

Parc éolien le Grand Arbre à Solesmes (59)

DOSSIER DE DEMANDE D'AUTORISATION UNIQUE

Pièce 5-1 : ETUDE DE DANGERS

Partie contenant :

- AU- 9 et 9 -2 : Etude de dangers
- PJ- 0 3 : Conformité des liaisons électriques du projet



Juillet 2016



1 Fiche contrôle qualité

Destinataire du rapport	Escofi
Site	Parc éolien de Solesmes (59)
Interlocuteur	Regis Hubau
Adresse	12 rue de la Fontaine - 59121 - PROUVY
E-mail	regis.hubau@escofi.fr
Téléphone / télécopie	03-27-21-99-22 / 03-27-21-99-21
Intitulé du rapport	Etude de dangers
Notre référence / date	R/ 6108654-V01 du 21/07/2016
Rédacteur	Alexandre Quenneson
Superviseur	Perrine Lecoeuche

Coordonnées

Tauw France
Agence de Douai
Z.I. Douai Dorignies
Bât. Eurêka
100, rue Branly
59500 DOUAI

Tél. : 03-27-08-81-81
Fax : 03-27-08-81-82

Email : info@tauw.fr

*Tauw France est membre de **Tauw Group bv** – www.tauw.nl*

Gestion des révisions

Version	Date	Statut	Nombre de			
			pages (y	exemplaires	annexes	tomes
			compris	client		
			annexes)			
V01	21/07/2016	Création du document	171	1	6	1

Référencement du modèle de rapport : DS 88 21-11-11

La présente étude a été réalisée dans le cadre du dépôt d'un dossier de demande d'autorisation unique d'un projet de parc éolien (8 éoliennes d'une puissance unitaire de 2,85 MW et 2 postes de livraison électrique) sur la commune de Solesmes, dans le département du Nord (59).

Le dossier de demande d'autorisation unique comporte 8 pièces :

Pièces	Sous-partie	Descriptif du contenu	Références du CERFA
Pièce 1 : CERFA	/	CERFA complété et signé	/
Pièce 2 : Sommaire inversé	/	/	/
Pièce 3 : Description de la demande ou Présentation générale	/	Informations sur le demandeur et sur le projet prévues à l'article R512-3 du code de l'Environnement : - Description complémentaire du projet et du demandeur : <ul style="list-style-type: none"> Données administratives du demandeur, Garanties financières Description du projet, Emplacement de l'installation, Nature et volume des activités, - Capacités techniques et financières du demandeur, - Dispositions de remise en état et démantèlement.	AU-01 AU-02 PJ-10
Pièce 4 : Etude d'impact Et Résumé non technique de l'étude d'impact	4-1 4-2	Etude d'impact prévue à l'article L. 122-1 du code de l'environnement dont le contenu de l'étude d'impact est défini à l'article R. 122-5 et complété par l'article R. 512-8 du code de l'Environnement dont : - Etude d'incidence Natura 2000 conformément aux articles L.414-4 et R.414-19 et suivants du code de l'Environnement - Résumé non technique de l'étude d'impact	AU-6 et suivants AU-08 et suivants AU-07
Pièce 5 : Etude de dangers et Résumé non technique de l'étude de danger	5-1 5-2	Etude de dangers prévue à l'article L. 512-1 et définie à l'article R. 512-9 du code de l'environnement Résumé non technique de l'étude de danger Conformité des liaisons électriques du projet d'ouvrage privé au titre de l'article L.323-11 du code de l'Energie	AU-09 et suivants PJ-03
Pièce 6 : Documents demandés au titre du code de l'Urbanisme	6	Projet architectural Cartes et plans du projet architectural	AU-10 et suivants
Pièce 7 : Documents demandés au titre du code de l'Environnement	7-1 7-2 7-3 7-4	Cartes et plans Expertises techniques annexées au dossier : - Etude écologique - Etude paysagère - Etude acoustique	AU-03 AU-04 AU-05
Pièce 8 : Accords et avis consultatifs	8-1 8-2	Avis DGAC – Météo-France – Défense Avis des maires et des propriétaires pour la remise en état	PJ-05 PJ-06

Table des matières

1	Fiche contrôle qualité	2
2	Introduction	9
2.1	Objectifs de l'étude.....	9
2.2	Contexte législatif et réglementaire.....	9
2.3	Nomenclature.....	11
3	Informations générales concernant l'installation	12
3.1	Renseignements administratifs – Identité du demandeur.....	12
3.2	Groupe de travail.....	13
3.3	Localisation du site.....	13
3.4	Définition de la zone sur laquelle porte l'étude de dangers	15
4	Description de l'environnement de l'installation	17
4.1	Introduction	17
4.2	Environnement humain	17
4.2.1	Zones urbanisées.....	17
4.2.2	Etablissements recevant du public (ERP).....	18
4.2.3	Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE)	18
4.2.4	Autres activités.....	19
4.3	Environnement naturel	21
4.3.1	Contexte climatique.....	21
4.3.2	Risques naturels	24
4.3.3	Zones naturelles remarquables.....	27
4.4	Environnement matériel	28
4.4.1	Voies de communication	28
4.4.2	Réseaux publics et privés	30
4.4.3	Autres servitudes	32
4.5	Cartographies de synthèse	32
4.6	Identification des cibles	35
5	Description de l'installation	37
5.1	Introduction - caractéristiques de l'installation	37
5.1.1	Caractéristiques générales d'un parc éolien	37
5.1.2	Aérogénérateurs	38
5.1.3	Emprise au sol	39
5.1.4	Chemins d'accès.....	40
5.1.5	Raccordement électrique	41
5.2	Description du parc éolien de Solesmes.....	43
5.2.1	Nature de l'activité.....	43
5.2.2	Composition du parc éolien.....	43
5.2.3	Description et caractéristique des aérogénérateurs retenus.....	46
5.2.4	Les voies d'accès.....	47
5.2.5	Le raccordement au réseau électrique.....	47

5.2.6	Autres installations	47
5.2.7	Sécurité de l'installation	47
5.2.8	Moyens de lutte contre les dangers	49
5.2.9	Opérations de maintenance de l'installation	49
5.2.10	Stockage et flux de produits dangereux.....	51
6	Raccordement au réseau électrique (PJ-03)	52
6.1	Code de l'énergie	52
6.2	Schéma régional de raccordement au réseau des énergies renouvelables (S3REnR)	52
6.3	Poste de livraison.....	53
6.4	Réseau inter-éolien	54
6.5	Réseau électrique externe	57
6.6	Qualification du personnel.....	58
6.7	Respect des normes techniques	58
7	Identification des potentiels de dangers de l'installation	61
7.1	Potentiels de dangers liés aux produits	61
7.2	Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation	61
7.3	Réduction des potentiels de dangers à la source	62
7.3.1	Principales actions préventives	62
7.3.2	Utilisation des meilleures techniques disponibles	63
8	Analyse des retours d'expérience.....	64
8.1	Introduction	64
8.2	Inventaire des accidents et incidents en France	64
8.3	Inventaire des accidents et incidents à l'international	66
8.4	Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience.....	69
8.4.1	Analyse de l'évolution des accidents en France	69
8.4.2	Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents	69
8.5	Limites d'utilisation de l'accidentologie	70
9	Analyse préliminaire des risques (APR)	72
9.1	Objectif de l'analyse préliminaire des risques	72
9.2	Recensement des événements initiateurs exclus de l'analyse des risques.....	72
9.3	Recensement des agressions externes potentielles	73
9.3.1	Agressions externes liées aux activités humaines	73
9.3.2	Agressions externes liées aux phénomènes naturels	74
9.4	Scénarii étudiés dans l'analyse préliminaire des risques	75
9.5	Effets dominos	78
9.6	Mise en place des mesures de sécurité.....	79
9.7	Conclusion de l'analyse préliminaire des risques	83
10	Etude détaillée des risques.....	85
10.1	Objectif de l'analyse détaillée des risques	85
10.2	Rappel des définitions	85
10.2.1	Cinétique	85
10.2.2	Intensité.....	86

10.2.3	Gravité.....	87
10.2.4	Probabilité	87
10.2.5	Acceptabilité des risques	89
10.3	Caractérisation des scénarios retenus.....	91
10.3.1	Effondrement de l'éolienne	91
10.3.2	Chute de glace	97
10.3.3	Chute d'éléments de l'éolienne	102
10.3.4	Projection de pales ou de fragments de pales.....	107
10.3.5	Projection de glace.....	112
10.4	Synthèse de l'étude détaillée des risques.....	117
10.4.1	Tableaux de synthèse des scénarios étudiés	117
10.4.2	Synthèse de l'acceptabilité des risques	118
10.4.3	Cartographie des risques	119
11	Conclusion.....	128
12	Limites de validité de l'étude	128

Liste des figures

Figure 3.1 : Localisation géographique du site d'implantation (IGN au 1/25 000).....	14
Figure 3.2 : Périmètre de l'étude de dangers	16
Figure 4.1: Evolution des températures caractéristiques sur une année - station de Cambrai - Epinoy (1971-2000)	21
Figure 4.2 : Histogramme des précipitations - Station de Cambrai-Epinoy (1971-2000)	22
Figure 5.1 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur.....	38
Figure 5.2 : Illustration des emprises au sol d'une éolienne.....	40
Figure 5.3 : Raccordement électrique des installations.....	41
Figure 5.4 : Composition de l'installation – Source : Escofi	45
Figure 6.1 : Carte des postes de livraison – Source : Escofi.....	54
Figure 6.2 : Coupe type des tranchées	55
Figure 6.3 : Schéma de raccordement électrique interne – Source : Escofi	57
Figure 6.4 : Schéma unifilaire poste de livraison 1 – Source : ACTEMIUM DUNKERQUE	59
Figure 6.5 : Schéma unifilaire poste de livraison 2 – Source : ACTEMIUM DUNKERQUE	60
Figure 8.1 : Répartition des événements accidentels et de leurs causes	66
Figure 8.2 : Répartition des événements accidentels dans le monde	67
Figure 8.3 : Répartition des causes d'effondrement.....	67
Figure 8.4 : Répartition des causes de rupture de pale	68
Figure 8.5 : Répartition des causes d'incendie	68
Figure 8.6 : Evolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées	69
Figure 10.1 : Effondrement de l'éolienne – Distance d'effet.....	91
Figure 10.2 : Effondrement de l'éolienne – Intensité.....	92
Figure 10.3 : Effondrement de l'éolienne - distances d'effetsGravité – Source : Tauw France	93
Figure 10.4 : Chute de glace - distances d'effets	97
Figure 10.5 : Chute de glace - distances d'effets – Source : Tauw France	99
Figure 10.6 : Chute d'éléments de l'éolienne - distance d'effet.....	102

Figure 10.7 : Chute d'éléments de l'éolienne - intensité	103
Figure 10.8 : Chute d'éléments de l'éolienne –distance d'effet – Source : Tauw France.....	104
Figure 10.9 : Projection de pales ou de fragments de pale - distance d'effet.....	107
Figure 10.10 : Projection de pales ou de fragments de pale - distance d'effet.....	108
Figure 10.11 : Projection de pales ou de fragments de pale - distances d'effets – Source : Tauw France ..	109
Figure 10.12 : Projection de glace - distance d'effet	112
Figure 10.13 : Projection de morceaux de glace - distances d'effets – Source : Tauw France.....	114
Figure 10.14 : Cartographie de synthèse des risques – Eolienne E1	120
Figure 10.15 : Cartographie de synthèse des risques – Eolienne E2	121
Figure 10.16 : Cartographie de synthèse des risques – Eolienne E3	122
Figure 10.17 : Cartographie de synthèse des risques – Eolienne E4	123
Figure 10.18 : Cartographie de synthèse des risques – Eolienne E5	124
Figure 10.19 : Cartographie de synthèse des risques – Eolienne E6	125
Figure 10.20 : Cartographie de synthèse des risques – Eolienne E7	126
Figure 10.21 : Cartographie de synthèse des risques – Eolienne E8	127

Liste des tableaux

Tableau 1 : Nomenclature des installations classées	11
Tableau 2 : Composition du groupe de travail	13
Tableau 3 : Distances entre les limites du site et les premières zones construites et constructibles	17
Tableau 4 : Liste des arrêtés préfectoraux concernant les installations industrielles (ICPE à autorisation) situées sur la commune de Solesmes et les communes limitrophes – Source : Site internet de la DREAL Nord-Pas-de-Calais-Picardie	18
Tableau 5 : Occupation des sols en ha sur la commune de Solesmes.....	20
Tableau 6 : Températures caractéristiques - Station de Cambrai – Epinoy (1971 – 2000).....	21
Tableau 7 : Hauteur de précipitation H (en mm) et nombre de jour de pluie JP - Station de Cambrai-Epinoy (1971-2000).....	22
Tableau 8 : Répartition saisonnière des précipitations - Station de Cambrai-Epinoy (1971-2000)	22
Tableau 9 : Rose des vents et répartition des vents en fonction des vitesses et de leur direction d'origine, station de Cambrai-Epinoy (1998-2007).....	23
Tableau 10 - Identification des cibles.....	35
Tableau 11 : Caractéristiques des l'éolienne choisie	43
Tableau 12 : Coordonnées des aérogénérateurs et des postes de livraison	44
Tableau 13 : Tableau du découpage fonctionnel de l'installation.....	46
Tableau 14 : Localisation du poste de livraison – Source : Escofi	53
Tableau 15 : Parcelles traversées par le réseau inter-éolien	56
Tableau 16 : Dangers potentiels de l'installation.....	62
Tableau 17 : Distances entre les éoliennes	73
Tableau 18 : Agressions externes liées au activités humaines	74
Tableau 19 : Agressions externes liées aux phénomènes naturels	74
Tableau 20 : Scénarios étudiés dans l'APR (1/4).....	76
Tableau 21 : Scénarios étudiés dans l'APR (2/4).....	76
Tableau 22 : Scénarios étudiés dans l'APR (3/4).....	77
Tableau 23 : Scénarios étudiés dans l'APR (4/4).....	77
Tableau 24 : Fonctions de sécurité mises en œuvre (1/5)	80
Tableau 25 : Fonctions de sécurité mises en œuvre (2/5)	81

Tableau 26 : Fonctions de sécurité mises en œuvre (3/5)	81
Tableau 27 : Fonctions de sécurité mises en œuvre (4/5)	82
Tableau 28 : Fonctions de sécurité mises en œuvre (5/5)	83
Tableau 29 : Scénarios exclus de l'étude détaillée	84
Tableau 30 : Degré d'exposition	86
Tableau 31 : Gravité	87
Tableau 32 : Niveaux de probabilité.....	88
Tableau 33 : Matrice d'acceptabilité des risques	90
Tableau 34 : Effondrement de l'éolienne – intensité	92
Tableau 35 : Effondrement de l'éolienne – gravité.....	94
Tableau 36 : Effondrement d'une éolienne - probabilité.....	94
Tableau 37 : Effondrement d'une éolienne - niveau de risque	96
Tableau 38 : Chute de glace – intensité.....	98
Tableau 39 : Chute de glace – gravité	100
Tableau 40 : Chute de glace – niveau de risque.....	101
Tableau 41 : Chute d'éléments de l'éolienne – intensité.....	103
Tableau 42 : Chute d'éléments de l'éolienne – gravité	105
Tableau 43 : Chute d'éléments de l'éolienne – niveau de risque.....	106
Tableau 44 : Projection de pales ou de fragments de pale – intensité.....	108
Tableau 45 : Projection de pales ou de fragments de pale – gravité	110
Tableau 46 : Projection de pales ou de fragments de pale - probabilité	110
Tableau 47 : Projection de pales ou de fragments de pale – niveau de risque.....	111
Tableau 48 : Projection de glace – intensité	113
Tableau 49 : Projection de glace – gravité.....	115
Tableau 50 : Projection de glace – niveau de risque	116
Tableau 51 : Résultat de l'étude détaillée des risques	117
Tableau 52 : Matrice d'acceptabilité des risques	118

Liste des Annexes

Annexe D1 : Glossaire

Annexe D2 : Bibliographie et références utilisées

Annexe D3 : méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne

Annexe D4 : Accidentologie française – Filière éolienne

Annexe D5 : Scénarii génériques issus de l'Analyse Préliminaire des Risques (APR)

Annexe D6 : Plan de raccordement au 1 / 1 000^{ème}

Annexe D7 : Guide des opérations de maintenance de l'éolienne GE 2.85

2 Introduction

2.1 Objectifs de l'étude

Suite à la publication de l'arrêté du 26 août 2011 et à l'article L311-1 du code de l'énergie du 17 août 2015 relatifs aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent et aux procédures qui leur sont applicables, Escofi est tenue de réaliser un dossier de Demande d'Autorisation Unique (DAU) pour le parc éolien le Grand Arbre à Solesmes (59), compte tenu de la hauteur du gabarit des 8 machines (126,5 mètres maximum en bout de pale et puissance de 2,85 MW). Cette étude comprend notamment la réalisation d'une étude de dangers, objet du présent rapport.

La présente étude exposera d'une part les dangers que peut présenter le projet en cas d'accidents. Elle s'attachera à présenter les accidents susceptibles d'intervenir, que leur cause soit d'origine interne ou externe, en décrivant la nature et l'extension des conséquences qu'aurait un accident éventuel. Elle s'attachera également à définir et justifier les mesures adoptées par Escofi pour réduire la probabilité et les effets d'un accident.

Elle précise l'ensemble des mesures de maîtrise des risques mises en œuvre sur le parc éolien le Grand Arbre, 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 pratiques techniques et organisationnelles dans l'arrêté d'autorisation
- informer le public dans la meilleure transparence possible en lui fournissant des éléments d'appréciation clairs sur les risques.

2.2 Contexte 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'article L. 512-1 précise également que le contenu de l'étude de dangers doit être en relation avec l'importance des risques engendrés par l'installation.

L'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation fournit un cadre méthodologique pour les évaluations des scénarii d'accidents 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 scénarii d'accidents majeurs susceptibles d'intervenir. Ces scénarii 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 autour 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 scénarii 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.

S'agissant du code de l'énergie,

- **Le projet éolien peut être concerné par une autorisation d'exploiter une installation de production électrique**

3 Informations générales concernant l'installation

3.1 Renseignements administratifs – Identité du demandeur

RAISON SOCIALE	Parc éolien le Grand Arbre
FORME JURIDIQUE	SARL
REPRESENTE PAR	Jean Philippe ETHUIN Gérant
CAPITAL SOCIAL	7 500 Euros
N° SIREN	800 510 968 00012
CODE NAF	3511 Z
SECTEUR D'ACTIVITE	Production, vente d'énergie électrique renouvelable à cet effet, de construire, d'acquérir et équiper toutes installations y afférentes
CATEGORIE D'ACTIVITE	Eolien
COORDONNEES DU SIEGE SOCIAL	Parc éolien le Grand Arbre 12 Rue de la fontaine 59121 PROUVY
COORDONNEES DU SITE	Commune de Solesmes (59)
DOSSIER SUIVI PAR	M Régis HUBAU – Ingénieur développement ESCOFI
TELEPHONE	03-27-21-99-22
TELECOPIE	03-27-21-89-21

3.2 Groupe de travail

Une équipe de travail a été constituée pour procéder à l'identification des dangers et des enjeux associés au projet. Sa composition et les compétences transverses sont reprises dans le Tableau 2.

Tableau 2 : Composition du groupe de travail

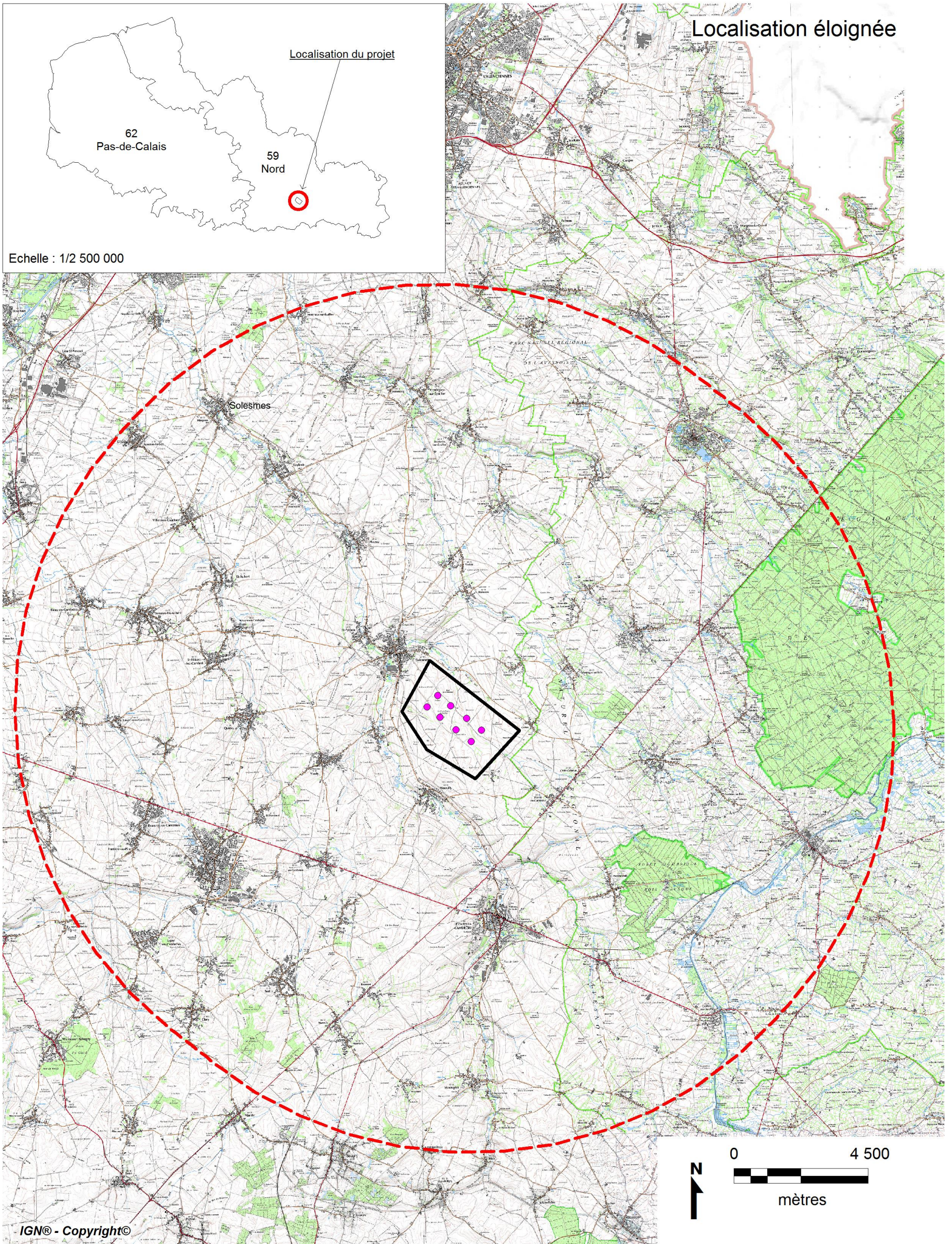
Entité	Représentant	Compétence/Responsabilité
Exploitant / Maître d'œuvre / Ingénierie technique	Escofi Régis HUBAU	Ingénieur développement
Ingénierie Environnementale	Julien CHADEFaux Alexandre QUENNESON	Chef de projets Installations Classées/ Eolien Ingénieur d'études Installations Classées

3.3 Localisation du site

Le projet d'implantation de 8 éoliennes s'inscrit sur le territoire de la commune de Solesmes, dans le département du Nord en région Nord-Pas de Calais.

Le lieu d'implantation de chaque éolienne est actuellement occupé par des terrains agricoles.

La localisation du site retenu est présentée sur la Figure 3.1.



