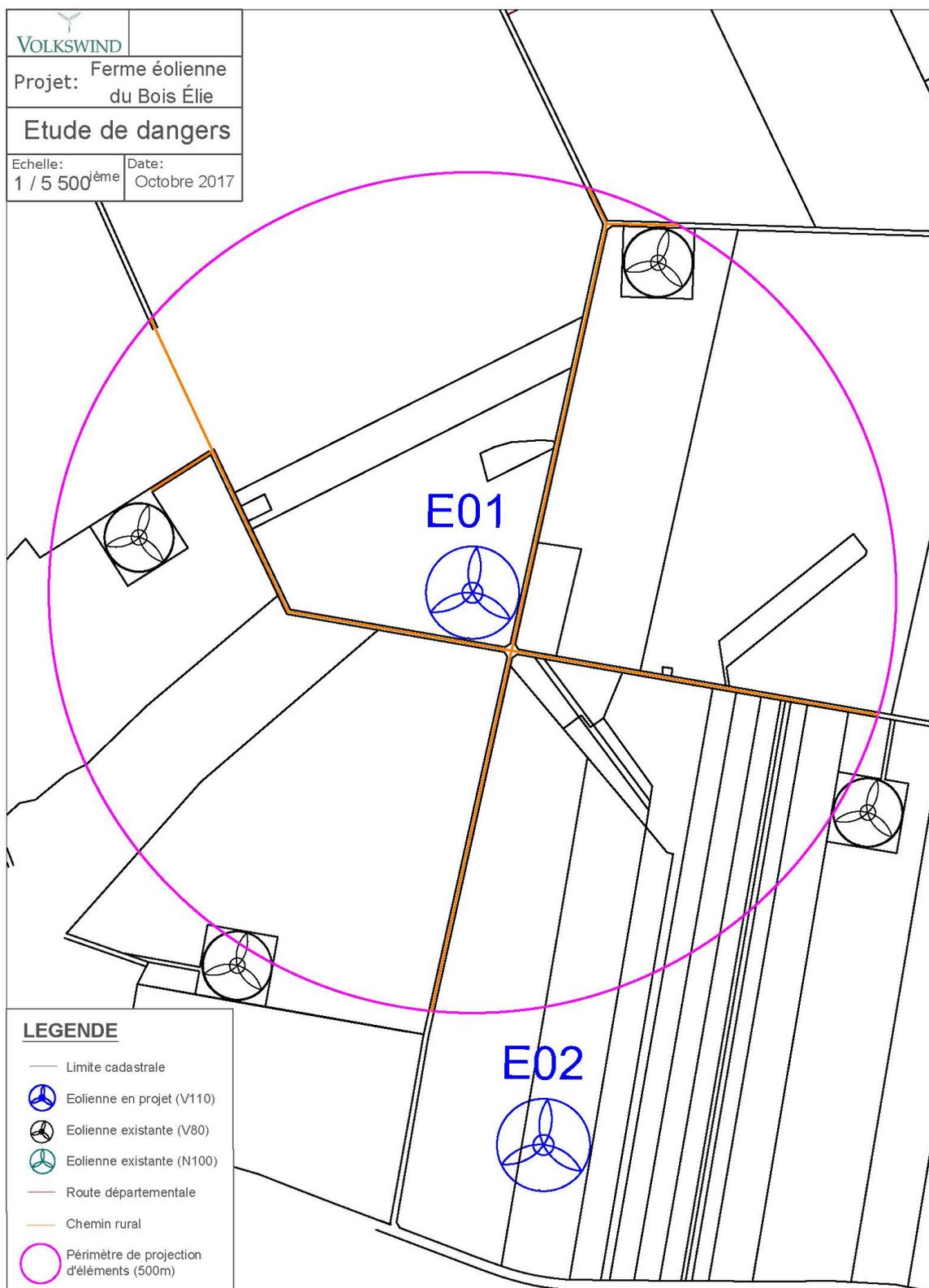
❖ **Gravité**

En fonction de cette intensité et des définitions issues du paragraphe VIII.1.3., il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de projection, dans la zone de 500 m autour de l'éolienne :

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

Les plans ci-dessous détaillent par éolienne la nature des terrains. Ceci permet de définir les personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène de projection de pales et la gravité associée.

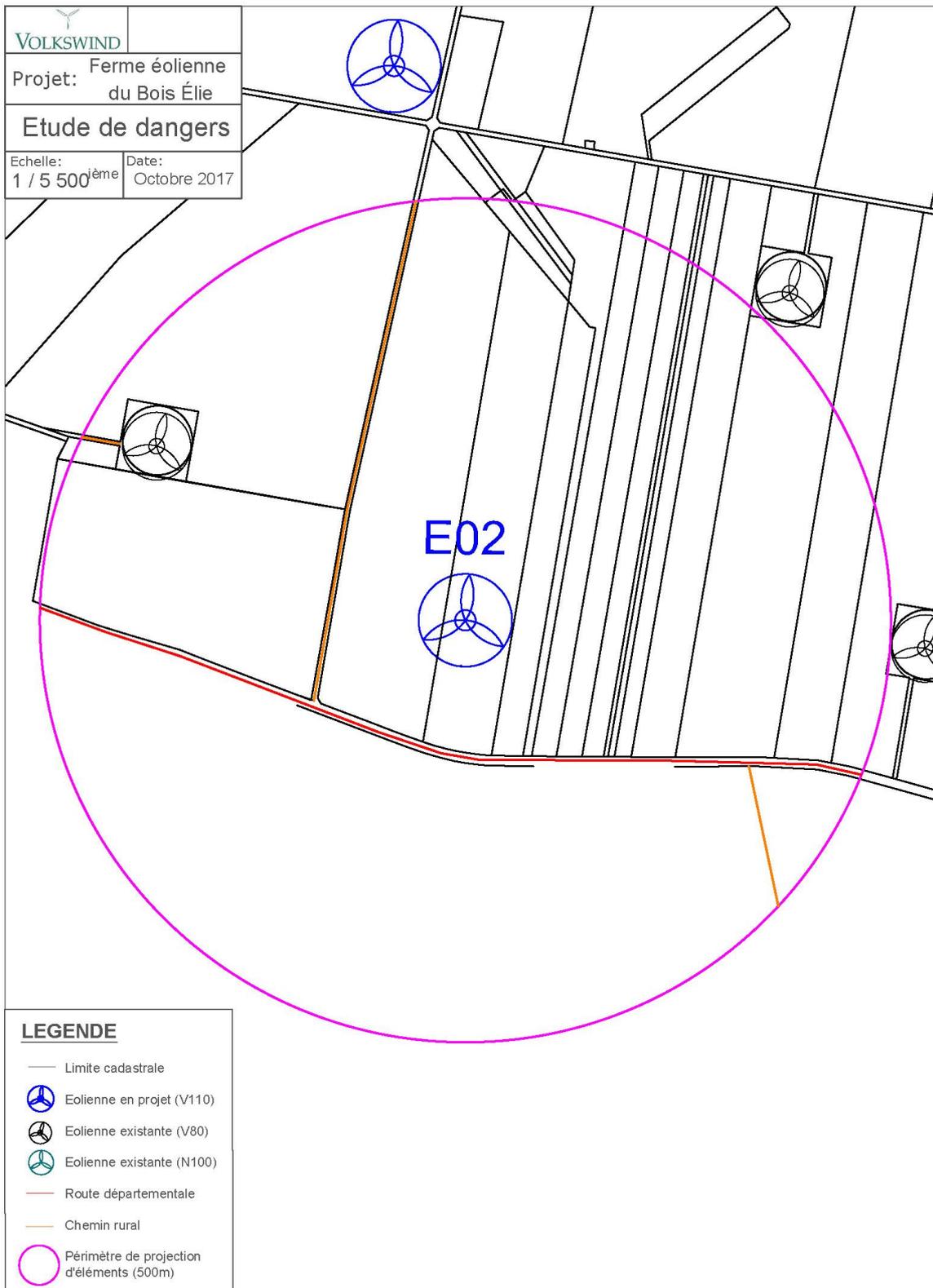
## Etude de Dangers - Ferme Eolienne du Bois Elie



- Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairie, bois) : 1 personne/100ha sur 774 063 m<sup>2</sup>
- Terrains aménagés mais peu fréquentés (chemins ruraux) : 1 personne/10ha sur 11 335 m<sup>2</sup>
- Voies de circulation structurantes ( > 2000 véhicules/jour) : 0,4 personne permanente par kilomètre exposé par tranche de 100 véhicules/jour, sur 0 m

**Nombre de personnes exposées dans la zone d'étude : 0,89**

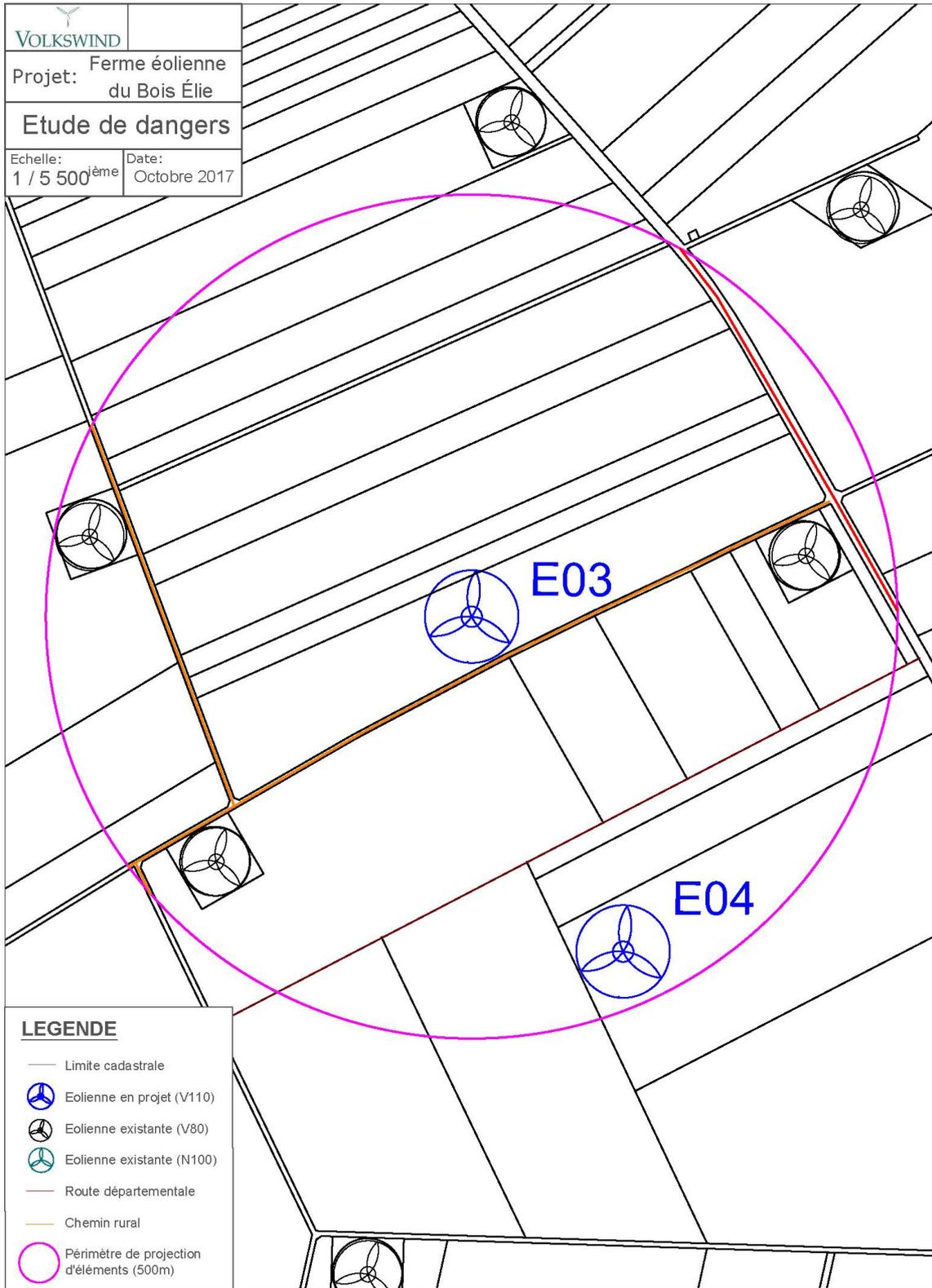
## Etude de Dangers - Ferme Eolienne du Bois Elie



- Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairie, bois) : 1 personne/100ha sur 775 167 m<sup>2</sup>
- Terrains aménagés mais peu fréquentés (chemins ruraux) : 1 personne/10ha sur 10 231 m<sup>2</sup> dont la RD27
- Voies de circulation structurantes ( > 2000 véhicules/jour) : 0,4 personne permanente par kilomètre exposé par tranche de 100 véhicules/jour, la RD27 n'étant pas concernée avec 820 véhicules/jour de 2012 à 2013, dont 90 poids lourds

**Nombre de personnes exposées dans la zone d'étude : 0,88**

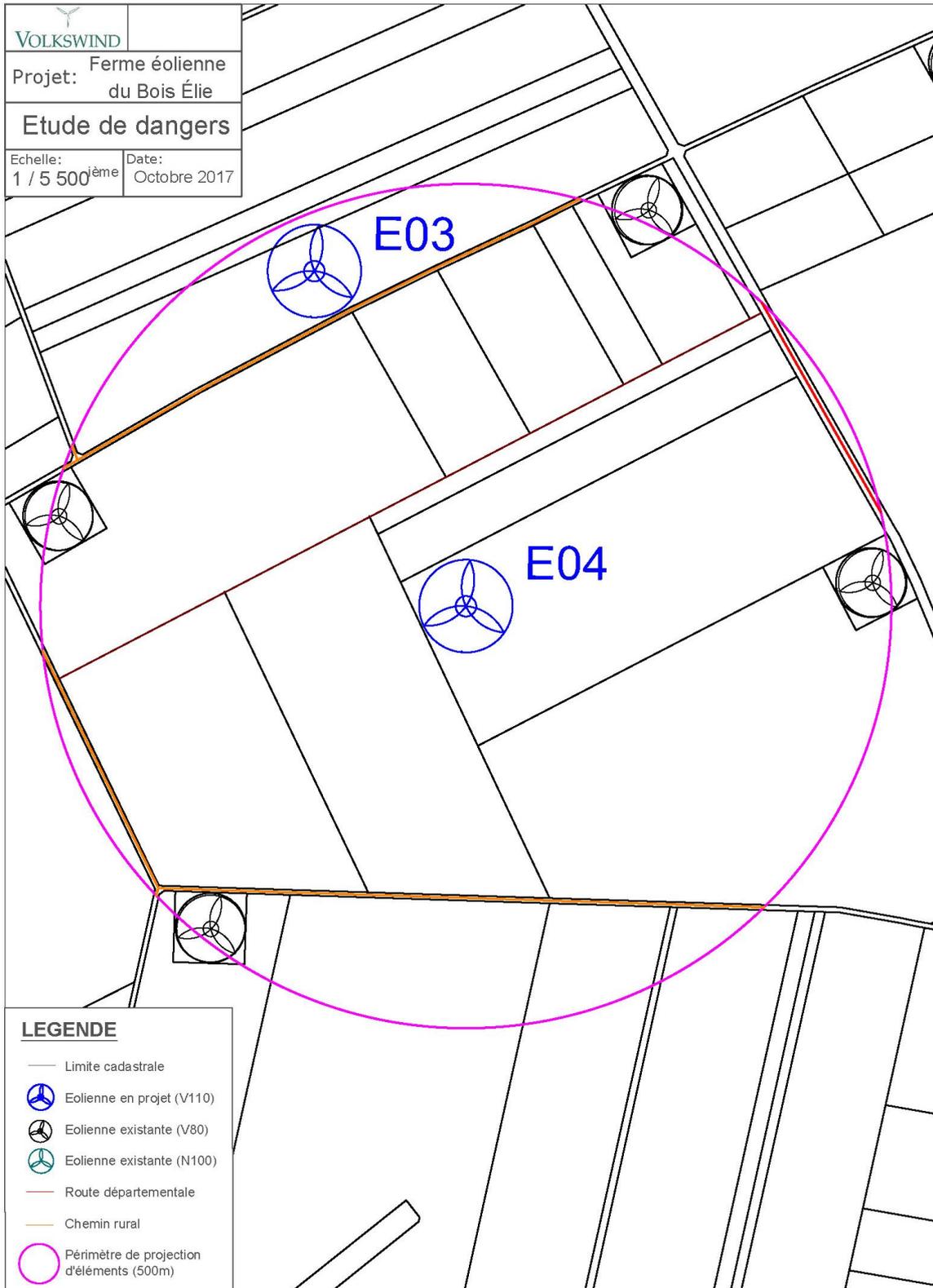
## Etude de Dangers - Ferme Eolienne du Bois Elie



- Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairie, bois) : 1 personne/100ha sur 774 640 m<sup>2</sup>
- Terrains aménagés mais peu fréquentés (chemins ruraux) : 1 personne/10ha sur 10 758 m<sup>2</sup> dont la RD935
- Voies de circulation structurantes (> 2000 véhicules/jour) : 0,4 personne permanente par kilomètre exposé par tranche de 100 véhicules/jour, la RD935 n'étant pas concernée avec 1 891 véhicules/jour en 2014, dont 265 poids lourds

**Nombre de personnes exposées dans la zone d'étude : 0,88**

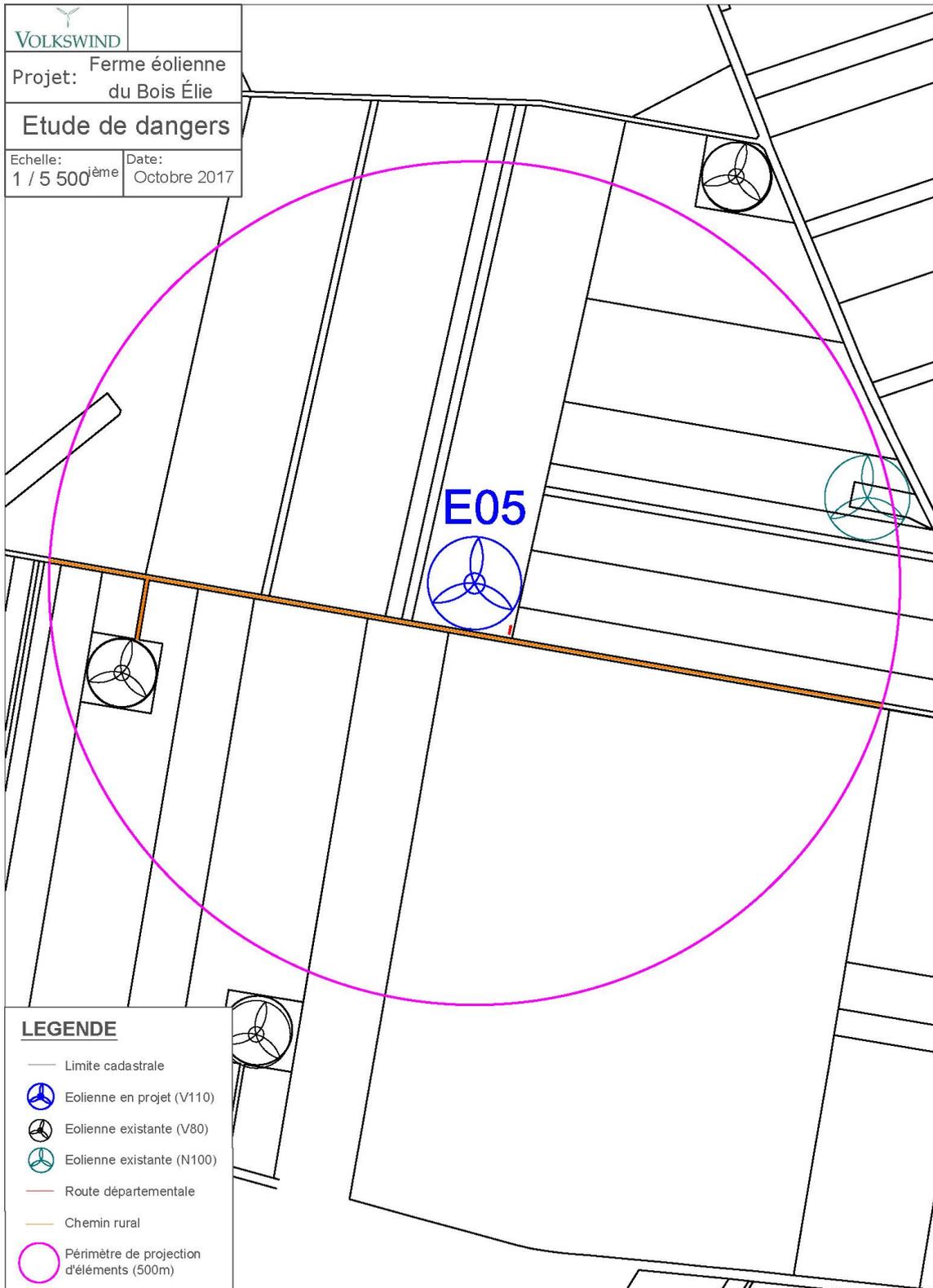
## Etude de Dangers - Ferme Eolienne du Bois Elie



- Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairie, bois) : 1 personne/100ha sur 774 735 m<sup>2</sup>
- Terrains aménagés mais peu fréquentés (chemins ruraux) : 1 personne/10ha sur 10 663 m<sup>2</sup> dont la RD935
- Voies de circulation structurantes (> 2000 véhicules/jour) : 0,4 personne permanente par kilomètre exposé par tranche de 100 véhicules/jour, la RD935 n'étant pas concernée avec 1 891 véhicules/jour en 2014, dont 265 poids lourds

**Nombre de personnes exposées dans la zone d'étude : 0,88**

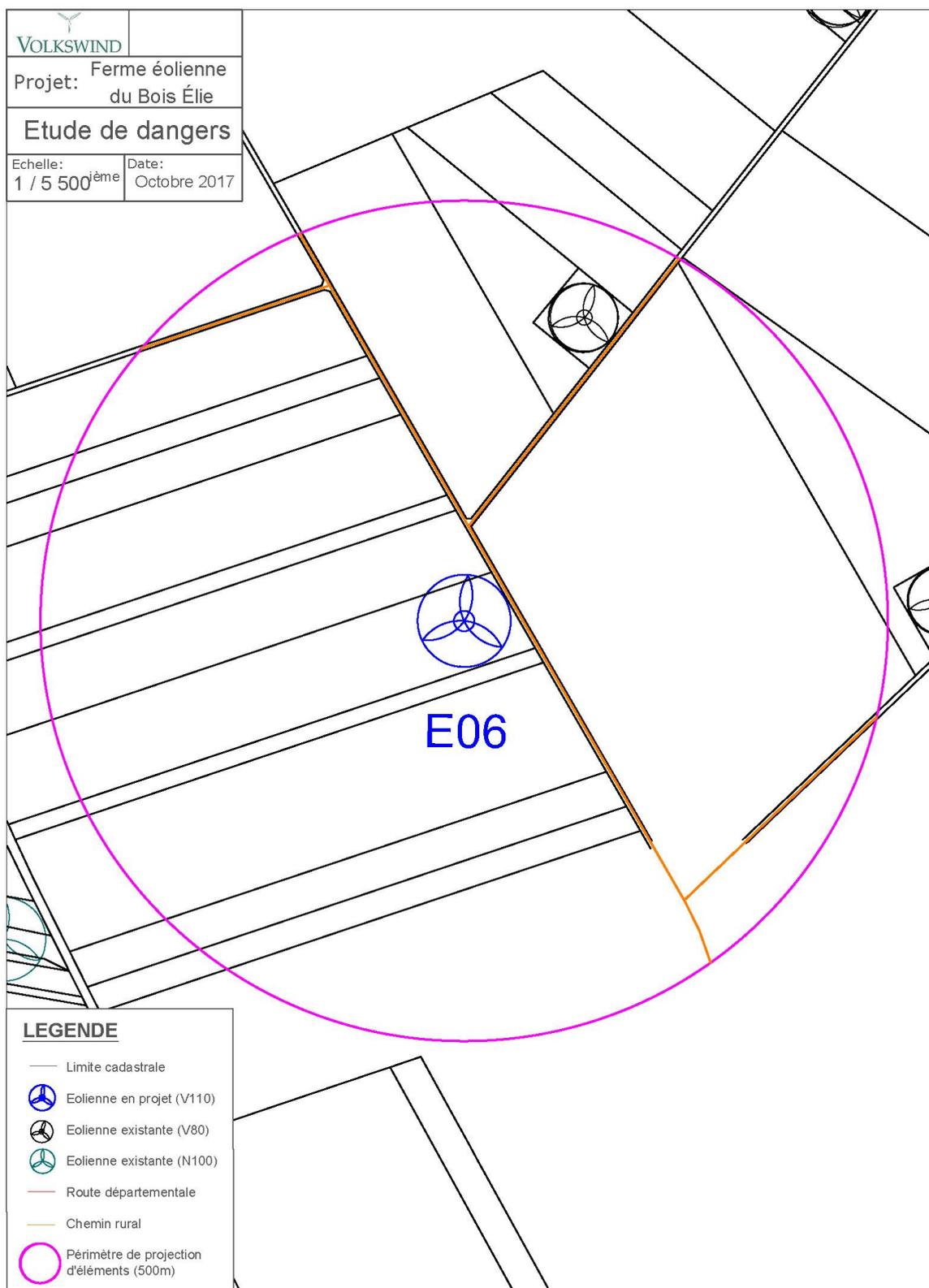
## Etude de Dangers - Ferme Eolienne du Bois Elie



- Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairie, bois) : 1 personne/100ha sur 780 063 m<sup>2</sup>
- Terrains aménagés mais peu fréquentés (chemins ruraux) : 1 personne/10ha sur 5 335 m<sup>2</sup>
- Voies de circulation structurantes ( > 2000 véhicules/jour) : 0,4 personne permanente par kilomètre exposé par tranche de 100 véhicules/jour, sur 0 m

**Nombre de personnes exposées dans la zone d'étude : 0,83**

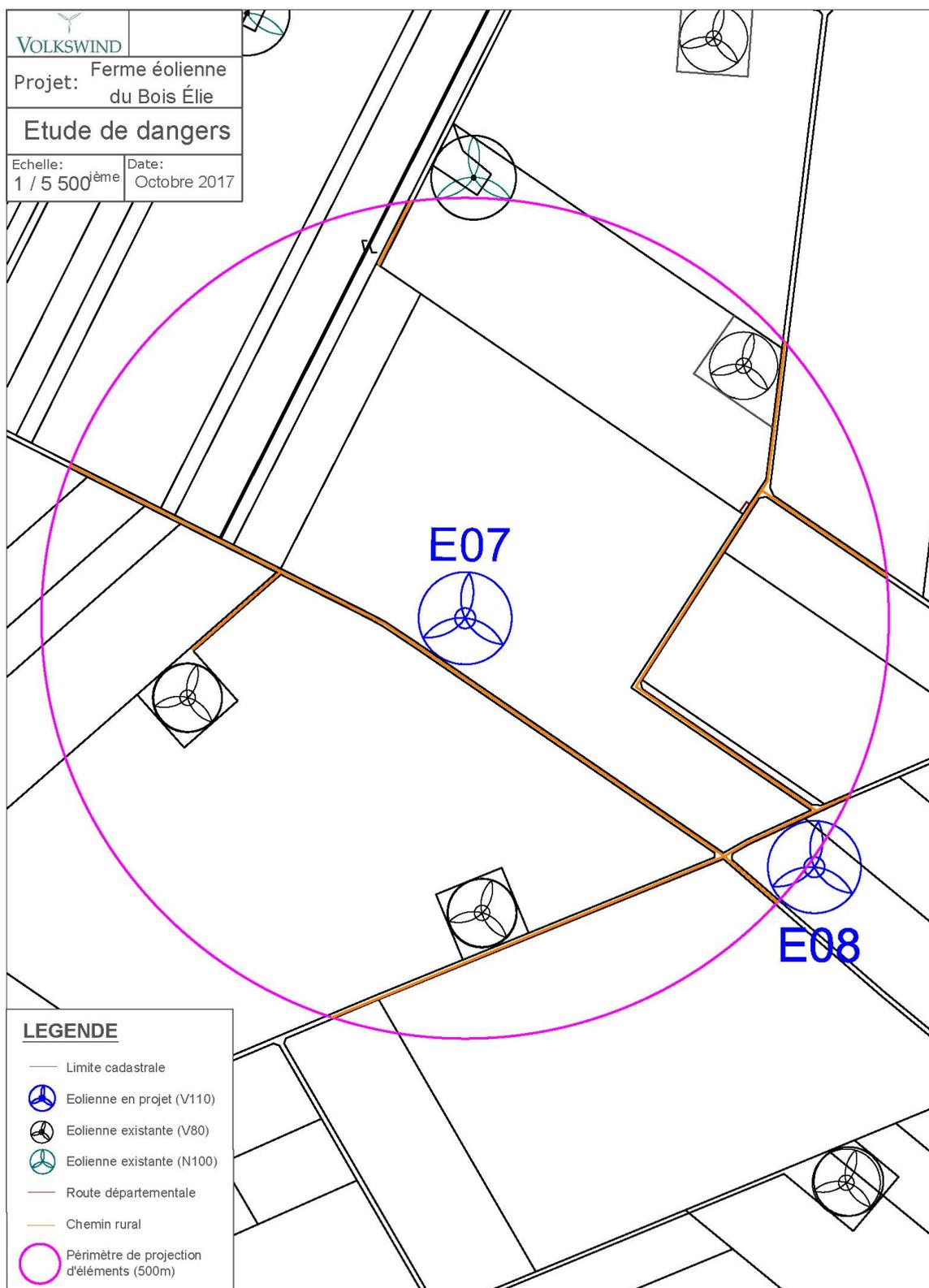
## Etude de Dangers - Ferme Eolienne du Bois Elie



- Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairie, bois) : 1 personne/100ha sur 775 658 m<sup>2</sup>
- Terrains aménagés mais peu fréquentés (chemins ruraux) : 1 personne/10ha sur 9 740 m<sup>2</sup>
- Voies de circulation structurantes ( > 2000 véhicules/jour) : 0,4 personne permanente par kilomètre exposé par tranche de 100 véhicules/jour, sur 0 m

**Nombre de personnes exposées dans la zone d'étude : 0,87**

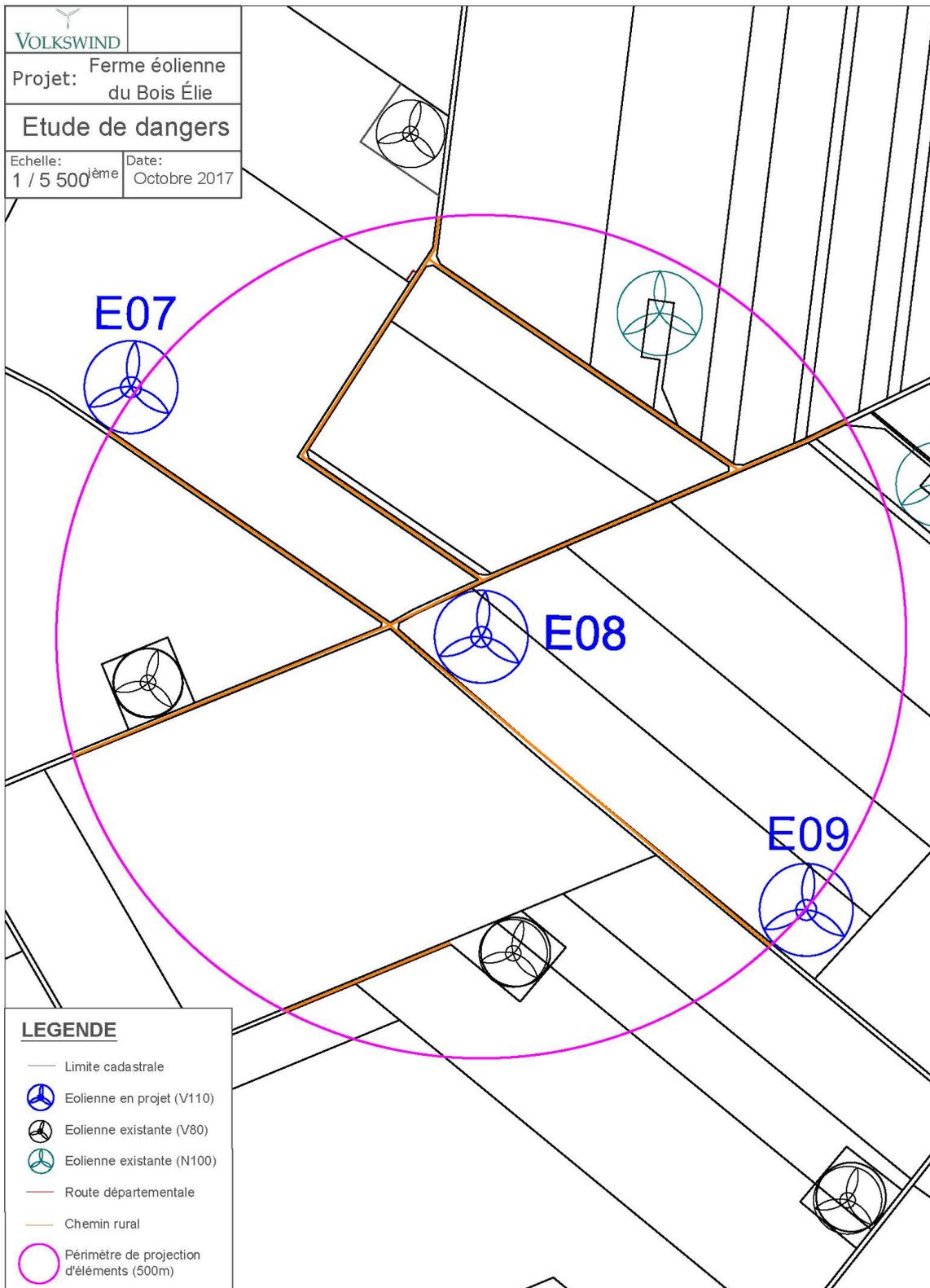
## Etude de Dangers - Ferme Eolienne du Bois Elie



- Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairie, bois) : 1 personne/100ha sur 771 543 m<sup>2</sup>
- Terrains aménagés mais peu fréquentés (chemins ruraux) : 1 personne/10ha sur 13 855 m<sup>2</sup>
- Voies de circulation structurantes ( > 2000 véhicules/jour) : 0,4 personne permanente par kilomètre exposé par tranche de 100 véhicules/jour, sur 0 m

**Nombre de personnes exposées dans la zone d'étude : 0,91**

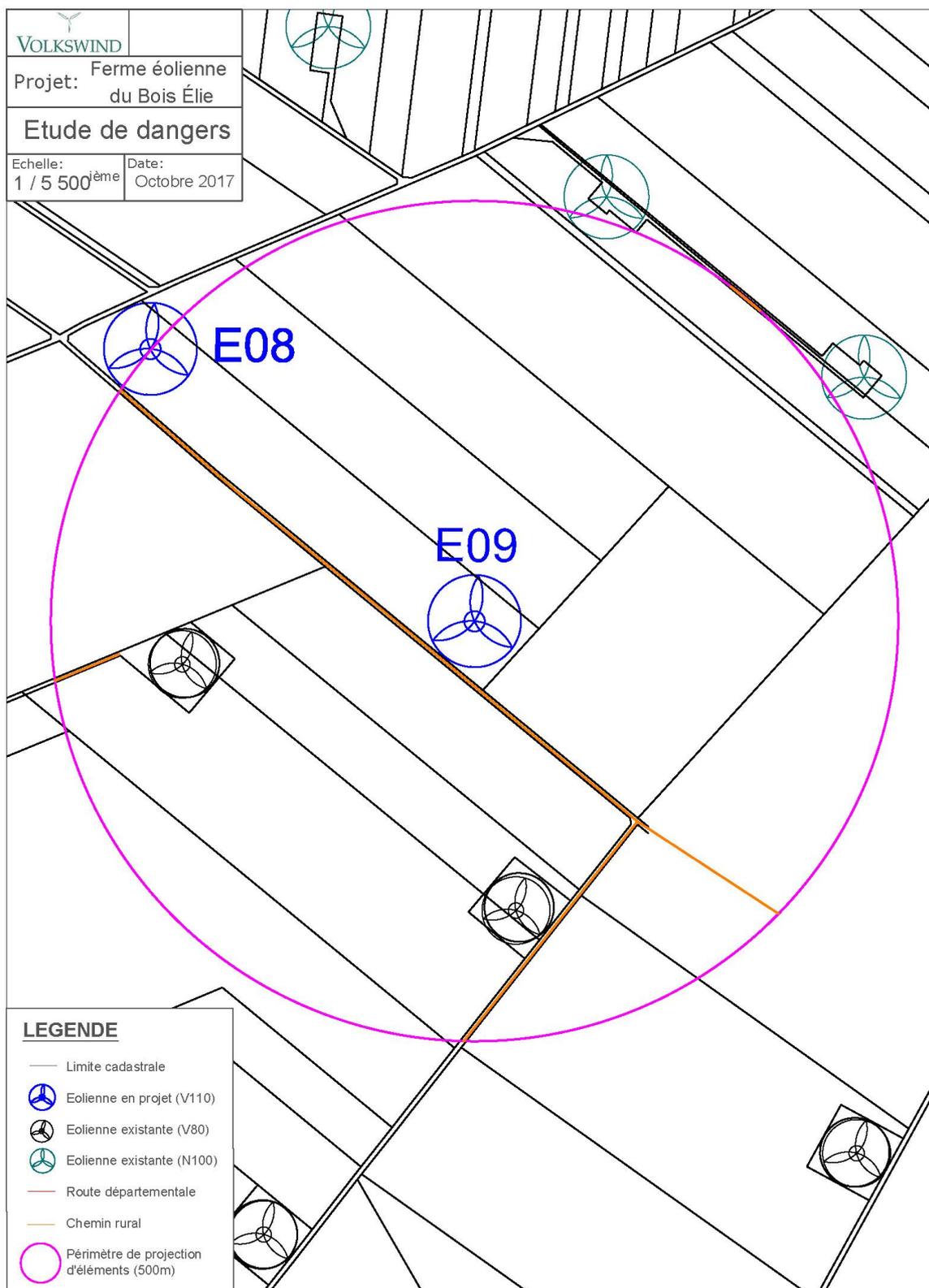
## Etude de Dangers - Ferme Eolienne du Bois Elie



- Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairie, bois) : 1 personne/100ha sur 769 298 m<sup>2</sup>
- Terrains aménagés mais peu fréquentés (chemins ruraux) : 1 personne/10ha sur 16 100 m<sup>2</sup>
- Voies de circulation structurantes ( > 2000 véhicules/jour) : 0,4 personne permanente par kilomètre exposé par tranche de 100 véhicules/jour, sur 0 m

**Nombre de personnes exposées dans la zone d'étude : 0,93**

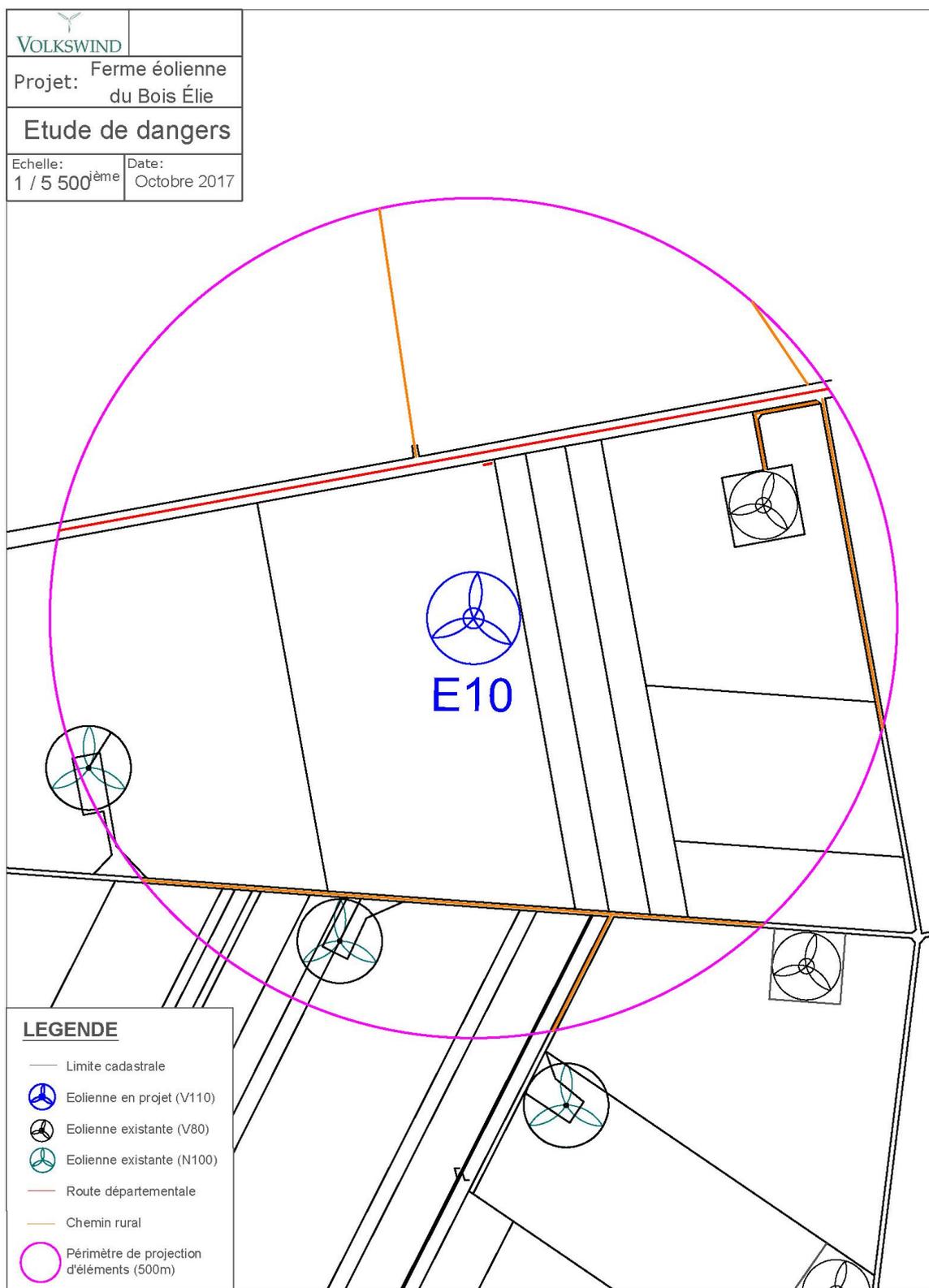
## Etude de Dangers - Ferme Eolienne du Bois Elie



- Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairie, bois) : 1 personne/100ha sur 778 113 m<sup>2</sup>
- Terrains aménagés mais peu fréquentés (chemins ruraux) : 1 personne/10ha sur 7 285 m<sup>2</sup>
- Voies de circulation structurantes ( > 2000 véhicules/jour) : 0,4 personne permanente par kilomètre exposé par tranche de 100 véhicules/jour, sur 0 m

**Nombre de personnes exposées dans la zone d'étude : 0,85**

## Etude de Dangers - Ferme Eolienne du Bois Elie



- Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairie, bois) : 1 personne/100ha sur 769 712 m<sup>2</sup>
- Terrains aménagés mais peu fréquentés (chemins ruraux) : 1 personne/10ha sur 15 686 m<sup>2</sup>
- Voies de circulation structurantes ( > 2000 véhicules/jour) : 0,4 personne permanente par kilomètre exposé par tranche de 100 véhicules/jour, la RD927 étant concernée sur 923 m avec 3 176 véhicules/jour en 2014, dont 572 poids lourds

**Nombre de personnes exposées dans la zone d'étude : 12,59**

### Etude de Dangers - Ferme Eolienne du Bois Elie

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.

<b>Projection de pale ou de fragment de pale de V110 (zone de 500 m autour de chaque éolienne)</b>		
<i>Eoliennes</i>	<i>Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)</i>	<i>Gravité</i>
E01	0,8874	Modérée
E02	0,8775	Modérée
E03	0,8822	Modérée
E04	0,8814	Modérée
E05	0,8334	Modérée
E06	0,8731	Modérée
E07	0,9101	Modérée
E08	0,9303	Modérée
E09	0,8510	Modérée
E10	12,5878	Importante

Neuf des dix éoliennes du parc du Bois Elie ont une gravité qualifiée de « modérée ». L'éolienne E10 en revanche présente une gravité qualifiée d'importante de par sa proximité avec une voie de circulation structurante : la départementale D927 fréquentée par 3 176 véhicules par jour en 2014 (source : DGAI, Direction des routes, Service de l'exploitation routière). Les autres routes départementales concernées par le projet, la D935 et la D27, sont considérées non structurantes (< 2000 véhicules/jour) avec respectivement 1 891 et 820 véhicules par jours (dont respectivement 265 et 90 poids lourds par jour).

#### ❖ Probabilité

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

Source	Fréquence	Justification
Site specific hazard assessment for a wind farm project [4]	$1 \times 10^{-6}$	Respect de l'Eurocode EN 1990 – Basis of structural design
Guide for risk based zoning of wind turbines [5]	$1, 1 \times 10^{-3}$	Retour d'expérience au Danemark (1984-1992) et en Allemagne (1989-2001)
Specification of minimum distances [6]	$6,1 \times 10^{-4}$	Recherche Internet des accidents entre 1996 et 2003

Ces valeurs correspondent à des classes de probabilité de « B », « C » ou « E ».

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

Ces événements correspondent également à la définition qualitative de l'arrêté du 29 Septembre 2005 d'une probabilité « C » : « *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* ».

## Etude de Dangers - Ferme Eolienne du Bois Elie

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

Néanmoins, les dispositions constructives des éoliennes ayant fortement évolué, le niveau de fiabilité est aujourd'hui bien meilleur. Des mesures de maîtrise des risques supplémentaires ont été mises en place notamment :

- les dispositions de la norme IEC 61 400-1
- les dispositions des normes IEC 61 400-24 et EN 62 305-3 relatives à la foudre
- système de détection des survitesses et un système redondant de freinage
- système de détection des vents forts et un système redondant de freinage et de mise en sécurité des installations – un système adapté est installé en cas de risque cyclonique
- utilisation de matériaux résistants pour la fabrication des pales (fibre de verre ou de carbone, résines, etc.)

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

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

### ❖ Acceptabilité

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

Conséquence	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important		<b>E10</b>			
Sérieux					
Modéré		<b>E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8, E9</b>			

Légende de la matrice

Niveau de risque	Couleur	Acceptabilité
Risque très faible		acceptable
Risque faible		acceptable
Risque important		non acceptable

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

### VIII.2.5. Projection de glace

#### ❖ Zone d'effet

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

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

$$\text{Distance d'effet} = 1,5 \times (\text{hauteur de moyeu} + \text{diamètre de rotor})$$

Cette distance de projection est jugée conservatrice dans des études postérieures [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 m<sup>2</sup>) et la superficie de la zone d'effet du phénomène.