-  Zone d'étude
-  Implantation des éoliennes
-  Périmètre de 13,7 km autour des éoliennes

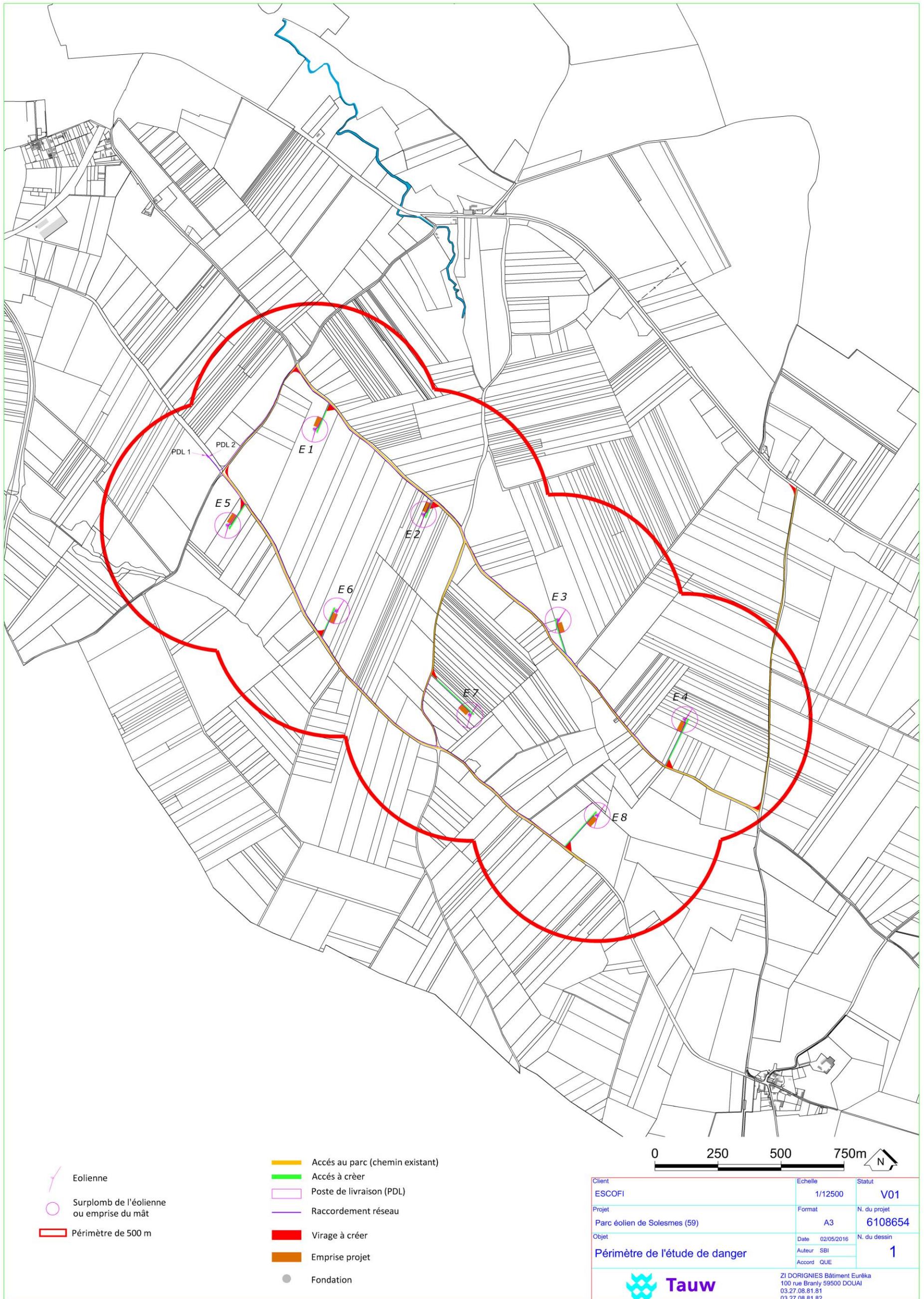
Figure 3.1 : Localisation géographique du site d'implantation (IGN au 1/25 000)

3.4 Définition de la zone sur laquelle porte l'étude de dangers

Compte tenu des spécificités de l'organisation spatiale d'un parc éolien, composé de plusieurs éléments disjoints, la zone sur laquelle porte l'étude de dangers est constituée d'une aire d'étude par éolienne. Chaque aire d'étude correspond à l'ensemble des points situés à une distance inférieure ou égale à 500 m à partir de l'emprise du mât de l'aérogénérateur. Cette distance équivaut à la distance d'effet retenue pour les phénomènes de projection, telle que définie au paragraphe 10.3.4.

Etant donné la relative proximité spatiale des différentes éoliennes constituant le parc éolien le Grand Arbre à Solesmes (59), l'environnement sera étudié dans une aire d'étude globale reprenant les 8 aires d'études constituées autour de chaque éolienne.

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


Figure 3.2 : Périmètre de l'étude de dangers

4 Description de l'environnement de l'installation

4.1 Introduction

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).

4.2 Environnement humain

4.2.1 Zones urbanisées

Les habitations et les zones constructibles au sens des documents d'urbanisme¹ les plus proches des limites de site du parc éolien se situent à plus de 900 mètres comme en témoigne le tableau ci-dessous.

Tableau 3 : Distances entre les limites du site et les premières zones construites et constructibles

N° de l'éolienne	Commune	Distance la plus faible entre l'éolienne et l'habitation la plus proche (mètres)
E1	Solesmes	913 m du lieu-dit Marou
E2	Solesmes	1 134 m du lieu-dit Marou
E3	Solesmes	1 045 m du lieu-dit la Maison rouge
E4	Solesmes	1 105 m du lieu-dit la Maison rouge
E5	Solesmes	1 125 m de Solesmes (D 955)
E6	Solesmes	1 500 m de Briastre (D 16)
E7	Solesmes	1 820 m d'Amerval
E8	Solesmes	1 240 m d'Amerval

Les distances entre le parc et les habitations les plus proches sont présentées dans la Figure 4.6 qui illustre également l'ensemble des risques liés à l'environnement humain et matériel.

Les habitations les plus proches se situent sur la commune de Solesmes (entrée de village le long de la D955) et le long de la D43 (lieux-dits "La maison rouge" et "Marou"). Sur le plateau agricole, le hameau d'Amerval se situe à 1010 m de l'éolienne la plus proche (E8).

¹ en vigueur à la date du dépôt

4.2.2 Etablissements recevant du public (ERP)

Il y a de nombreux **Etablissements Recevant du Public** sur la commune de Solesmes, à proximité immédiate du projet.

Parmi les établissements sensibles identifiés à Solesmes, les principaux sont :

- la maison de retraite Résidence Abbaye ;
- la maison de retraite Soleil d'Automne ;
- le gymnase Edouard Delberghe ;
- la piscine municipale ;
- le centre médico-psychologique ;
- l'école Marie Curie ;
- l'école Saint-Joseph ;
- le collège Saint-Exupéry ;
- le collège et le lycée Saint-Michel.

L'établissement recevant du public le plus proche du parc éolien en projet est la maison de retraite « résidence Abbaye » qui se trouve à 1,4 km de l'éolienne E5.

4.2.3 Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE)

Les installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation recensées à Solesmes et sur les communes limitrophes (Haussy, Saint-Python, Viesly, Briastre, Neuville, Croix-Caluyau, Forest-en-Cambrésis, Vendegies-au-Bois, Beaurain, Romeries et Vertain) :

Tableau 4 : Liste des arrêtés préfectoraux concernant les installations industrielles (ICPE à autorisation) situées sur la commune de Solesmes et les communes limitrophes – Source : Site internet de la DREAL Nord-Pas-de-Calais-Picardie

ETABLISSEMENT	COMMUNE	REFERENCE	DATE DE SIGNATURE	TYPE DE DOCUMENT	MODIFIE
AFFIVAL	SOLESMES		17/01/2011	Arrêté préfectoral	Non
CAUDRELIER	SOLESMES		09/03/2011	Arrêté préfectoral	Non
DECHETTERIE DE SOLESMES	SOLESMES	2012	26/12/2012	Rapport	Non
DECHETTERIE DE SOLESMES	SOLESMES	2013	01/02/2013	Arrêté préfectoral	Non
SITA NORD EST - CET Solesmes	SOLESMES	2015	29/09/2015	Rapport	Non
SITA NORD EST - CET Solesmes	SOLESMES	2015	10/12/2015	Arrêté préfectoral	Non
Grainor	SOLESMES		23/02/2004	Arrêté préfectoral	Non
Affival	SOLESMES		02/07/2004	Arrêté préfectoral	Non
Etilam	SOLESMES		22/11/2004	Arrêté préfectoral	Non
Grainor	SOLESMES		29/08/2005	Arrêté préfectoral	Non
PE LES VENTS DU SOLESMOIS	HAUSSY	2014	08/01/2014	Rapport	Non
PE LES VENTS DU SOLESMOIS	HAUSSY	2014	09/04/2014	Arrêté préfectoral	Non
59 RECUP	BRIASTRE	2015	24/03/2015	Rapport	Non
59 RECUP	BRIASTRE	2015	19/05/2015	Arrêté préfectoral	Non
ACK Plastique	BRIASTRE		23/06/2004	Arrêté préfectoral	Non
EARL FERME DU BOIS MONTAGU	NEUVILLY	2015	23/06/2015	Arrêté de mise en demeure	Non
GAEC DU BOIS DE BOUSIES	CROIX CALUYAU	2013	08/03/2013	Arrêté préfectoral	Non

D'après le site de la DREAL Nord-Pas-de-Calais-Picardie (en date du 12/04/2016), 10 ICPE ont fait l'objet d'un arrêté préfectoral sur la commune de Solesmes. Sur les communes limitrophes de Solesmes, 7 ICPE ont fait l'objet d'un arrêté préfectoral.

Ces installations ne présentent pas d'incompatibilité avec l'implantation d'éoliennes sur la commune de Solesmes. L'ICPE la plus proche du parc éolien est également le site SEVESO, c'est-à-dire l'usine Affival. La distance la plus courte entre l'usine Affival et une éolienne est 1300 m (distance avec l'éolienne E5). Conformément à l'arrêté ministériel du 26 août 2011, les éoliennes sont donc situées à plus de 300 mètres de toute installation nucléaire de base et de toute installation SEVESO.

4.2.4 Autres activités

La zone d'étude accueille essentiellement des activités agricoles (élevages et champs). D'autres activités, concentrées principalement sur Solesmes, sont toutefois recensées et sont résumées ci-dessous.

Activités économiques

283 entreprises (sièges sociaux actifs) sont recensées sur la commune de Solesmes. Plus de la moitié d'entre elles (56,5%) concernent le secteur des services, avec une grande part de commerces (55 entreprises). Le secteur de l'administration publique, enseignement, santé, et action sociale arrive en seconde position.

Activités touristiques et de loisirs

La commune de Solesmes n'a pas de vocation touristique particulière. Une structure d'hébergement touristique est néanmoins présente dans le bourg : un camping situé rue Jules Guesdes, dans la vallée de la Selle à l'entrée sud de Solesmes.

Au sein du bourg de Solesmes, plusieurs points d'intérêt peuvent être soulignés : l'église du XVIIIème siècle, avec des fonts baptismaux de 1582, l'Hôtel de ville de 1903, le kiosque à musique de 1888, et le site des fontaines, bassins datant pour partie du VIIème siècle.

En outre, même si sa fréquentation reste très relative, le patrimoine touristique des alentours de Solesmes est très varié : sites religieux, historiques ou industriels ou encore espaces naturels. A proximité de la zone d'étude, on peut ainsi mentionner :

- la maison du patrimoine d'Avesnes-Lez-Aubert qui se penche sur le passé et la sauvegarde du patrimoine du Cambrésis,
- le musée départemental Matisse au Cateau-Cambrésis qui offre un panorama de l'œuvre de cet artiste,
- le musée des dentelles et broderies de Caudry,
- le moulin Lamour à Briastre qui, outre son musée, accueille des manifestations culturelles,
- un moulin ouvert au public à Saint-Vaast-en-Cambrésis ;
- une zone touristique de mémoire à Bazuel
- les fortifications de la ville de Le Quesnoy.

Activité agricole

L'activité agricole de Solesmes a été analysée à partir des recensements agricoles AGRESTE 1988, 2000 et 2010.

- Occupation des sols

Le tableau suivant présente la Surface Agricole Utilisée (S.A.U.), la surface de terres labourables, le cheptel, les terres toujours en herbe, le nombre d'exploitations et le travail dans les exploitations agricoles.

Tableau 5 : Occupation des sols en ha sur la commune de Solesmes

Années	Exploitations agricoles	Travail dans les exploitations agricoles	Superficie agricole utilisée	Cheptel	Superficie en terres labourables en ha	Superficie toujours en herbe en ha
1988	34	66	1864	1311	1549	315
2000	24	36	1693	1190	1404	288
2010	19	23	1415	1048	1145	268
Variation entre 1988 et 2010	-44%	-65%	-24%	-20%	-26%	-15%

Les terres labourables constituent 81% de la SAU, les prairies représentent 19% de la SAU. L'occupation des sols des parcelles d'accueil des éoliennes confirme cette prégnance des grandes cultures, avec de vastes espaces agricoles que les haies et bosquets ne ponctuent que très rarement.

4.3 Environnement naturel

4.3.1 Contexte climatique

Les données climatiques recueillies proviennent de la **station météorologique de Cambrai-Epinoy** située à environ 15 Km au nord-ouest du site d'implantation des éoliennes.

Températures

Le tableau qui suit rassemble cinq températures caractéristiques en °C :

- T1 : la température mensuelle moyenne ;
- T2 : le maximum absolu des températures ;
- T3 : la moyenne des températures maximales ;
- T4 : la moyenne des températures minimales ;
- T5 : le minimum absolu des températures.

Tableau 6 : Températures caractéristiques - Station de Cambrai – Epinoy (1971 – 2000)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T ₁	3.0	3.6	6.4	8.7	12.8	15.4	17.8	17.8	14.8	10.9	6.3	4.1
T ₂	14.8	17.5	22.7	26.9	30.9	34.7	36.5	38.2	31.5	26.0	19.5	16.0
T ₃	5.5	6.6	10.2	13.3	17.6	20.2	22.9	23.2	19.5	14.7	9.1	6.4
T ₄	0.6	0.6	2.7	4.1	7.9	10.5	12.7	12.4	10.2	7.0	3.4	1.7
T ₅	-19.8	-17.2	-10.6	-4.5	-1.3	1.2	4.5	5.0	0.8	-5.4	-9.0	-12.8

Ce tableau nous permet de tracer les courbes suivantes.

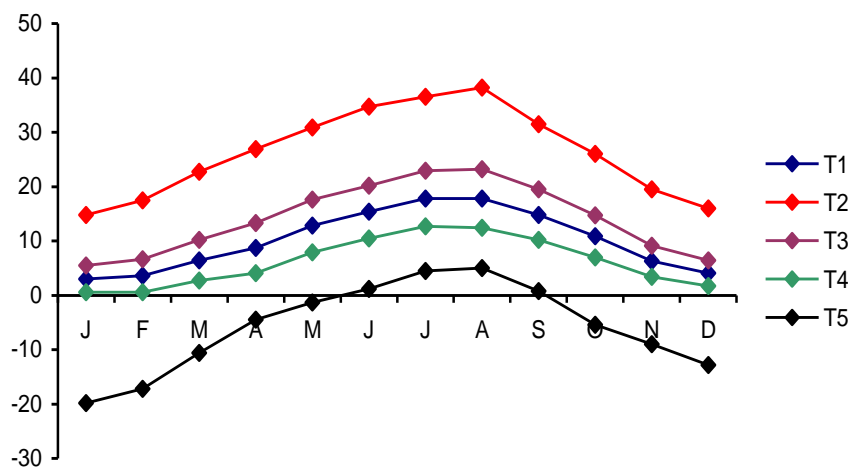


Figure 4.1: Evolution des températures caractéristiques sur une année - station de Cambrai - Epinoy (1971-2000)

Les hivers et les étés sont doux. En effet, en hiver, les températures moyennes restent positives ainsi que la moyenne des températures minimales. Le mois le plus froid est janvier avec une température moyenne de 5,5°C. En été, la température moyenne maximale est atteinte au mois d'août avec 23,2°C.

Toutefois, des pics de froids et de chaleurs peuvent être observés comme nous le montrent les absolus minimaux et maximaux des températures.

La température annuelle moyenne est de 10,1°C, l'amplitude thermique de 14,8°C.

Régime pluviométrique

Le tableau ci-dessous rassemble la hauteur de précipitation mensuelle H et le nombre de jours de pluie par mois.

Tableau 7 : Hauteur de précipitation H (en mm) et nombre de jour de pluie JP - Station de Cambrai-Epinoy (1971-2000)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
H	52.2	40.4	51.4	48.6	58.6	72.3	58.9	54	58.8	66.0	62.0	59.5
JP	11.4	8.9	11.6	10.0	10.7	10.6	9.1	8.3	9.3	10.0	11.3	11.5

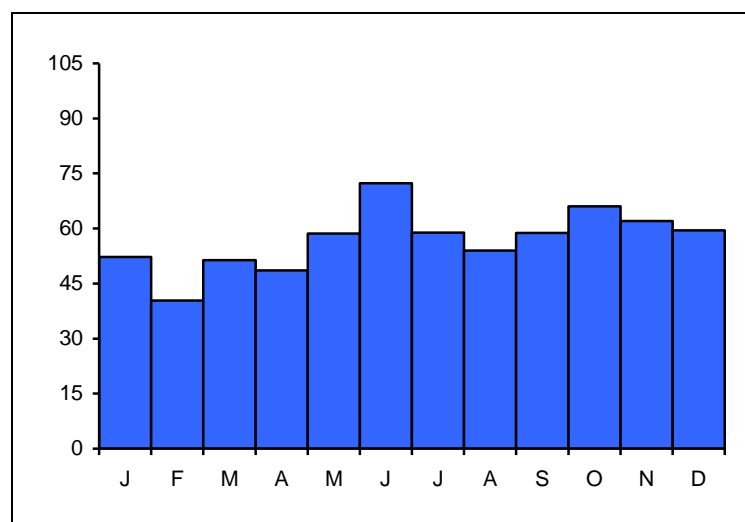


Figure 4.2 : Histogramme des précipitations - Station de Cambrai-Epinoy (1971-2000)

La hauteur totale de précipitations est de 682.37 mm par an, soit 56.9 mm par mois en moyenne.

Sur l'année, le nombre de jours de pluie est de 122,8 jours, soit 10 jours par mois en moyenne. La répartition saisonnière des pluies est la suivante :

Saison	Automne	Hiver	Printemps	Eté
Hauteur de pluie en mm	187,5 mm	144,0 mm	179,5 mm	171,7 mm

Tableau 8 : Répartition saisonnière des précipitations - Station de Cambrai-Epinoy (1971-2000)

Le régime pluviométrique est de type A.P.E.H. (automne – printemps – été - hiver).

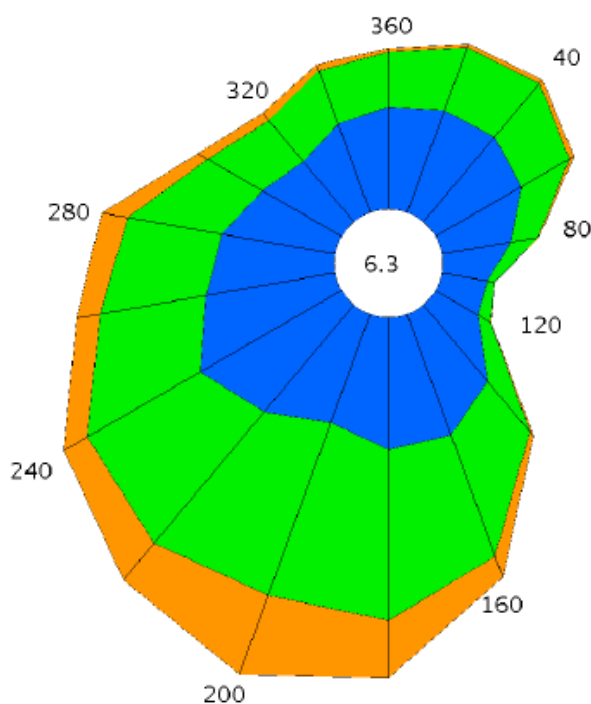
Vents

Les données de la station de Cambrai-Epinoy sont fournies par un anémomètre situé à 10 m au-dessus du sol. **En ce qui concerne la direction des vents, le secteur Sud-Sud-Ouest (direction 180 à 240) est majoritaire.**

La force du vent est appréciée par sa vitesse. A Cambrai-Epinoy, on constate que :

- 47% des vents ont une vitesse comprise entre 1.5 et 4.5 m/s ;
- 38,2% des vents ont une vitesse comprise entre 4.5 et 8 m/s ;
- 8.5% des vents ont une vitesse supérieure à 8 m/s.

Tableau 9 : Rose des vents et répartition des vents en fonction des vitesses et de leur direction d'origine, station de Cambrai-Epinoy (1998-2007)



Dir.	[1.5;4.5 [[4.5;8.0]	> 8.0 m/s	Total
20	2.7	1.7	0.1	4.5
40	2.8	1.8	0.1	4.7
60	2.5	1.4	0.1	4.0
80	1.8	0.7	+	2.5
100	1.2	0.2	+	1.4
120	1.2	0.4	+	1.6
140	2.5	1.6	0.2	4.3
160	3.2	3.2	0.6	7.0
180	3.3	4.3	1.5	9.0
200	2.9	4.6	2.1	9.6
220	3.5	4.3	1.2	9.0
240	4.1	3.3	0.7	8.0
260	3.3	2.7	0.6	6.6
280	2.9	2.4	0.7	5.9
300	2.3	1.6	0.3	4.1
320	2.0	1.4	0.2	3.5
340	2.4	1.4	0.2	3.9
360	2.6	1.4	+	4.0
Total	47.0	38.2	8.5	93.7
[0;1.5 [6.3

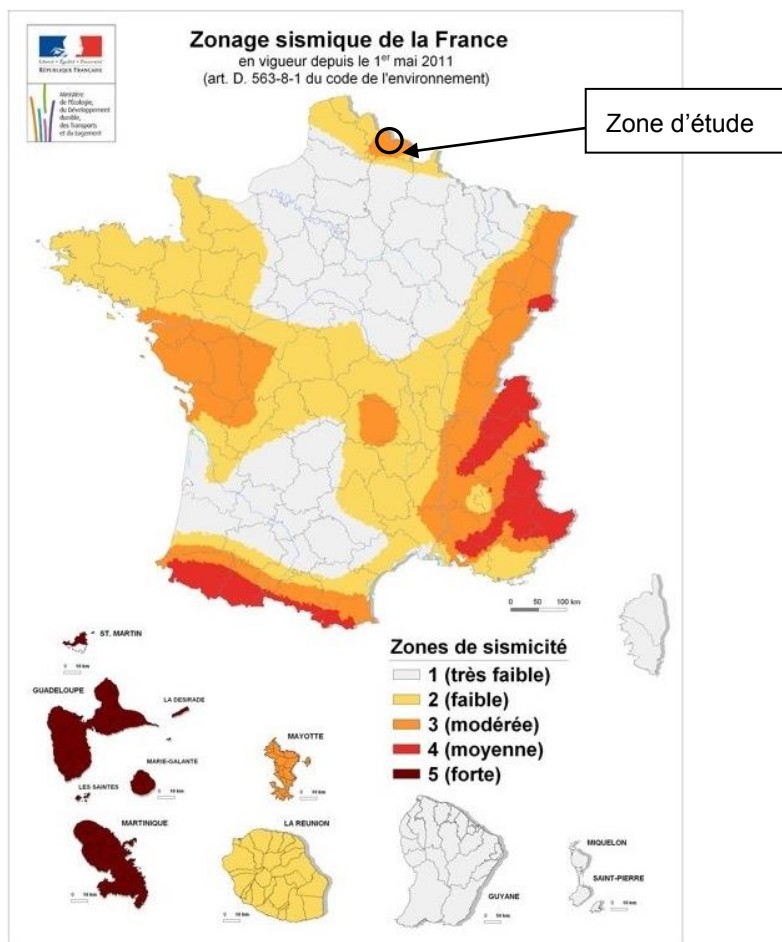
Groupes de vitesses (m/s)
 [1.5;4.5 [[4.5;8.0] > a 8.0

Pourcentage par direction
 0% 5%

4.3.2 Risques naturels

Risques sismiques

La commune de Solesmes se trouve dans une zone où le risque sismique est modéré (zone 3 du nouveau zonage sismique de la France défini dans le décret n°2010-1255 du 22 octobre 2010 et les articles R.563-1 à 8 et D.563-8-1 du Code de l'Environnement) :



Carte 1 : Zone de sismicité en France (Source : BRGM et MEDD, 2011)

L'ensemble des constructions seront adaptées à ce niveau de risque sismique conformément à la réglementation en vigueur.

Risques Inondation

A propos du risque d'inondation, la commune de Solesmes a fait l'objet **d'un arrêté de catastrophe naturelle concernant des inondations et coulées de boues en 1992 et 1999.**

Sur la zone d'étude, le risque de remontée de nappe est très faible pour les éoliennes E1, E4, E5, E6, E7 et E8. Pour les éoliennes E2 et E3, la sensibilité est faible. Les secteurs à sensibilité forte les plus proches correspondent aux vallées de la Selle et du ruisseau de Saint-Georges.

Par ailleurs, les éoliennes se trouvent toutes à distance des zones à dominante humides recensées par le SDAGE. La zone à dominante humide la plus proche correspond à la source du Béart au Nord-est.

Mouvements de terrain

A propos du risque d'inondation, la commune de Solesmes a fait l'objet d'un arrêté de mouvement de terrain en 1999 et 2001. Du fait de sa topographie, la zone d'études semble cependant peu sensible à cette problématique.

Il existe un **Plan de Prévention des Risques liés aux mouvements de terrain** (PPR n) sur la commune de **Solesmes qui a été prescrit le 19/06/2001**.

Le site BD Cavité (www.bdcavite.net) renseigne de la présence des cavités souterraines. Dans le département du Nord, les inventaires sont en cours et les données sur la commune de Solesmes sont inexistantes.

Retrait-gonflement des argiles

D'après les données du site www.prim.net, la commune de Solesmes a fait l'objet d'un arrêté de reconnaissance de catastrophe naturelle « inondations, coulées de boues et mouvements de terrain » du 25/12/1999 au 29/12/1999. La commune a également fait l'objet d'un arrêté de reconnaissance de catastrophe naturelle « mouvement de terrain » le 24/04/2001.

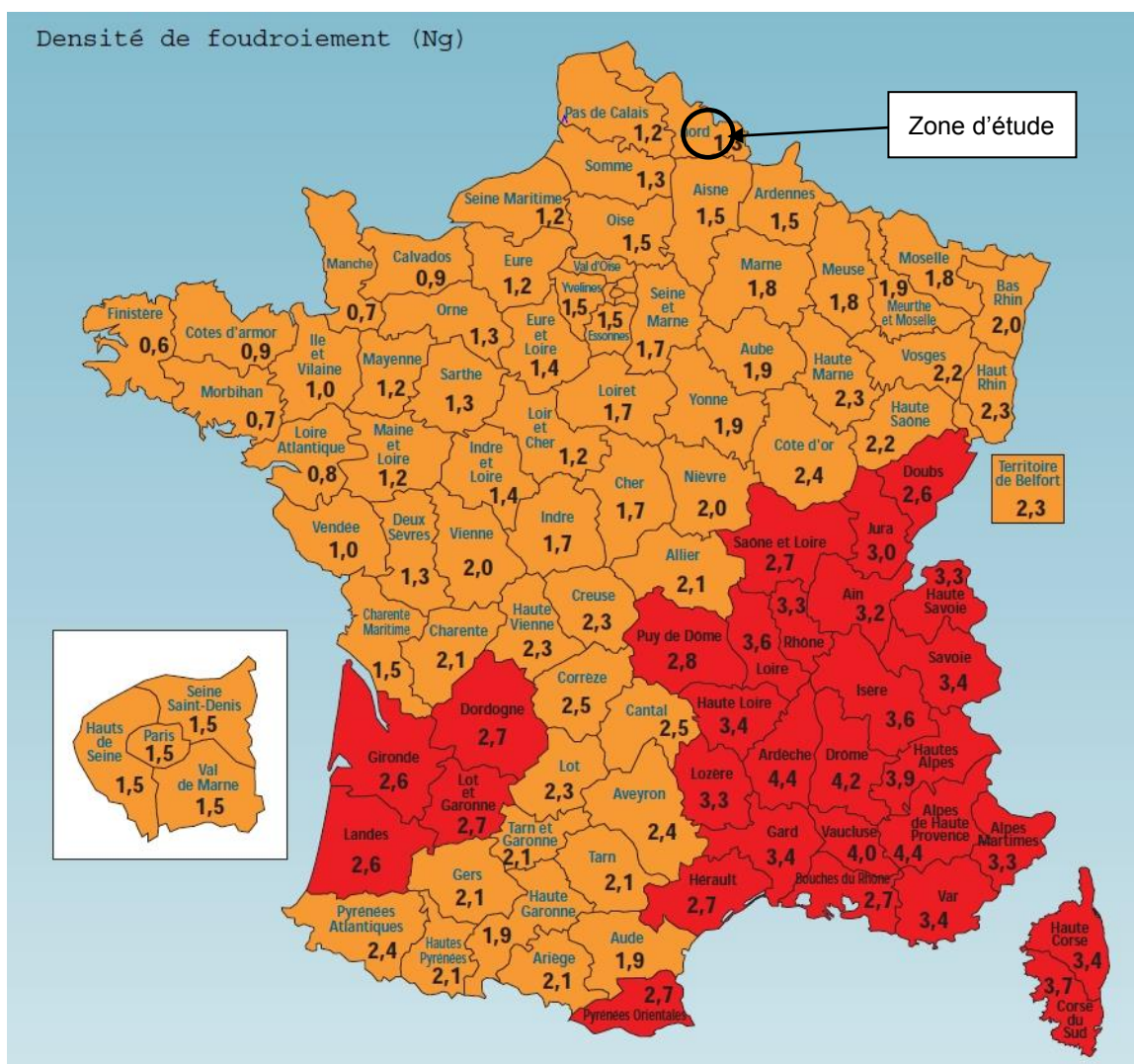
La totalité de la zone d'étude se trouve en secteur où le risque de retrait et de gonflement de l'argile est faible à l'exception de l'éolienne E3 qui est concernée par un aléa nul.

Risques foudre et tempête

Compte tenu de leur taille et de leur implantation sur des points hauts du relief, les éoliennes sont très exposées au risque de foudroiement.

Le site d'étude est soumis à une exposition faible par rapport au foudroiement, puisque dans le département :

- Le niveau kéraunique (nombre de jours d'orage par an en un endroit donné) est de 16, contre une moyenne nationale de 20.
- La densité de foudroiement (nombre de coups de foudre par km² et par an) est de 1,3 contre une moyenne nationale de 2.



Carte 2 : Densité de foudroiement sur le territoire français

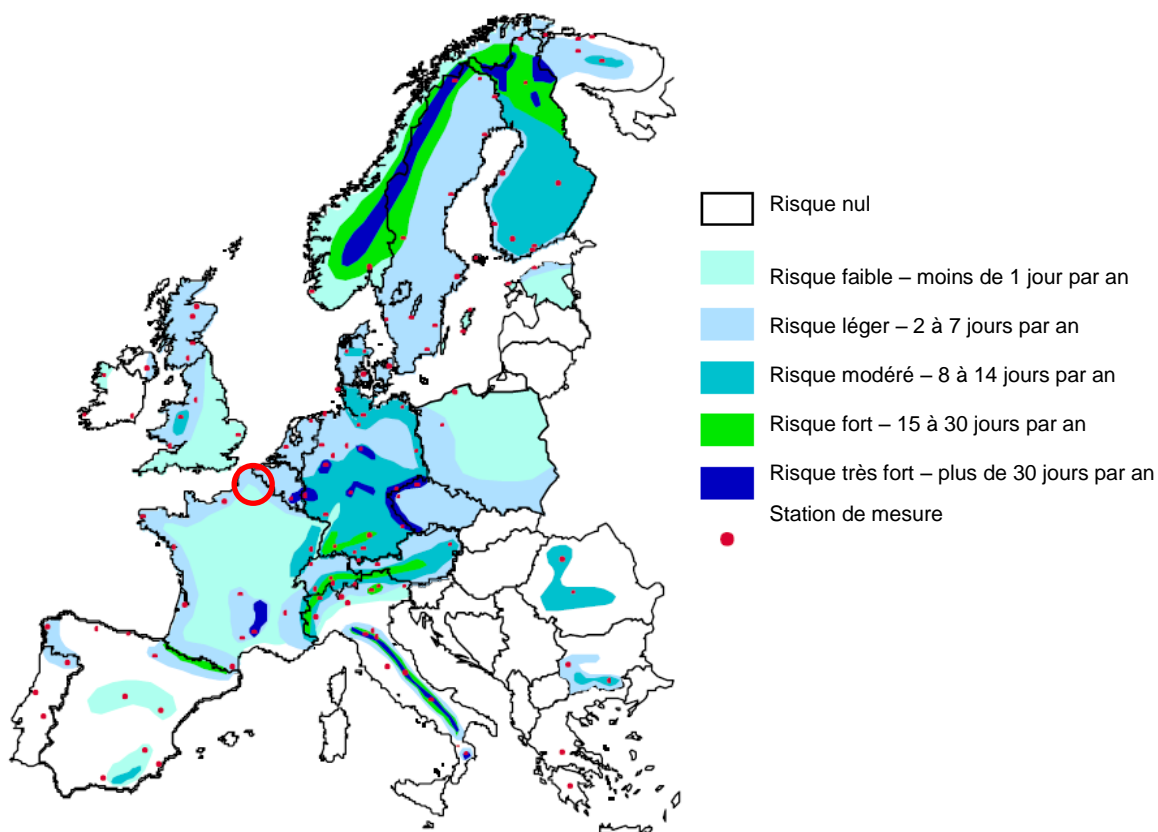
Par ailleurs le service de prévention des risques majeurs ne signale aucun risque de type « Phénomènes liés à l’atmosphère – Tempête et grains (vents) » sur la commune de Solesmes.

Par définition les éoliennes sont conçues pour résister aux vents violents (elles peuvent fonctionner normalement avec des vents allant jusqu’à 90 km/h et sont construites pour résister à des vents pouvant aller jusqu’à 250 km/h). Lorsque le vent dépasse la vitesse de sécurité, les éoliennes sont équipées de dispositifs leur permettant de « décrocher » pour réduire la prise au vent.

Le site n’est pas concerné par un risque de tempête. La présence des éoliennes est donc peu menacée par des risques de tempête.

Gelées

Une étude supportée notamment par la Direction Générale DG XII (Science, recherche et développement) de la Commission Européenne, a été réalisée afin d'étudier le comportement des éoliennes sous des climats extrêmes de froid. Le document qui en a découlé, le "Wind Energy Production in Cold Climates" WECO (JOR3-CT95-0014), reprend une carte de synthèse des risques de formation de glace sur les éoliennes selon leur lieu d'implantation :



Carte 3 : Synthèse des risques de formation de glace

L'occurrence des phénomènes de gelées est faible en France et limitée aux massifs montagneux (Massif Central, Pyrénées, Alpes et Jura).

Le projet éolien de Solesmes se situe dans une zone à risque léger pour le gel soit entre 2 et 7 jours par an.

4.3.3 Zones naturelles remarquables

3 ZNIEFF de type II, 16 ZNIEFF de type I sont présentes dans un périmètre de 13,7 km autour du projet. La ZNIEFF de type II la plus proche est le « Complexe écologique de la forêt de Mormal et des zones bocagères associées » à 250 m de la zone d'étude. La ZNIEFF de type I la plus proche est « La Haute vallée de la Selle en amont de Solesmes » à 375 m de la zone d'étude.

Aucune ZPS n'est présente dans le périmètre d'étude. La ZPS la plus proche, le site FR3112005 « Vallée de la Scarpe et de l'Escaut », se situe à plus de 24 km au nord de la zone d'étude. Il n'y a pas de ZICO dans un rayon de 14 km autour de la zone d'implantation des éoliennes.

Aucune ZSC n'est située sur la zone d'étude. Le SIC le plus proche est « Forêts de Mormal et de Bois-l'Evêque, Bois de la Lanière et plaine alluviale de la Sambre » (FR3100509) à 9 km à l'est de la zone d'étude. Aucun site inscrit ou classé ne se situe au sein de la zone d'implantation du projet. Le site inscrit le plus proche est le village de Maroilles, à 16 km à l'Est de la zone d'étude.

Les éoliennes sont situées à l'extérieur des zones naturelles remarquables.

4.4 Environnement matériel

4.4.1 Voies de communication

Le site est entouré par quatre voies routières :

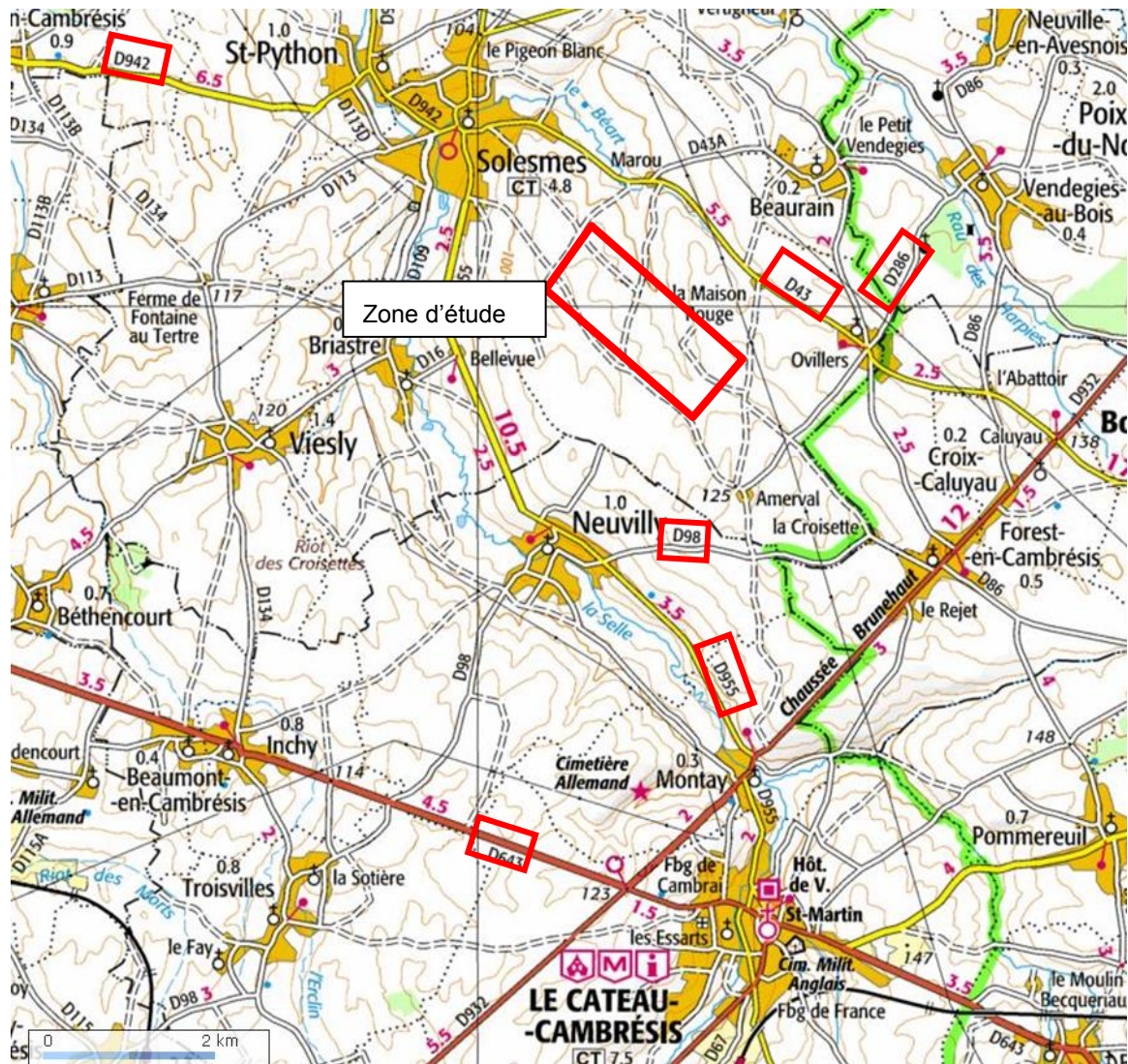
- La D955 qui relie Solesmes au Cateau-Cambrésis en longeant le site à l'ouest,
- La D43 qui relie Solesmes à Ovillers en longeant le site au nord-est,
- La D98 qui relie Neuville à Forest-en-Cambrésis en longeant le site au sud,
- La D286 qui relie le hameau d'Amerval à la D43 en longeant le site au sud-est.

L'accès au secteur est possible :

- Depuis Cambrai, via la D942 ou la N43
- Depuis le Cateau-Cambrésis, via la D932.

Il existe également tout un réseau de routes de moindre importance, ainsi que de chemins agricoles au sein même du site d'implantation.

Des distances de sécurité égales à $1,5 \times (\text{hauteur du moyeu} + \text{diamètre du rotor}/2)$ entre les éoliennes et les voiries départementales sont prises en compte dans le projet. Dans le cas présent, cette distance de sécurité est égale à 189,75. Cette distance a été prise en compte puisque les distances réelles entre les éoliennes et les voies départementales sont largement supérieures aux distances de sécurité correspondantes.



Carte 4 : Localisation des voies routières d'accès (source : Geoportail – IGN)

Les contraintes relatives à la route d'accès concernent le passage des semi-remorques et des engins de levage. Les contraintes les plus fortes sont celles concernant :

- Les pales qui vont notamment déterminer le rayon minimal de courbure des voies d'accès
- Le poids de la nacelle : au-delà de 25 tonnes des difficultés sont rencontrées pour gravir des secteurs de fortes pentes ;
- Le poids et la longueur des éléments de la tour.

Enfin, l'accès au site devra aussi être évalué en fonction du transporteur mais également des conditions météorologiques. Concrètement, il s'agit d'élargir ou de corriger la pente des voies existantes si leurs paramètres ne sont pas adéquats.

Dans le cas présent, le site est assez plat et bien desservi par les voies départementales alentours et des chemins d'exploitation. Deux chemins d'exploitation seront cependant renforcés et quatre virages seront élargis.

La gare la plus proche est celle du Cateau-Cambrésis. Une ligne régulière assure des liaisons directes avec Valenciennes, Lille et Maubeuge. Au nord, la gare du Quesnoy assure des liaisons avec Valenciennes, Lille, Charleville-Mézières et Maubeuge

La voie de chemin de fer la plus proche passe au sud de Caudry, à 6 km de la zone d'étude. On peut également mentionner le projet de canal Seine-Nord-Europe qui passera à l'Ouest de Cambrai, à 25 km environ du site d'implantation des éoliennes.

4.4.2 Réseaux publics et privés

Servitudes radioélectriques

Météo France porte un avis sur tous les projets situés dans la zone de coordination d'un de leurs radars, soit un rayon de 20 km autour des radars. Le radar Météo France le plus proche est celui de l'Avesnois : toutes les éoliennes se situent à une distance supérieure à 20 km de ce radar, de sorte que le projet n'est pas concerné par cette servitude.

L'éolienne E4 est la plus proche du radar météorologique de Taisnière-en-Thiérache. Dans un courrier reçu le 25 avril 2016, Météo France confirme que le projet respecte l'éloignement minimal exigé de 20 km pour l'éolienne la plus proche.

Servitudes aéronautiques

Les servitudes aéronautiques proprement dites incluent les servitudes de dégagement des aérodromes et de leurs abords et les servitudes de balisage. Il existe un aérodrome dans le secteur d'étude, à Cambrai/Niergnies, mais le projet n'est pas affecté par ses servitudes aéronautiques de dégagement ni par aucune contrainte particulière concernant l'aviation civile, comme le précise la **Direction Générale de l'Aviation Civile Nord** (courrier du 21/11/2012, réf DNPC/2012/11/0078). En effet, le courrier stipule que « *le projet n'est impacté par aucune des servitudes aéronautiques de dégagement ou radioélectriques civiles intéressant le Nord. L'altitude maximale admissible dans le secteur est limitée à 304 m NGF pour des raisons de contraintes de circulation aérienne* ». Les éoliennes feront 126,5 m de hauteur et l'altitude de l'éolienne située le plus haut est de 126 m. Par conséquent, la hauteur NGF en bout de pale sera au maximum de 252,5 m (126+126,5) ce qui est inférieur au 304 m NGF réglementaires.

L'armée de l'air, Région Aérienne Nord précise dans son courrier du 30 mars 2010 (réf 46069 CDAOA/GATN) que la zone d'étude se situe dans la zone de contrôle « CTR Cambrai » de la base aérienne 103 de Cambrai et dans le couloir de protection de 2 km de part et d'autre de l'itinéraire de vol à vue, incompatible avec la construction d'obstacles de grande hauteur.

Le projet se situe également dans le volume de sécurité radar AMSR de la base aérienne 103 de Cambrai. En conséquence, l'altitude sommitale des aérogénérateurs, pales à la verticale, est limitée à 248 m NGF.

Cependant, la **ZAD NORD (Section Environnement Aéronautique)**, consultée dans le cadre du dossier a précisé qu'au moment de la construction du parc, l'ensemble des servitudes en lien avec la base aérienne de Cambrai seraient levées. A la date du dépôt l'instruction du dossier par la ZAD Nord était toujours en cours.

Par ailleurs le projet se situe à une distance comprise entre 20 et 30 km des radars de la base de Cambrai, et se localise donc en zone de coordination à partir de 88 m NGF, zone dans laquelle le

nombre et la disposition des éoliennes sont des facteurs à prendre en compte, notamment en fonction des parcs déjà existants.

Il est à noter que la base aérienne de Cambrai-Epinoy est fermée depuis le 27/06/2012, la Défense a ainsi **libéré les espaces aériens et n'a plus d'objection sur le plan des servitudes aéronautiques.**

Servitudes de protection des monuments historiques

Dans son courrier du 28 septembre 2010, le **Service Départemental de l'Architecture et du Patrimoine** du Nord-Pas-de-Calais a confirmé que la zone d'étude n'était concernée par aucun périmètre de protection de Monument Historique ou de site protégé.

Servitudes liées aux voies de communication

Les éoliennes se situent en dehors des zones de servitude.

Servitudes relatives aux infrastructures routières

Ces servitudes visent à protéger essentiellement les abords immédiats du réseau routier (servitude d'alignement ou servitude de réservation de terrain). Les routes et chemins voisins du parc éolien ne sont pas soumis à de telles servitudes puisque lors de la conception du projet, une distance d'éloignement entre chaque éolienne et le réseau routier largement supérieure à la hauteur totale de l'aérogénérateur (hauteur du mât et des pâles, soit 126,5 m maximum) a été retenue pour ne pas mettre en cause la sécurité des circulations et de l'infrastructure routière en cas de chute.

Servitudes relatives aux voies de chemin de fer

Les voies de chemin de fer sont concernées par la servitude T1 imposée en application des dispositions de la loi du 15 juillet 1845. Les recommandations concernant le réseau ferré sont le respect d'une distance de sécurité entre les éoliennes et les voies ferrées égale à la hauteur totale de l'aérogénérateur et l'absence de perturbations électromagnétiques à l'infrastructure ferroviaire qui risqueraient de dégrader sa sécurité. Une voie de chemin de fer passe à 6 km au sud du site, il n'y a donc pas de servitude.

Lignes électriques

RTE (gestionnaire des lignes électriques haute-tension HTB) et **ErDF** (gestionnaire des lignes électriques haute-tension HTA (ou moyenne-tension) et basse-tension) ont été consultés dans le cadre du présent dossier.

RTE nous informe de la présence d'une ligne aérienne 400kV à l'est de la zone d'étude.

RTE impose à Escofi de respecter la distance prévue par l'article 26 de cet arrêté relatif à la « distance aux arbres et obstacles divers » : RTE estime ainsi souhaitable **qu'une distance supérieure 1,5 fois la hauteur des éoliennes (pales comprises)** entre ces dernières et la ligne électrique soit respectée afin d'éviter les risques d'une chute ou de projections de matériaux.

L'éolienne la plus proche (E4) se situe à environ **413 m** de la ligne électrique, soit une distance largement supérieure aux recommandations. En effet, le modèle d'éolienne fait 126,5 m de hauteur en bout de pale, la distance est de $126,5 \times 1,5 = \mathbf{189,75 \text{ m}}$.

Réseaux souterrains

GRT gaz précise qu'une canalisation souterraine de transport de gaz naturel est exploitée sur la zone d'étude, qu'elle traverse de part et d'autres d'est en ouest.

Il est recommandé de respecter une distance minimale entre chaque éolienne et ces installations. Cette distance dépend des caractéristiques des éoliennes. Dans son courrier du 15 octobre 2013, GRT gaz présente les différents périmètres d'éloignement à respecter en cas de présence de conduite de gaz.

Une nouvelle consultation de GRT Gaz a été réalisée en 2016. Par courrier du 22 juin 2016, GRT Gaz informe que l'ensemble des éoliennes se trouve en zone 2. Au regard des documents transmis par Escofi à GRT Gaz, GRT Gaz donne un avis favorable à l'implantation des éoliennes. Le courrier mentionné est présenté dans la pièce 8.

Les 8 éoliennes ayant un éloignement à la canalisation inférieur à D1. Par conséquent, un avis favorable de GRT gaz sur la conception du parc éolien nécessite l'engagement d'ESCOFI sur la garanti de conception, de construction et d'exploitation des aérogénérateurs à savoir :

Conception, construction :

- Certification garantissant l'intégralité de la conception de l'aérogénérateur ;
- Respect des prescriptions DIBt, Edition 1995 (ou édition ultérieure), ou participation d'un expert agréé à la création et la vérification des expertises de sol et des fondations.

Exploitation :

- Plan de maintenance périodique ;
- Engagement de prise en charge financière en cas de chute de l'aérogénérateur, de l'inspection et la réparation éventuelle de l'ouvrage.

ESCOFI s'engage à respecter l'ensemble de ces conditions.

4.4.3 Autres servitudes

Un site SEVESO est localisé sur la commune de Solesmes, il s'agit de l'usine Affival. La distance la plus courte entre l'usine Affival et une éolienne est 1300 m (distance avec l'éolienne E5). Conformément à l'arrêté ministériel du 26 août 2011, les éoliennes sont donc situées à plus de 300 mètres de toute installation nucléaire de base et de toute installation SEVESO.

4.5 Cartographies de synthèse

Les cartes suivantes reprennent les principales caractéristiques de l'environnement sensible et dangereux (humain, naturel, matériel) présent dans un rayon de 500 m centré sur le parc éolien de Solesmes (59).

Le rayon de 500 m correspond à l'aire d'étude définie au chapitre 3.4 de la présente étude de dangers.