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de glace dans le cas du parc éolien du Bois Elie.  $d$  est le degré d'exposition,  $Z_i$  la zone d'impact,  $Z_E$  la zone d'effet,  $R$  la longueur de pale,  $D$  le diamètre du rotor ( $D = 2 \cdot R = 110$  m),  $H$  la hauteur au moyeu ( $H = 80$  m), et  $SG$  est la surface du morceau de glace majorant (1 m<sup>2</sup>).

<b>Projection de morceaux de glace</b>				
<b>(dans un rayon de <math>R_{PG} = 1,5 \times (H+D)</math> autour de l'éolienne)</b>				
<i>Eoliennes</i>	<i>Zone d'impact</i> $Z_i = SG$	<i>Zone d'effet du phénomène étudié</i> $Z_E = \pi \times (1,5 \times (H+D))^2$	<i>Degré d'exposition du phénomène étudié en %</i> $d = Z_i / Z_E$	<i>Intensité</i>
E01 à E10	1 m <sup>2</sup>	255 176 m <sup>2</sup>	0,0004 (< 1 %)	<b>Exposition modérée</b>

#### ❖ Gravité

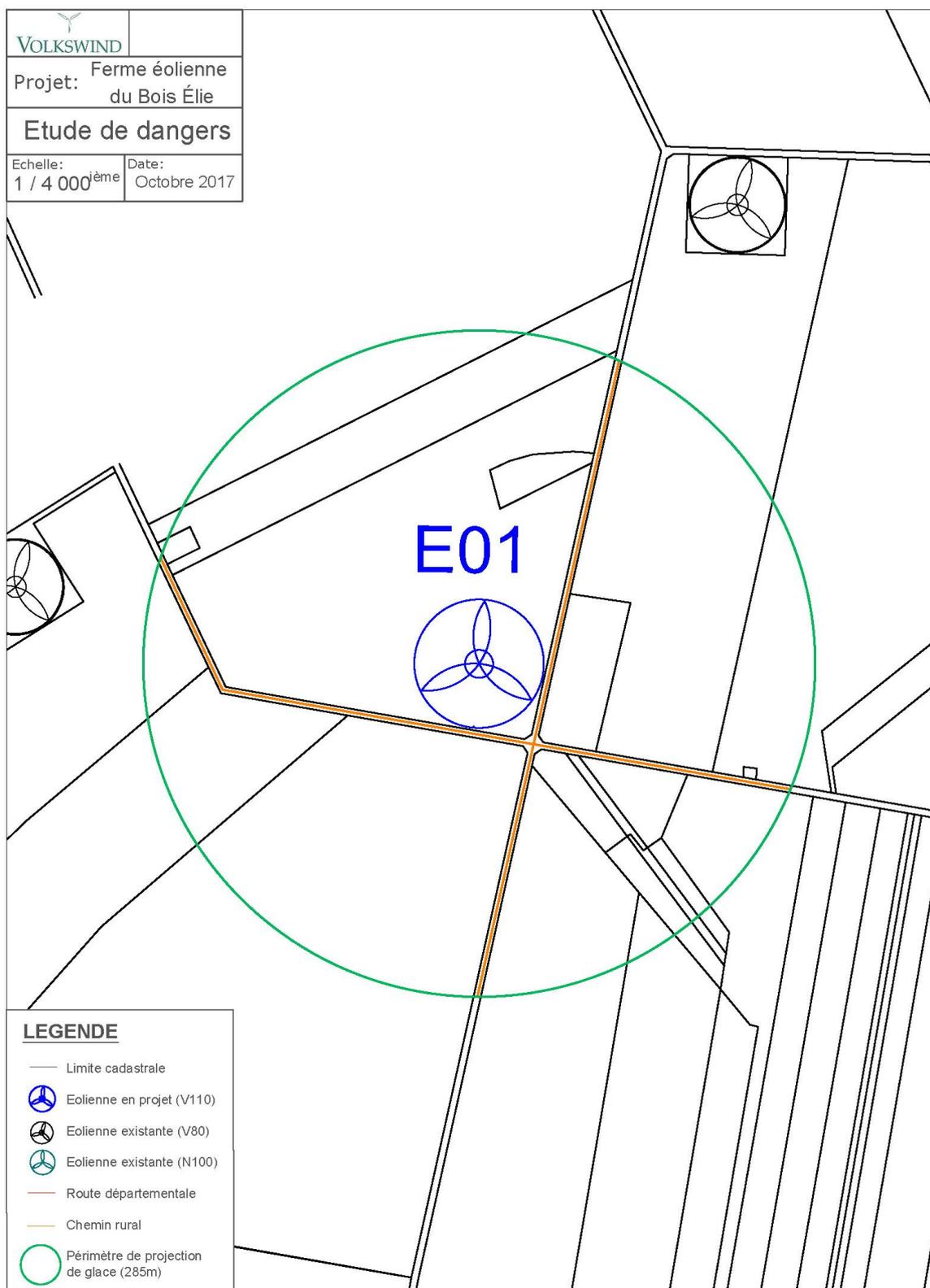
En fonction de cette intensité et des définitions issues du paragraphe VIII.1.3., il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de projection de glace, dans la zone d'effet de ce phénomène :

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

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

## Etude de Dangers - Ferme Eolienne du Bois Elie

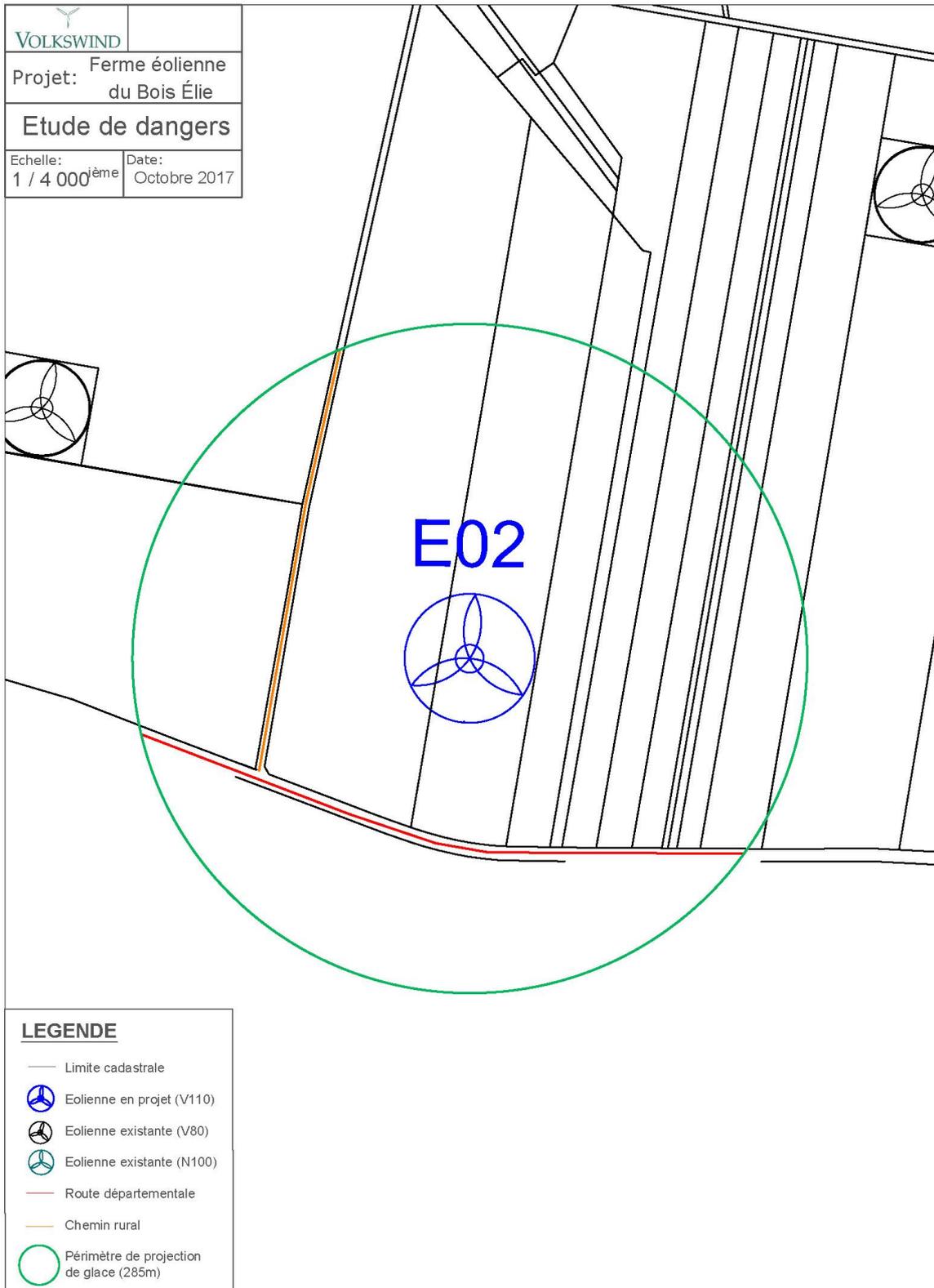
Le périmètre d'étude R<sub>PG</sub> est un cercle d'un rayon de 285 m pour les dix machines. Les plans ci-dessous détaillent par éolienne la nature des terrains. Ceci permet de définir les personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène de projection de glace et la gravité associée.



- Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairie, bois) : 1 personne/100ha sur 249 321 m<sup>2</sup>
- Terrains aménagés mais peu fréquentés (chemins ruraux) : 1 personne/10ha sur 5 855 m<sup>2</sup>

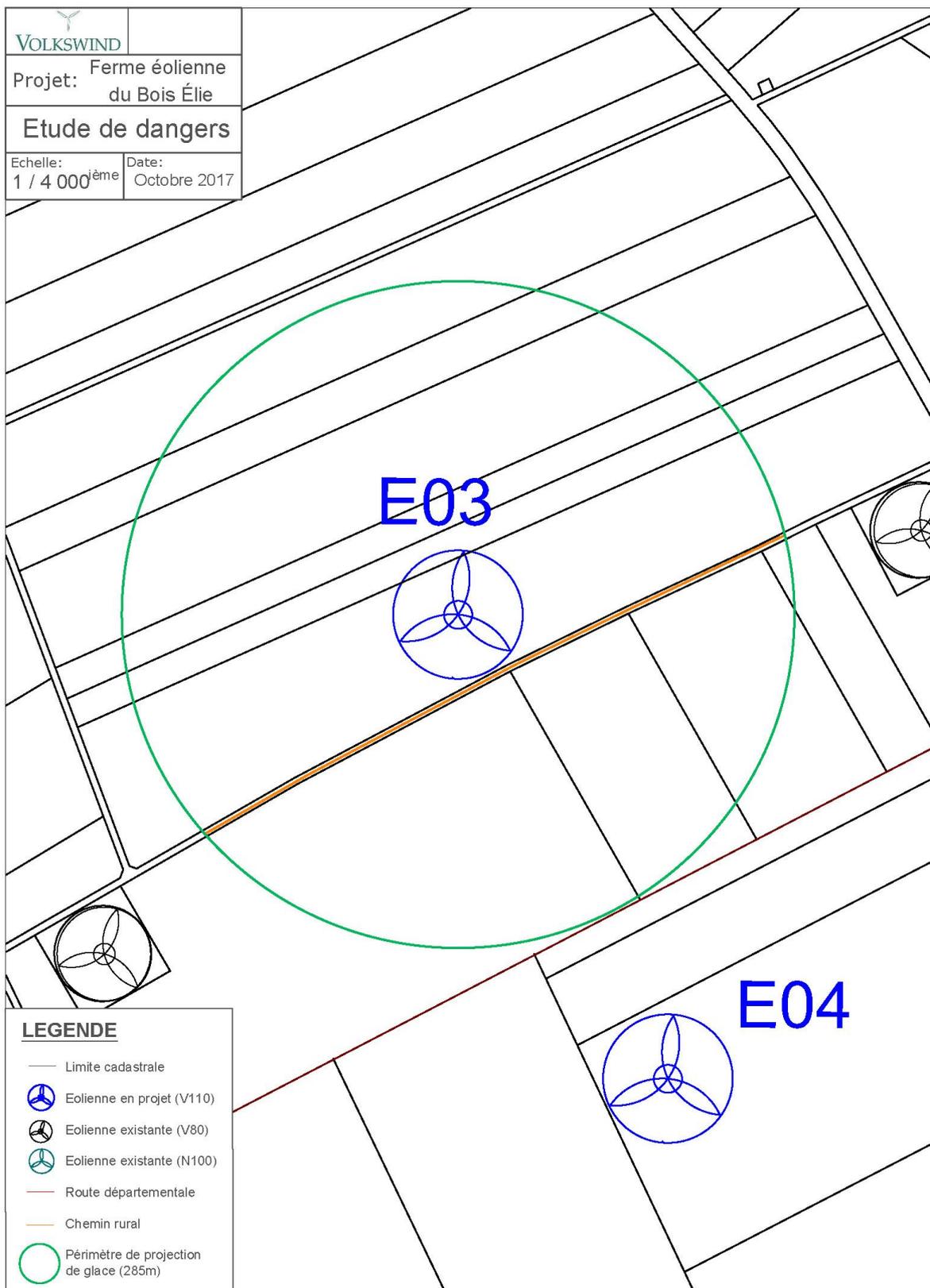
**Nombre de personnes exposées dans la zone d'étude : 0,31**

## Etude de Dangers - Ferme Eolienne du Bois Elie



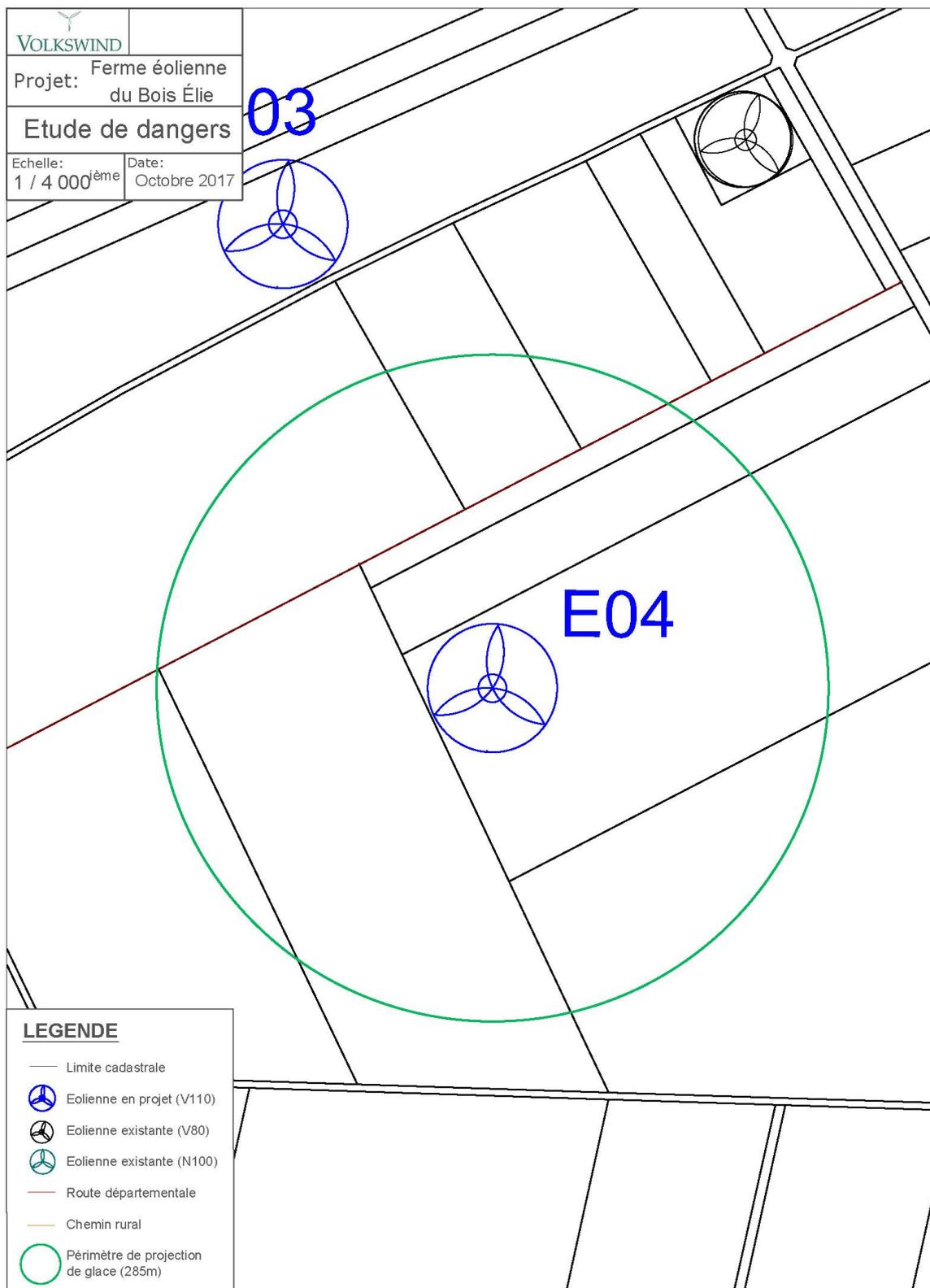
- Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairie, bois) : 1 personne/100ha sur 249 669 m<sup>2</sup>
- Terrains aménagés mais peu fréquentés (chemins ruraux) : 1 personne/10ha sur 5 507 m<sup>2</sup> dont la RD27
- Voies de circulation structurantes (> 2000 véhicules/jour) : 0,4 personne permanente par kilomètre exposé par tranche de 100 véhicules/jour, la RD27 n'étant pas concernée avec 820 véhicules/jour de 2012 à 2013, dont 90 poids lourds

**Nombre de personnes exposées dans la zone d'étude : 0,27**



- Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairie, bois) : 1 personne/100ha sur 252 406 m<sup>2</sup>
- Terrains aménagés mais peu fréquentés (chemins ruraux) : 1 personne/10ha sur 2 770 m<sup>2</sup>

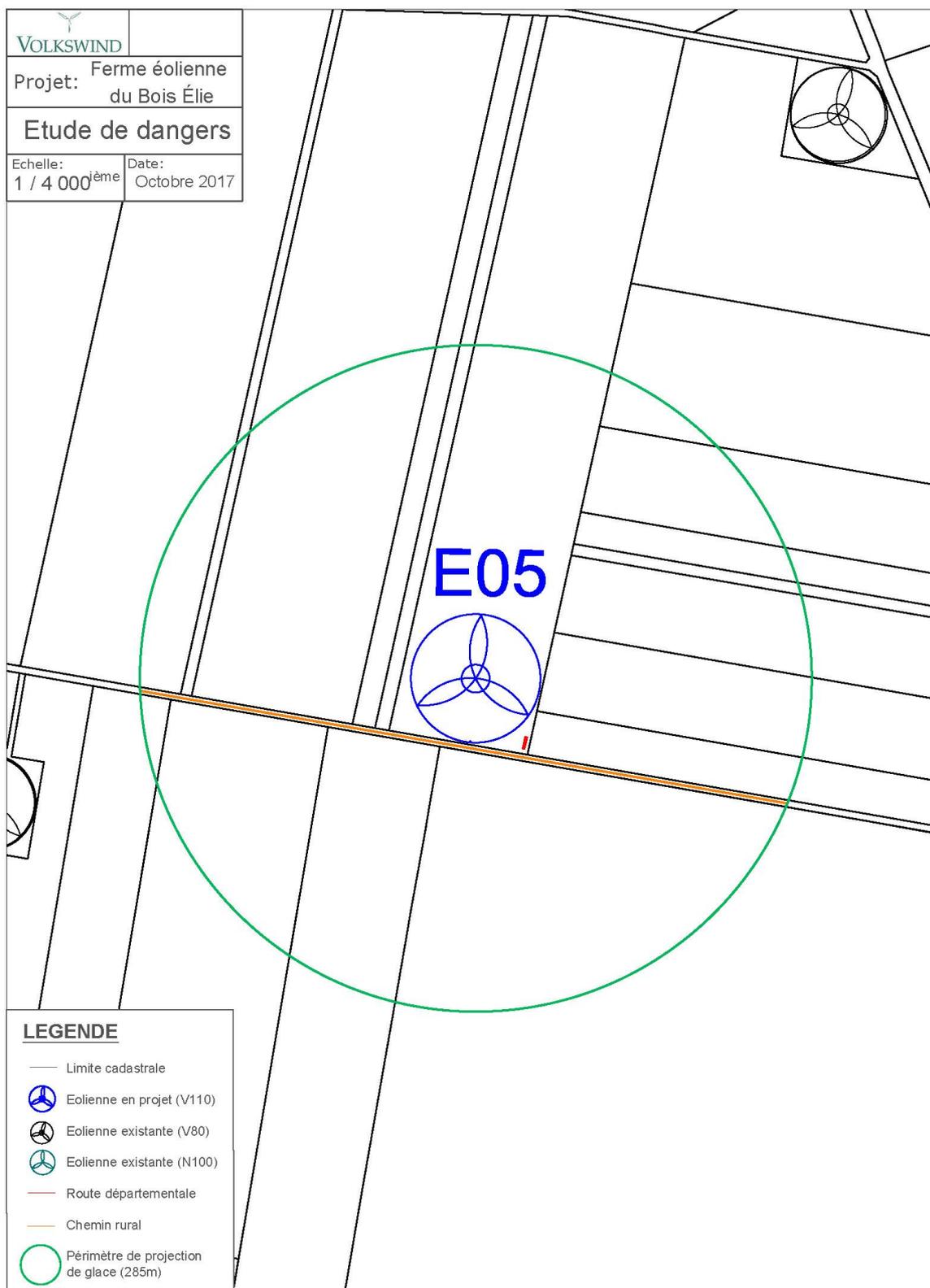
**Nombre de personnes exposées dans la zone d'étude : 0,28**



- Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairie, bois) : 1 personne/100ha sur 255 176 m<sup>2</sup>
- Terrains aménagés mais peu fréquentés (chemins ruraux) : 1 personne/10ha sur 0 m<sup>2</sup>