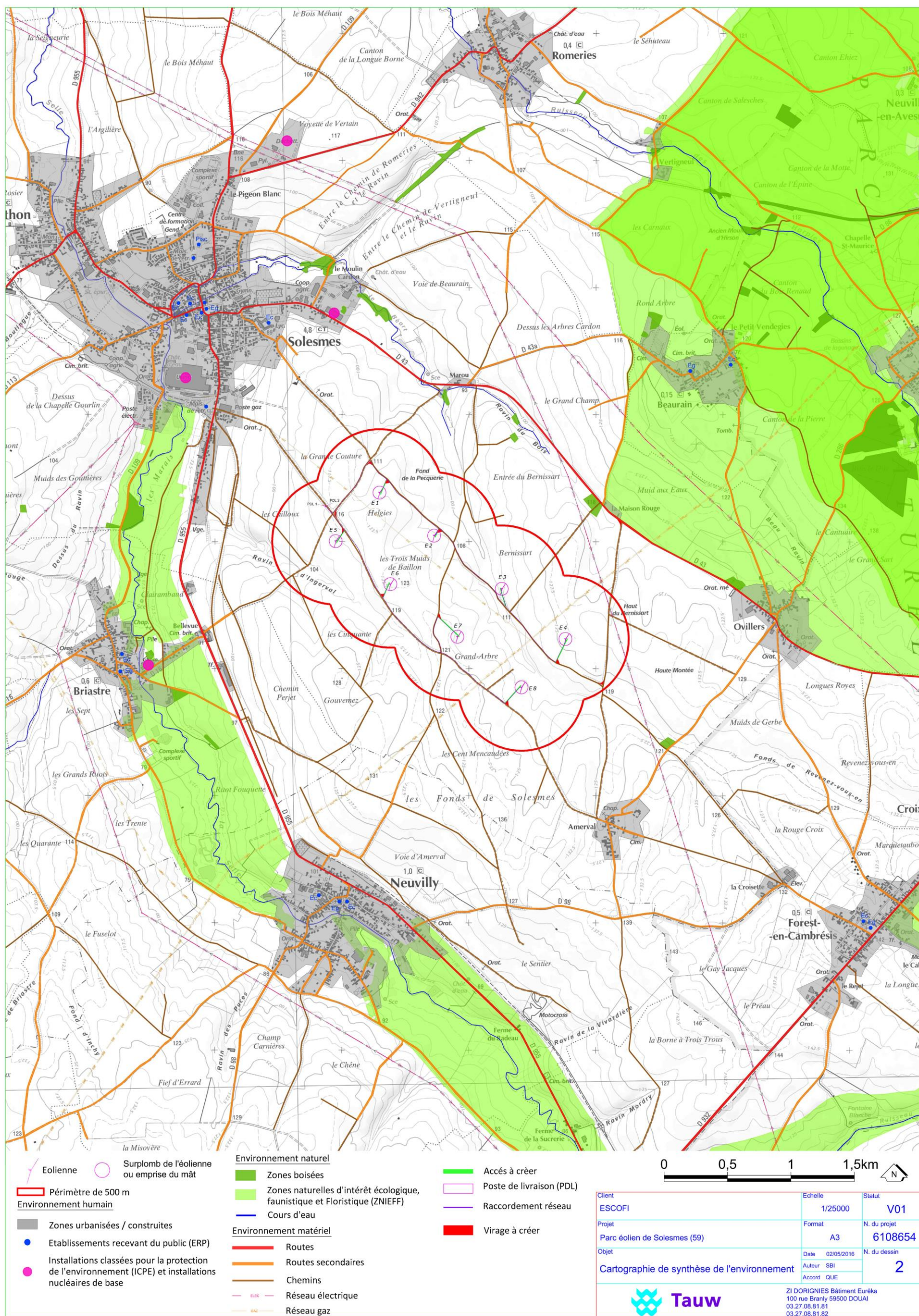


Figure 4.5 : Synthèse des risques naturels

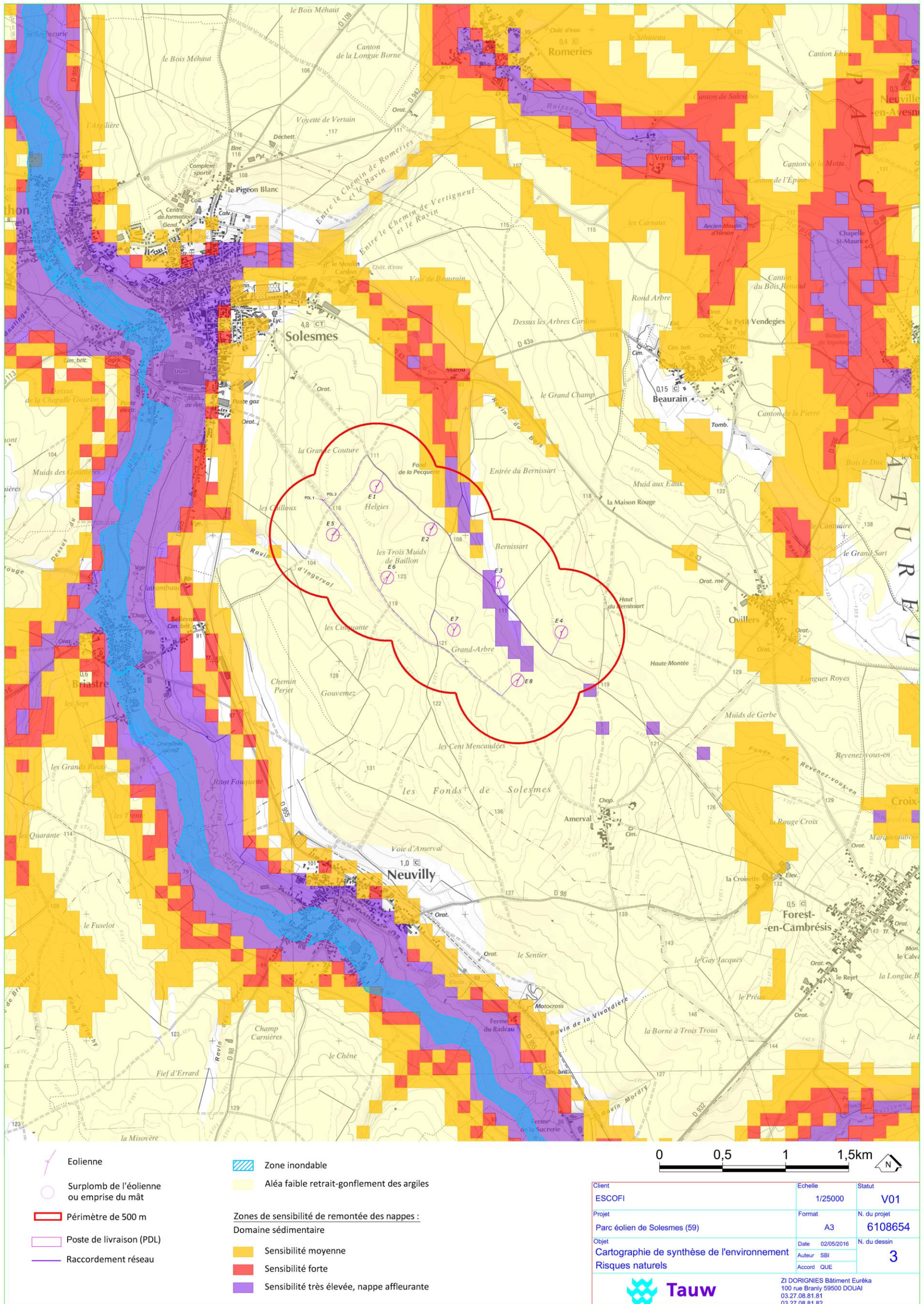


Figure 4.6 : Synthèse des risques liés à l'environnement humain et matériel

4.6 Identification des cibles

Ainsi, les principales cibles potentielles pouvant être impactées par un accident sur le parc éolien sont les suivantes :

Tableau 10 - Identification des cibles

CIBLE	NOMBRE DE PERSONNES EXPOSEES		DISTANCE MINIMALE PAR RAPPORT AU PARC EOLIEN
	PAR TAILLE EXPOSEE	AU MAXIMUM*	
Terrains non aménagés et très peu fréquentés : zones agricoles et boisements	1 personne/ 100 ha	0,7 personne (pour chaque éolienne)	A proximité immédiate
Terrains aménagés mais peu fréquentés : routes non structurantes et chemins agricoles	1 personne/ 10 ha	0,28 personne (éolienne E1)	Chemins agricoles situés à quelques dizaines de mètres de chaque machine

* le maximum de personnes exposées correspond au nombre de personnes présentes dans la zone d'étude des 500 m centrée sur chaque éolienne.

Le nombre de personnes exposées est calculé selon la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers.

La carte suivante reprend le nombre de personnes potentiellement exposées en cas d'accident au sein du parc éolien de Solesmes.

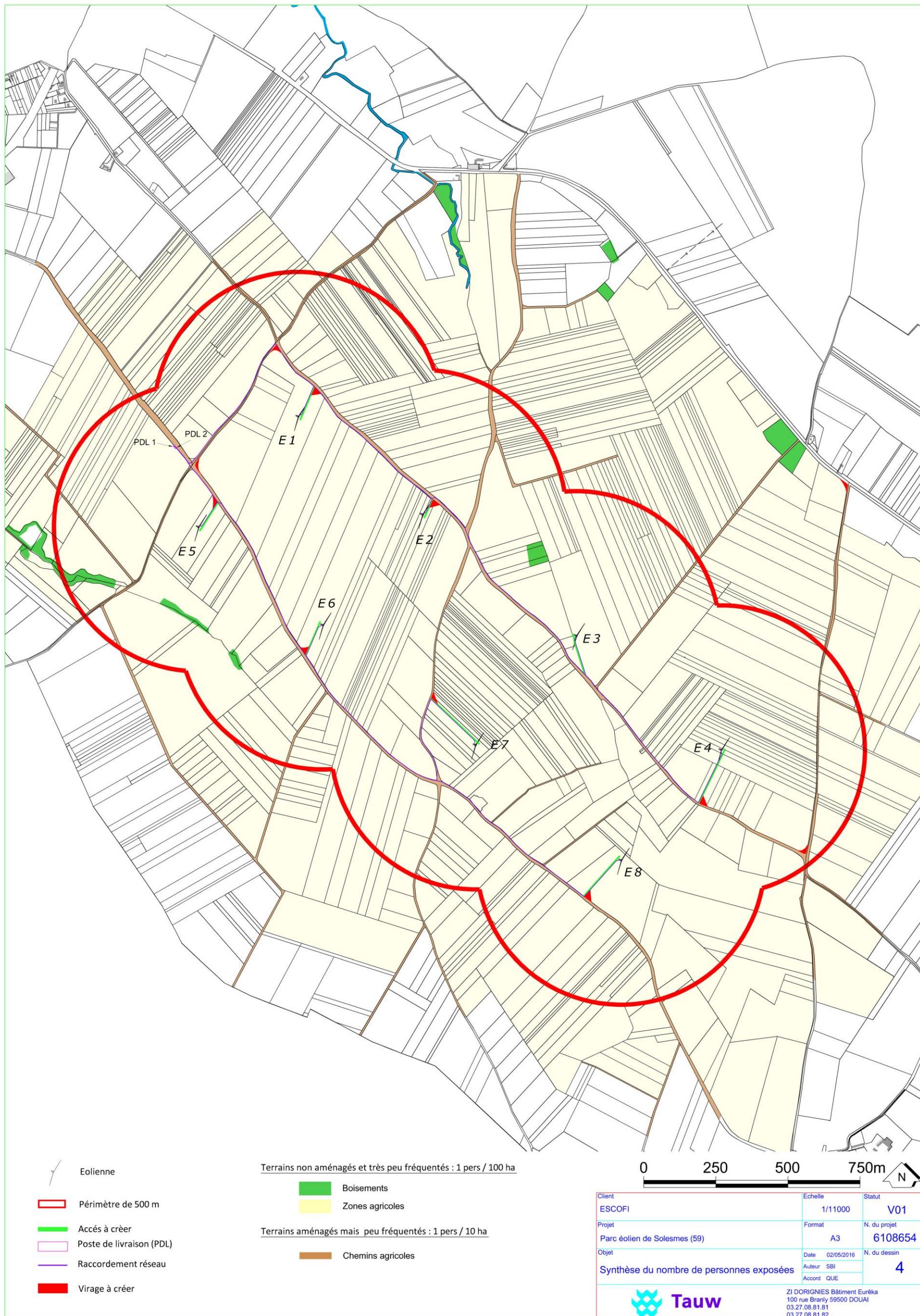


Figure 4.7 : Synthèse du nombre de personnes présentes autour du parc éolien de Solesmes

5 Description de l'installation

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

5.1 Introduction - caractéristiques de l'installation

5.1.1 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 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 permettant d'accéder aux éoliennes
- Éventuellement des éléments annexes type mât de mesure de vent, aire d'accueil du public, aire de stationnement, etc.

5.1.2 Aérogénérateurs

Eléments constitutifs d'un aérogénérateur

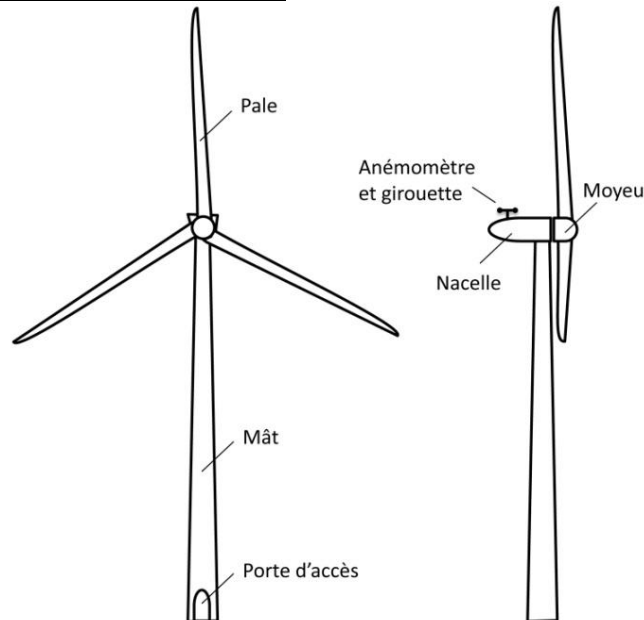


Figure 5.1 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur

Une éolienne est composée de 3 éléments principaux :

- **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.
 - Fonction : capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice

- **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.
 - Fonction : supporte la nacelle et le rotor

- **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.
- Fonction : supporte le rotor et abrite le dispositif de conversion de l'énergie mécanique en électricité (génératrice, etc.) ainsi que les dispositifs de contrôle et de sécurité.

Fonctionnement des aérogénérateurs

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 3 m/s. Le rotor et l'arbre dit «lent» transmettent alors l'énergie mécanique à basse vitesse (entre 4,7 et 14,8 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 45 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 kW dès que le vent atteint environ 45 km/h. L'électricité produite par la génératrice correspond à un courant alternatif de fréquence 50 Hz avec une tension de 400 à 690 V. La tension est ensuite 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.

5.1.3 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.
-

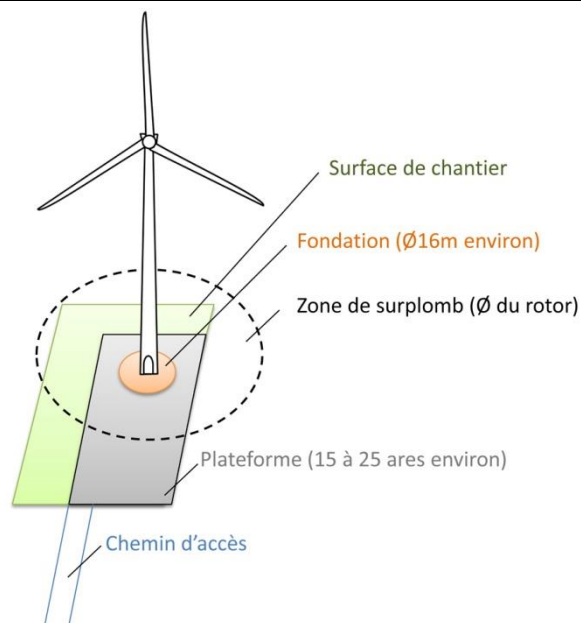


Figure 5.2 : Illustration des emprises au sol d'une éolienne

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

5.1.4 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 construction du parc éolien que pour les opérations de maintenance liées à l'exploitation du parc éolien.

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

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

5.1.5 Raccordement électrique

Mode de fonctionnement

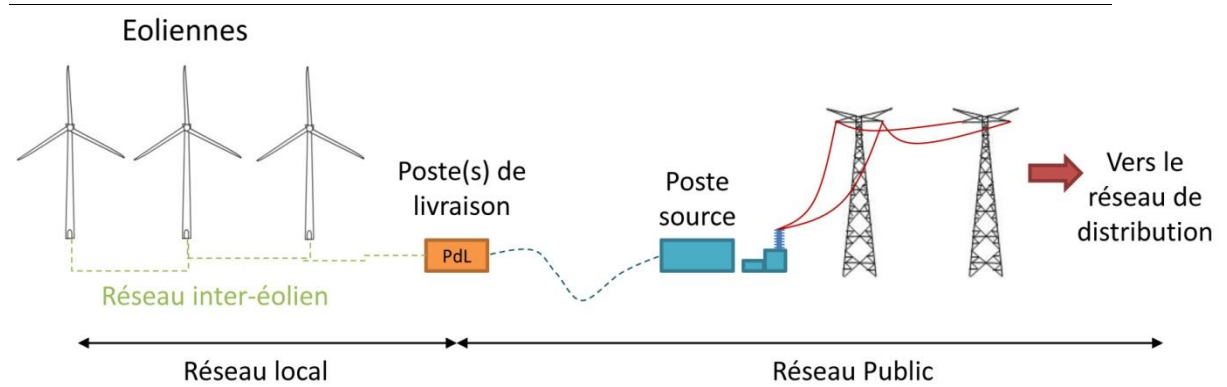


Figure 5.3 : Raccordement électrique des installations

Le réseau inter-éolien permet de relier le transformateur, intégré ou non dans le mât de chaque éolienne, au point de raccordement avec le réseau public. Ce réseau comporte également une liaison de télécommunication qui relie chaque éolienne au terminal de télésurveillance.

Ces câbles constituent le réseau interne de la centrale éolienne, ils sont tous enfouis à une profondeur comprise entre 80 cm et 1 m.

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, de 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.

Le parc éolien de Solesmes comportera 2 postes de livraison dimensionnés pour la production de 8 éoliennes et une puissance totale de 22.8 MW.

Raccordement interne (éoliennes – poste de livraison)

Conformément au décret n° 2014-541 du 26 mai 2014, le raccordement électrique interne à l'installation, c'est-à-dire entre les éoliennes et jusqu'au poste de livraison, fera l'objet d'une consultation par le maître d'ouvrage des maires des communes et des gestionnaires des domaines publics sur le territoire ou l'emprise desquels les ouvrages doivent être implantés, ainsi que les gestionnaires de services publics concernés. Cette consultation est effectuée au moins un mois avant le début des travaux

Le parc éolien le Grand Arbre comptera 2 postes de livraison dont les dimensions sont les suivantes : 7 mètres sur 2.65 mètres. Leur hauteur est de 2.8 mètres. Les matériaux et coloris utilisés en bardage sur les postes de livraison seront choisis et adaptés au site.

Ce raccordement sera exécuté exclusivement au moyen de câbles souterrains qui seront enfouis à une profondeur de 80 cm à 1 m avec grillage avertisseur, et emprunteront les accotements des voiries ainsi que ponctuellement des parcelles agricoles. Dans tous les cas, l'implantation des câbles électriques souterrains respectera strictement les dispositions de l'arrêté du 17 mai 2001 fixant les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les distributions d'énergie électrique.

Raccordement externe (poste de livraison – poste source)

Le raccordement électrique externe à l'installation, c'est-à-dire entre les postes de livraison qui seront créés et le réseau public d'électricité existant, est réalisé sous la responsabilité du Gestionnaire de Réseau compétent, Electricité Réseau Distribution France (ERDF).

Il incombera donc à ERDF de réaliser les travaux de raccordement sous sa propre Maîtrise d'Ouvrage après en avoir obtenu l'autorisation conformément à l'article 3 du décret 2011-1697 du 1^{er} décembre 2011.

La solution de raccordement au Réseau Electrique n'est pas encore identifiée puisque la destination et le tracé de raccordement ne seront définis qu'une fois l'Autorisation Unique délivrée, conformément à la Procédure de Raccordement disponible sur le site internet d'ERDF.

Le projet éolien de Solesmes sera vraisemblablement raccordé par ERDF au poste de Solesmes. **Cette solution ne sera confirmée par ERDF qu'après l'obtention du Permis de Construire du parc éolien, tout comme le tracé de raccordement qui sera élaboré par ERDF en concertation avec les collectivités et les gestionnaires de voiries concernées.**

5.2 Description du parc éolien de Solesmes

5.2.1 Nature de l'activité

L'activité du parc éolien de Solesmes est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent. Cette installation est donc soumise à la rubrique 2980 des installations classées pour la protection de l'environnement.

5.2.2 Composition du parc éolien

Le parc éolien de Solesmes sera composé de 8 aérogénérateurs et de 2 postes de livraison. Le modèle de machine est la GE 2.85.

Les principales caractéristiques techniques de l'éolienne sont rappelées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 11 : Caractéristiques des l'éolienne choisie

CARACTERISTIQUES	GE – MODELE 2.85
ROTOR	
Diamètre	103 m
Hauteur du moyeu	75 m
Surface balayée	8 332 m ²
PALES	
Largeur (à la base)	2.4 m
Largeur max	3.6 m
Longueur	50,2 m
MAT / TOUR	
Hauteur	70,86 m
Diamètre (à la base)	4.3 m
Diamètre (au sommet)	3.1 m
DONNEES OPERATIONNELLES	
Hauteur totale en bout de pale	126,5 m

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

Tableau 12 : Coordonnées des aérogénérateurs et des postes de livraison

	LAMBERT 2 ETENDU		LAMBERT 93		WGS 84		WGS 84 décimal		Altitude
	X	Y	X	Y	N	E	N	E	
E1	684.444	2575.766	736.948	7008.313	50°10'18.7"	003°30'59.8"	50.17187°	3.51661°	119m
E2	684.872	2575.424	737.373	7007.967	50°10'07.5"	003°31'21.1"	50.16874°	003.52252°	110m
E3	685.405	2575.004	737.902	7007.543	50°09'53.6"	003°31'47.6"	50.16490°	003.52988°	109m
E4	685.908	2574.609	738.401	7007.144	50°09'40.6"	003°32'12.5"	50.16129°	003.53682°	127m
E5	684.095	2575.380	736.596	7007.930	50°10'06.4"	003°30'42.0"	50.16845°	003.51166°	115m
E6	684.526	2575.040	737.024	7007.587	50°09'55.3"	003°31'03.4"	50.16535°	003.51761°	122m
E7	685.055	2574.626	737.549	7007.168	50°09'41.6"	003°31'29.7"	50.16155°	003.52491°	122m
E8	685.561	2574.227	738.051	7006.765	50°09'28.5"	003°31'54.8"	50.15791°	003.53189°	116m
PDL1	684.012	2575.658	736.515	7008.209	50°10'15.5"	003°30'38.0"	50.17096°	003.51055°	115m
PDL2	684.016	2575.653	736.519	7008.204	50°10'15.3"	003°30'38.2"	50.17092°	003.51060°	114m

La Figure 5.4 présente la localisation de l'installation et notamment la position des aérogénérateurs au sein du parc éolien.

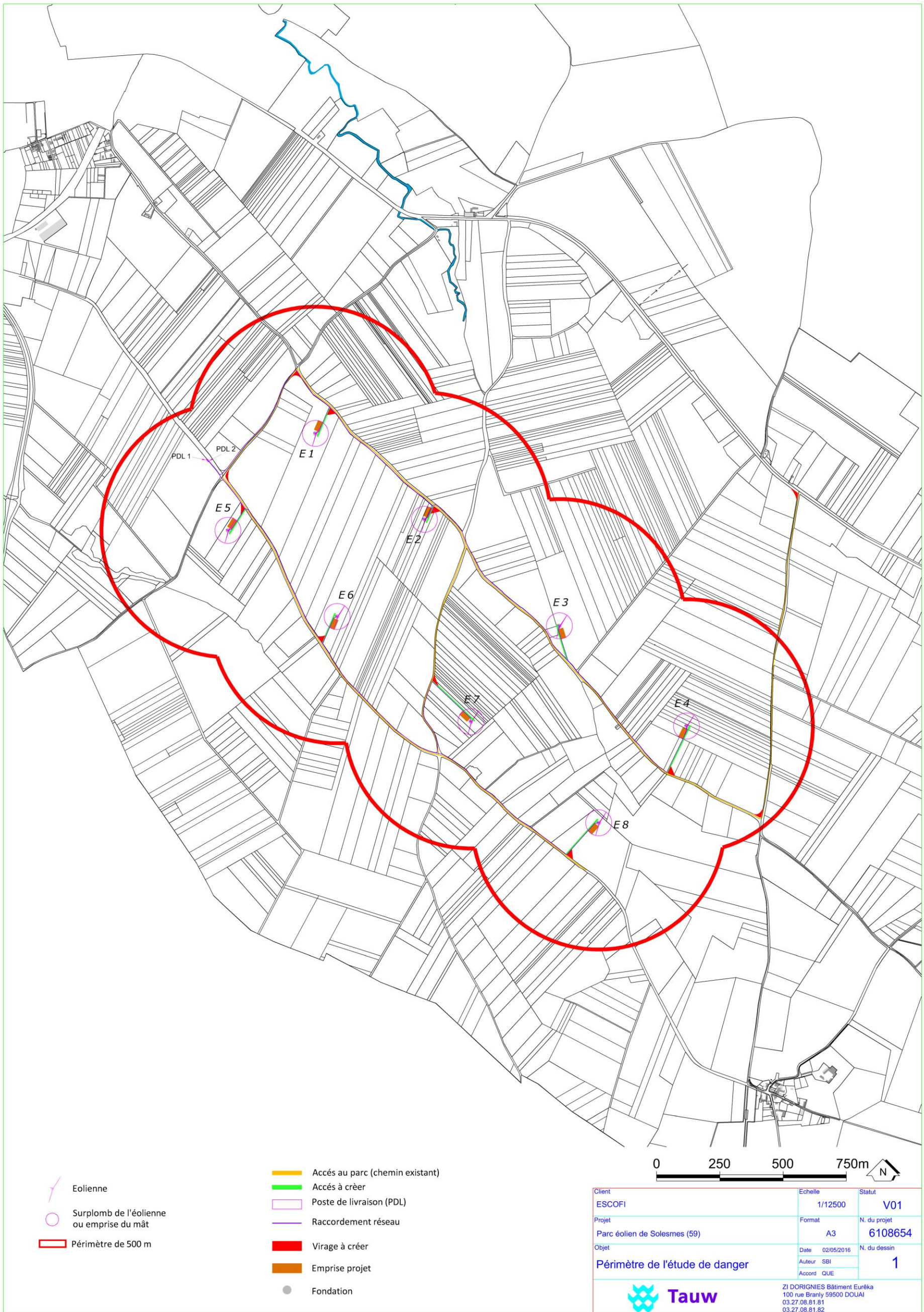


Figure 5.4 : Composition de l'installation – Source : Escofi

5.2.3 Description et caractéristique des aérogénérateurs retenus

Chaque éolienne se compose de 4 éléments :

- le mât,
- le rotor,
- les fondations,
- la nacelle.

La nacelle est le lieu de production d'électricité. Elle est l'élément sur lequel repose le palier principal. Ce palier supporte le poids ainsi que la pression de poussée du rotor. Ce mouvement rotatif est transféré par le biais de l'arbre dans le multiplicateur.

Le multiplicateur convertit la faible vitesse de rotation en une forte vitesse de rotation. La génératrice tourne à cette vitesse de rotation élevée et génère finalement du courant électrique.

La nacelle est posée sur un roulement en haut de la tour, afin qu'elle puisse toujours s'orienter dans la direction du vent.

Tableau 13 : Tableau du découpage fonctionnel de l'installation

Elément de l'installation	Fonction	Caractéristiques
Fondation	Ancrer et stabiliser l'éolienne dans le sol	Dimensions : entre 3.5 et 4.5 mètres d'épaisseur Diamètre entre 15 et 20 mètres.
Mât	Supporter la nacelle et le rotor	Type Tour tubulaire en acier Hauteur de moyeu : 75 m
Nacelle	Supporter le rotor Abriter le dispositif de conversion de l'énergie mécanique en électricité (génératrice, etc.) ainsi que les dispositifs de contrôle et de sécurité	Hauteur installée : 4 m Longueur : 10 m Largeur : 4 m
Rotor / pales	Capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice	Longueur : 50.2 m Corde max : 3.6 m Diamètre du rotor : 103 m Surface balayée : 8 332 m ²
Générateur	Transforme l'énergie mécanique reçue en énergie électrique	Fréquence 50/60 Hz Tension nominale 690 V.
Transformateur	Elever la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau	Tension électrique : Transformateur 20 kV
Poste de livraison	Adapter les caractéristiques du courant électrique à l'interface entre le réseau privé et le réseau public	Tension électrique : 20 kV
Câbles souterrains	Transportent l'électricité produite par chaque éolienne vers le poste de livraison	Tension électrique : 20 kV

5.2.4 Les voies d'accès

Les routes principales autour du parc éolien de Solesmes sont :

- La D955 à 540 m à l'ouest de l'aire d'étude,
- La D43 à 200 m au nord-est,
- La D98 à 260 m de l'aire d'étude au sud,
- La D286 à 600 m au sud-est.

L'accès au parc éolien se fait à partir de la D43.

Le tracé des chemins d'accès à chaque éolienne a été optimisé de manière à épouser au plus près les chemins et routes déjà existants. Certains chemins devront uniquement être élargis au niveau des virages et des aires de grutage. Les voies d'accès seront toutes terrassées et empierrées.

5.2.5 Le raccordement au réseau électrique

Le voltage de l'électricité produite par la génératrice est de 690 V. Pour être raccordée au réseau, cette tension est élevée à 20kV par un transformateur situé au pied de chaque éolienne. Un réseau câblé en souterrain au départ de chaque éolienne rejoint ensuite le poste de livraison. Ce poste de livraison permet le raccordement au réseau électrique ERDF via un poste source qui redistribue l'électricité vers le réseau public.

Pour le parc éolien de Solesmes, l'ensemble du réseau de câblage permettant de relier les 8 éoliennes et les 2 postes de livraison prévus sera enterré sur environ 6,6 km.

5.2.6 Autres installations

Le parc éolien de Solesmes ne comporte aucun réseau d'alimentation en eau potable ni aucun réseau d'assainissement. De même, les éoliennes ne sont reliées à aucun réseau de gaz.

5.2.7 Sécurité de l'installation

Dispositifs de sécurité de l'éolienne

De manière générale, l'installation respectera la réglementation en vigueur en matière de sécurité :

- Respect des prescriptions de **l'arrêté ministériel du 26 août 2011 modifié le 6 novembre 2014** relatif à la rubrique ICPE 2980 :
 - Respect des distances d'éloignement aux zones urbanisées et urbanisables, aux autres Installations Classées pour la Protection de l'Environnement et aux Installations Nucléaires de Base, aux radars,
 - Présence de voies d'accès permettant l'intervention des services d'incendie et de secours,
 - Balisage lumineux conforme au Code des Transports et au Code de l'Aviation Civile,
 - Accès à l'intérieur des éoliennes impossible et interdit aux personnes ne faisant pas partie du personnel d'exploitation,

- Présence et affichage clair des consignes de sécurité,
 - Réalisation des essais prouvant le bon fonctionnement des installations et contrôle régulier du bon fonctionnement et du bon état des installations,
 - Risques d'incendie : consignes de sécurité et moyens de lutte incendie adaptés,
 - Risques de formation de glace : consignes de sécurité et moyens de détection,
- Respect des normes et certifications en vigueur :
 - **Norme NF EN 61400-1 ou CEI 61 400-1** : « exigences pour la conception des aérogénérateurs » : prescriptions relatives à la sécurité de la structure de l'éolienne, de ses parties mécaniques et électriques et de son système de commande. Ces prescriptions concernent la conception, la fabrication, l'installation et la maintenance de la machine.
 - **Norme IEC 61400 – 24** : « Protection contre la foudre » :
 - **Norme NFC 15-100, NFC 13-100, NFC 13-200** : Installations électriques à basse tension, Installations électriques à haute tension, Postes de livraison établis à l'intérieur d'un bâtiment et alimentés par un réseau de distribution public HTA.

Ainsi, chaque éolienne dispose au minimum :

- De capteurs de suivi des paramètres suivants :
 - Vitesse du vent,
 - Angle des pales,
 - Vitesses de rotation des différents éléments,
 - Températures (extérieur, intérieur, équipements particuliers),
 - Vibrations (nacelle, mât...),
 - Pression et niveau des différents fluides (huile hydraulique et huile de lubrification),
 - Détecteurs de fumée,
 - Détecteurs d'anomalies électriques (tension, fréquence...),
- De commandes permettant l'arrêt de l'éolienne (arrêt manuel en bas de la tour et arrêt automatique en cas de détection d'anomalie grâce aux différents capteurs).

La description des principaux systèmes de sécurité de l'installation sera effectuée au stade de l'analyse préliminaire des risques, au chapitre 7 de l'étude de dangers.

Surveillance permanente de l'exploitant

Par mesure de sécurité, et afin de conserver une traçabilité de l'activité de chaque éolienne, une surveillance à distance est réalisée en permanence. Les paramètres suivis sont retransmis au poste de contrôle. Les paramètres concernés sont notamment le vent, la production d'électricité, la température et la vitesse des pièces en mouvement, les vibrations produites ainsi que des données électriques diverses.

Organisation des secours

En cas d'accident, des procédures d'urgence permettent au personnel présent sur le site ou au centre de conduite de prendre les mesures nécessaires à l'évacuation de la nacelle, à l'extinction d'un début d'incendie, etc.

Sur site, le personnel dispose d'au minimum 2 extincteurs visibles et facilement accessibles (1 situé en bas du mât et 1 situé dans la nacelle) adaptés aux risques à combattre, et d'une trousse de premiers secours.

Une fois le permis de construire et les différentes autorisations administratives nécessaires à la construction et à l'exploitation du parc éolien obtenus, un plan d'intervention sera réalisé avec les services de secours afin de lister :

- Les noms et numéros des services secours à contacter,
- Les procédures à mettre en place (périmètre de sécurité, moyens de lutte incendie externe pouvant être mis en œuvre, etc.)
- La réalisation régulière d'exercices d'entraînement.

Pour faciliter l'accès aux secours, le stationnement des véhicules des techniciens sera réalisé sur une zone de stationnement dédiée et les voies d'accès seront régulièrement entretenues. L'accès sera donc en permanence dégagé.

5.2.8 Moyens de lutte contre les dangers

Concernant le parc de Solesmes, il est prévu que les transformateurs soient à l'intérieur du mât, notamment pour éviter la propagation éventuelle d'un incendie.

Un extincteur adapté au risque électrique et contrôlé annuellement conformément à la législation en vigueur est mis à la disposition des opérateurs lors des phases de maintenance.

Les consignes d'alerte des secours seront définies, présentées aux personnels et affichées aux endroits adaptés. Elles spécifieront les personnes et services de secours à alerter et les moyens de communication adaptés en cas d'accident.

En cas d'accident, nécessitant des moyens externes, l'alerte est donnée en 1er appel à la caserne de Solesmes située au n°1 rue Jules Guesde à 5 minutes du site. En 2ème appel, c'est la caserne de Caudry qui interviendrait.

En phase travaux notamment, l'accès des secours au site sera toujours adapté et dégagé pour les véhicules de secours.

5.2.9 Opérations de maintenance de l'installation

Diverses opérations de maintenance sont réalisées suivant un cycle et des protocoles de maintenance définis selon les préconisations et le manuel du constructeur. Le guide des opérations de maintenance est présenté en annexe D7 de ce rapport.

La maintenance des différents équipements du parc éolien est réalisée par du personnel du gestionnaire des machines ou propres au constructeur, formés au poste de travail et informés des risques présentés par l'activité.

Les principales opérations de maintenance prévues et réalisées annuellement concernent :

- Inspection et resserrage des boulons
- Nacelle:
 - contrôle des joints et capots,
 - contrôle des différents équipements (éléments mécaniques, génératrice, groupe hydraulique, freins, mécanismes d'orientation),
 - nettoyage de la nacelle.
- Tour:
 - contrôle visuel des points d'ancrage,
 - contrôle de corrosion,
 - écaillage de peinture sur la tour,
 - recherche de pénétration d'eau et de fissures dans le scellement,
 - contrôle de l'ascenseur de service,
- Contrôle des pales:
 - détection de fissures et bruits inhabituels pendant le fonctionnement,
 - contrôle de l'intérieur des pales,
 - contrôle des systèmes de protection anti-foudre.
- Système de lubrification des roulements de pales:
 - remplacement/vidage des godets de vidange,
 - ajout de graisse neuve,
 - contrôle de lubrification des roulements
- Système central de lubrification des roulements et du système d'orientation:
 - remplissage de graisses neuves,
 - contrôle de l'absence de fuite.
 - remplacement des huiles au moins tous les 5 ans
- Systèmes hydrauliques :
 - prélèvement d'échantillon d'huile et vérification de la qualité,
 - remplacement des filtres,
 - contrôle du système de refroidissement,
 - vérification d'absence de fuite,
 - vérification des pompes,
 - vérification et tests des capteurs de niveaux, de pression et de température,
 - vérification des vannes, soupapes et accumulateurs.
- Circuit foudre:
 - contrôle de contacts allant des pales jusqu'aux fondations,
 - contrôle des cartes de détection de foudre.
- Armoires électriques:
 - vérification et tests des capteurs de température,
 - vérification et tests des détecteurs de fumée,
 - vérification et tests des ventilateurs,
 - remplacement des filtres à air.

- Convertisseur:
 - idem contrôle armoires électriques,
 - contrôle du système de refroidissement,
 - remplacement du liquide de refroidissement suivant planification.
- Réglage de l'alignement de la génératrice et vérification des connexions mécaniques
- Raccordements électriques : vérification et resserrage
- Contrôles mécaniques :
 - Inspection des engrenages,
 - vérification du graissage,
 - contrôle d'usure,
 - contrôle des supports d'amortissement.
- Système de freinage:
 - contrôle visuel du disque de frein,
 - contrôle des garnitures.
- Test des systèmes de sécurité:
 - contrôle des capteurs de survitesse (tests et simulations de régime de survitesse),
 - contrôle des systèmes de détection de vibrations (tests et simulations de balourd),
 - contrôle des boutons d'arrêt d'urgence
- Nettoyage des plateformes.

Chaque maintenance ou dépannage est archivé dans le registre de suivi de l'installation.

L'installation est ainsi conforme aux prescriptions de l'arrêté ministériel relatif aux installations soumises à autorisation au titre de la rubrique 2980 des installations classées en matière d'exploitation, notamment du point de vue de la fréquence des différents contrôles à réaliser :

- **installations électriques** avant mise en fonctionnement puis tous les ans,
- **bon fonctionnement de l'éolienne** (arrêt, arrêt d'urgence, arrêt en cas de survitesse) avant mise en fonctionnement puis au moins tous les ans,
- **contrôle de l'aérogénérateur** (contrôle des brides de fixation, des brides de mât, de la fixation des pâles, contrôle visuel du mât) trois mois puis un an après la mise en service puis au moins tous les trois ans,
- contrôle des systèmes instrumentés de sécurité au moins tous les ans.

5.2.10 Stockage et flux de produits dangereux

Conformément à l'article 16 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 6 novembre 2014, aucun produit dangereux ne sera stocké dans les éoliennes du parc de Solesmes.

6 Raccordement au réseau électrique (PJ-03)

6.1 Code de l'énergie

Le projet éolien est concerné par une demande d'approbation d'ouvrage privé de raccordement. L'article L323-11 du code de l'énergie indique les conditions de la demande d'approbation par l'autorité administrative des ouvrages de transport et de distribution d'électricité.

L'article 6-II du Décret n° 2014-450 du 2 mai 2014 relatif à l'expérimentation d'une autorisation unique en matière d'installations classées pour la protection de l'environnement précise : « Lorsque le projet nécessite une approbation au titre de l'article L. 323-11 du code de l'énergie, l'étude de dangers comporte les éléments justifiant de la conformité des liaisons électriques intérieures avec la réglementation technique en vigueur ».

6.2 Schéma régional de raccordement au réseau des énergies renouvelables (S3REnR)

Pour atteindre les objectifs fixés en matière d'énergie renouvelables par le Schéma Régional du Climat, de l'Air et de l'Energie (SRCAE), c'est-à-dire accueillir les nouvelles unités de production, des travaux sur les réseaux publics peuvent s'avérer nécessaires (ouvrages à créer ou à renforcer). Prévu par l'article L. 321-7 du code de l'énergie, le Schéma Régional de Raccordement au Réseau des Energies Renouvelables (S3REnR) vise à anticiper autant que possible les besoins des producteurs d'électricité dans le réseau. Le S3REnR du Nord-Pas-de-Calais a été approuvé le 17 janvier 2014.

Ces schémas sont basés sur les objectifs fixés par les SRCAE et doivent être élaborés par RTE en accord avec les gestionnaires des réseaux publics de distribution d'électricité concernés dans un délai de 6 mois suivant l'approbation des SRCAE. Ils comportent essentiellement :

- les travaux de développement (détaillés par ouvrages) nécessaires à l'atteinte de ces objectifs, en distinguant création et renforcement ;
- la capacité d'accueil globale du S3REnR, ainsi que la capacité d'accueil par poste ;
- le coût prévisionnel des ouvrages à créer (détaillé par ouvrage) ;
- le calendrier prévisionnel des études à réaliser et procédures à suivre pour la réalisation des travaux.

Le raccordement au réseau électrique public est de la compétence de son gestionnaire, qui a défini comme probable le poste source de Solesmes pour son raccordement.

Le poste source de Solesmes a une capacité d'accueil de 40 MW. La notion de potentiel de raccordement exprime, pour chaque niveau de tension, la puissance maximale évacuée en situation de réseau complet en prenant une topologie de réseau très favorable. En conséquence, l'accueil de production à la hauteur du potentiel de raccordement pourrait entraîner une dégradation de la qualité de l'électricité des autres utilisateurs du réseau (creux de tension, perturbation de l'onde électrique, coupure...). Les potentiels de raccordement ne sont pas sommables, leur somme ne reflète donc pas la capacité totale d'accueil du réseau de transport. La notion de potentiel de raccordement étant propre au réseau de transport, elle n'a pas pour objectif de rendre compte des capacités d'accueil des réseaux de distribution.

Ainsi, le **potentiel de raccordement du poste source de Solesmes est de 65 MW**, ce qui est supérieur aux 22,8 MW du parc éolien de Solesmes, mais aussi à la capacité d'accueil annoncée de 40 MW.

6.3 Poste de livraison

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

Un poste de livraison électrique est composé de 2 ensembles :

- une partie « électrique de puissance » où l'électricité produite par l'ensemble des éoliennes est livrée au réseau public d'électricité avec les qualités attendues (Tension, Fréquence, Phase) et où des dispositifs de sécurité du réseau permettent à son gestionnaire (ERDF) de déconnecter instantanément le parc en cas d'instabilité du réseau ;
- une partie « supervision » où l'ensemble des paramètres de contrôle des éoliennes sont collectés dans une base de données, elle-même consultable par l'exploitant du parc.

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).

Un poste électrique standard permet de raccorder une puissance de 12 MW environ au réseau ERDF. Compte tenu de la puissance maximale envisagée sur le parc éolien de Solesmes, 2 postes de livraison seront nécessaires pour évacuer l'électricité produite.

Les coordonnées de situation des postes de livraison du parc éolien de Solesmes sont les suivantes :

Tableau 14 : Localisation du poste de livraison – Source : Escofi

	LAMBERT 2 ETENDU		LAMBERT 93		WGS 84		WGS 84 décimal		Altitude
	X	Y	X	Y	N	E	N	E	
PDL1	684.012	2575.658	736.515	7008.209	50°10'15.5"	003°30'38.0"	50.17096°	003.51055°	115m
PDL2	684.016	2575.653	736.519	7008.204	50°10'15.3"	003°30'38.2"	50.17092°	003.51060°	114m

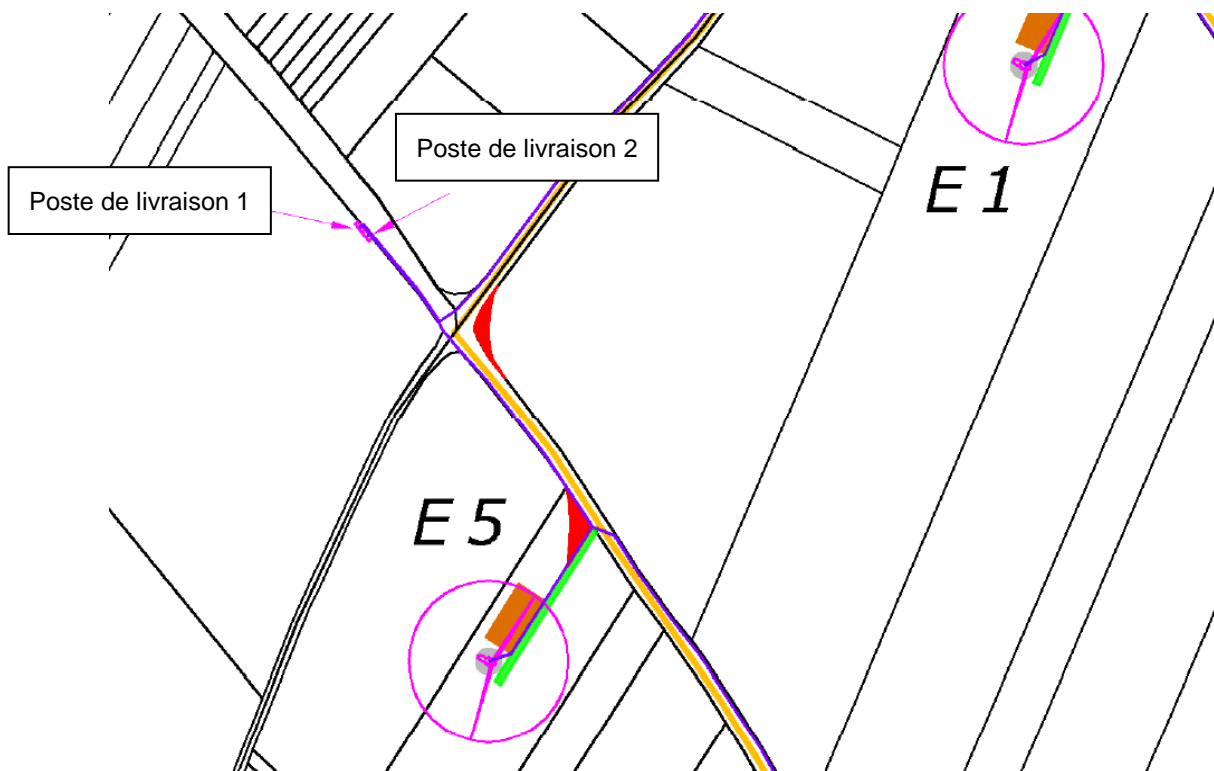


Figure 6.1 : Carte des postes de livraison – Source : Escofi

6.4 Réseau inter-éolien

Le réseau électrique inter-éolien (ou réseau électrique interne) permet d'acheminer l'électricité produite en sortie d'éolienne vers les postes de livraison électrique.

Ce réseau sera constitué d'un jeu de câbles triphasés HTA en aluminium isolés par des gaines. Il comporte également une liaison de télécommunication qui relie chaque éolienne au terminal de télésurveillance. La télégestion du parc éolien sera ainsi assurée par le biais des fibres optiques.

Les composants du câble (gaine comprise) seront :

- Âme ;
- Écran semi-conducteur interne ;
- Isolant PR ;
- Ecran semi-conducteur sur isolant, cannelé et pelable ;
- Poudre d'étanchéité dans les cannelures ;
- Écran aluminium posé en long et collé à la gaine ;
- Gaine Polyéthylène ;
- Assemblage sous forme de torsade à pas long.

Ces câbles constituent le réseau interne de la centrale éolienne, ils seront tous enfouis à une profondeur comprise entre 80 cm et 1 m, et reposeront sur un lit de sable. Voir figure ci-après.

Un grillage avertisseur rouge sera placé à 60 cm de profondeur.

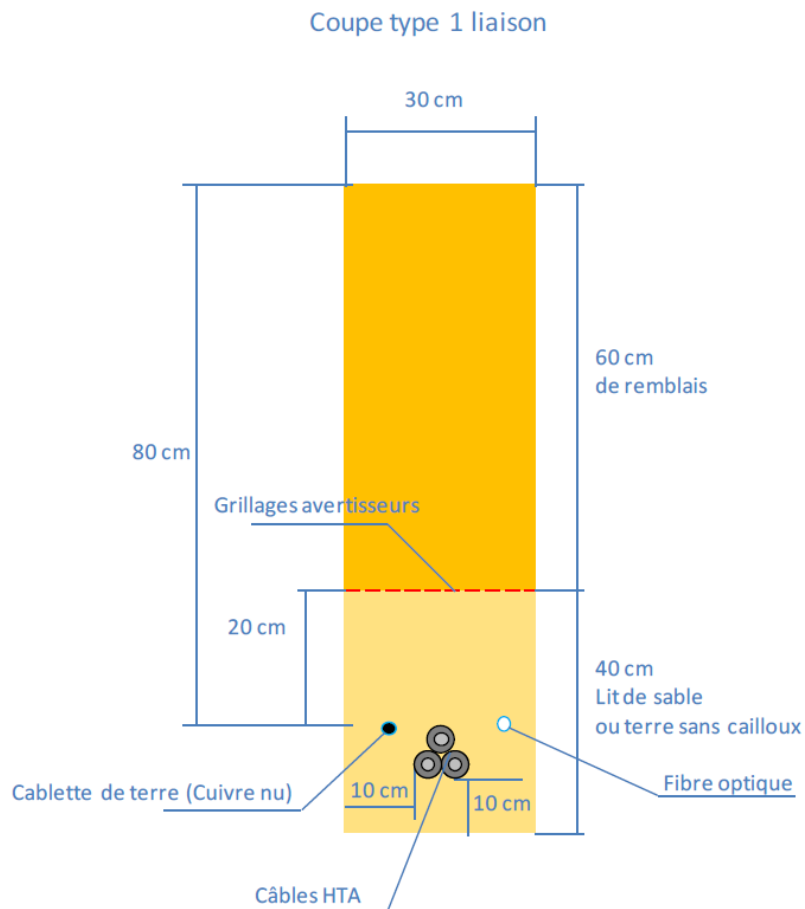


Figure 6.2 : Coupe type des tranchées

Le réseau interne est préférentiellement réalisé au droit ou en accotement des chemins d'accès. Ainsi, les 8 éoliennes du parc éolien le Grand Arbre seront interconnectées entre elles et raccordées aux postes de livraison électriques par un réseau de câbles électriques triphasés HTA (tension nominale : 20 000 V).