**Nombre de personnes exposées dans la zone d'étude : 0,26**

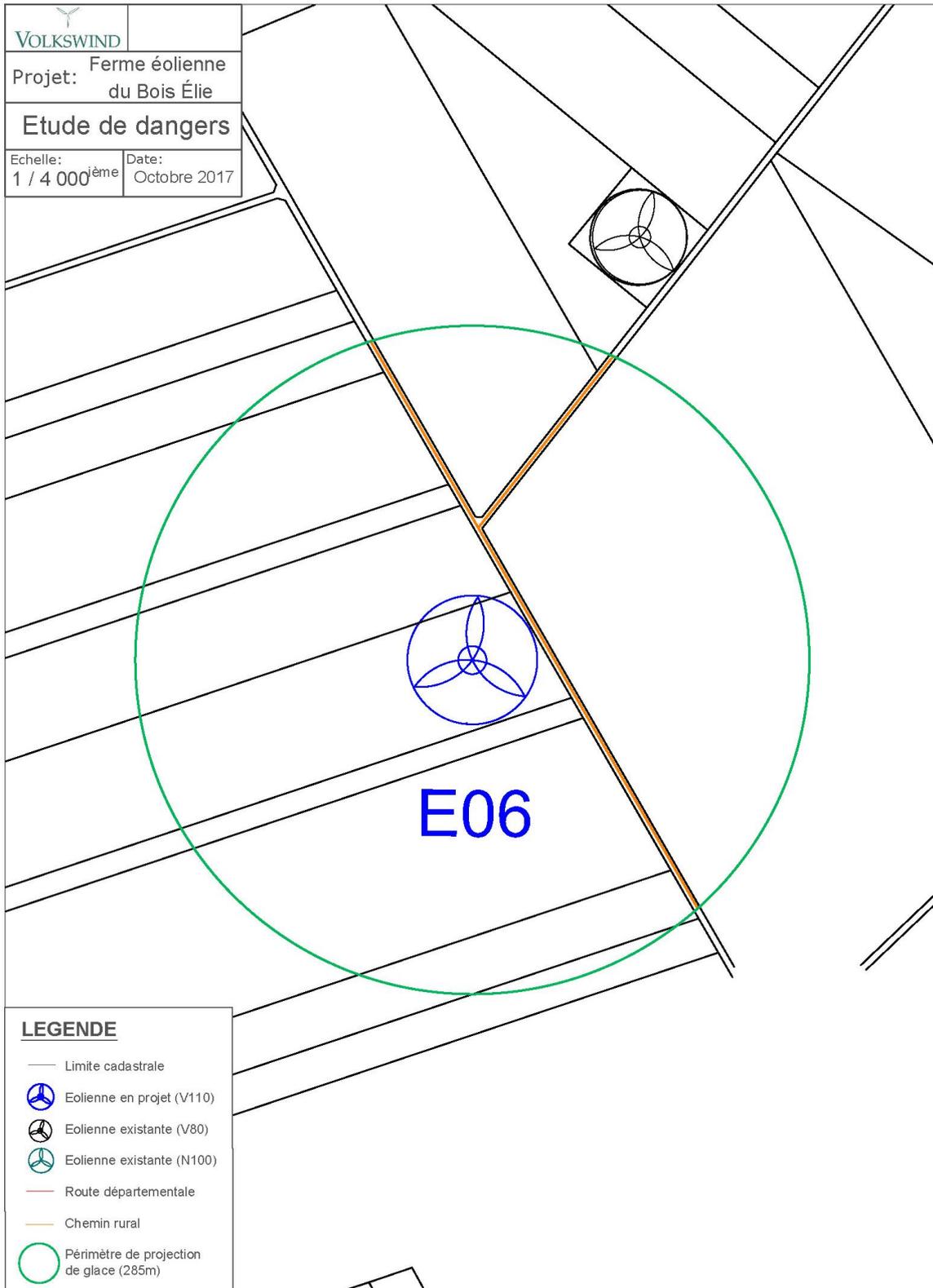
## Etude de Dangers - Ferme Eolienne du Bois Elie



- Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairie, bois) : 1 personne/100ha sur 252 391 m<sup>2</sup>
- Terrains aménagés mais peu fréquentés (chemins ruraux) : 1 personne/10ha sur 2 785 m<sup>2</sup>

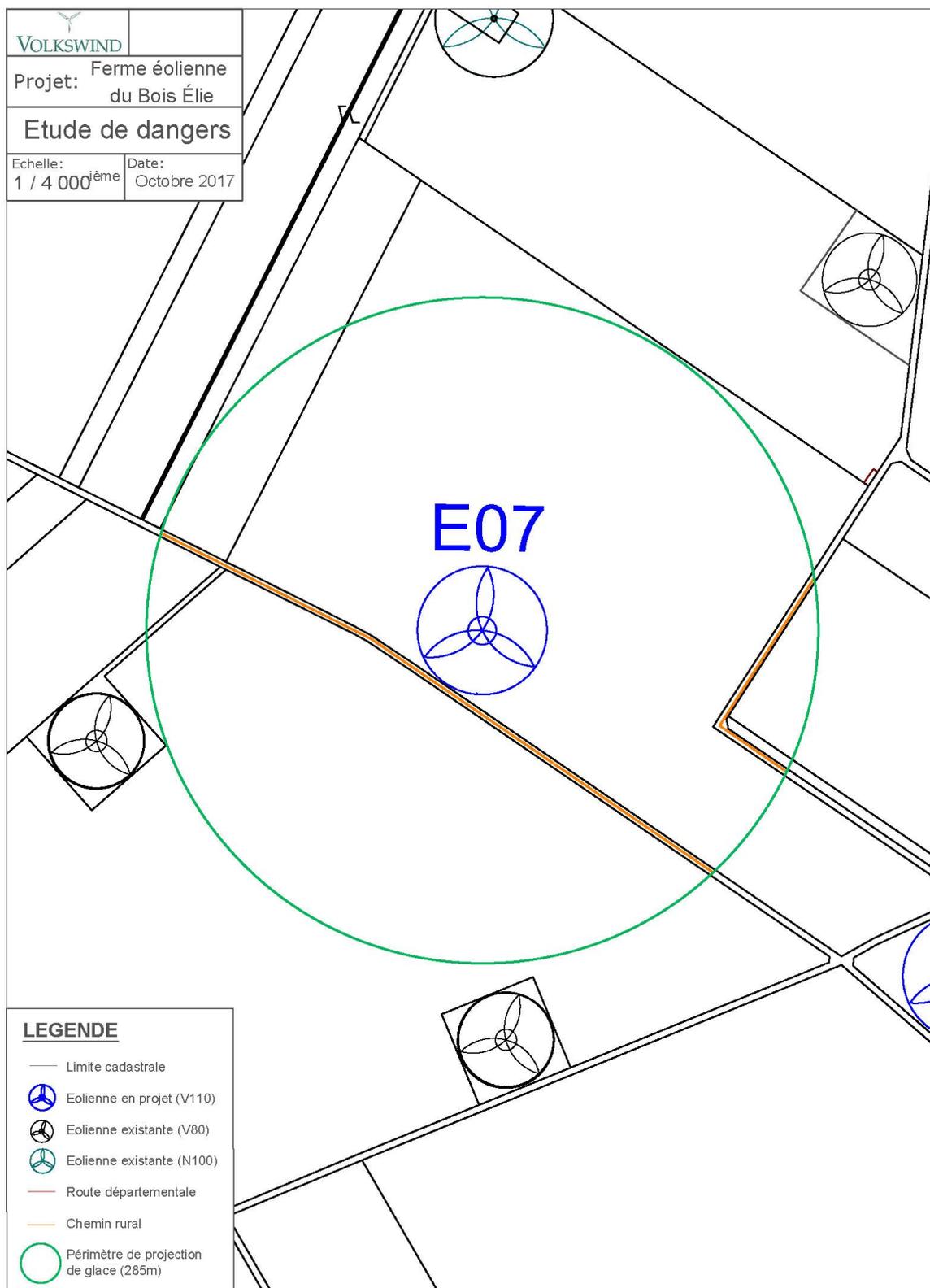
**Nombre de personnes exposées dans la zone d'étude : 0,28**

**Etude de Dangers - Ferme Eolienne du Bois Elie**



- Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairie, bois) : 1 personne/100ha sur 251 466 m<sup>2</sup>
- Terrains aménagés mais peu fréquentés (chemins ruraux) : 1 personne/10ha sur 3 710 m<sup>2</sup>

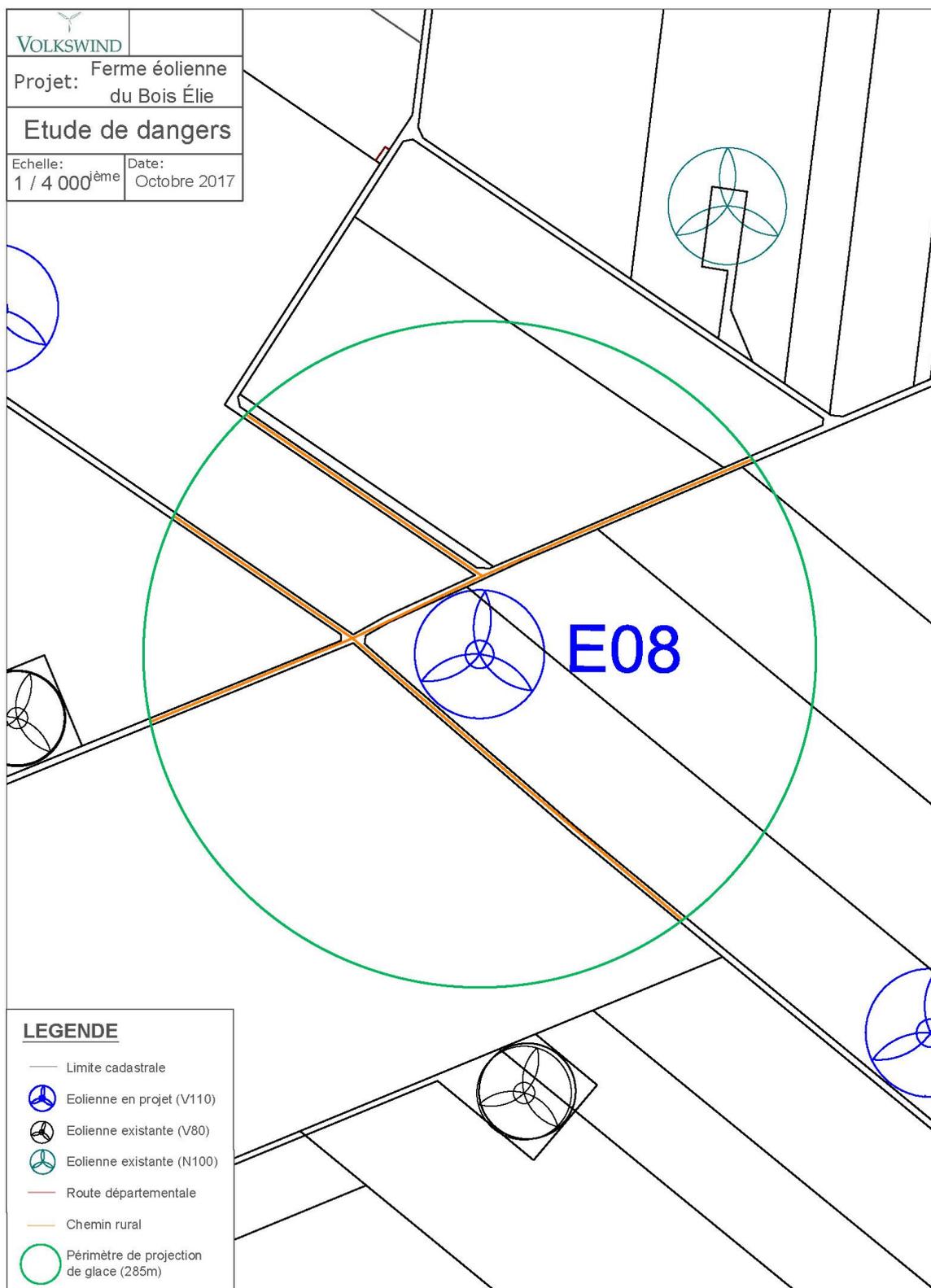
**Nombre de personnes exposées dans la zone d'étude : 0,29**



- Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairie, bois) : 1 personne/100ha sur 251 326 m<sup>2</sup>
- Terrains aménagés mais peu fréquentés (chemins ruraux) : 1 personne/10ha sur 3 850 m<sup>2</sup>

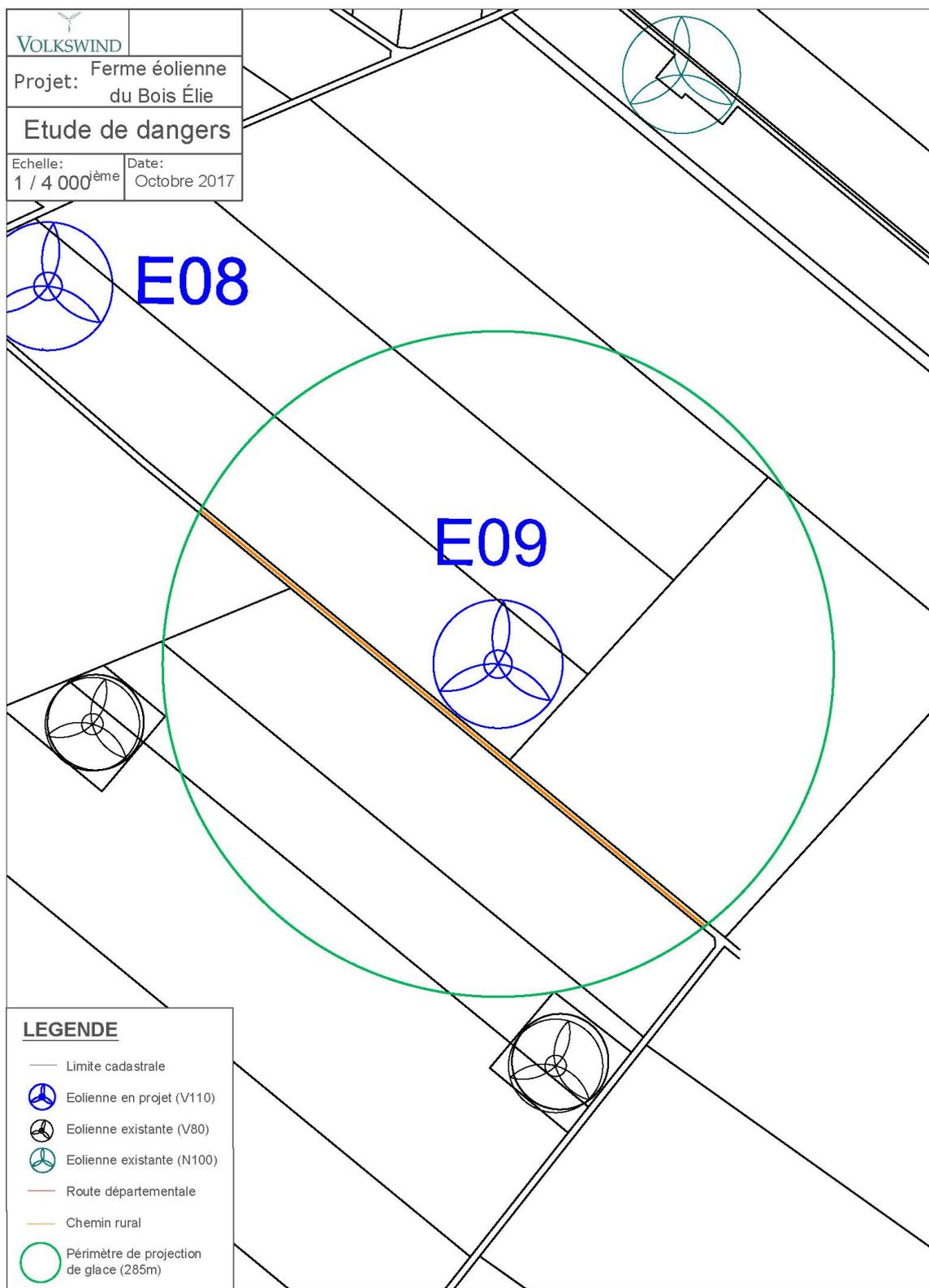
**Nombre de personnes exposées dans la zone d'étude : 0,29**

## Etude de Dangers - Ferme Eolienne du Bois Elie



- Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairie, bois) : 1 personne/100ha sur 248 411 m<sup>2</sup>
- Terrains aménagés mais peu fréquentés (chemins ruraux) : 1 personne/10ha sur 6 765 m<sup>2</sup>

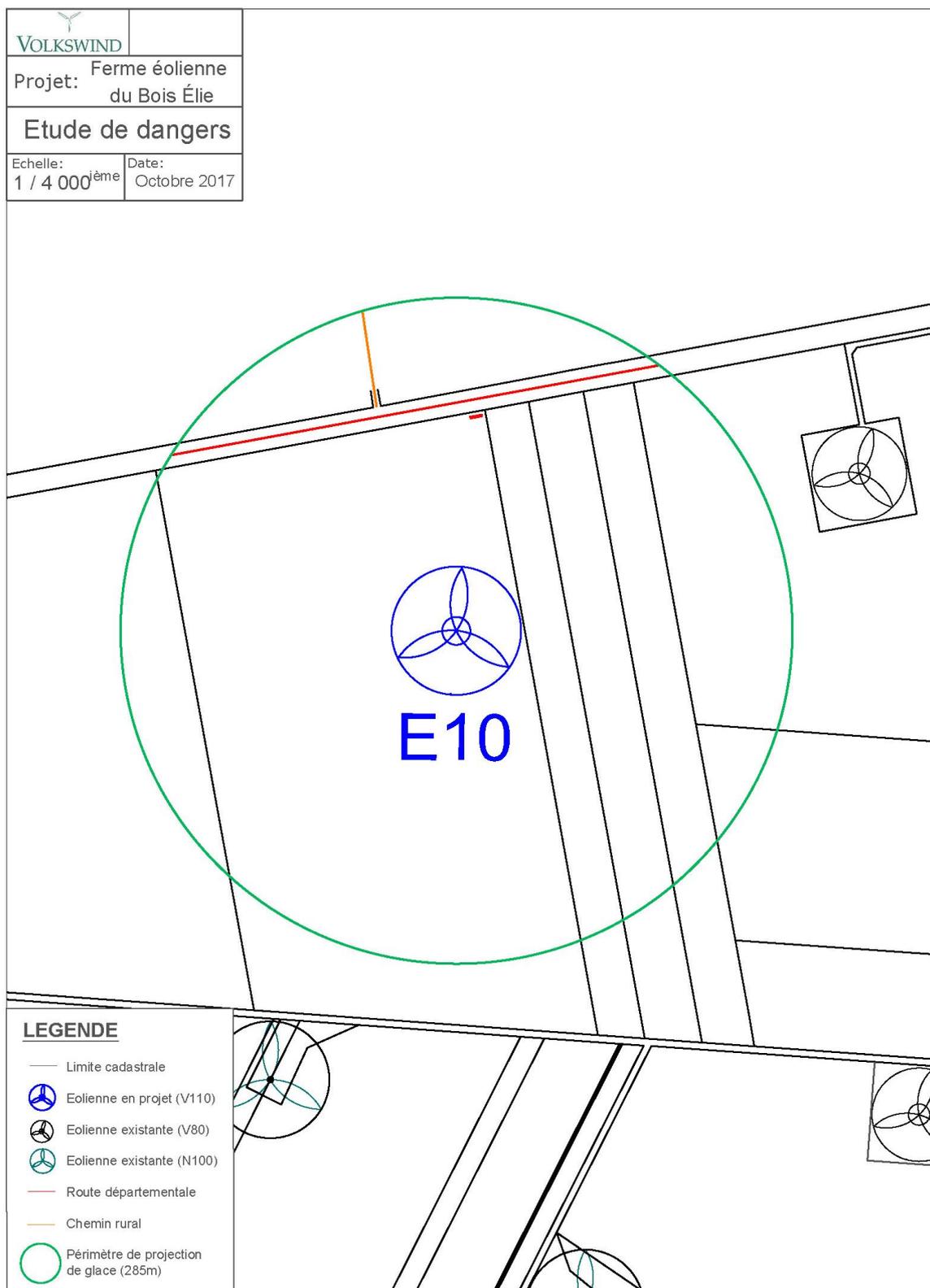
**Nombre de personnes exposées dans la zone d'étude : 0,32**



- Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairie, bois) : 1 personne/100ha sur 252 391 m<sup>2</sup>
- Terrains aménagés mais peu fréquentés (chemins ruraux) : 1 personne/10ha sur 2 785 m<sup>2</sup>

**Nombre de personnes exposées dans la zone d'étude : 0,28**

## Etude de Dangers - Ferme Eolienne du Bois Elie



- Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairie, bois) : 1 personne/100ha sur 251 819 m<sup>2</sup>
- Terrains aménagés mais peu fréquentés (chemins ruraux) : 1 personne/10ha sur 410 m<sup>2</sup>
- Voies de circulation structurantes (> 2000 véhicules/jour) : 0,4 personne permanente par kilomètre exposé par tranche de 100 véhicules/jour, la RD927 étant concernée sur 421 m avec 3 176 véhicules/jour en 2014, dont 572 poids lourds

**Nombre de personnes exposées dans la zone d'étude : 5,60**

### Etude de Dangers - Ferme Eolienne du Bois Elie

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.

<b>Projection de morceaux de glace</b> <b>(dans un rayon de <math>R_{PG} = 1,5 \times (H+2R)</math> autour de l'éolienne)</b>		
<i>Eolienne</i>	<i>Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)</i>	<i>Gravité</i>
E01	0,3079	Modérée
E02	0,2679	Modérée
E03	0,2801	Modérée
E04	0,2552	Modérée
E05	0,2802	Modérée
E06	0,2886	Modérée
E07	0,2898	Modérée
E08	0,3161	Modérée
E09	0,2802	Modérée
E10	5,6043	Sérieuse

#### ❖ Probabilité

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

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

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

❖ **Acceptabilité**

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

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

Conséquence	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux				E10	
Modéré				E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8, E9	

Légende de la matrice

Niveau de risque	Couleur	Acceptabilité
Risque très faible		acceptable
Risque faible		acceptable
Risque important		non acceptable

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

### VIII.3. Synthèse de l'étude détaillée des risques

#### VIII.3.1. Tableaux de synthèse des scénarios étudiés

Le tableau suivant récapitule, pour chaque événement redouté central retenu, les paramètres de risques : la cinétique, l'intensité, la gravité et la probabilité.

SYNTHESE					
Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité
Effondrement de l'éolienne	Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale Soit un rayon de 135m	Rapide	Exposition modérée	D (pour des éoliennes récentes, comme c'est le cas ici) <sup>3</sup>	Modérée pour l'ensemble des éoliennes
Chute de glace	Zone de survol Soit un rayon de 55m <sup>4</sup>	Rapide	Exposition modérée	A Sauf si les températures hivernales sont supérieures à 0°C	Modérée pour l'ensemble des éoliennes
Chute d'éléments de l'éolienne	Zone de survol Soit un rayon de 55m <sup>5</sup>	Rapide	Exposition modérée	C	Modérée pour l'ensemble des éoliennes
Projection de pales ou fragments de pales	500 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	D (pour des éoliennes récentes, comme c'est le cas ici) <sup>6</sup>	Modérée pour les éoliennes E01 à E09 Importante pour l'éolienne E10
Projection de glace	1,5 x (H + D) autour de l'éolienne Soit un rayon de 285m	Rapide	Exposition modérée	B Sauf si les températures hivernales sont supérieures à 0°C	Modérée pour les éoliennes E01 à E09 Sérieuse pour l'éolienne E10

<sup>3</sup> Voir paragraphe VIII.2.1 page 68

<sup>4</sup> Voir paragraphe VIII.2.2 page 82

<sup>5</sup> Voir paragraphe VIII.2.3 page 85

<sup>6</sup> Voir paragraphe VIII.2.4 page 88

**VIII.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 quant à l'acceptabilité, la matrice de criticité ci-dessous, adaptée de la circulaire du 29 septembre 2005 et reprise dans la circulaire du 10 mai 2010 sera utilisée.

Conséquence	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important		<i>Projection d'éléments (E10)</i>			
Sérieux				<i>Projection de glace (E10)</i>	
Modéré		<i>Effondrement + Projection d'éléments (hormis E10)</i>	<i>Chute d'éléments</i>	<i>Projection de glace (hormis E10)</i>	<i>Chute de glace</i>

Légende de la matrice

Niveau de risque	Couleur	Acceptabilité
Risque très faible		acceptable
Risque faible		acceptable
Risque important		non acceptable

Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée que :

- aucun accident n'apparaît dans les cases rouges de la matrice ;
- Trois accidents figurent en case jaune. Pour ces accidents, il est rappelé dans le tableau ci-dessous les fonctions de sécurité prévues pour ce parc détaillées dans la partie VII.6.

Evénement	Nombre de personnes exposées	Mesures de sécurité	Niveau de risque
Chute de glace  /  Projection de glace	0,011 pour chaque éolienne  /  5,6 pour l'éolienne E10 (< 1 pour les autres éoliennes)	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace (fonction de sécurité n°1)  Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace (fonction de sécurité n°2) Panneautage en pied de machine, éloignement des zones habitées et fréquentées.	Acceptable

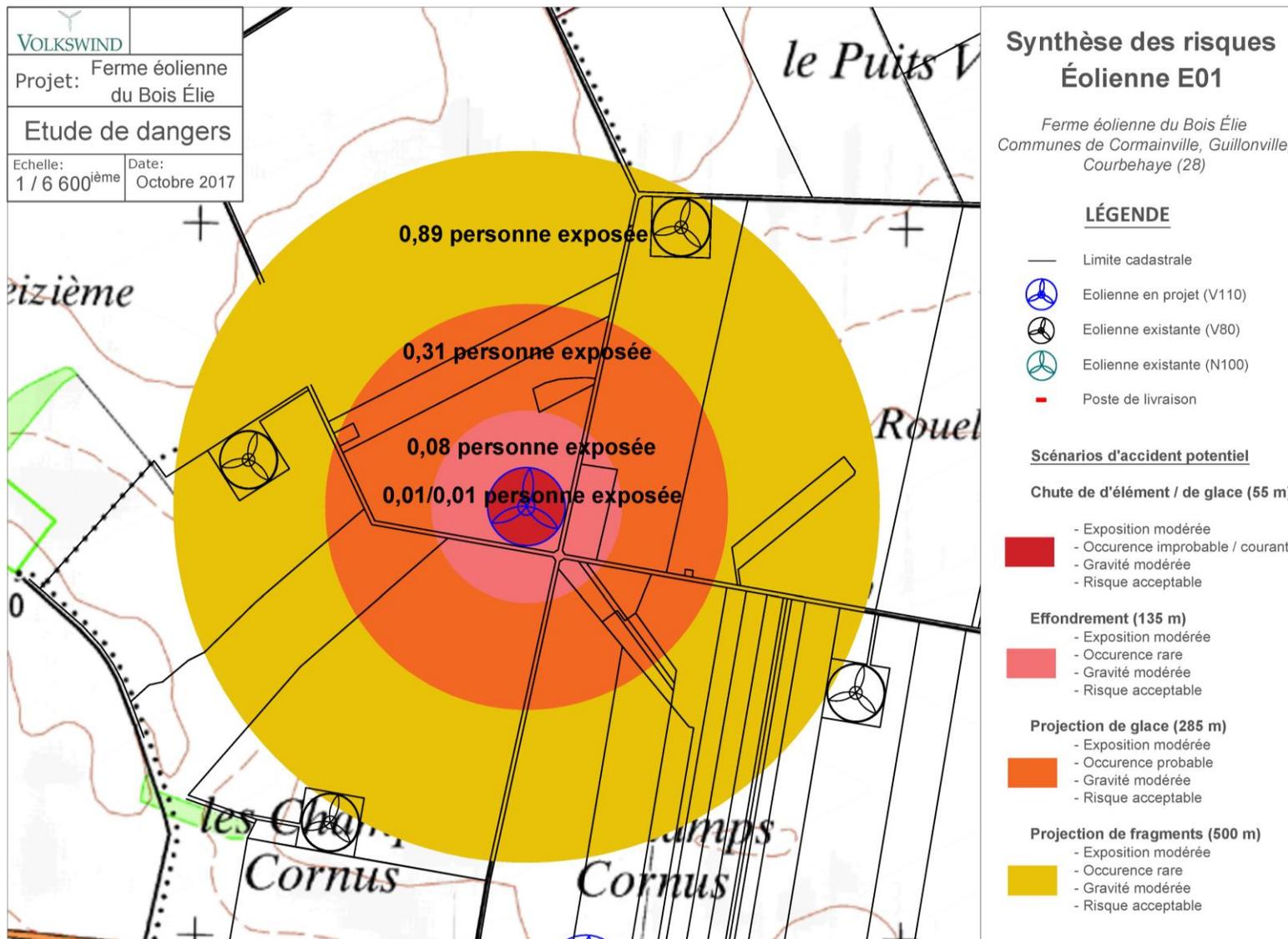
**Etude de Dangers - Ferme Eolienne du Bois Elie**

Evénement	Nombre de personnes exposées	Mesures de sécurité	Niveau de risque
Projection d'éléments	12,59 pour l'éolienne E10 ( < 1 pour les autres éoliennes)	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (fonction de sécurité n°3)  Prévenir la survitesse (fonction de sécurité n°4)  Prévenir les effets de la foudre (fonction de sécurité n°6)  Prévenir les erreurs de maintenance (fonction de sécurité n°10)  Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort (fonction de sécurité n°11)  Empêcher la perte de contrôle de l'éolienne en cas de défaillance réseau (fonction de sécurité n°12)  Prévenir la dégradation de l'état des équipements (fonction de sécurité n°13)	Acceptable

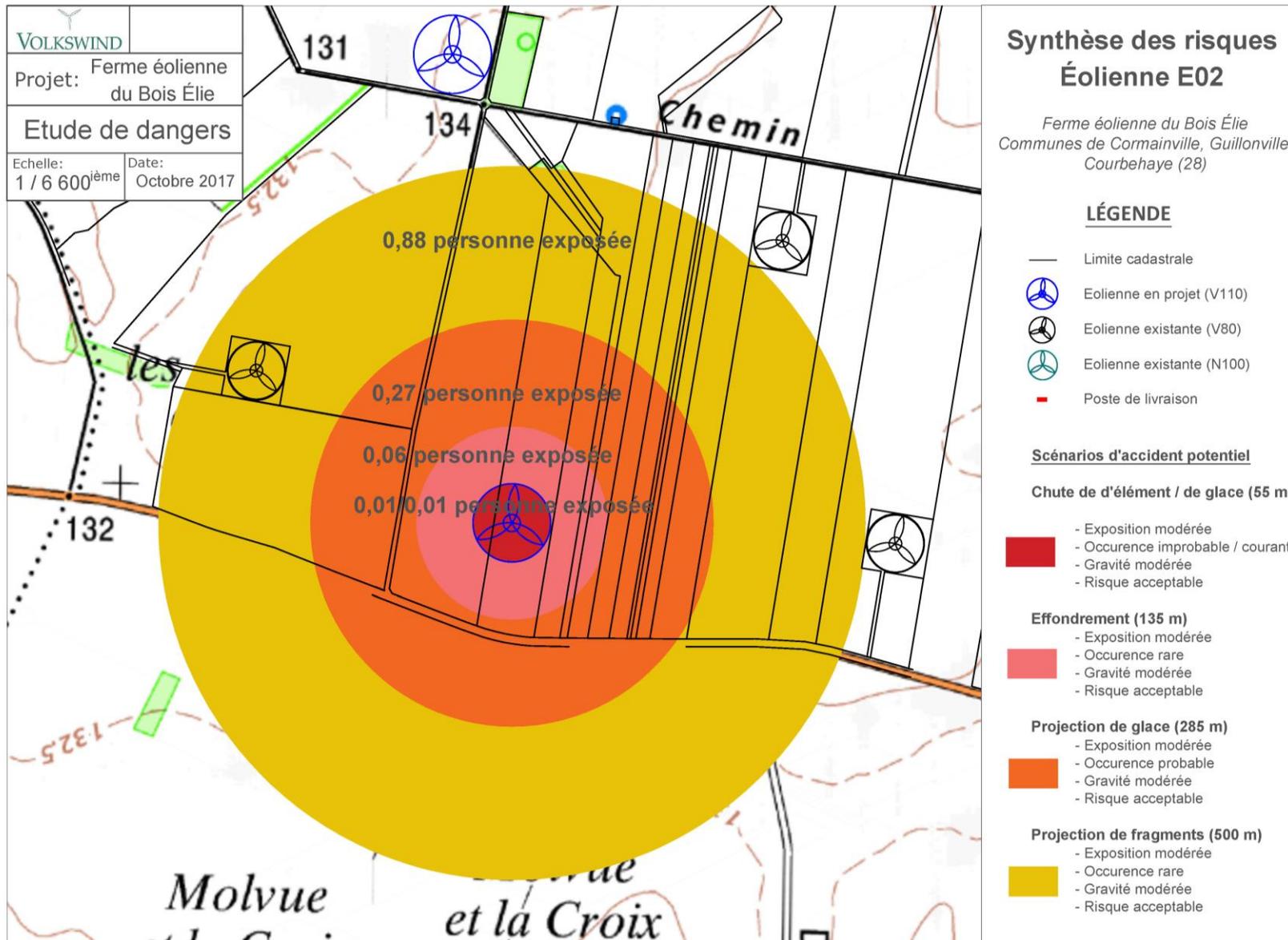
**VIII.3.3. Cartographie des risques**

Les cartes de synthèse ci-dessous sont proposées pour chacun des aérogénérateurs. Elles font apparaître, pour les scénarios détaillés dans le tableau de synthèse.

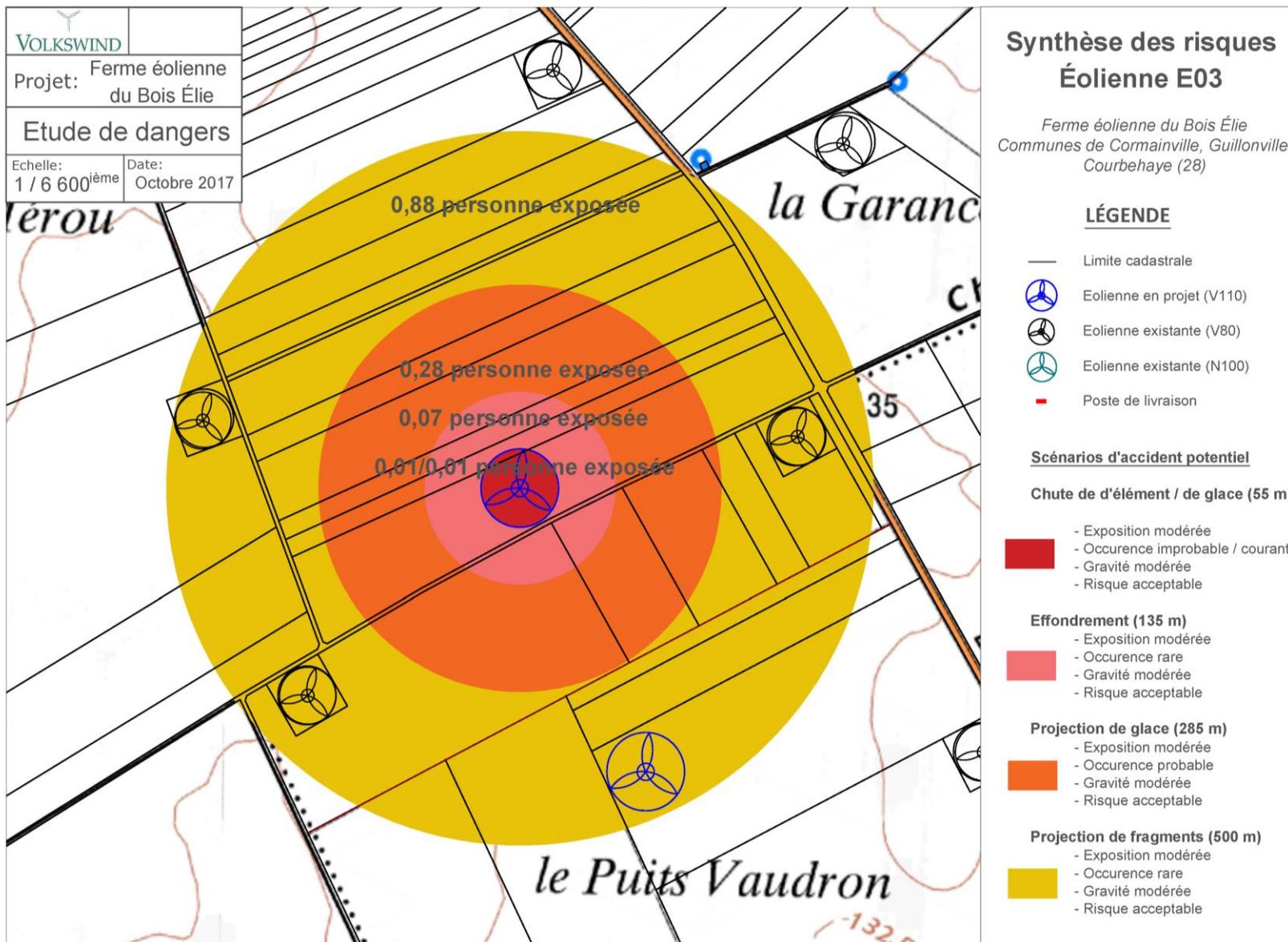
- les enjeux étudiés dans l'étude détaillée des risques,
- l'intensité des différents phénomènes dangereux dans les zones d'effet de chaque phénomène dangereux
- le nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) exposées par zone d'effet



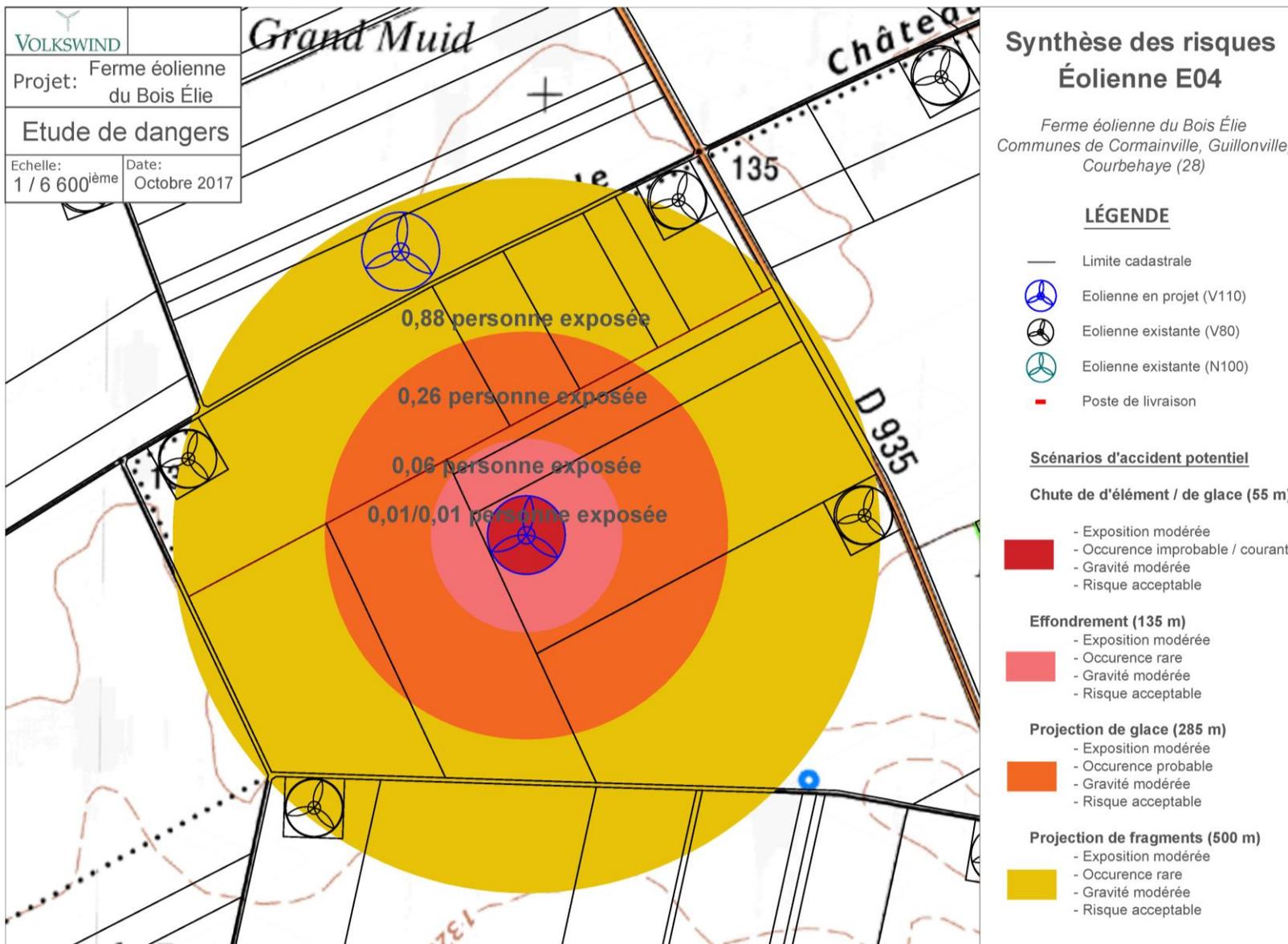
Carte 19 : Synthèse des risques pour l'éolienne E1



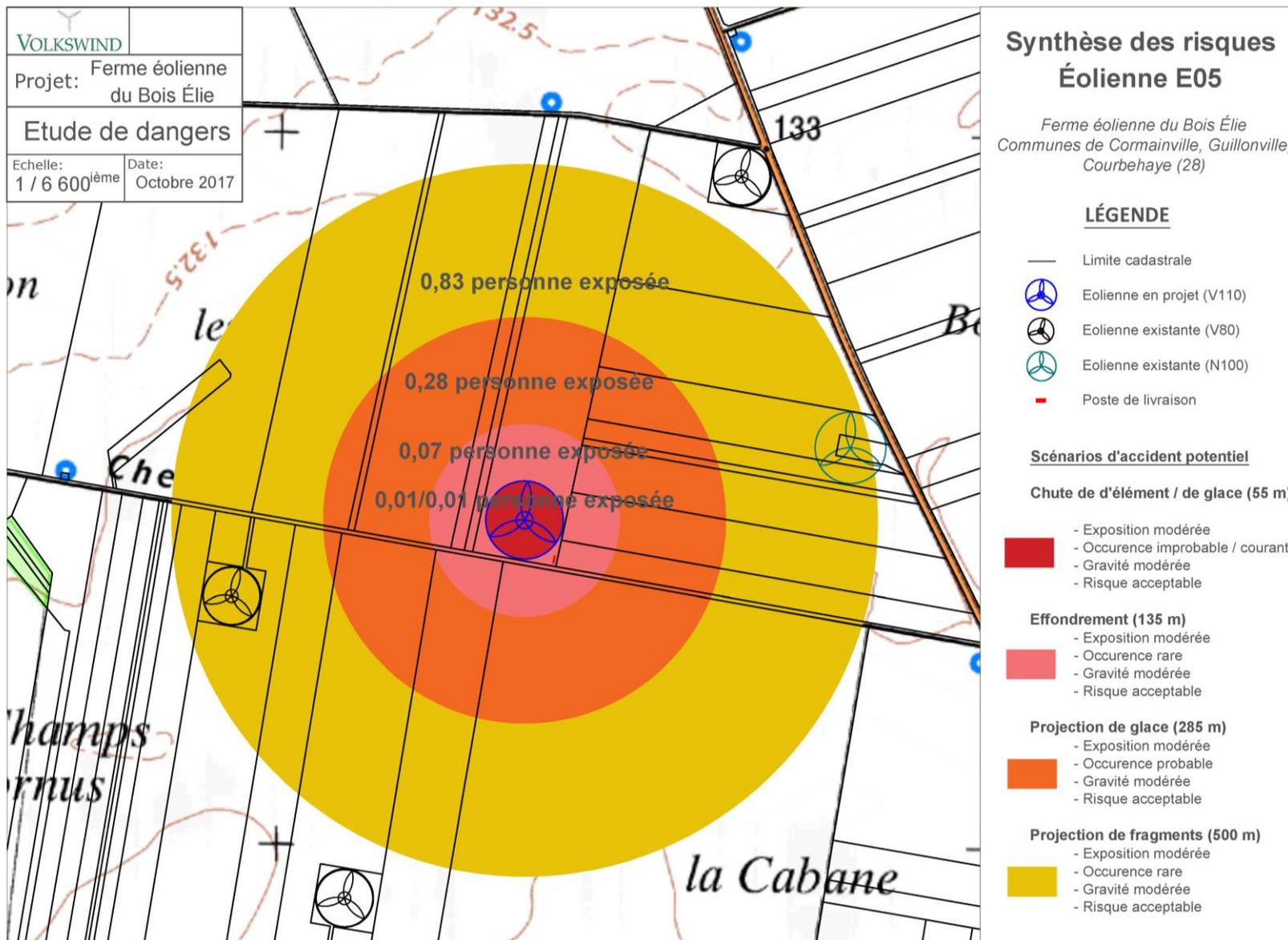
Carte 20 : Synthèse des risques pour l'éolienne E2



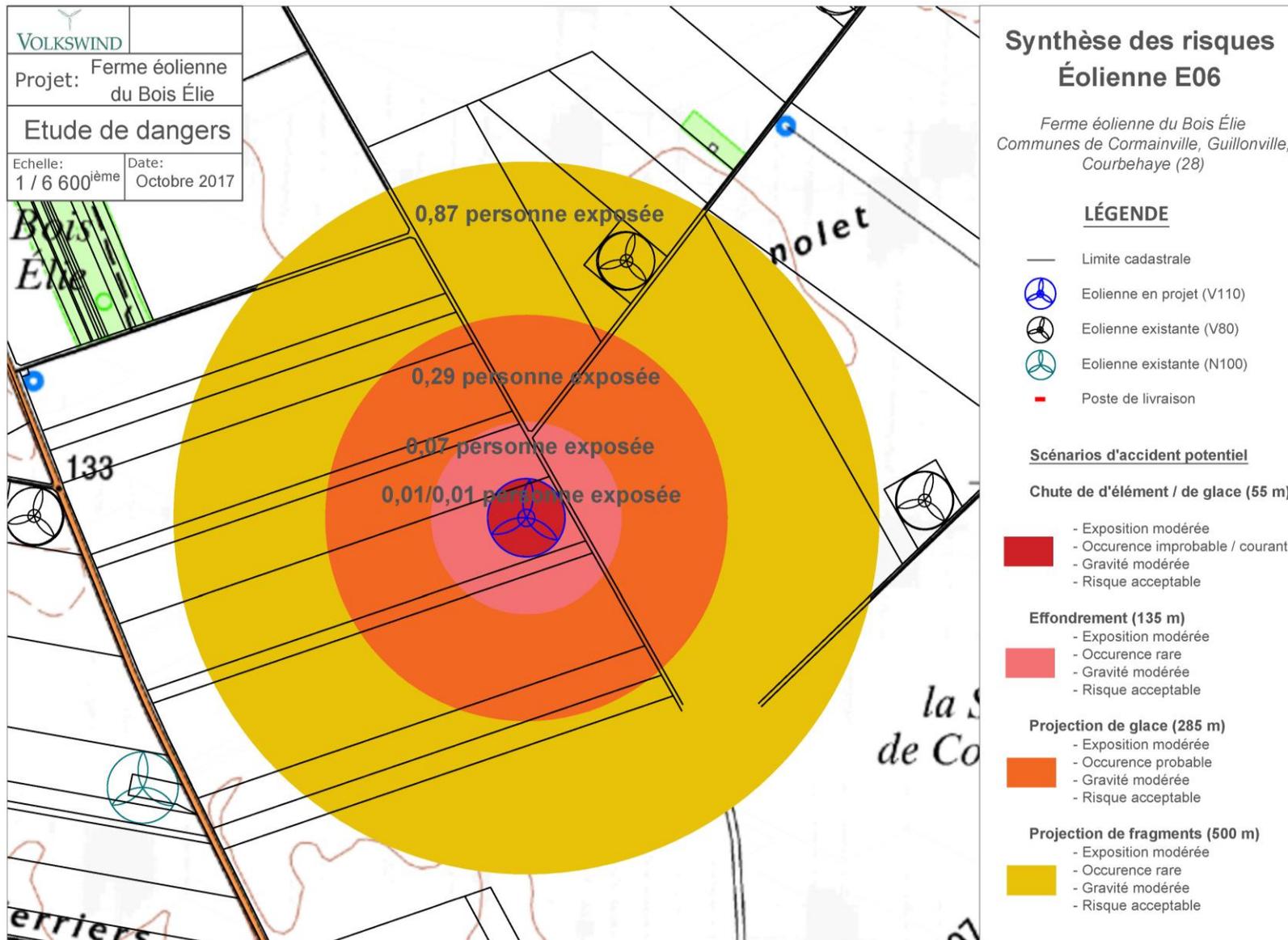
Carte 21 : Synthèse des risques pour l'éolienne E3