Le raccordement électrique ne requiert pas de chambre de jonction.

Le câble de raccordement interne entre les éoliennes et les postes de livraison sera enterré dans l'accotement d'un chemin rural.

Tableau 15 : Parcelles traversées par le réseau inter-éolien

Commune	Code postal	Lieu-dit	Section	Parcelle
Solesmes	59730	Bernissart	ZI	131
Solesmes	59730	Bernissart	ZI	132
Solesmes	59730	Bernissart	ZI	134
Solesmes	59730	Voie communale 206 dite de Forest		
Solesmes	59730	Bernissart	ZI	78
Solesmes	59730	Voie communale 206 dite de Forest		
Solesmes	59730	Les trois Muids de Baillon	ZP	33
Solesmes	59730	Les trois Muids de Baillon	ZP	32
Solesmes	59730	Voie communale 206 dite de Forest		
Solesmes	59730	Helgies	ZP	81
Solesmes	59730	Chemin rural dit des Balloteurs		
Solesmes	59730	Les Cailloux	ZO	60
Solesmes	59730	Chemin rural dit des Balloteurs		
Solesmes	59730	Les Cinquante	ZR	2
Solesmes	59730	Voie communales n°7 dite du Hameau de la croisette		
Solesmes	59730	Les trois Muids de Baillon	ZP	9
Solesmes	59730	Voie communales n°7 dite du Hameau de la croisette		
Solesmes	59730	Chemin rural du roi		
Solesmes	59730	Le Grand Arbre	ZP	75
Solesmes	59730	Voie communales n°7 dite du Hameau de la croisette		
Solesmes	59730	Le Grand Arbre	ZS	40

Les plans de raccordement interne du parc éolien le Grand Arbre sont présentés en annexe D6 à l'échelle 1/1 000^{ème}.

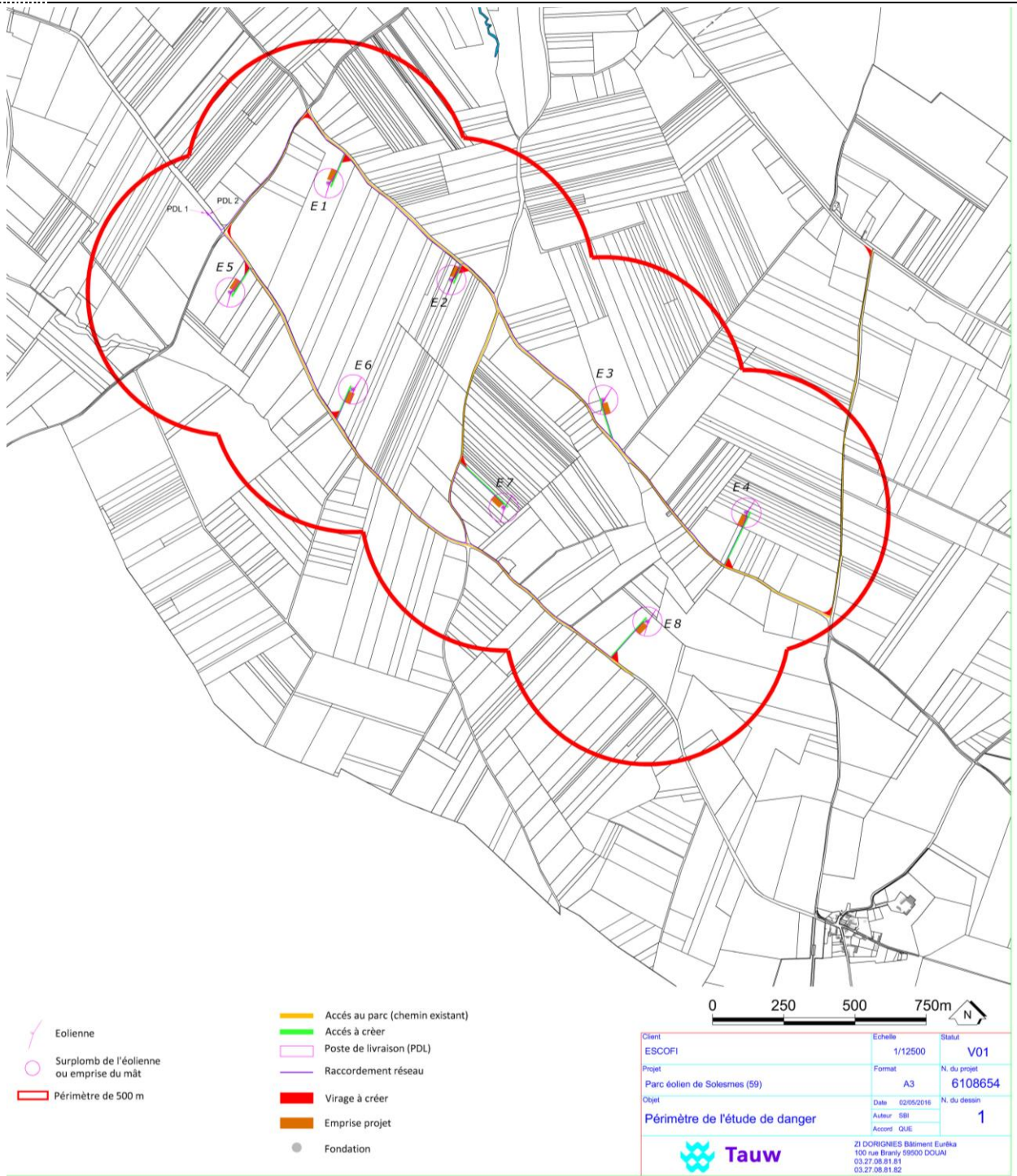


Figure 6.3 : Schéma de raccordement électrique interne – Source : Escofi

6.5 Réseau électrique externe

Le réseau électrique externe relie le poste de livraison avec le poste source, ici le poste source de Solesmes (voir pièce 3). Le réseau externe est lui aussi entièrement enterré et est réalisé sous maîtrise d'ouvrage du gestionnaire de réseau de transport d'électricité.

La définition du poste, du mode et du tracé du raccordement au réseau public, ainsi que sa réalisation même, sont de la compétence du gestionnaire dudit réseau.

Les règles de définition des conditions de raccordement sont les suivantes :

« Les conditions de raccordement aux réseaux publics d'électricité des installations de production d'électricité à partir de sources d'énergies renouvelables, d'une puissance installée supérieure à 36 kilovoltampères, sont fixées par le décret n° 2012-533 du 20 avril 2012. L'article 14 de ce décret indique que les gestionnaires de réseaux publics proposent la solution de raccordement sur le poste le plus proche disposant d'une capacité réservée, en application de l'article 12, suffisante pour satisfaire la puissance de raccordement demandée. »

6.6 Qualification du personnel

Le personnel sera qualifié pour l'intervention sur les équipements électriques.

Les procédures et formations du personnel en charge de l'installation des équipements seront conformes à la norme NF C 18-510 pour les installations basse tension et haute tension. Au moment du chantier, un plan de prévention sera mis en place pour identifier par thème, les risques liés au chantier et afin de mettre en place des actions pour les éviter.

6.7 Respect des normes techniques

Les éoliennes et le poste de livraison ainsi que les réseaux électriques respecteront les différentes normes techniques dont la norme UTE C 18-510.

Les postes de livraison respecteront les normes suivantes : NF C 13-100, NF C 13-200 et NF C 15-100.

Les câbles respecteront la norme NF C 33-226 (HTA).

Ces ouvrages seront établis suivant les prescriptions de l'arrêté technique du 17 mai 2001 modifié par l'arrêté du 26 janvier 2007 conformément aux règles de l'art et suivant les publications UTE.

Ainsi, ces ouvrages sont conformes à la réglementation technique en vigueur.

Escofi/ Parc éolien de Solesmes (59) Etude de dangers

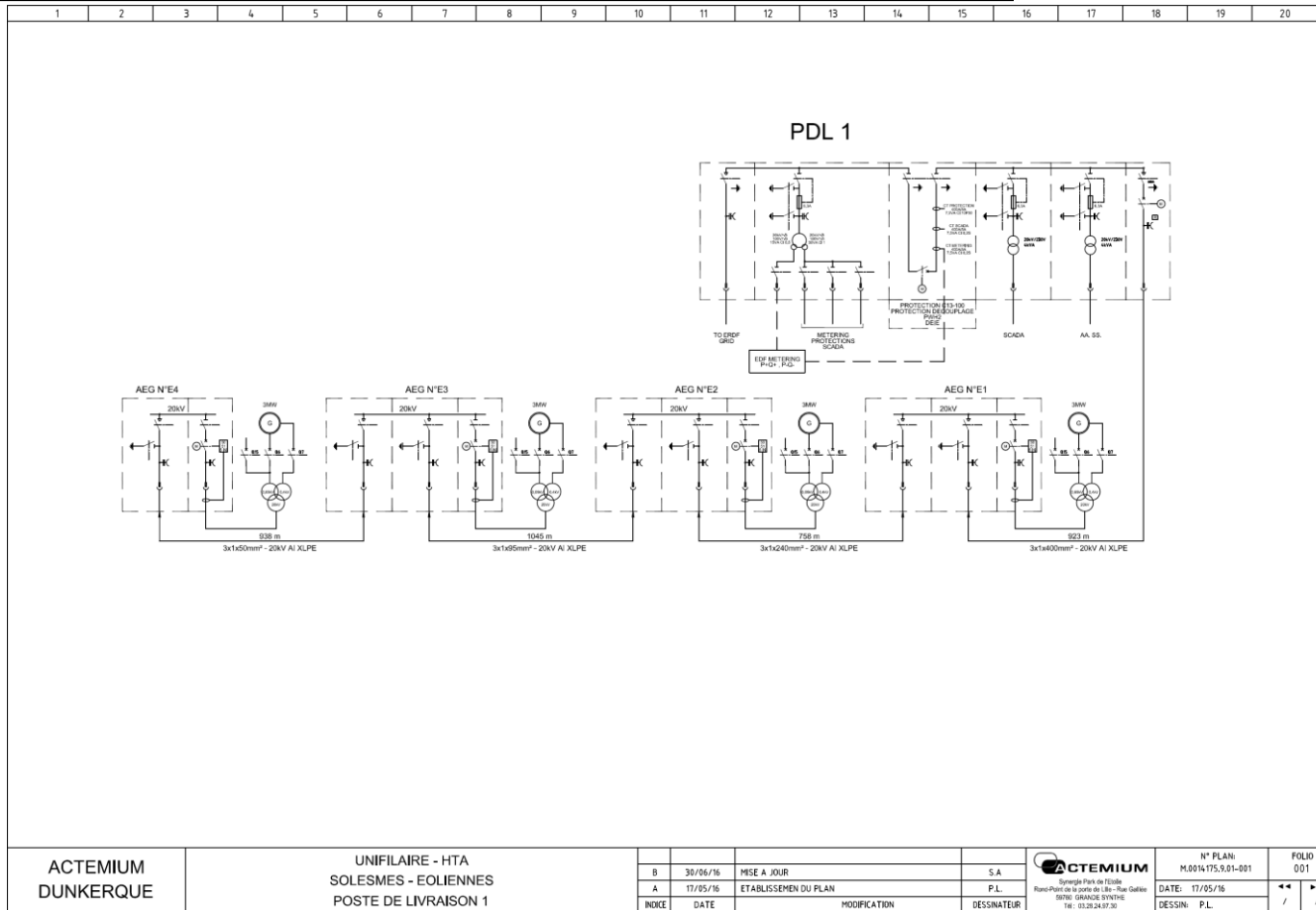


Figure 6.4 : Schéma unifilaire poste de livraison 1 – Source : ACTEMIUM DUNKERQUE

Escofi/ Parc éolien de Solesmes (59)/ Etude de dangers

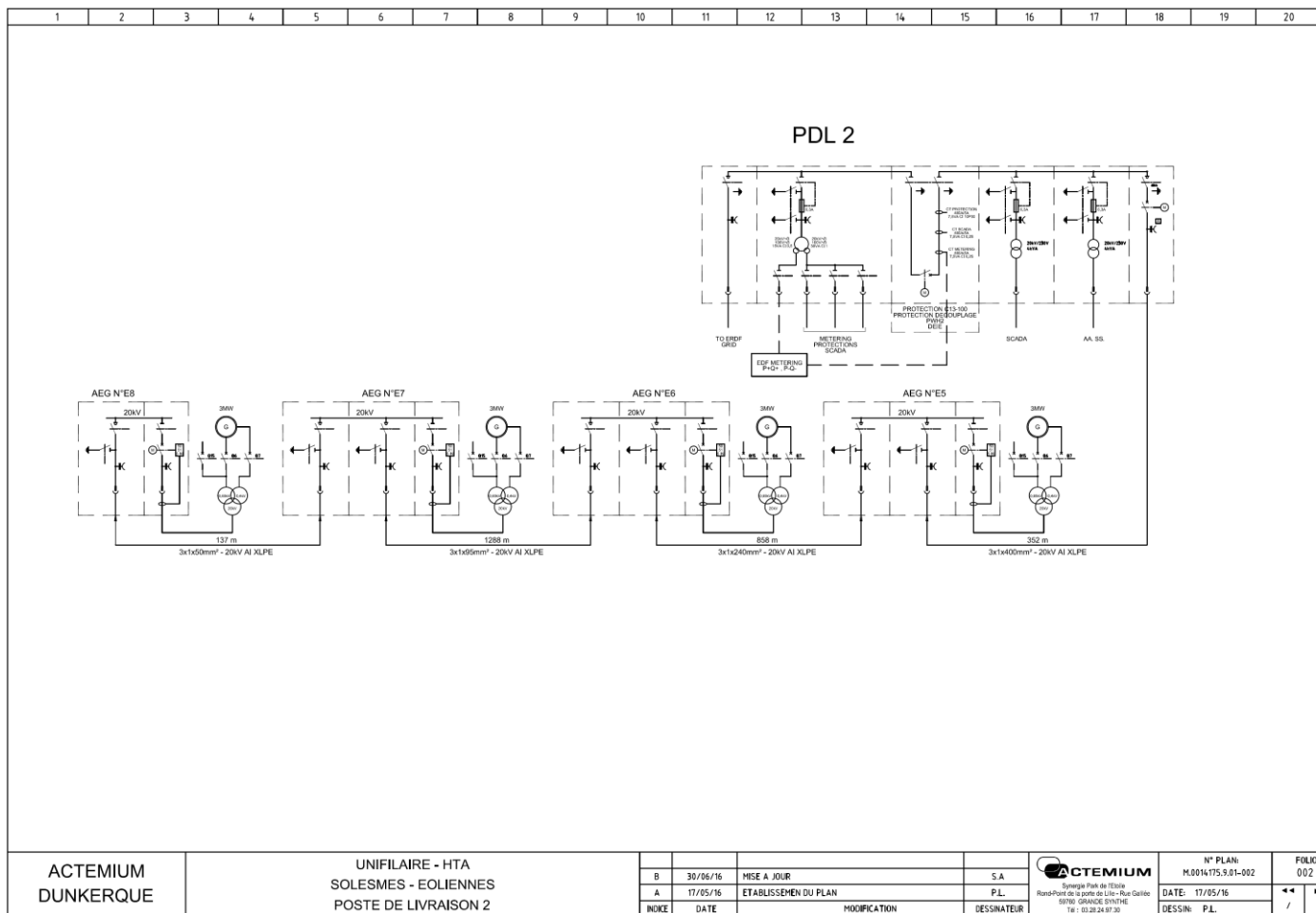


Figure 6.5 : Schéma unifilaire poste de livraison 2 – Source : ACTEMIUM DUNKERQUE

7 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.

7.1 Potentiels de dangers liés aux produits

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

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

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

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

7.2 Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation

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

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

Ces dangers potentiels sont recensés dans le tableau suivant :

Tableau 16 : Dangers potentiels de l'installation

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

7.3 Réduction des potentiels de dangers à la source

7.3.1 Principales actions préventives

Conception du projet

Les choix qui ont été effectués par le porteur de projet au cours de la conception pour réduire les potentiels de danger identifiés et garantir une sécurité optimale de l'installation sont les suivants :

- Choix de l'emplacement des installations : zone peu peuplée et éloignée des premières routes structurantes de la région,
- Eloignement des éoliennes avec les premières cibles potentielles :
 - plus de 900 m des premières habitations,
 - plus de 800 m de la D43, route qui dessert le parc.
- Modèles d'éoliennes munis de nombreuses mesures de sécurité et largement éprouvés industriellement.

Exploitation du parc

Lors de l'exploitation, les principaux potentiels de dangers liés aux produits utilisés pour la maintenance, et à l'installation en elle-même (éoliennes et réseaux électriques) sont réduits au maximum à la source :

- Produits :
 - Aucun stockage dans l'aérogénérateur ou dans les postes électriques,
 - Apport de la quantité nécessaire et suffisante uniquement,

- Personnel formé aux risques présentés par les produits utilisés,
 - Consignes de sécurité strictes, affichées et connues des employés (interdiction de fumer ou d'apporter une flamme nue, arrêt de l'éolienne lors des opérations de maintenance, équipements de travail adaptés, présence d'équipements de lutte incendie...),
 - La maintenance annuelle prévoit un contrôle des systèmes hydrauliques (fuite, niveaux, etc.),
 - La tour et la nacelle jouent le rôle de rétentions.
- Installation :
 - Conception de la machine (normes et certifications),
 - Maintenance régulière,
 - Contrôle des différents paramètres d'exploitation (vent, température, niveau de vibrations, puissance électrique, etc.),
 - Fonctions de sécurité,
 - Report des messages d'alarmes au centre de conduite.

7.3.2 Utilisation des meilleures techniques disponibles

L'Union Européenne a adopté un ensemble de règles communes au sein de la Directive 96/61/CE du 24 septembre 1996 relative à la prévention et à la réduction intégrées de la pollution, dite Directive IPPC (« Integrated Pollution Prevention and Control »), afin d'autoriser et de contrôler les installations industrielles. Pour l'essentiel, la directive IPPC vise à minimiser la pollution émanant de différentes sources industrielles dans toute l'Union Européenne. Les exploitants des installations industrielles relevant de l'annexe I de la directive IPPC doivent obtenir des autorités des Etats-membres une autorisation environnementale avant leur mise en service.

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

8 Analyse des retours d'expérience

8.1 Introduction

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 le chapitre 8 pour l'analyse détaillée des risques.

8.2 Inventaire des accidents et incidents en France

Un inventaire des incidents et accidents en France a été réalisé afin d'identifier les principaux phénomènes dangereux potentiels pouvant affecter le parc éolien de Solesmes.

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.

Au total, environ 50 incidents ont pu être recensés entre 2000 et début 2016 (voir tableau détaillé en annexe D4, tableau de travail 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. Les accidents les plus recensés sont les incendies, les chutes de pale et les chutes des autres éléments de l'éolienne.

Aucun accident n'a été recensé sur les riverains, seuls quelques cas de blessures sur du personnel, lors de la maintenance des installations éoliennes.

Les technologies actuelles permettent de diminuer significativement les incidents, en raison des systèmes de sécurité mis en place qui évite notamment les suraccidents.

Dans ce graphique sont présentés :

- La répartition des **événements dangereux** (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**.

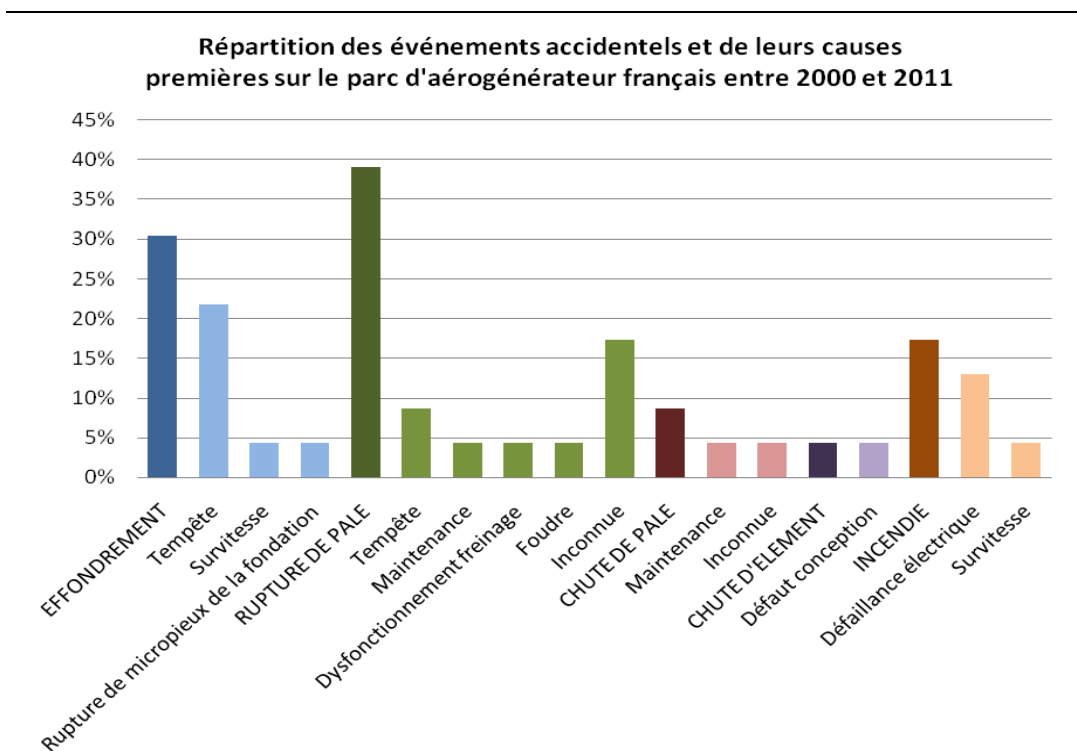


Figure 8.1 : Répartition des événements accidentels et de leurs causes

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.

8.3 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.

Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2011

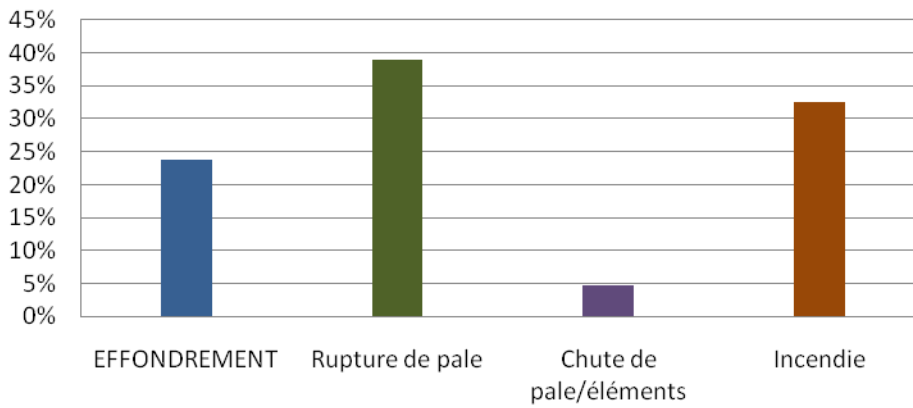


Figure 8.2 : Répartition des événements accidentels dans le monde

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

Répartition des causes premières d'effondrement

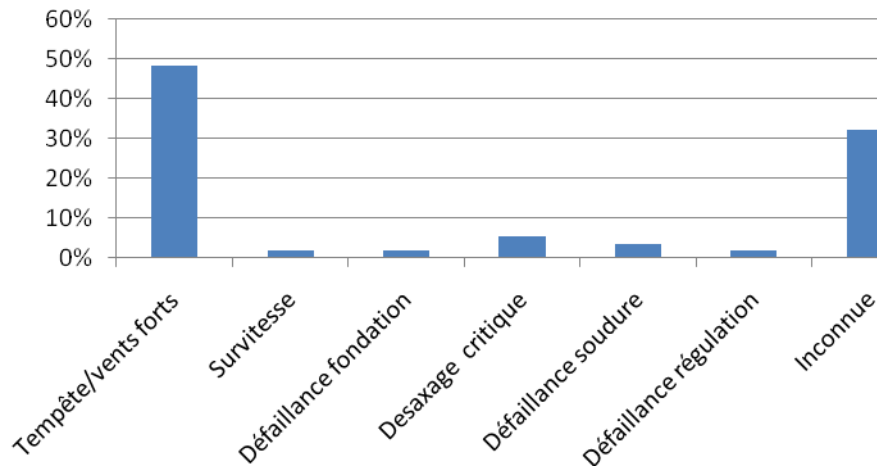


Figure 8.3 : Répartition des causes d'effondrement

Répartition des causes premières de rupture de pale

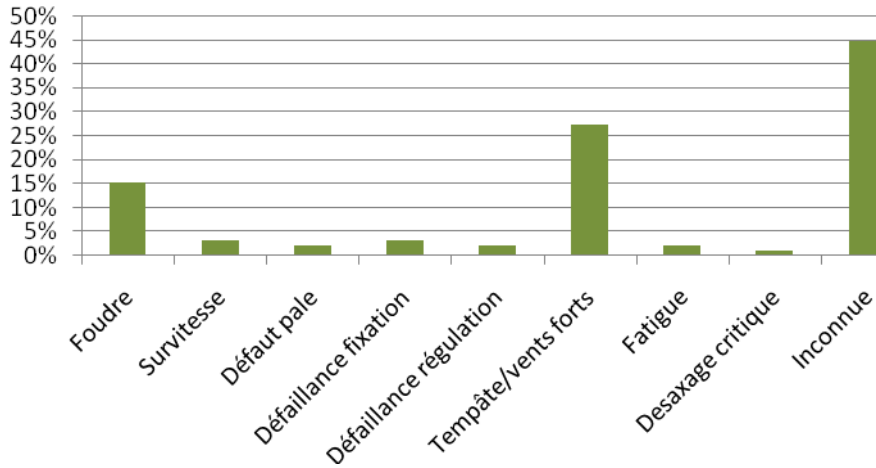


Figure 8.4 : Répartition des causes de rupture de pale

Répartition des causes premières d'incendie

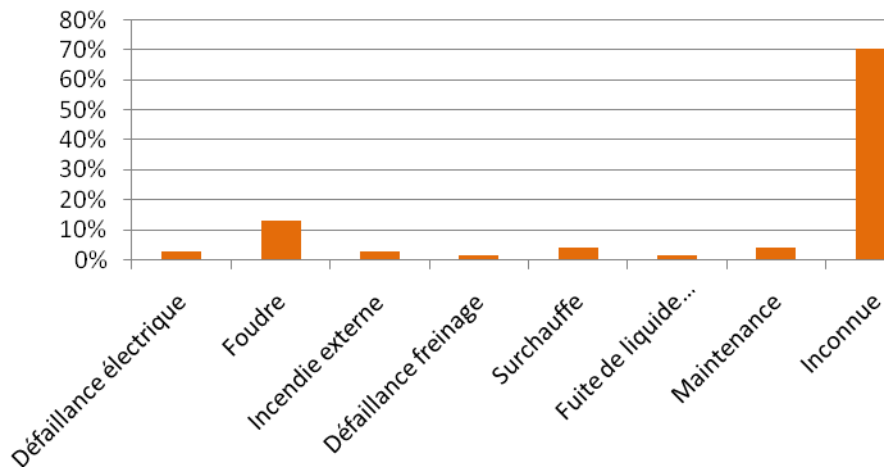


Figure 8.5 : Répartition des causes d'incendie

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.