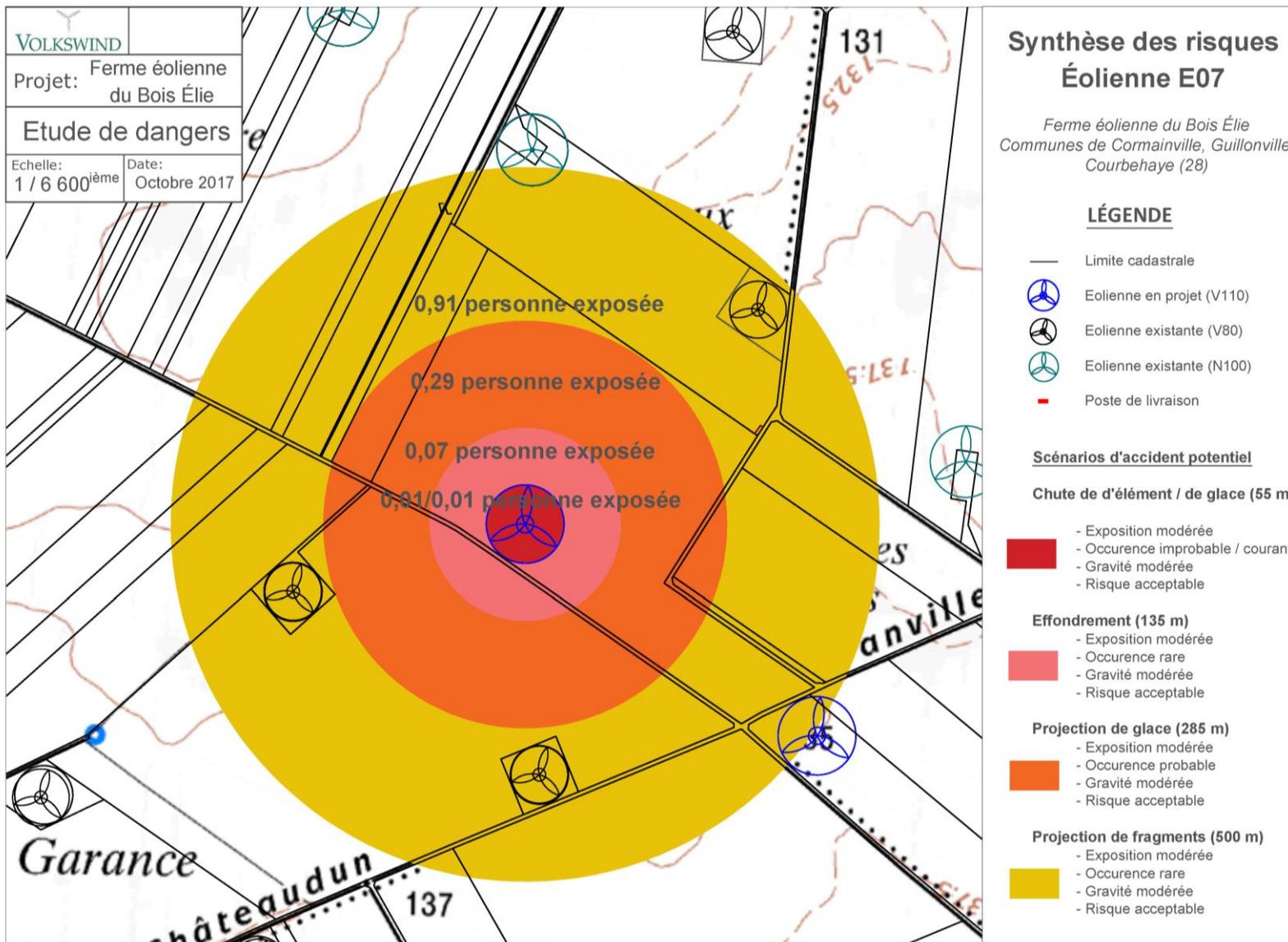
Carte 22 : Synthèse des risques pour l'éolienne E4



Carte 23 : Synthèse des risques pour l'éolienne E5

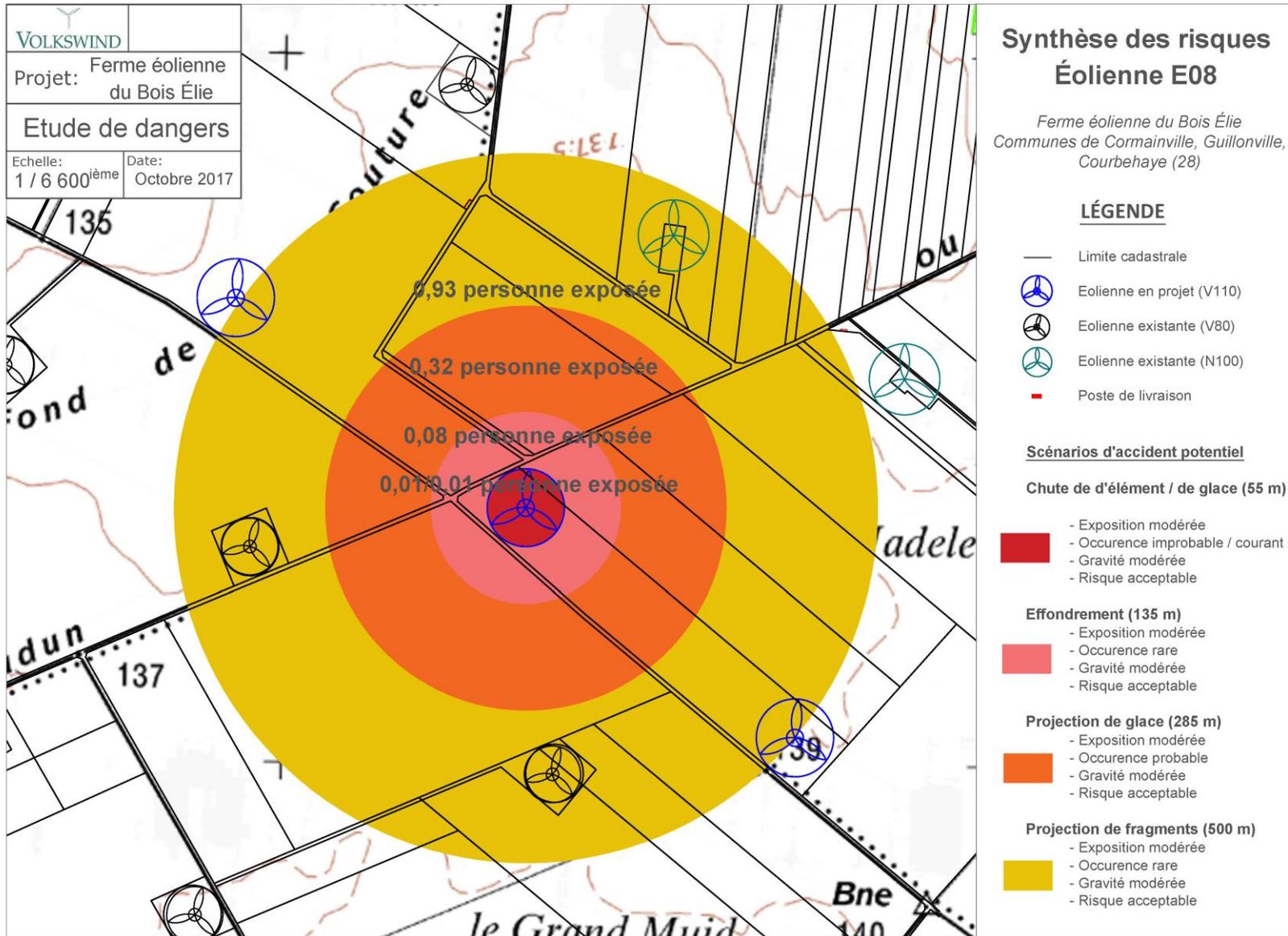


Carte 24 : Synthèse des risques pour l'éolienne E6

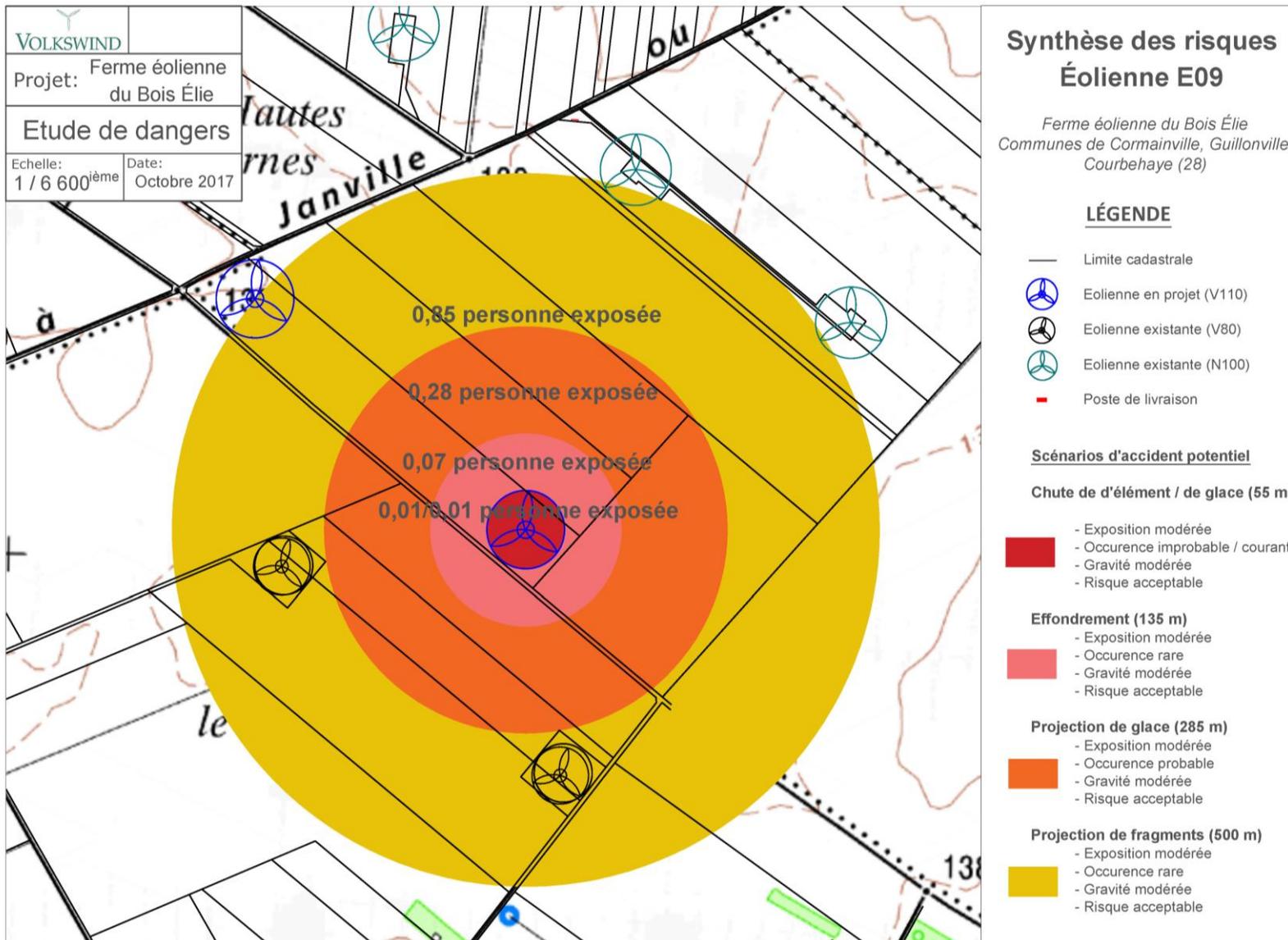


Carte 25 : Synthèse des risques pour l'éolienne E7

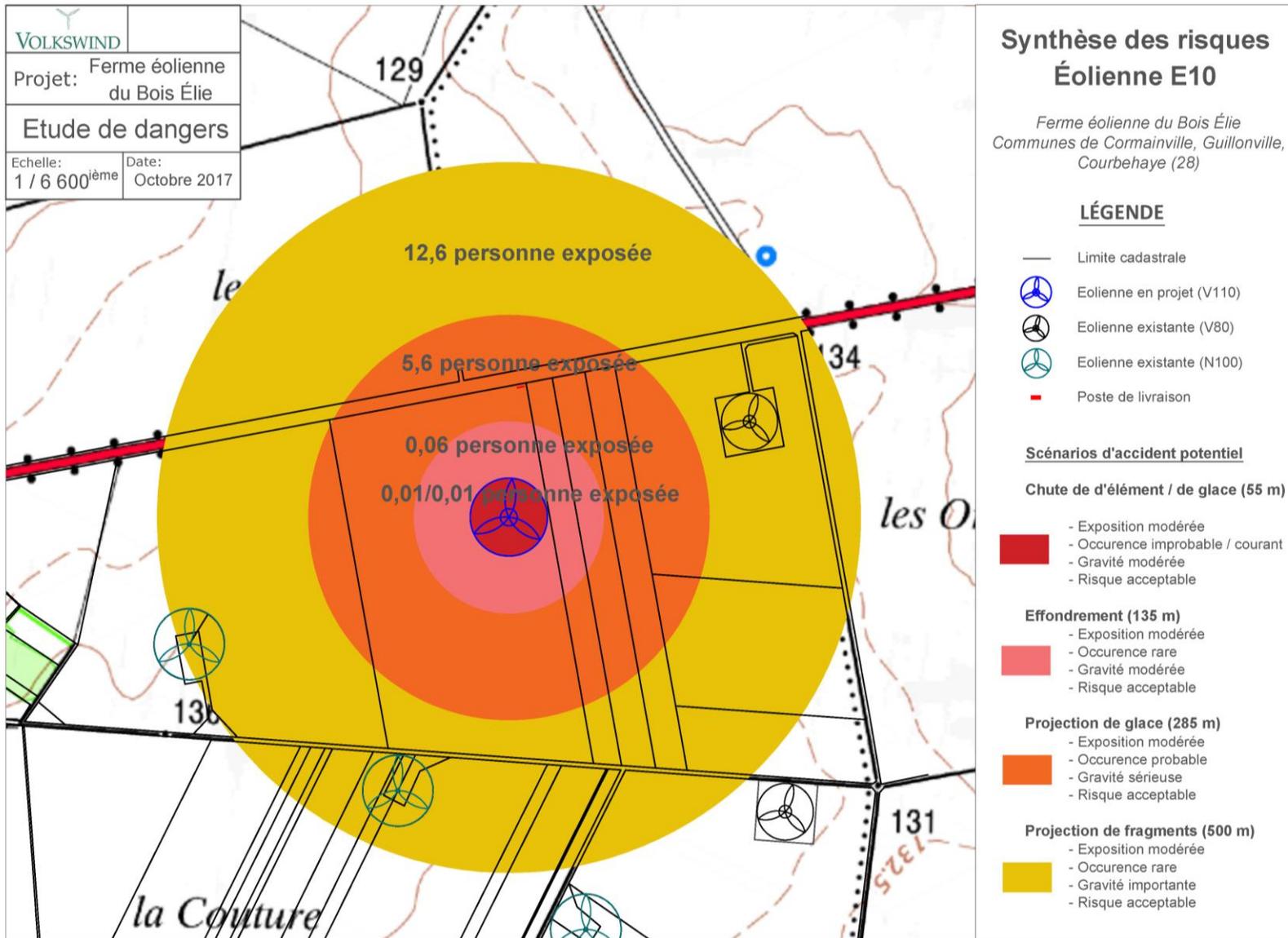
Etude de Dangers - Ferme Eolienne du Bois Elie



Carte 26 : Synthèse des risques pour l'éolienne E8



Carte 27 : Synthèse des risques pour l'éolienne E9



Carte 28 : Synthèse des risques pour l'éolienne E10

## IX. 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 avis des organismes consultés (aviation militaire, civile, etc). L'ensemble des cibles humaines dans le périmètre d'étude ont été identifiées et quantifiées.

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 de mettre en lumière les événements accidentels au niveau national et international. Il en ressort que l'incendie, l'effondrement, la rupture de pale et la chute d'éléments sont les principaux accidents.

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'étude 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.

Le calcul d'un niveau d'intensité (en fonction du ratio entre la zone d'impact et la zone d'effet du phénomène étudié) et l'estimation d'un niveau de gravité (en fonction du nombre de personnes exposées), associé à une probabilité d'occurrence (issue de la bibliographie) pour chaque scénario permet de définir si le risque est acceptable ou non.

L'ensemble des scénarios étudiés présentent une gravité modérée, à l'exception de l'éolienne E10, proche d'une voie de communication structurante, pour laquelle la gravité est jugée sérieuse pour le risque de projection de glace et importante pour le risque de projection de fragment de pale.

Deux mesures de sécurité sont prévues pour prévenir du risque de chute et de projection de glace. En effet des panneaux d'informations seront installés sur les chemins d'accès aux éoliennes, en amont de la zone d'effet, ainsi qu'un système de détection ou de déduction de la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur accompagné d'un arrêt automatique.

Par ailleurs, trois mesures de sécurité permettront de prévenir du risque de projection d'éléments, à savoir : prévenir la survitesse, prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort, et empêcher la perte de contrôle de l'éolienne en cas de défaillance réseau.

L'ensemble ces scénarios étudiés présentent un risque « acceptable ».

Le scénario de fuite d'huile avec risque d'infiltration dans le sol n'a pas été traité dans l'analyse détaillée des risques car les volumes de substances susceptibles d'être libérés dans le sol restent mineurs. D'autre part, un bac de rétention permettant de récupérer l'intégralité des hydrocarbures (graisses et huiles) présents notamment dans la nacelle sont présents sur chaque éolienne. Enfin, en cas d'écoulement accidentel hors de l'éolienne (pendant les vidanges par exemple), des solutions de dépollution sont également prévues.

En conclusion, les éléments exposés par la présente étude de dangers montrent objectivement que les risques résiduels sont acceptables sur le site choisi.

## **Annexe 1 – 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 III.4), de comptabiliser les enjeux humains présents dans les ensembles homogènes (terrains non bâtis, voies de circulation, zones habitées, ERP, zones industrielles, commerces...) situés dans l'aire d'étude de l'éolienne considérée.

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

### **Terrains non bâtis**

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

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

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

### **Voies de circulation**

## Etude de Dangers - Ferme Eolienne du Bois Elie

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

### Voies de circulation automobiles

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

*Exemple : 20 000 véhicules/jour sur une zone de 500 m =  $0,4 \times 0,5 \times 20\,000/100 = 40$  personnes.*

Nombre de personnes exposées sur voies de communication structurantes en fonction du linéaire et du trafic											
		Linéaire de route compris dans la zone d'effet (en m)									
		100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
Trafic (en véhicules/jour)	2 000	0,8	1,6	2,4	3,2	4	4,8	5,6	6,4	7,2	8
	3 000	1,2	2,4	3,6	4,8	6	7,2	8,4	9,6	10,8	12
	4 000	1,6	3,2	4,8	6,4	8	9,6	11,2	12,8	14,4	16
	5 000	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
	7 500	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
	10 000	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
	20 000	8	16	24	32	40	48	56	64	72	80
	30 000	12	24	36	48	60	72	84	96	108	120
	40 000	16	32	48	64	80	96	112	128	144	160
	50 000	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
	60 000	24	48	72	96	120	144	168	192	216	240
	70 000	28	56	84	112	140	168	196	224	252	280
80 000	32	64	96	128	160	192	224	256	288	320	
90 000	36	72	108	144	180	216	252	288	324	360	
100 000	40	80	120	160	200	240	280	320	360	400	

### Voies ferroviaires

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

### Voies navigables

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

### Chemins et voies piétonnes

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

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

## Logements

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

## **Etablissements recevant du public (ERP)**

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

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

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

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

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

## **Zones d'activité**

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

## Annexe 2 – 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 août 2017. L'analyse de ces données est présentée dans la partie VI. de la trame type de l'étude de dangers.