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

8.4.1 Analyse de l'évolution des accidents en France

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

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

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

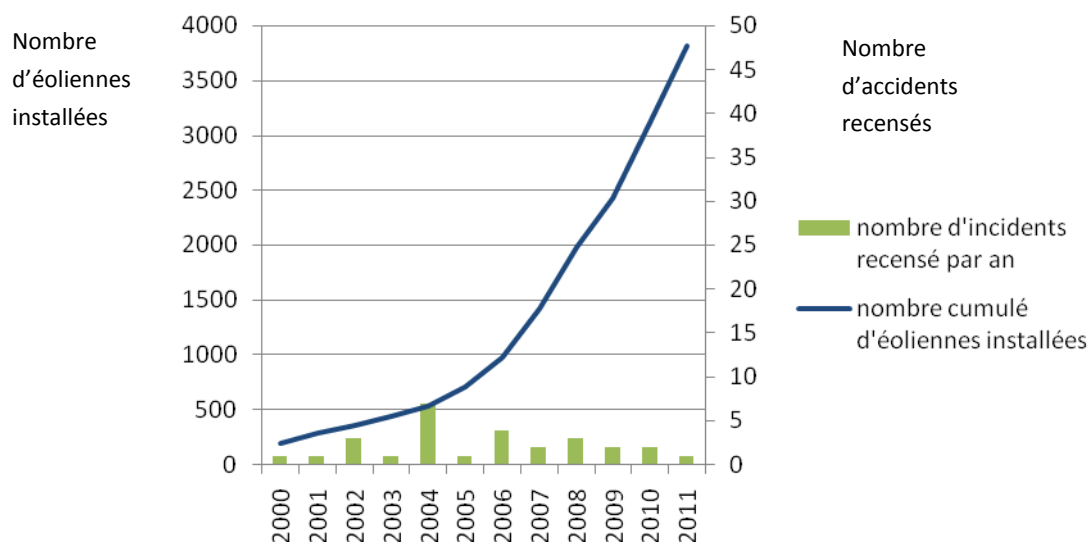


Figure 8.6 : Evolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées

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

8.4.2 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

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

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

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

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

8.5 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.

9 Analyse préliminaire des risques (APR)

9.1 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.

9.2 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.

9.3 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.

Traditionnellement, deux types d'agressions externes sont identifiés :

- les agressions externes liées aux activités humaines ;
- les agressions externes liées à des phénomènes naturels.

9.3.1 Agressions externes liées aux activités humaines

On peut considérer que 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) peuvent constituer une agression externe, à l'exception des aérodromes implantés à moins de 2 km et des autres aérogénérateurs présents à moins de 500 mètres.

Les tableaux ci-dessous synthétise les principales agressions externes liées aux activités humaines :

Tableau 17 : Distances entre les éoliennes

	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
E1	548 m	1227 m	1866 m	515 m	727 m	1292 m	1900 m
E2		679 m	1318 m	778 m	515 m	820 m	1380 m
E3			639 m	1363 m	880 m	515 m	792 m
E4				1970 m	1447 m	854 m	516 m
E5					549 m	1221 m	1865 m
E6						674 m	1316 m
E7							644 m

Tableau 18 : Agressions externes liées au activités humaines

Infrastructure	Événement redouté	Danger potentiel	Périmètre	Distance par rapport au mat des éoliennes (en mètres)							
				E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
Voies de circulation	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Energie cinétique des véhicules et flux thermiques	200 m	942	1189	1015	1018	1157	1526	1558	1490
Voie la plus proche				D43	D43	D43	D43	D955	D955	D43	D43
Aérodrome	Chute d'aéronef	Energie cinétique de l'aéronef, flux thermique	2000 m	> 15 km							
Ligne HT	Rupture de câble	Arc électrique, surtensions	200 m	1406	1162	769	413	1898	1561	1206	845

9.3.2 Agressions externes liées aux phénomènes naturels

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

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

Le tableau ci-dessous synthétise les principales agressions externes liées aux phénomènes naturels et l'intensité à laquelle les aérogénérateurs seraient soumis :

Tableau 19 : Agressions externes liées aux phénomènes naturels

Agression externe	Intensité
Séisme	Risque sismique modéré
Vents et tempête	Vent : Risque modéré Pas concerné par le risque tempête
Foudre	Risque faible (niveau céramique et densité de foudroiement inférieurs aux moyennes nationales)
Glissement de sols/ affaissement miniers	Risque de mouvement de terrain faible Risque de retrait/gonflement des argiles faible

9.4 Scénarii étudiés dans l'analyse préliminaire des risques

Après avoir recensé, dans un premier temps, les potentiels de danger des installations, qu'ils soient constitués par des substances dangereuses ou des équipements dangereux (voir paragraphes 7.1 et 7.2), l'APR doit identifier l'ensemble des séquences accidentelles et phénomènes dangereux associés pouvant déclencher la libération du danger.

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

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

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

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

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

Tableau 20 : Scénarios étudiés dans l'APR (1/4)

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
G01	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales, le mât et la nacelle	Chute de glace lorsque les éoliennes sont arrêtées	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace (N°2)	Impact de glace sur les enjeux	1
G02	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales	Projection de glace lorsque les éoliennes sont en mouvement	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de la glace (N°1)	Impact de glace sur les enjeux	2
F01	Fuite système de lubrification Fuite convertisseur Fuite transformateur	Ecoulement hors de la nacelle et le long du mât, puis sur le sol avec infiltration	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
F02	Renversement de fluides lors des opérations de maintenance	Ecoulement	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1

Tableau 21 : Scénarios étudiés dans l'APR (2/4)

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
I01	Humidité / Gel	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (N°5)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I02	Dysfonctionnement électrique	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (N°5)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I03	Survitesse	Echauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3) Prévenir la survitesse (N°4)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I04	Désaxage de la génératrice / Pièce défectueuse / Défaut de lubrification	Echauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I05	Conditions climatiques humides	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2
I06	Rongeur	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2
I07	Défaut d'étanchéité	Perte de confinement	Fuites d'huile isolante	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Incendie au poste de transformation Propagation de l'incendie	2

Tableau 22 : Scénarios étudiés dans l'APR (3/4)

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
C01	Défaut de fixation	Chute de trappe	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Impact sur cible	1
C02	Défaillance fixation anémomètre	Chute anémomètre	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	1
C3	Défaut fixation nacelle – pivot central – mât	Chute nacelle	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	1
P01	Survitesse	Contraintes trop importante sur les pales	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la survitesse (N°4)	Impact sur cible	2
P02	Fatigue Corrosion	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	Impact sur cible	2
P03	Serrage inapproprié Erreur maintenance – desserrage	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	2

Tableau 23 : Scénarios étudiés dans l'APR (4/4)

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

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
E06	Fatigue	Défaillance mât	Effondrement éolienne	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E07	Désaxage critique du rotor	Impact pale – mât	Effondrement éolienne	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

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 D5.

9.5 Effets dominos

Lorsqu'un accident majeur a lieu sur une installation, les effets de cet accident peuvent potentiellement endommager d'autres installations voire conduire à un autre accident. Ce phénomène est appelé « effet domino ».

On peut distinguer deux types d'effets dominos : les effets dominos impactant les éoliennes et ceux créés par les éoliennes.

Les effets dominos créés par l'extérieur et susceptibles d'impacter les éoliennes sont décrits dans les tableaux d'analyse des risques génériques présentés ci-dessus (crash d'aéronef, usines extérieures...).

Les effets dominos créés par le parc éolien interviennent lorsqu'un accident ayant lieu sur une des éoliennes impacte une usine voisine, une route très passante, etc. Ce type d'effets peut par exemple survenir lors de la projection de pale impactant les canalisations d'une usine à proximité, ce qui peut conduire à des fuites de canalisations de substances dangereuses.

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 ».

Du fait de l'absence d'installations/ d'équipements proches, il est proposé de négliger les conséquences des effets dominos dans le cadre de la présente étude.

9.6 Mise en place des mesures de sécurité

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

Les tableaux suivants ont pour objectif de synthétiser les fonctions de sécurité identifiées sur tous les modèles d'éoliennes et donc mises en œuvre sur les éoliennes du parc éolien de Solesmes.

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

- **Fonction de sécurité** : il est proposé ci-dessous un tableau par fonction de sécurité. Cet intitulé décrit l'objectif de la ou des mesure(s) de sécurité : il s'agira principalement de « empêcher, éviter, détecter, contrôler ou limiter » et sera en relation avec un ou plusieurs événements conduisant à un accident majeur identifié dans l'analyse des risques. Plusieurs mesures de sécurité peuvent assurer une même fonction de sécurité.
- **Numéro de la fonction de sécurité** : ce numéro vise à simplifier la lecture de l'étude de dangers en permettant des renvois à l'analyse de risque par exemple.
- **Mesures de sécurité** : cette ligne permet d'identifier les mesures assurant la fonction concernée. Dans le cas de systèmes instrumentés de sécurité, tous les éléments de la chaîne de sécurité sont présentés (détection + traitement de l'information + action).
- **Description** : cette ligne permet de préciser la description de la mesure de maîtrise des risques, lorsque des détails supplémentaires sont nécessaires.
- **Indépendance** (« oui » ou « non ») : cette caractéristique décrit le niveau d'indépendance d'une mesure de maîtrise des risques vis-à-vis des autres systèmes de sécurité et des scénarios d'accident. Cette condition peut être considérée comme remplie (renseigner « oui ») ou non (renseigner « non »).
- **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.

Tableau 24 : Fonctions de sécurité mises en œuvre (1/5)

1	PREVENIR LA MISE EN MOUVEMENT DE L'EOLIENNE LORS DE LA FORMATION DE GLACE
Mesures de sécurité	Système de détection ou de déduction de la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. Procédure adéquate de redémarrage.
Description	Système de détection redondant du givre permettant, en cas de détection de glace, une mise à l'arrêt rapide de l'aérogénérateur. Le redémarrage peut ensuite se faire soit automatiquement après disparition des conditions de givre, soit manuellement après inspection visuelle sur site.
Indépendance	Non Les systèmes traditionnels s'appuient généralement sur des fonctions et des appareils propres à l'exploitation du parc. En cas de danger particulièrement élevé sur site (survol d'une zone fréquentée sur site soumis à des conditions de gel importantes), des systèmes additionnels peuvent être envisagés.
Temps de réponse	Quelques minutes (<60 min.) conformément à l'article 25 de l'arrêté du 26 août 2011
Efficacité	100 %
Tests	Tests menés par le concepteur au moment de la construction de l'éolienne
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement
2	PREVENIR L'ATTEINTE DES PERSONNES PAR LA CHUTE DE GLACE
Mesures de sécurité	Panneautage en pied de machine Eloignement des zones habitées et fréquentées
Description	Mise en place de panneaux informant de la possible formation de glace en pied de machines (conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011).
Indépendance	Oui
Temps de réponse	NA
Efficacité	100 %. Nous considérerons que compte tenu de l'implantation des panneaux et de l'entretien prévu, l'information des promeneurs sera systématique.
Tests	NA
Maintenance	vérification de l'état général du panneau, de l'absence de détérioration, entretien de la végétation afin que le panneau reste visible.
3	PREVENIR L'ECHAUFFEMENT SIGNIFICATIF DES PIÈCES MECANIQUES
Mesures de sécurité	Capteurs de température des pièces mécaniques Définition de seuils critiques de température pour chaque type de composant avec alarmes Mise à l'arrêt ou bridage jusqu'à refroidissement
Description	/
Indépendance	Oui
Temps de réponse	NA
Efficacité	100 %
Tests	Test permanent des capteurs
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011. Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.

Note : « NA » : Non Applicable

Tableau 25 : Fonctions de sécurité mises en œuvre (2/5)

4	PREVENIR LA SURVITESSE
Mesures de sécurité	Détection de survitesse et système de freinage.
Description	Systèmes de coupure s'enclenchant en cas de dépassement des seuils de vitesse prédéfinis, indépendamment du système de contrôle commande. NB : Le système de freinage est constitué d'un frein aérodynamique principal (mise en drapeau des pales) et / ou d'un frein mécanique auxiliaire.
Indépendance	Oui
Temps de réponse	Temps de détection < 1 minute L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur conformément aux dispositions de l'arrêté du 26 août 2011.
Efficacité	100 %
Tests	Test d'arrêt simple, d'arrêt d'urgence et de la procédure d'arrêt en cas de survitesse avant la mise en service des aérogénérateurs conformément à l'article 15 de l'arrêté du 26 août 2011.
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 (notamment de l'usure du frein et de pression du circuit de freinage d'urgence.) Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.
5	PREVENIR LES COURTS-CIRCUITS
Mesures de sécurité	Coupure de la transmission électrique en cas de fonctionnement anormal d'un composant électrique.
Description	Les organes et armoires électriques de l'éolienne sont équipés d'organes de coupures et de protection adéquats et correctement dimensionnés. Tout fonctionnement anormal des composants électriques est suivi d'une coupure de la transmission électrique et à la transmission d'un signal d'alerte vers l'exploitant qui prend alors les mesures appropriées.
Indépendance	Oui
Temps de réponse	De l'ordre de la seconde
Efficacité	100 %
Tests	/
Maintenance	Des vérifications de tous les composants électriques ainsi que des mesures d'isolement et de serrage des câbles sont intégrées dans la plupart des mesures de maintenance préventive mises en œuvre. Les installations électriques sont contrôlées avant la mise en service du parc puis à une fréquence annuelle, conformément à l'article 10 de l'arrêté du 26 août 2011.

Note : « NA » : Non Applicable

Tableau 26 : Fonctions de sécurité mises en œuvre (3/5)

6	PREVENIR LES EFFETS DE LA Foudre
Mesures de sécurité	Mise à la terre et protection des éléments de l'aérogénérateur.
Description	Respect de la norme IEC 61 400 – 24 (juin 2010) Dispositif de capture + mise à la terre Parasurtenseurs sur les circuits électriques
Indépendance	Oui
Temps de réponse	Immédiat dispositif passif
Efficacité	100 %
Tests	/
Maintenance	Contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre inclus dans les opérations de maintenance, conformément à l'article 9 de l'arrêté du 26 août 2011.
7	PROTECTION ET INTERVENTION INCENDIE
Mesures de sécurité	Capteurs de températures sur les principaux composants de l'éolienne pouvant permettre, en cas de dépassement des seuils, la mise à l'arrêt de la machine Système de détection incendie relié à une alarme transmise à un poste de contrôle Intervention des services de secours
Description	Détecteurs de fumée qui lors de leur déclenchement conduisent à la mise en arrêt de la machine et au découplage du réseau électrique. De manière concomitante, un message d'alarme est envoyé au centre de

	télésurveillance. L'éolienne est également équipée d'extincteurs qui peuvent être utilisés par les personnels d'intervention (cas d'un incendie se produisant en période de maintenance)
Indépendance	Oui
Temps de réponse	< 1 minute pour les détecteurs et l'enclenchement de l'alarme L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur. Le temps d'intervention des services de secours est quant à lui dépendant de la zone géographique.
Efficacité	100 %
Tests	/
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011. Le matériel incendie (type extincteurs) est contrôlé périodiquement par le fabricant du matériel ou un organisme extérieur. Maintenance curative suite à une défaillance du matériel.

Note : « NA » : Non Applicable

Tableau 27 : Fonctions de sécurité mises en œuvre (4/5)

8	PREVENTION ET RETENTION DES FUTES
Mesures de sécurité	Détecteurs de niveau d'huiles Procédure d'urgence Kit antipollution
Description	Nombreux détecteurs de niveau d'huile permettant de détecter les éventuelles fuites d'huile et d'arrêter l'éolienne en cas d'urgence. Les opérations de vidange font l'objet de procédures spécifiques. Dans tous les cas, le transfert des huiles s'effectue de manière sécurisée via un système de tuyauterie et de pompes directement entre l'élément à vidanger et le camion de vidange. Des kits de dépollution d'urgence composés de grandes feuilles de textile absorbant pourront être utilisés afin : <ul style="list-style-type: none"> • de contenir et arrêter la propagation de la pollution ; • d'absorber jusqu'à 20 litres de déversements accidentels de liquides (huile, eau, alcools ...) et produits chimiques (acides, bases, solvants ...) • de récupérer les déchets absorbés. Si ces kits de dépollution s'avèrent insuffisants, une société spécialisée récupérera et traitera le gravier souillé via les filières adéquates, puis le remplacera par un nouveau revêtement.
Indépendance	Oui
Temps de réponse	Dépendant du débit de fuite
Efficacité	100 %
Tests	/
Maintenance	Inspection des niveaux d'huile plusieurs fois par an
9	PREVENIR LES DEFAUTS DE STABILITE DE L'EOLIENNE ET LES DEFAUTS D'ASSEMBLAGE (CONSTRUCTION – EXPLOITATION)
Mesures de sécurité	Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints, etc.) Procédures qualités Attestation du contrôle technique (procédure permis de construire)
Description	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. Ainsi la nacelle, le nez, les fondations et la tour répondent au standard IEC 61 400-1. Les pales respectent le standard IEC 61 400-1 ; 12 ; 23. Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223.
Indépendance	Oui
Temps de réponse	NA
Efficacité	100 %
Tests	NA
Maintenance	Les couples de serrage (brides sur les diverses sections de la tour, bride de raccordement des pales au moyeu, bride de raccordement du moyeu à l'arbre lent, éléments du châssis, éléments du pitch system, couronne du Yam Gear, boulons de fixation de la nacelle...) sont vérifiés au bout de 3 mois de fonctionnement puis tous les 3 ans, conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011.

Note : « NA » : Non Applicable

Tableau 28 : Fonctions de sécurité mises en œuvre (5/5)

10	PREVENIR LES ERREURS DE MAINTENANCE
Mesures de sécurité	Procédure maintenance
Description	Préconisations du manuel de maintenance Formation du personnel
Indépendance	Oui
Temps de réponse	NA
Efficacité	100 %
Tests	Contrôle régulier des connaissances du personnel et formation régulière
Maintenance	NA
11	PREVENIR LES RISQUES DE DEGRADATION DE L'EOLIENNE EN CAS DE VENT FORT
Mesures de sécurité	Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents. Détection et prévention des vents forts et tempêtes Arrêt automatique et diminution de la prise au vent de l'éolienne (mise en drapeau progressive des pâles) par le système de conduite
Description	L'éolienne est mise à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale pour laquelle elle a été conçue.
Indépendance	Oui
Temps de réponse	< 1 min
Efficacité	100 %. NB : En fonction de l'intensité attendue des vents, d'autres dispositifs de diminution de la prise au vent de l'éolienne peuvent être envisagés.
Tests	Tests de l'arrêt, l'arrêt d'urgence et l'arrêt en cas de survitesse
Maintenance	Vérification lors de la mise en service puis tous les ans

Note : « NA » : Non Applicable

L'ensemble des procédures de maintenance et des contrôles d'efficacité des systèmes sera conforme à l'arrêté du 26 août 2011 modifié le 6 novembre 2014.

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.

9.7 Conclusion de l'analyse préliminaire des risques

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

Tableau 29 : Scénarios exclus de l'étude détaillée

NOM DU SCENARIO EXCLU	JUSTIFICATION
<p>Incendie de l'éolienne (effets thermiques)</p>	<p>En cas d'incendie de nacelle, et en raison de la hauteur des nacelles, les effets thermiques ressentis au sol seront mineurs. Par exemple, dans le cas d'un incendie de nacelle située à 50 mètres de hauteur, la valeur seuil de 3 kW/m² n'est pas atteinte. Dans le cas d'un incendie au niveau du mât les effets sont également mineurs et l'arrêté du 26 Août 2011 encadre déjà largement la sécurité des installations. Ces effets ne sont donc pas étudiés dans l'étude détaillée des risques.</p> <p>Néanmoins il peut être redouté que des chutes d'éléments (ou des projections) interviennent lors d'un incendie. Ces effets sont étudiés avec les projections et les chutes d'éléments.</p>
<p>Incendie du poste de livraison ou du transformateur</p>	<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 et impose le respect des normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200)</p>
<p>Chute et projection de glace dans les cas particuliers où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0°C</p>	<p>Lorsqu'un aérogénérateur est implanté sur un site où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0°C, il peut être considéré que le risque de chute ou de projection de glace est nul.</p> <p>Des éléments de preuves doivent être apportés pour identifier les implantations où de telles conditions climatiques sont applicables.</p>
<p>Infiltration d'huile dans le sol</p>	<p>En cas d'infiltration d'huiles dans le sol, les volumes de substances libérées dans le sol restent mineurs.</p> <p>Ce scénario peut ne pas être détaillé dans le chapitre de l'étude détaillée des risques sauf en cas d'implantation dans un périmètre de protection rapprochée d'une nappe phréatique.</p>

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

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

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

10 Etude détaillée des risques

10.1 Objectif de l'analyse 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.

10.2 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 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 national relatif à l'étude de dangers dans le cadre d'un parc éolien dans sa version de mai 2012. Cette méthode est inspirée des méthodes utilisées pour les autres phénomènes dangereux des installations classées, dans l'esprit de la loi du 30 juillet 2003.

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

10.2.1 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, 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.

10.2.2 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]).

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 caractérisent des phénomènes dangereux dont l'intensité s'exerce dans toutes les directions autour de l'origine du phénomène (pour des effets de surpression, toxiques ou thermiques). Ces seuils ne sont donc pas adaptés aux accidents générés par les aérogénérateurs.

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

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

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

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

Tableau 30 : Degré d'exposition

INTENSITE	DEGRE D'EXPOSITION
exposition très forte	Supérieur à 5 %
exposition forte	Compris entre 1 % et 5 %
exposition modérée	Inférieur à 1 %

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

10.2.3 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.

La détermination du nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) présentes dans chacune des zones d'effet est effectuée à l'aide de la méthode présentée en annexe D3. Cette méthode se base sur la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers.

Tableau 31 : Gravité

INTENSITE GRAVITE	EXPOSITION MODEREE	EXPOSITION FORTE	EXPOSITION TRES FORTE
« DESASTREUX »	Plus de 10 personnes exposées	Plus de 100 personnes exposées	Plus de 1000 personnes exposées
« CATASTROPHIQUE »	Moins de 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées	Entre 100 et 1000 personnes exposées
« IMPORTANT »	Au plus 1 personne exposée	Entre 1 et 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées
« SERIEUX »	Aucune personne exposée	Au plus 1 personne exposée	Moins de 10 personnes exposées
« MODERE »	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 »

10.2.4 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 : cf. Tableau 32.