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

**Etude de Dangers - Ferme Eolienne du Bois Elie**

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Rupture de pale	25/02/2002	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pale en bois (avec inserts) sur une éolienne bipale	Tempête	Article de presse (La Dépêche du 26/03/2003)	Information peu précise
Rupture de pale	05/11/2003	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pales en bois (avec inserts) sur trois éoliennes. Morceaux de pales disséminés sur 100 m.	Dysfonctionnement du système de freinage	Rapport du CGM Article de presse (Midi Libre du 15/11/2003)	-
Effondrement	01/01/2004	Le Portel – Boulogne sur Mer	Pas de Calais	0,75	2002	Non	Cassure d'une pale, chute du mât et destruction totale. Une pale tombe sur la plage et les deux autres dérivent sur 8 km.	Tempête	Base de données ARIA Rapport du CGM Site Vent de Colère Articles de presse (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, 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)	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	-

**Etude de Dangers - Ferme Eolienne du Bois Elie**

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	2005	Wormhout	Nord	0,4	1997	Non	Bris de pale		Site Vent de Colère	Information peu précise
Rupture de pale	08/10/2006	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2004	Non	Chute d'une pale de 20 m pesant 3 tonnes	Allongement des pales et retrait de sécurité (débridage), pas de REX suite aux précédents accidents sur le même parc	Site FED Articles de presse (Ouest France) Journal FR3	-
Incendie	18/11/2006	Roquetaillade	Aude	0,66	2001	Oui	Acte de malveillance: explosion de bonbonne de gaz au pied de 2 éoliennes. L'une d'entre elles a mis le feu en pieds de mat qui s'est propagé jusqu'à la nacelle.	Malveillance / incendie criminel	Communiqués de presse exploitant Articles de presse (La Dépêche, Midi Libre)	-
Effondrement	03/12/2006	Bondues	Nord	0,08	1993	Non	Sectionnement du mât puis effondrement d'une éolienne dans une zone industrielle	Tempête (vents mesurés à 137Kmh)	Article de presse (La Voix du Nord)	-
Rupture de pale	31/12/2006	Ally	Haute-Loire	1,5	2005	Oui	Chute de pale lors d'un chantier de maintenance visant à remplacer les rotors	Accident faisant suite à une opération de maintenance	Site Vent de Colère	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident pendant la phase chantier)
Rupture de pale	03/2007	Clitourps	Manche	0,66	2005	Oui	Rupture d'un morceau de pale de 4 m et éjection à environ 80 m de distance dans un champ	Cause pas éclaircie	Site FED Interne exploitant	-
Chute d'élément	11/10/2007	Plouvien	Finistère	1,3	2007	Non	Chute d'un élément de la nacelle (trappe de visite de 50 cm de diamètre)	Défaut au niveau des charnières de la trappe de visite. Correctif appliqué et retrofit des boulons de charnières effectué sur toutes les machines en exploitation.	Article de presse (Le Télégramme)	-

**Etude de Dangers - Ferme Eolienne du Bois Elie**

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Emballlement	03/2008	Dinéault	Finistère	0,3	2002	Non	Emballlement de l'éolienne mais pas de bris de pale	Tempête + système de freinage hors service (boulon manquant)	Base de données ARIA	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (événement unique et sans répercussion potentielle sur les personnes)
Collision avion	04/2008	Plouguin	Finistère	2	2004	Non	Léger choc entre l'aile d'un bimoteur Beechcraftch (liaison 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)

**Etude de Dangers - Ferme Eolienne du Bois Elie**

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	-

**Etude de Dangers - Ferme Eolienne du Bois Elie**

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	-

**Etude de Dangers - Ferme Eolienne du Bois Elie**

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	06/02/2012	Lehaucourt-Gricourt	Aisne	2	2008	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	11/04/2012	Corbières-Maritimes	Aude	0.66	2000	non	Projection de morceaux de pale suite à un coup de foudre	Foudre + défaut de pale	Base de données ARIA	-
Rupture de pale	18/05/2012	Chemin d'Ablis	Eure et Loir	2	2008	Oui	Chute de pale	Rupture du roulement, présence de traces de corrosion.	Base de données ARIA	-
Effondrement	30/05/2012	Corbières-Maritime	Aude	0,2	1991	Non	Chute d'une éolienne	Tempête (vents mesurés à 130 km/h)	Base de données ARIA	-
Chute d'élément	01/11/2012	Rézentières-Vieillespresse	Cantal	2,5	2011	Oui	Chute d'un élément de 400 g constitutif d'une pale d'éolienne	Non précise	Base de données ARIA	-

**Etude de Dangers - Ferme Eolienne du Bois Elie**

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 + Rupture de pale	05/11/2012	Corbières-Maritimes	Aude	0.66	2000	Non	Incendie sur une éolienne + projections incandescentes + chute d'une pale le lendemain	Dysfonctionnement de disjoncteur situé sur l'éolienne a entraîné la propagation de courants de court-circuit faisant fondre les câbles et entraînant un départ d'incendie dans la nacelle.	Base de données ARIA	-
Rupture de pale	06/03/2013	Escales-Conihac	Aude	0.75	2003	Non	Défaut de vibration détecté sur une éolienne qui s'est mise automatiquement à l'arrêt. Le lendemain une des 3 pales s'est décrochée avant de percuter le mât. La veille du défaut de vibration, la machine s'était arrêtée après la détection d'un échauffement du frein et d'une vitesse de rotation excessive de la génératrice. Un technicien l'avait remise en service le matin même de l'accident sans avoir constaté de défaut	L'une des pales avait déjà connu un problème de fixation en novembre 2011. Les fixations de cette pale au moyeu avaient été remplacées et le serrage des vis des 2 autres avait été contrôlé en avril 2012.	Base de données ARIA	-

**Etude de Dangers - Ferme Eolienne du Bois Elie**

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 + Rupture de pale	17/03/2013	Fère-Champenoise-Envuy-Corroy	Marne	2.5	2011	Oui	Incendie dans la nacelle d'une éolienne Une des pales tombe au sol, une autre menace de tomber.	Au moment du départ de feu, le vent soufflait à 11 m/s. La puissance de l'éolienne était proche de sa puissance nominale. La gendarmerie évoque une défaillance électrique après avoir écarté la malveillance.	Base de données ARIA	-
Foudre	20/06/2013	Non communiqué Commune : Labastide-sur-besorgues	Ardèche	0.9	2009	Oui	Impact de foudre a endommagé une éolienne : pale déchirée sur 6 m de longueur, le boîtier basse tension et le parafoudre en tête d'installation au poste de livraison sont détruits.	Foudre : incursion d'un arc électrique dans la pale conduisant à une montée en pression de l'air intérieur	Base de données ARIA	-
Maintenance	01/07/2013	Haut-Languedoc	Hérault	1.3	2003	Oui	Incident sur un accumulateur dans une éolienne. L'opérateur est blessé par la projection d'une partie amovible de l'équipement sur lequel il intervient.	Les causes de cet accident semblent donc directement liées des défaillances organisationnelles : la conscience des risques associés aux interventions sur des équipements sous pression, la formation de l'intervenant à sa tâche pression et les procédures opérationnelles n'étaient pas suffisamment robustes.	Base de données ARIA	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)

**Etude de Dangers - Ferme Eolienne du Bois Elie**

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	03/08/2013	Moréac	Morbihan	2MW	2010	Nono	Déversement d'huile hydraulique dans un parc éolien	Erreur de maintenance	Base de données ARIA	-
Incendie	09/01/2014	Vent du Thiérarche 02	Ardennes	2,5	2013	Oui	Un feu se déclare au niveau de la partie moteur d'une éolienne	Défaillance électrique	Base de données ARIA	-
Rupture de pale	20/01/2014	Corbillères-Maritimes	Aude	0.66	2000	Non	Une des éoliennes du parc s'arrête automatiquement. Le lendemain matin, les techniciens de maintenance retrouvent une pale de 20m au pied du mât	Lors de l'accident le vent soufflait entre 18 m/s et 22 m/s. Des fissures sont détectées sur la pièce en aluminium appelée "alu ring", située à la base de la pale.	Base de données ARIA	-
Rupture de pale	14/11/2014	Sources de la Loire	Ardèche	2.05	2011	Oui	La pale d'une éolienne chute lors d'un orage. Certains débris sont projetés à 150 m.	Des rafales de vent atteignent les 130 km/h.	Base de données ARIA	-
Rupture de pale	05/12/2014	Non communiqué Commune : FITOU	Aude	1.3	2002	Non	Une des 2 parties de l'aérofrein de la pale est retrouvée au sol. Cette partie, en fibre de verre, mesure 3 m de long.	-	Base de données ARIA	-

**Etude de Dangers - Ferme Eolienne du Bois Elie**

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	29/01/2015	Parc éolien de Remigny et Ly-Fontaine	Aisne	2.3	2015	Oui	Un feu se déclare dans une éolienne.	Un défaut d'isolation au niveau des connexions des conducteurs de puissance serait à l'origine du sinistre. Le câble mis en cause assure la jonction entre la base et le haut de la tour. Ce défaut aurait provoqué un arc électrique entre 2 phases ce qui aurait initié l'incendie.	Base de données ARIA	-
Incendie	06/02/2015	Parc éolien de la Tourette	Deux-Sèvres	2	2011	Oui	Un feu se déclare dans une éolienne, au niveau d'une armoire électrique où interviennent 2 techniciens.	-	Base de données ARIA	-
Incendie	24/08/2015	Parc éolien de Janville	Eur-et-Loir	2.5	2005	Non	Un feu se déclare vers sur le moteur d'une éolienne situé à 90 m de hauteur.	-	Base de données ARIA	-
Rupture de pales et du rotor	10/11/2015	Parc éolien de Menil-la-Horgne	Meuse	1.5	2007	Non	Les 3 pales et le rotor d'une éolienne, dont la nacelle se situe à 85 m de haut, chutent au sol. Le transformateur électrique, à son pied, est endommagé. De l'huile s'en écoule mais reste confinée dans la rétention. Les débris, disséminés sur 4 000 m <sup>2</sup> , sont ramassés.	les premières constatations indiqueraient une défaillance de l'arbre lent, qui assure la jonction entre le rotor et la multiplicatrice. Elle trouverait son origine dans un défaut de fabrication de la pièce.	- Base de données ARIA - Article de presse (L'Est Républicain 13/11/2015)	-

**Etude de Dangers - Ferme Eolienne du Bois Elie**

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 l'aérovein d'une pale d'éolienne	07/02/2016	Parc éolien Conilhac-corbieres	Aude	2.3	2014	Oui	L'aérovein d'une des 3 pales d'une éolienne se rompt et chute au sol.	Les premières investigations indiqueraient qu'un point d'attache du système mécanique de commande de l'aérovein (système à câble) se serait rompu, ce qui aurait actionné l'ouverture de l'aérovein.	Base de données ARIA	-
Rupture de pale	08/02/2016	Parc éolien Menez-Braz	Finistère	0,3	1999	Non	une pale chute au sol, une autre se déchire. La pale rompue est retrouvée à 40 m du pied du mat.	Tempête : vents à 160 km/h	Base de données ARIA	-
Rupture de pale	07/03/2016	Parc éolien de la lande du vieux Pavé	Côtes d'Armor	0.85	2009	Oui	Une des pales d'une éolienne se rompt et chute à 5 m du pied du mât. Le mât est endommagé dans sa partie haute, causé par un choc avec la pale, sans présenter de risque de chute.	L'inspection des éléments mécaniques au sol et du rotor permet d'envisager une défaillance du système d'orientation de la pale. Celle-ci aurait entraîné la rupture de la couronne extérieure du roulement à bille puis la libération de la couronne intérieure solidaire de la pale.	Base de données ARIA	-
Fuite d'huile	28/05/2016	Parc éolien de Janville	Eur-et-Loir	2.5	2005	Non	Un écoulement d'huile sous la nacelle d'une éolienne.	La défaillance d'un raccord sur le circuit de refroidissement de l'huile de la boîte de vitesse de l'éolienne est à l'origine de la fuite.	Base de données ARIA	-

**Etude de Dangers - Ferme Eolienne du Bois Elie**

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	10/08/2016	Parc éolien de Hescamps	Somme	1	2008	Non	un feu se déclare dans la partie haute d'une éolienne, au niveau du rotor	Une défaillance électrique serait à l'origine du départ de feu.	Base de données ARIA	-
Incendie	18/08/2016	Parc éolien de Dargies	Oise	2	2014	Oui	Incendie, la fumée s'échappe de la tête de l'éolienne, à 80 m de haut.	Une défaillance électrique serait à l'origine de l'incendie. L'armoire électrique ou le pupitre de commande en serait le point de départ.	Base de données ARIA	-
Maintenance	14/09/2016	Parc éolien de la Plaine Aubeoise	Aube	2.3	2009	Oui	Un employé est électrisé alors qu'il intervient dans le nez d'une éolienne	-	Base de données ARIA	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Fissure	11/01/2017	Parc éolien du Canton du Quesnoy	Nord	2.05	2010	Oui	Une fissure est constatée sur une pale d'une éolienne	Selon l'exploitant, le défaut ne présente pas de caractère générique.	Base de données ARIA	-

**Etude de Dangers - Ferme Eolienne du Bois Elie**

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	12/01/2017	Parc éolien de Tuchan I	Aude	0.6	2002	Non	Les 3 pales d'une éolienne chutent au sol.	L'éolienne, de 600 kW mise en service en 2002, était à l'arrêt pour maintenance suite à la casse totale de son arbre lent quelques jours auparavant. Bien que mise en position de sécurité les vents à 25 m/s ont provoqué la rupture des pales à cause d'une vitesse de rotation excessive.	Base de données ARIA	-
Rupture de pale	18/01/2017	Parc éolien du Nurlu	Somme	2	2010	Non	Une pale d'éolienne est tombée au sol et s'est brisée en plusieurs morceaux.	Selon la presse, la tempête survenue quelques jours auparavant pourrait être à l'origine de la chute.	Base de données ARIA	-
Bris de pale	27/02/2017	Parc éolien du Grand Linault	Deux-Sèvres	2	2011	Oui	Les 7 derniers mètres d'une pale de 44 m, se sont désolidarisés. Plusieurs fragments de la pale sont projetés jusqu'à 150 m du mât, haut lui-même de 78 m.	L'expertise du fabricant conclut à un défaut de fabrication. Par erreur, les couches de tissu du bord d'attaque ont été coupées, manuellement, niveau de la ligne de jonction des 2 coques lors des opérations de ponçage des excès de colle après démoulage de la pale. Dans cette zone, les coques n'étaient maintenues entre elles que par le mastic et la peinture de finition.	Base de données ARIA	-

**Etude de Dangers - Ferme Eolienne du Bois Elie**

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	27/02/2017	Parc éolien de Belrain	Meuse	2	2011	Non	Lors d'un orage, la pointe d'une pale d'éolienne se rompt. L'extrémité, de 7 à 10 m, est retrouvée au sol, en 3 morceaux, à 200 m de l'éolienne.	Une rafale de vent extrême ayant été mesurée dans les secondes précédant la rupture, cette origine est privilégiée pour expliquer la casse de la pale.	Base de données ARIA	-
Incendie	06/06/2017	Parc éolien du Moulin d'Emanville	Eure-et-Loir	3	2014	Oui	Un feu se déclare dans la nacelle d'une éolienne. L'incendie s'éteint seul, à la fin de la combustion de la nacelle, vers 19h30. La nacelle et le rotor sont totalement calcinés. Une partie des pales ainsi que le haut du mât ont été touchés par l'incendie. Des éléments sont tombés au sol.	En première hypothèse, l'exploitant indique qu'un défaut des condensateurs du boîtier électrique, situé dans la nacelle, pourrait être à l'origine du sinistre.	Base de données ARIA	
Rupture de pale + foudre	08/06/2017	Parc éolien d'Aussac-Vadalle	Charente	2	2010	Non	Une partie d'une pale d'une éolienne chute au sol.	L'expertise réalisée par le fabricant de la pale conclut qu'un impact de foudre est à l'origine de sa rupture. Survenu à environ 35 cm de l'extrémité, il a entraîné la rupture du bord de fuite puis une déchirure du fragment. Le dispositif de protection contre la foudre ne montre pas de défaut.	Base de données ARIA	

**Etude de Dangers - Ferme Eolienne du Bois Elie**

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	24/06/2017	Parc éolien des Tambours	Pas de Calais	1.67	2007	Non	Une pale d'une éolienne se brise au niveau de sa jonction avec le rotor.	-	Base de données ARIA	
Effondrement	03/08/2017	Parc éolien de l'Osière	Hauts de France	2	2017	Oui	L'éolienne s'est rompue et effondrée sur elle-même	-	Article de presse (L'ardennais le 04/08/2018)	

## Annexe 3 – Scénarios génériques issus de l’analyse préliminaire des risques

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

Le tableau générique issu de l’analyse préliminaire des risques est présenté dans la partie VII.4. de la trame type de l’étude de dangers. Il peut être considéré comme représentatif des scénarios d’accident pouvant potentiellement se produire sur les éoliennes et pourra par conséquent être repris à l’identique dans les études de dangers.

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

### 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.

① 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 redémarrage de la machine encore « glacée », ou en cas de formation de glace sur le rotor en mouvement simultanément à une défaillance des systèmes de détection de givre et de balourd.

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

### Scénarios relatifs aux risques d’incendie (I01 à I07)

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

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

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

## **Etude de Dangers - Ferme Eolienne du Bois Elie**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### **Scénarios relatifs aux risques de fuites (F01 à F02)**

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

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

#### **Scénario F01**

En cas de rupture de flexible, perçage d'un contenant ..., il peut y avoir une fuite d'huile ou de graisse ... alors

que l'éolienne est en fonctionnement. Les produits peuvent alors s'écouler hors de la nacelle, couler le long du mât et s'infiltrer dans le sol environnant l'éolienne.

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

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

Deux événements peuvent être aggravants :

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

### **Scénario F02**

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

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

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

Ce scénario est à adapter en fonction des produits utilisés.

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

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

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

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

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

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

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

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

L'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**

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

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

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

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

## Annexe 4 – 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 :

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

$P_{\text{ERC}}$  = 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)

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

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

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

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

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

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

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

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

## Annexe 5 – Caractéristiques des câbles (exemple de fiche type)

MOYENNE TENSION (HTA) MEDIUM VOLTAGE (MV)		UNIPOLAIRES A CHAMP RADIAL SINGLE-CORE RADIAL FIELD CABLES	
12/20 (24) kV		C 33-226	
<b>MTS 226</b>			
<b>CARACTERISTIQUES DU CABLE</b>		<b>CABLE CHARACTERISTICS</b>	
			
+60 -15 °C	AG 4	AN2 gaine grise / grey sheath AN3 gaine rouge / red sheath	AD 8 NF C 32-070 C2
			Bon Good
			Rigide Rigid
<b>DESCRIPTIF DU CABLE</b>		<b>CABLE DESIGN</b>	
<b>AME / CONDUCTOR</b>			
• métal / metal	aluminium or copper		
• forme / shape	ronde / circular		
• souplesse / flexibility	classe 2, cablée, rétreinte compacted, stranded, class 2		
• température temperature	conforme à / according to NF C 32-013, HD 383, IEC 60228 90°C en régime permanent / in continuous duty 250°C en régime de court-circuit / in short circuit		
<b>ECRAN A L'AME / CONDUCTOR SCREEN</b>			
mélange semi-conducteur extrudé / extruded semi-conductor compound			
<b>ISOLATION / INSULATION</b>			
PR / XLPE			
<b>ECRAN SUR ISOLANT / CORE SCREEN</b>			
Semi-conducteur extrudé cannelé et pelable avec étanchéité Stripable ribbed extruded compound with water-tightness			
<b>ECRAN METALLIQUE / METALLIC SCREEN</b>			
Ruban aluminium contre collé à la gaine extérieure Aluminium tape bonded to the outer sheath			
<b>GAINES EXTERIEURE / OUTER SHEATH</b>			
PE	couleur / colour		
	• GRISE pour installation aéro-souterraine ou air libre GREY for overhead-underground or free air installation		
	• ROUGE pour installation souterraine / RED for buried installation		
<b>Marquage / Marking</b> (exemple)			
C33-226 FR-N20XA8E-AR 150 AL 12/20(24) kV POPY G2.2 SC0.9 EC0.2 T-10/50			
		Energie Câbles et Systèmes France Services commerciaux - Marché Général : tel 04 72 46 73 95 - Industries : tel 03 86 95 77 61 e.mail : infocables.fr@pirelli.com - internet : http://www.pirelli.fr/fr/cables	

The informations in this document are indicative. COPYRIGHT RESTRICTED

MOYENNE TENSION (HTA)  
MEDIUM VOLTAGE (MV)

UNIPOLAIRES A CHAMP RADIAL  
SINGLE-CORE RADIAL FIELD CABLES

12/20 (24) kV

C 33-226

## MTS 226

### CARACTERISTIQUES DIMENSIONNELLES

### DIMENSIONAL CHARACTERISTICS

#### ALUMINIUM

Section nominale <i>Nominal cross section</i> mm <sup>2</sup>	O de l'âme <i>Conductor O</i> (approx) mm	O maximum sur isolant <i>Maximum O over insulation</i> mm	O extérieur maximum <i>Maximum outer O</i> (approx) mm	Masse <i>Mass</i> (approx) kg/km
1 x 50	8.2	21.9	29.0	680
1 x 95	11.3	25.4	32.0	900
1 x 150	14.0	25,1	33,4	1 020
1 x 240	18.0	29,6	38,3	1 420

### CARACTERISTIQUES ELECTRIQUES

### ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Section nominale <i>Nominal cross section</i> mm <sup>2</sup>	Résistance maxi à 20°C <i>Maxi d.c. resistance at 20°C</i> Ω/km	Résistance maxi à 90°C <i>Maxi a.c. resistance at 90°C</i> Ω/km	Reactance à 50 Hz <i>Reactance at 50 Hz</i> (approx) Ω/km	Capacité <i>Capacitance</i> (approx) µF/km	Intensité admissible <i>Permissible current rating</i>		Chute de tension <i>Voltage drop</i>	
					A l'air libre <i>in free air</i> 30°C A	Enterré <i>Buried</i> 20°C A	cos φ = 0,3   cos φ = 0,8 (approx) V/A/km	
1 x 50	0.641	0.822	0.14	0.16	185	175	0.65	1.3
1 x 95	0.320	0.411	0.12	0.20	266	252	0.42	0.70
1 x 150	0.206	0.265	0.11	0.27	360	325	0.32	0.48
1 x 240	0.125	0.161	0.10	0.32	490	428	0.26	0.33

#### Conditions de validité

Intensité maximale en régime permanent pour 1 seule liaison composée de 3 unipolaires disposés en trèfle, écran mis à la terre à chaque extrémité, et conforme au projet de norme NF C 13-200. Elles sont également valables pour écran mis à la terre à 1 seule extrémité. Autres conditions :

- à l'air libre, à l'abri du soleil, sur chemins de câbles ou corbeaux, échelles à câbles, fixé par des colliers et espacés de la paroi.
- enterré dans un sol de résistivité thermique de 1 K.m/W, profondeur de pose : 800 mm.

Les valeurs d'intensité admissible et de chute de tension mentionnées dans les tableaux sont celles d'une liaison TRIPHASE.

Si les conditions sont différentes, appliquer les facteurs de correction du manuel technique PIRELLI.

#### Validity terms

Maximum permissible current rating in continuous duty for 1 line of 3 single cables in trefoil formation, screen grounded at each end, and according to NF C 13-200 project standard. They are also valid for screen grounded at one end.

Other conditions :

- in free air, sheltered from the sun, on cable trays or brackets, on cable ladders, fixed by cleats and separated from the wall
- buried in 1 K.m/W thermal resistivity, laying depth : 800 mm.

Permissible current values and voltage drops above-mentioned are those of a THREE-PHASE CURRENT line.

If conditions are different, apply PIRELLI catalog correction factors



Energie Câbles et Systèmes France

Services commerciaux - Marché Général : tel 04 72 46 73 95 - Industries : tel 03 86 95 77 61  
e.mail : infocables.fr@pirelli.com - internet : http://www.pirelli.fr/fr/cables

MOYENNE TENSION (HTA) MEDIUM VOLTAGE (MV)	TORSADE D'UNIPOLAIRES A CHAMP RADIAL SINGLE-CORE BUNDLE RADIAL FIELD CABLES
12/20 (24) kV	C 33-226

# MTS 226

## CUIVRE / COPPER

### CARACTERISTIQUES DIMENSIONNELLES      DIMENSIONAL CHARACTERISTICS

Section nominale	O de l'âme	O maximum sur isolant	O extérieur maximum	O torsade	Masse
Nominal cross section	Conductor O (approx)	Maximum O over insulation	Maximum outer O (approx)	bundle O (approx)	Mass (approx)
mm <sup>2</sup>	mm	mm	mm	mm	kg/km
3 x 1 x 240	18.0	29.6	38.3	78.7	8 730

### CARACTERISTIQUES ELECTRIQUES      ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Section nominale	Résistance maxi à 20°C en c.c.	Résistance Maxi d.c. at 90°C	Reactance à 50 Hz (approx)	Capacité (approx)	Intensité admissible		Chute de tension	
					Permissible current rating		Voltage drop	
Nominal cross section	Maxi d.c. resistance at 20°C	Maxi a.c. resistance at 90°C	Reactance at 50 Hz (approx)	Capacitance (approx)	A l'air libre in free air 30°C	Enterré Buried 20°C	cos φ = 0,3	cos φ = 0,8
mm <sup>2</sup>	Ω/km	Ω/km	Ω/km	µF/km	A	A	(approx) V/A/km	
3 x 1 x 240	0.0754	0.0979	0.10	0.32	630	549	0.22	0.24

**Conditions de validité**

Intensité maximale en régime permanent pour 1 seule liaison composée de 3 unipolaires disposés en trèfle, écran mis à la terre à chaque extrémité, et conforme au projet de norme NF C 13-200. Elles sont également valables pour écran mis à la terre à 1 seule extrémité.

- à l'air libre, à l'abri du soleil, sur chemins de câbles ou corbeaux, échelles à câbles, fixé par des colliers et espacés de la paroi.
- enterré dans un sol de résistivité thermique de 1 K.m/W, profondeur de pose : 800 mm.

Les valeurs d'intensité admissible et de chute de tension mentionnées dans les tableaux sont celles d'une liaison TRIPHASE. Si les conditions sont différentes, appliquer les facteurs de correction du manuel technique PIRELLI.

**Validity terms**

Maximum permissible current rating in continuous duty for 1 line of 3 single cables in trefoil formation, screen grounded at each end, and according to NF C 13-200 project standard. They are also valid for screen grounded at one end.

- in free air, sheltered from the sun, on cable trays or brackets, on cable ladders, fixed by cleats and separated from the wall
- buried in 1 K.m/W thermal resistivity, laying depth : 800 mm.

Permissible current values and voltage drops above-mentioned are those of a THREE-PHASE CURRENT line. If conditions are different, apply PIRELLI catalog correction factors



Energie Câbles et Systèmes France

Services commerciaux - Marché Général : tel 04 72 46 73 95 - Industries : tel 03 86 95 77 61  
e.mail : infocables.fr@pirelli.com - internet : http://www.pirelli.fr/fr/cables

MOYENNE TENSION (HTA)  
MEDIUM VOLTAGE (MV)

UNIPOLAIRES A CHAMP RADIAL  
SINGLE-CORE RADIAL FIELD CABLES

12/20 (24) kV

C 33-226

# MTS 226

## CONDITIONS DE POSE

## LAYING CONDITIONS



en terre  
*in ground*



en buse  
*in duct*



avec protection  
*with protection*



en caniveau  
*in duct*



à l'air libre  
*in free air*



t° mini = -10°C



r mini  
pendant la pose / *during laying*  
= 26 D



r mini  
posé / *laid*  
= 13 D

## CODES PRODUITS

## CODE PRODUITS

	Version standard		Version antitermite	
	ref.PIRELLI	codets EDF	ref.PIRELLI	codets EDF
<b>gaine rouge / red sheath</b>				
1 x 50 alu	R26-103	-	R26-303	-
1 x 95 alu	R26-105	-	R26-305	-
1 x 150 alu	R26-107	-	R26-307	-
1 x 240 alu	R26-109	-	R26-309	-
1 x 240 Cu	R26-801	-	R26-940	-
<b>gaine grise / grey sheath</b>				
1 x 50 alu	G26-103	61.35.511	G26-303	-
1 x 95 alu	G26-105	-	G26-305	-
1 x 150 alu	G26-107	61.35.515	G26-307	-
1 x 240 alu	G26-109	61.35.517	G26-309	-
1 x 240 Cu	G26-709	-	G26-864	-

The informations in this document are indicative. COPYRIGHT RESTRICTED



Energie Câbles et Systèmes France

Services commerciaux - Marché Général : tel 04 72 46 73 95 - Industries : tel 03 86 95 77 61

e.mail : infocables.fr@pirelli.com - internet : http://www.pirelli.fr/fr/cables

## **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 exposées, ce qui n'est pas toujours le cas, notamment si la cinétique permet une mise à l'abri ;

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

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

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

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

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

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

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

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

## ***Etude de Dangers - Ferme Eolienne du Bois Elie***

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

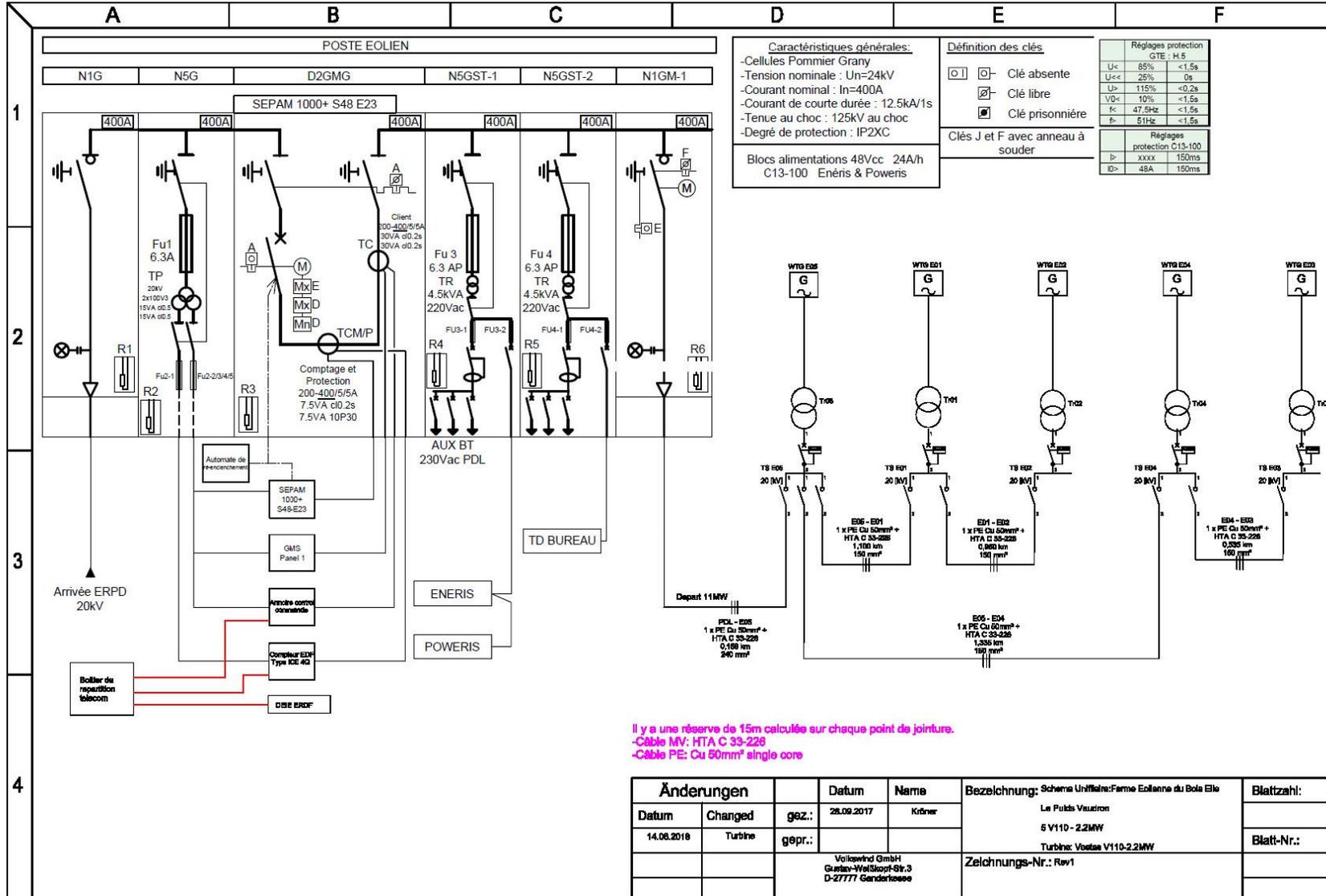
**APR** : Analyse Préliminaire des Risques

**ERP** : Etablissement Recevant du Public

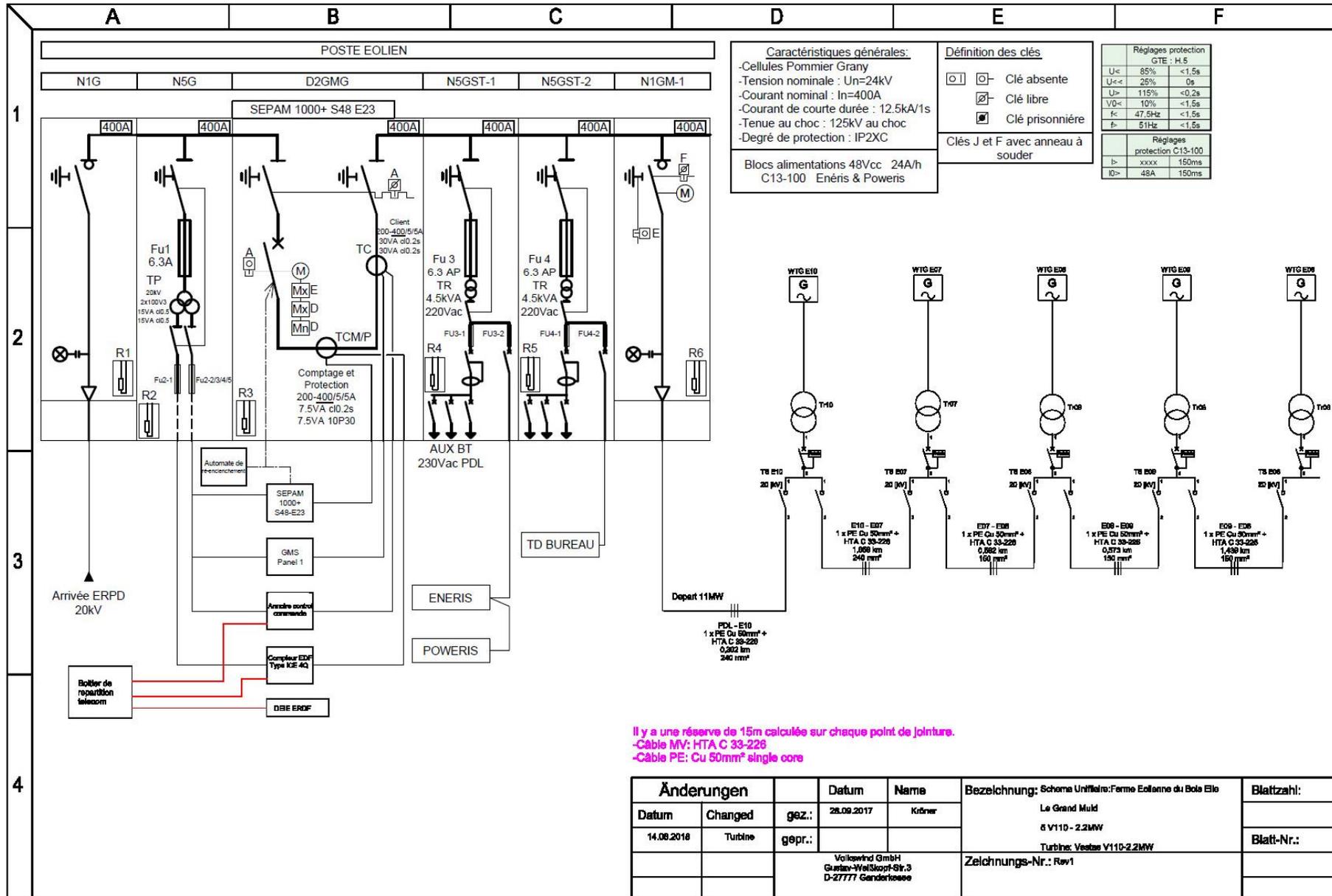
## **Annexe 7 – Bibliographie et références utilisées**

- [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., Leteurtois J.-P. - juillet 2004
- [17] Risk analysis of ice throw from wind turbines, Seifert H., Westerhellweg A., Kröning J. - DEWI, avril 2003
- [18] Wind energy in the BSR: impacts and causes of icing on wind turbines, Narvik University College, novembre 2005

Annexe 8 – Schémas Unifilaires des groupes de raccordement « Le Puits Vaudron » et « Le Grand Muid »



## Etude de Dangers - Ferme Eolienne du Bois Elie



# Annexe 9 – Certificat de type de l'éolienne V110-2,2MW

PUBLIC

DNV·GL

## TYPE CERTIFICATE

Certificate No.:  
TC-DNVGL-SE-0074-00195-10

Issued:  
2017-12-20

Valid until:  
2020-04-29

Issued for:

**Vestas V100-2 MW 50 Hz VCS Mk 10**

Specified in Annex 1

Issued to:

**Vestas Wind Systems A/S**

Hedeager 42  
8200 Aarhus N  
Denmark

According to:

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

Based on the documents:

DB-DNVGL-SE-0074-00196-7

Design Basis Conformity Statement, dated 2017-12-20

DE-DNVGL-SE-0074-00197-8

Design Evaluation Conformity Statement, dated 2017-12-20

TT-DNVGL-SE-0074-00199-7

Type Test Conformity Statement, dated 2017-12-20

ME-DNVGL-SE-0074-00198-9

Manufacturing Evaluation Conformity Statement,  
dated 2017-12-20

TCM-DNVGL-SE-0074-00753-6

Type Characteristics Measurements Conformity Statement,  
dated 2017-12-20

FER-TC-DNVGL-SE-0074-00195-10

Final Evaluation Report, dated 2017-12-20

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

Hellerup, 2017-12-20

For DNV GL Renewables Certification

  
**Christer Eriksson**  
Service Line Leader for Type Certification



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

Hellerup, 2017-12-20

For DNV GL Renewables Certification

  
**Mark Wollenberg**  
Project Manager

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

DNV GL Renewables Certification is the trading name of DNV GL's certification business in the renewable energy industry. Copyright, trade secret, and other proprietary rights to it. The information in this document may not be used, reproduced, or disclosed except if and to the extent rights are expressly granted by Vestas in writing and subject to applicable conditions. Vestas disclaims all warranties except as expressly granted by written agreement and is not responsible for unauthorized uses, for which it may pursue legal remedies against responsible parties.

Original Instruction: T05 0051-7379 VER 10

T05 0051-7379 Ver 10 - Approved - Exported from DMS: 2018-02-28 by FAFCA

# TYPE CERTIFICATE - ANNEX 1

Certificate No.: TC-DNVGL-SE-0074-00195-10

Page 2 of 6

## Wind turbine type certification

Basic standard	IEC 61400-1 ed. 3 + A1	
IEC WT class	IEC S (specified below for each configuration ID numbers)	

### General

Power regulation	pitch-controlled	
Rotor orientation	upwind	
Rotor tilt	6°	
Cone angle	3°	
Rated power	ID1, ID3, ID5:	2.0 MW*
	ID2, ID4, ID6:	2.0-2.2 MW**

\* derating strategy for cooler top 30 at ambient temperature above 35°C

\* derating strategy for cooler top 40 at ambient temperature above 40°C

\*\* derating strategies for ambient temperature above 30°C

Rated wind speed $v_r$	ID1, ID3, ID5:	10.0 m/s
	ID2, ID4, ID6:	10.3 m/s

Rotor diameter	100 m	
Hub height(s)	75m, T2X302	
	80 m, T2X202, T2X203	
	95 m, T2X221, T2X122	
	100m, TN296	

Hub height operating wind speed range $v_{in} - v_{out}$	3-22 m/s	
Design life time	20 years	
Software version	VMP Global 17.06.44	

### Wind conditions

ID1: Wind turbine class S (IEC 3A except for temperatures)		
Annual average wind speed at hub height $v_{ave}$	7.5 m/s	
Reference wind speed $v_{ref}$	37.5 m/s (IEC wind class 3)	
Mean flow inclination	8°	
Hub height extreme wind speed $v_{e50}$	52.5 m/s	
Turbulence intensity $I_{ref}$ at $v_{hub} = 15$ m/s	0.16 (IEC turbulence class A)	
Weibull shape factor (k) for wind speed distribution	2.0	
ID2: Wind turbine class S		
Annual average wind speed at hub height $v_{ave}$	7.0 m/s	
Reference wind speed $v_{ref}$	37.5 m/s	
Mean flow inclination	8°	
Hub height extreme wind speed $v_{e50}$	52.5 m/s	
Turbulence intensity $I_{ref}$ at $v_{hub} = 15$ m/s	0.16 (IEC turbulence class A)	
Weibull shape factor (k) for wind speed distribution	2.2	
ID3: Wind turbine class S		
Annual average wind speed at hub height $v_{ave}$	8.5 m/s	
Reference wind speed $v_{ref}$	40.0 m/s	
Mean flow inclination	8°	
Hub height extreme wind speed $v_{e50}$	56.0 m/s	
Turbulence intensity $I_{ref}$ at $v_{hub} = 15$ m/s	0.12 (IEC turbulence class C)	
Weibull shape factor (k) for wind speed distribution	2.0	

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

VESTAS PROPRIETARY NOTICE

# TYPE CERTIFICATE - ANNEX 1

Certificate No.: TC-DNVGL-SE-0074-00195-10

Page 3 of 6

**ID4: Wind turbine class S**

Annual average wind speed at hub height $v_{ave}$	7.5 m/s
Reference wind speed $v_{ref}$	40.0 m/s
Mean flow inclination	8°
Hub height extreme wind speed $v_{e50}$	56.0 m/s
Turbulence intensity $I_{ref}$ at $v_{hub} = 15$ m/s	0.12 (IEC turbulence class C)
Weibull shape factor (k) for wind speed distribution	2.2

**ID5: Wind turbine class S (IEC 2B except for temperatures)**

Annual average wind speed at hub height $v_{ave}$	8.5 m/s
Reference wind speed $v_{ref}$	42.5 m/s (IEC wind class 2)
Mean flow inclination	8°
Hub height extreme wind speed $v_{e50}$	59.5 m/s
Turbulence intensity $I_{ref}$ at $v_{hub} = 15$ m/s	0.14 (IEC turbulence class B)
Weibull shape factor (k) for wind speed distribution	2.0

**ID6: Wind turbine class S**

Annual average wind speed at hub height $v_{ave}$	7.5 m/s
Reference wind speed $v_{ref}$	42.5 m/s
Mean flow inclination	8°
Hub height extreme wind speed $v_{e50}$	59.5 m/s
Turbulence intensity $I_{ref}$ at $v_{hub} = 15$ m/s	0.14 (IEC turbulence class B)
Weibull shape factor (k) for wind speed distribution	2.2

**Electrical network conditions**

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

**Other environmental conditions**

Standard temperature turbine (IEC standard temperature range)	
Operating temperature	-20°C to +45°C
Extreme temperature, stand still	-30°C to +50°C

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

Operating temperature	-30°C to +45°C
Extreme temperature, stand still	-40°C to +50°C

Relative humidity of the air	100 % (max 10 % of lifetime)
Air density	1.225 kg/m <sup>3</sup> 1.325 kg/m <sup>3</sup> *

\* Note for LT: The -30°C minimum operating temperature has been verified for loads and structural integrity by considering an air density of 1.325 kg/m<sup>3</sup>

Solar radiation	The turbine shall resist solar radiation (including UV) with 1000 W/m <sup>2</sup> and 8000 MJ/m <sup>2</sup> per year throughout the design lifetime
Description of lightning protection system	IEC 61400-24:2010, Protection Level 1

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

**VESTAS PROPRIETARY NOTICE**

PUBLIC

DNV-GL

# TYPE CERTIFICATE - ANNEX 1

Certificate No.: TC-DNVGL-SE-0074-00195-10

Page 4 of 6

## Major components

<b>Blade</b>	Type	Prepreg	
	Manufacturer	Vestas	
	Material	Glass fibre and carbon fibre reinforced epoxy	
	Blade length	49 m	
	Number of blades	3	
	Drawing / Data sheet / Part no.	Vestas item number 29021600	
<b>Blade bearing</b>	Type	2 row 4-point contact ball bearing	
	Manufacturer	Rollix	
	Drawing / Data sheet / Part no.	13-1920-02-DD0-5	
	Type	2 row 4-point contact ball bearing	
	Manufacturer	Liebherr	
	Drawing / Data sheet / Part no.	648 VO 802-000	
	Type	2 row 4-point contact ball bearing	
	Manufacturer	TMB	
	Drawing / Data sheet / Part no.	B030.65.1920K	
<b>Pitch system</b>	Type	One cylinder per blade	
	Manufacturer	LJM, Glual and Hine	
	Controller type	Hydraulic	
	Motor / actuator	Hydraulic	
<b>Main shaft</b>	Type	Forged hollow trumpet shaft	
	Material	42CrMo4	
	Drawing / Data sheet / Part no.	29085836	
<b>Main bearing</b>	Type	Two double row spherical roller bearing	
	Manufacturer	SKF	
	Drawing / Data sheet / Part no.	230/630 CA/HM2 W33 24188 ECA/HM2 W33	
	Manufacturer	KOYO	
	Drawing / Data sheet / Part no.	230/630 RHAW33T 24188 RHAW33	
	Manufacturer	FAG	
	Drawing / Data sheet / Part no.	F-582558.PRL-WPO F-582559.PRL-WPO	
	<b>Gearbox</b>	Type	3 stage planetary gearbox
		Manufacturer	Winergy
Gear Ratio		1:112.2	
Drawing / Data sheet / Part no.		PEAB 4440	
Manufacturer		ZF	
Drawing / Data sheet / Part no.		1:112.36 Atlas 1.2, 1.21	
<b>Yaw system</b>	Drive type	Electrical motor	
	Manufacturer	ABB or Lafert	
	Drawing / Data sheet / Part no.	29005012	

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

**VESTAS PROPRIETARY NOTICE**

PUBLIC

DNV·GL

# TYPE CERTIFICATE - ANNEX 1

Certificate No.: TC-DNVGL-SE-0074-00195-10

Page 5 of 6

	Bearing Type	Friction Bearing (PETP slide plate)			
	Manufacturer	Vestas Wind System A/S			
	Drawing / Data sheet / Part no.	29011239.V01			
	Gear Type	Planetary-/worm gear combination			
	Manufacturer	Bonfiglioli, Comer			
	Drawing / Data sheet / Part no.	29014048 (left) /29014049 (right)			
	Brake Type	Friction brake, motor brake included in the drive unit			
	Manufacturer	ABB or Lafert			
	Drawing / Data sheet / Part no.	29005012			
<b>Generator</b>	Manufacturer	Vestas			
	Type	DVSG 500/4M SP. (Asynchronous generator with wound rotor)			
	Rated power	2060 kW or 2260 kW			
	Rated frequency	50 Hz			
	Rated speed	1680 rpm			
	Rated voltage	690 VAC			
	Rated stator current	1573 A or 1713 A			
	Insulation class	H/H			
	Degree of protection	IP54			
	Drawing / Data sheet / Part no.	0007-0081.V09 (2060 kW) 0057-1280.V02 (2260kW)			
<b>Converter</b>	Manufacturer	Vestas Wind System A/S			
	Type	Full quadrant IGBT			
	Rated voltage	480 V			
	Nominal current (at 2.0 MW)				
	Grid	240 A			
	Rotor	592 A			
	Nominal current (at 2.2 MW)				
	Grid	256 A			
	Rotor	655 A			
	Degree of protection	IP 54			
<b>Transformer</b>	Manufacturer	Siemens, SGB, JST			
	Type	Dry type			
	Rated voltage	HV side: 10.5-35.0 [kV] LV side: 690 [V] +/-2% & 480 [V] +/-2%			
<b>Tower (tubular steel)</b>	Tower	HH	Sections	Drawing	Configuration ID
	TN296	100 m	4	0063-9652.V0	ID1 and ID2
	T2X202	80 m	4	0044-9014.V2	ID3 and ID4
	T2X203	80 m	3	0044-7632.V1	ID5 and ID6
	T2X221	95 m	4	0044-7224.V2	ID5 and ID6
	T2X302	75 m	4	0059-1124.V0	ID5 and ID6
	T2X122	95 m	4	0039-6458.V0	ID5 and ID6
<b>Foundation load(s)</b>	Tower			Foundation loads	Configuration ID
	TN296			0064-4879.V0	ID1 and ID2
	T2X202			0057-5949.V0	ID3

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

VESTAS PROPRIETARY NOTICE

Original Instruction: T05 0051-7379 VER 10

T05 0051-7379 Ver 10 - Approved - Exported from DMS: 2018-02-28 by FA/CA

PUBLIC



DNV·GL

# TYPE CERTIFICATE - ANNEX 1

Certificate No.: TC-DNVGL-SE-0074-00195-10

Page 6 of 6

	T2X202	0057-5955.V1	ID4
	T2X203	0057-5946.V1	ID5
	T2X203	0057-5956.V1	ID6
	T2X221	0057-5953.V1	ID5
	T2X221	0057-5959.V1	ID6
	T2X302	0059-0695.V0	ID5
	T2X302	0059-0707.V0	ID6
	T2X122	0066-3354.V0	ID5 and ID6
<b>Manuals</b>	O&M manual	See list of manuals 0068-9605.V01	
	Transport manual	See list of manuals 0068-9605.V01	
	Installation / Commissioning manual	See list of manuals 0068-9605.V01	
<b>Service lift (optional)</b>		Not included	
<b>Crane (optional)</b>		Not included	

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

**VESTAS PROPRIETARY NOTICE**