Tableau 32 : Niveaux de probabilité

NIVEAUX	ECHELLE QUALITATIVE	ECHELLE QUANTITATIVE (PROBABILITE ANNUELLE)
A	<p style="text-align: center;"><i>Courant</i></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	<p style="text-align: center;"><i>Probable</i></p> <p>S'est produit et/ou peut se produire pendant la durée de vie des installations.</p>	$10^{-3} < P \leq 10^{-2}$
C	<p style="text-align: center;"><i>Improbable</i></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>	$10^{-4} < P \leq 10^{-3}$
D	<p style="text-align: center;"><i>Rare</i></p> <p>S'est déjà produit mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement la probabilité.</p>	$10^{-5} < P \leq 10^{-4}$
E	<p style="text-align: center;"><i>Extrêmement rare</i></p> <p>Possible mais non rencontré au niveau mondial. N'est pas impossible au vu des connaissances actuelles.</p>	$\leq 10^{-5}$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

10.2.5 Acceptabilité des risques

Pour conclure à l'acceptabilité des risques présentés par le parc éolien, chaque scénario est placé selon sa gravité et sa probabilité dans la matrice de criticité présentée ci-dessous et adaptée de la circulaire du 29 septembre 2005 reprise dans la circulaire du 10 mai 2010 :

Tableau 33 : Matrice d'acceptabilité des risques

GRAVITÉ des Conséquences	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux	Yellow	Red	Red	Red	Red
Catastrophique	Yellow	Yellow	Red	Red	Red
Important	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red
Sérieux	Green	Green	Yellow	Yellow	Red
Modéré	Green	Green	Green	Green	Yellow

Avec :

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

10.3 Caractérisation des scénarios retenus

10.3.1 Effondrement de l'éolienne

Zone d'effet

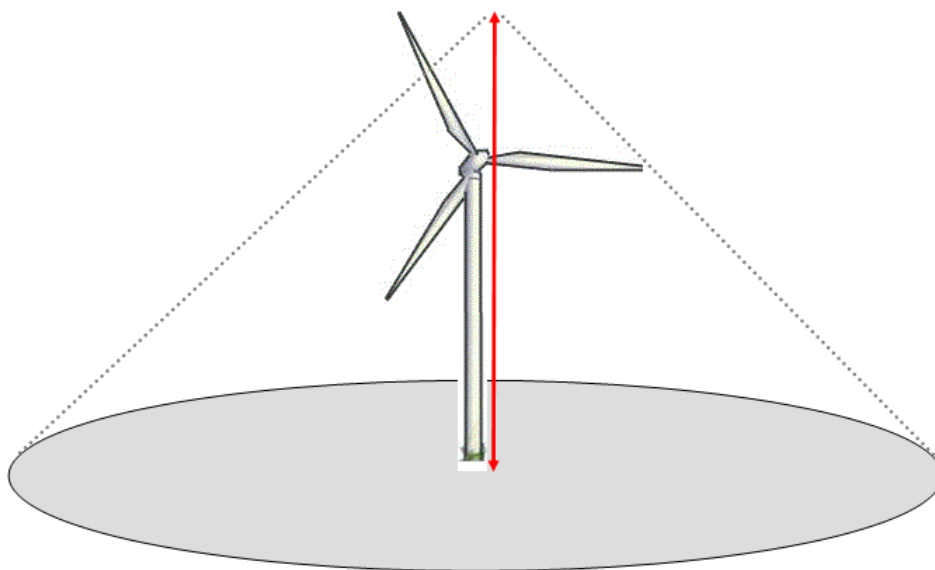


Figure 10.1 : Effondrement de l'éolienne – Distance d'effet

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 dans le cas des éoliennes du parc éolien de Solesmes, 126,5 m.

Cette méthodologie se rapproche de celles utilisées dans la bibliographie présentée dans le guide de l'Ineris. 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

Le guide technique de rédaction des études de dangers réalisée par l'Ineris et daté de mai 2012 semble présenter une erreur puisque deux définitions du degré d'exposition sont présentées :

- 1^{ère} définition : 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,
- 2^{ème} définition : le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface de l'éolienne (surface des pâles uniquement (3 formes triangulaires) et surface du mât non balayée par le rotor) d'une part, et la superficie de la zone d'effet du phénomène d'autre part.

Cette erreur a été signalée à la DREAL Bretagne puis au Ministère en charge de l'Environnement qui s'est prononcé en faveur de la deuxième définition.

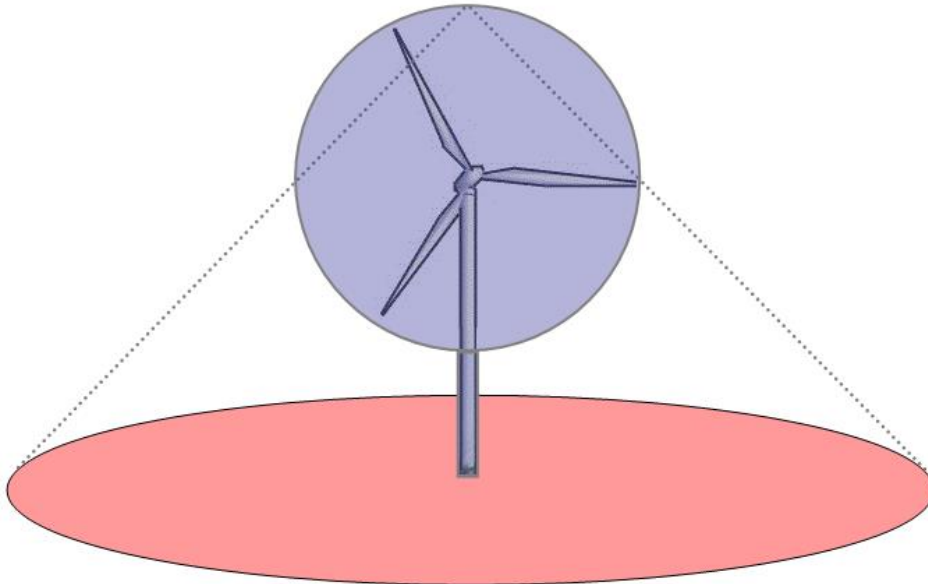


Figure 10.2 : Effondrement de l'éolienne – Intensité

On a donc :

$$D_{\text{exposition}} = \frac{(H) \times L + 3 \times R \times LB/2}{\pi \times (H+R)^2}$$

Avec :

- H la hauteur du mat,
- L la largeur moyenne du mât,
- R la longueur de pale,
- LB la largeur maximale de la pale (de forme triangulaire)

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

Tableau 34 : Effondrement de l'éolienne – intensité

Effondrement de l'éolienne						
Dimensions de l'éolienne (en m)			Zone d'impact en m ²	Zone d'effet en m ²	Degré d'exposition (en %)	Intensité
H	R	L				
70.86	50.2	3.7	443	46042	0.962	Forte

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

La carte suivante reprend les zones potentiellement touchées en cas d'effondrement des éoliennes.

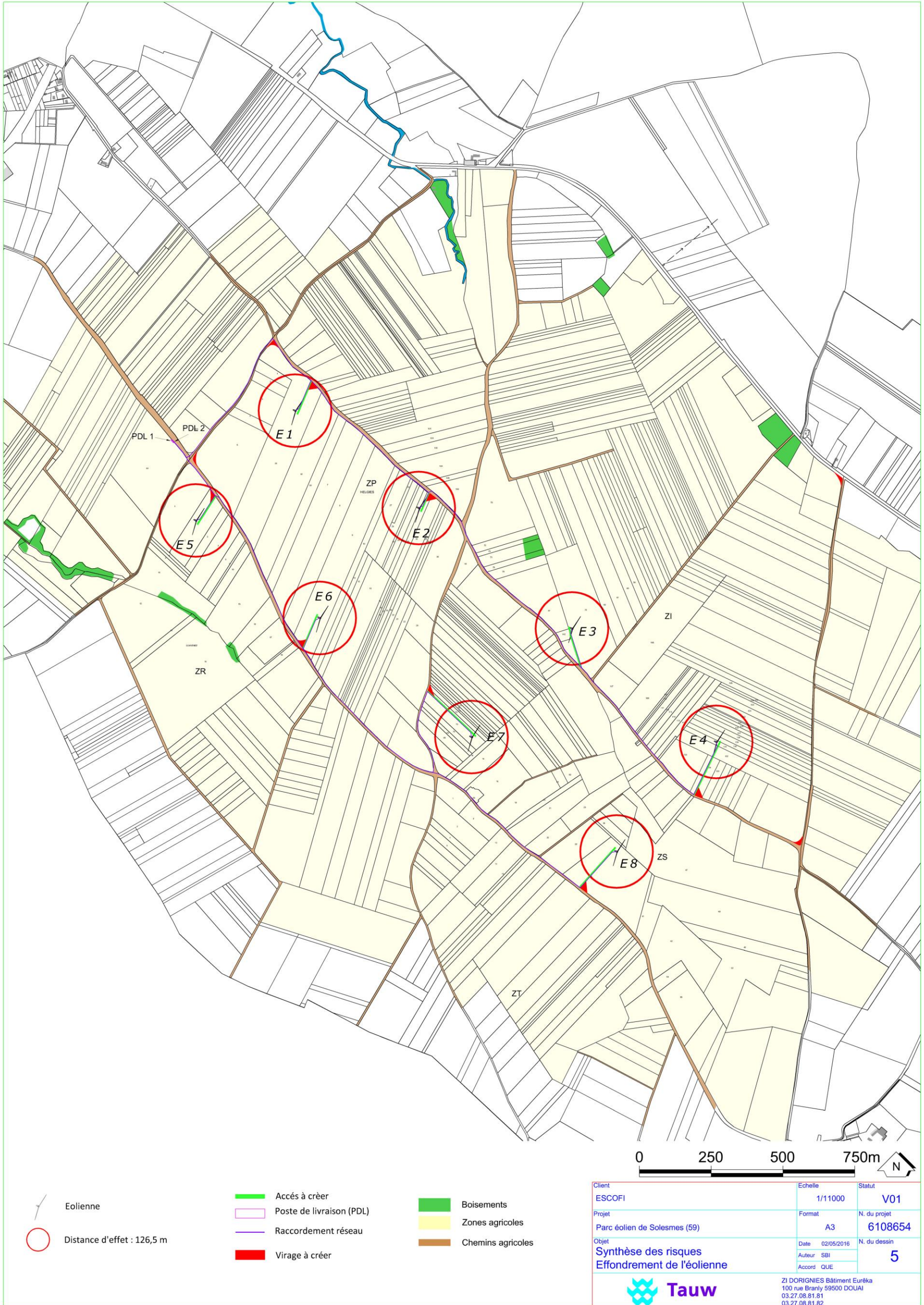


Figure 10.3 : Effondrement de l'éolienne - distances d'effetsGravité – Source : Tauw France

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 10.2.3), 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.

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

Tableau 35 : Effondrement de l'éolienne – gravité

Effondrement de l'éolienne						
Eolienne	Terrain très peu fréquenté (0,01pers/ha)		Routes non structurantes et chemins agricoles (0,1 pers/ha)		Nb de personnes exposées au total	Gravité
	surface exposée en ha	nb de personnes exposées	surface exposée en ha	nb de personnes exposées		
E1	4.440	0.044	0.165	0.0165	0.0609	Sérieux
E2	4.328	0.043	0.276	0.0276	0.0709	Sérieux
E3	4.344	0.043	0.260	0.0260	0.0694	Sérieux
E4	4.544	0.045	0.061	0.0060	0.0515	Sérieux
E5	4.3820	0.044	0.222	0.0222	0.0660	Sérieux
E6	4.419	0.044	0.185	0.0185	0.0627	Sérieux
E7	4.542	0.045	0.062	0.0061	0.0516	Sérieux
E8	4.544	0.045	0.061	0.0061	0.0515	Sérieux

Probabilité

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

Tableau 36 : Effondrement d'une éolienne - probabilité

SOURCE	FREQUENCE	JUSTIFICATION
Guide for risk based zoning of wind turbines	$4,5 \times 10^{-4}$	Retour d'expérience
Specification of minimum distances	$1,8 \times 10^{-4}$ (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'expérience², soit une probabilité de $4,47 \times 10^{-4}$ par éolienne et par an.

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

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

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 ».

Acceptabilité

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc éolien de Solesmes, la gravité associée et le niveau de risque :

Tableau 37 : Effondrement d'une éolienne - niveau de risque

Effondrement de l'éolienne			
Eolienne	Probabilité	Gravité	Niveau de risque
E1	D	Sérieux	Très faible
E2		Sérieux	Très faible
E3		Sérieux	Très faible
E4		Sérieux	Très faible
E5		Sérieux	Très faible
E6		Sérieux	Très faible
E7		Sérieux	Très faible
E8		Sérieux	Très faible

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

10.3.2 Chute de glace

Considération générale

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, 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 et du Nord, qui concernent la commune de Solesmes, 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

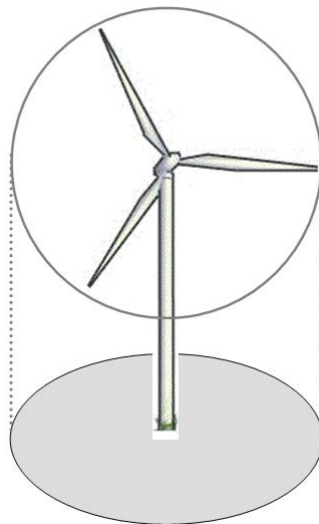


Figure 10.4 : Chute de glace - distances d'effets

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 (51.5 mètres).

Cependant, il convient de noter que, lorsque l'éolienne est à l'arrêt, les pales n'occupent qu'une faible partie de cette zone.

Intensité

Pour le phénomène de chute de glace, le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface d'un morceau de glace (considérée de façon majorante égale à 1m²) et la superficie de la zone d'effet du phénomène (zone de survol) :

$$D_{\text{exposition}} = \frac{1}{(\Pi \times D_{\text{effet}}^2)}$$

Avec D_{effet} la distance d'effet (taille de la pale)

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

Tableau 38 : Chute de glace – intensité

Chute de glace				
Zone d'impact (en m ²)	Distance d'effet (en m)	Zone d'effet en m ²	Degré d'exposition (en %)	Intensité
1	51.5	8332	0.012	Exposition modérée

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

La carte suivante reprend les zones potentiellement touchées par le phénomène de chute de glace.

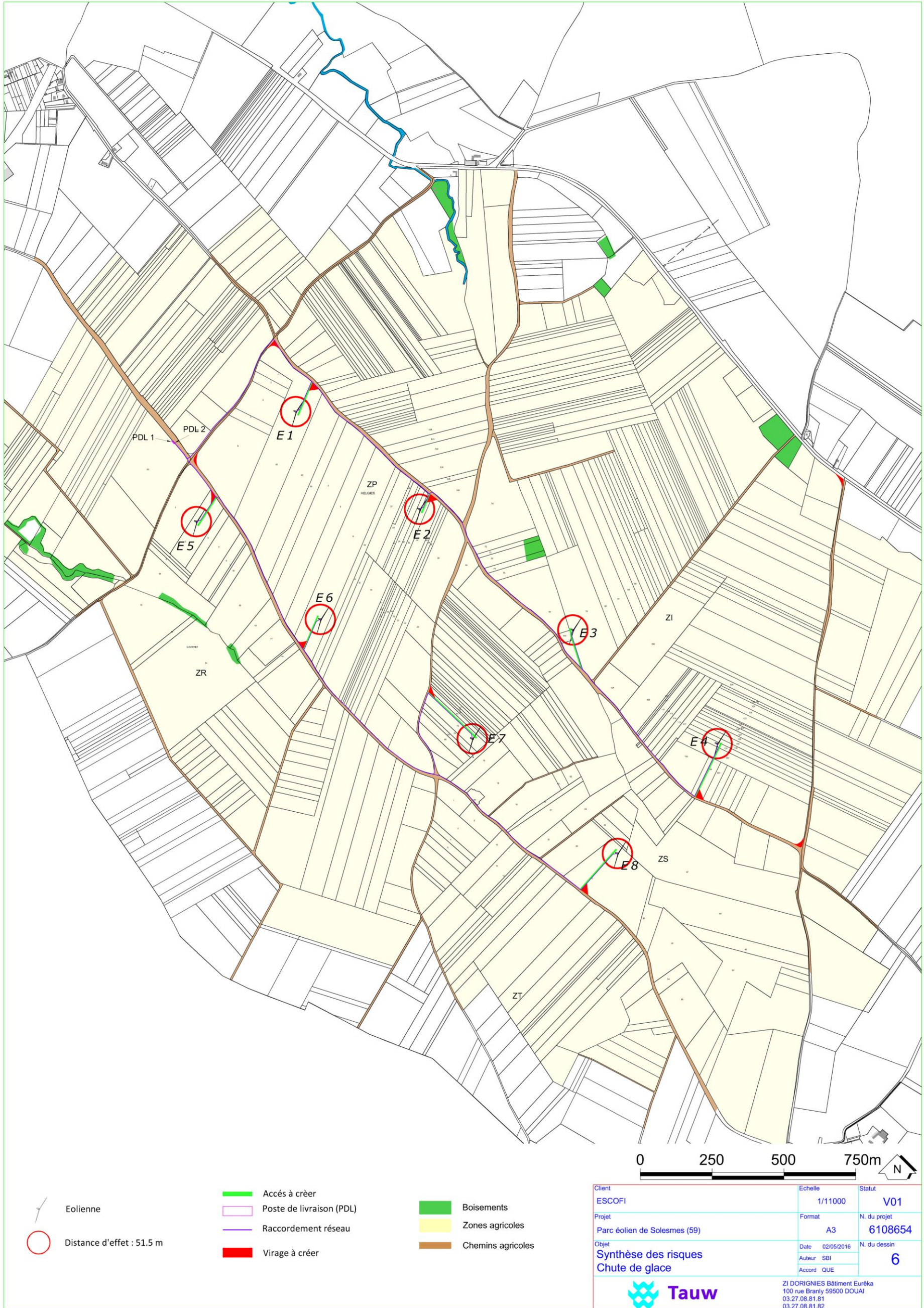


Figure 10.5 : Chute de glace - distances d'effets – Source : Tauw France

Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 10.2.3), 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.

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

Tableau 39 : Chute de glace – gravité

Chute de glace						
Eolienne	Terrain très peu fréquenté (0,01pers/ha)		Routes non structurantes et chemins agricoles (0,1 pers/ha)		nb de personnes exposées au total	Gravité
	surface exposée (en ha)	nb de personnes exposées	surface exposée en ha	nb de personnes exposées		
E1	0.8095	0.0081	0.0232	0.0023	0.0104	Modéré
E2	0.8090	0.0081	0.0238	0.0024	0.0105	Modéré
E3	0.8058	0.0081	0.0270	0.0027	0.0108	Modéré
E4	0.8102	0.0081	0.0226	0.0023	0.0104	Modéré
E5	0.8067	0.0081	0.0261	0.0026	0.0107	Modéré
E6	0.8069	0.0081	0.0259	0.0026	0.0107	Modéré
E7	0.8067	0.0081	0.0261	0.0026	0.0107	Modéré
E8	0.8069	0.0081	0.0259	0.0026	0.0107	Modéré

Probabilité

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

Acceptabilité

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

Tableau 40 : Chute de glace – niveau de risque

Chute de glace			
Eolienne	Probabilité	Gravité	Niveau de risque
1	A	Modéré	Faible
2		Modéré	Faible
3		Modéré	Faible
4		Modéré	Faible
5		Modéré	Faible
6		Modéré	Faible
7		Modéré	Faible
8		Modéré	Faible

Ainsi, pour le parc éolien de Solesmes, 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.

10.3.3 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, soit dans le cas du parc éolien de Solesmes : 51.5 mètres.

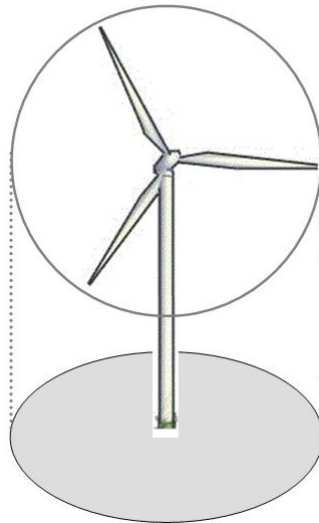


Figure 10.6 : Chute d'éléments de l'éolienne - distance d'effet

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) (violet) et la superficie de la zone d'effet du phénomène (zone de survol) (rouge).

Ainsi, le degré d'exposition s'obtient par la formule suivante :

$$D_{\text{exposition}} = \frac{L_p \times \frac{l_p}{2}}{(\Pi \times D_{\text{effet}}^2)}$$

Avec :

- L_p la longueur de pale
- l_p la largeur de la pale
- D_{effet} la distance d'effet

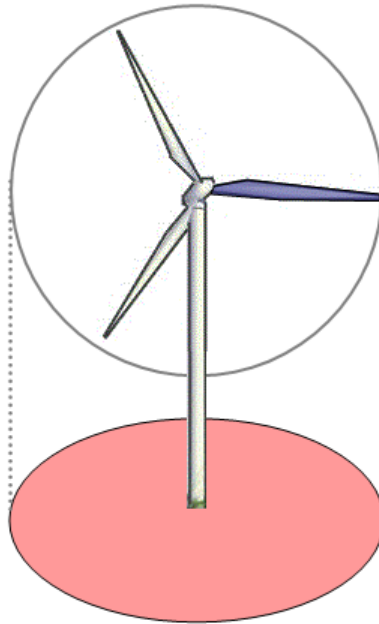


Figure 10.7 : Chute d'éléments de l'éolienne - intensité

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

Tableau 41 : Chute d'éléments de l'éolienne – intensité

Chute d'éléments de l'éolienne					
Longueur de pale Lp en m	Zone d'impact en m ²	Distance d'effet	Zone d'effet en m ²	Degré d'exposition (en %)	Intensité
50.2	60.24	51.5	8332	0.723	Exposition modérée

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

La carte suivante reprend les zones d'effets du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne.

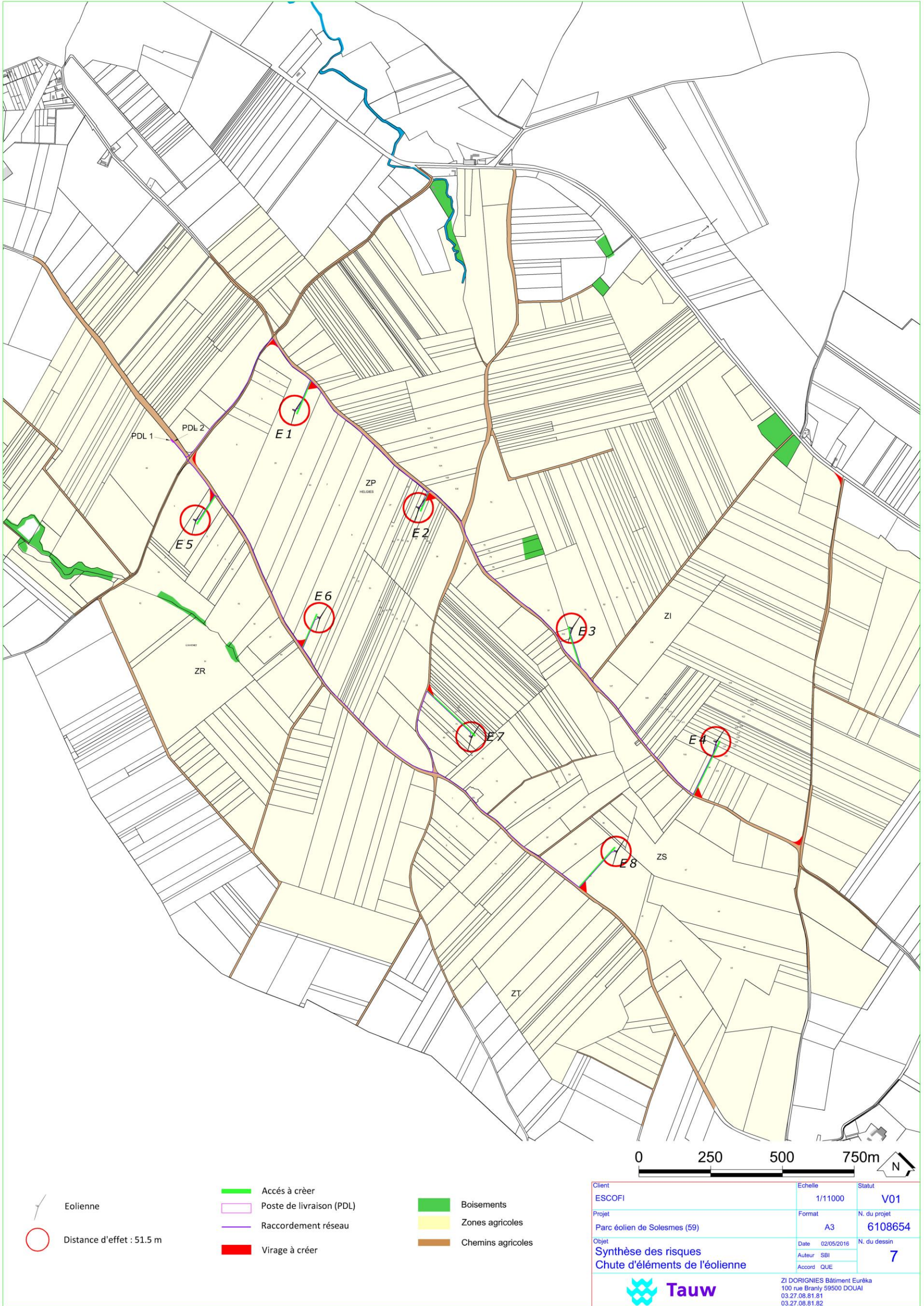


Figure 10.8 : Chute d'éléments de l'éolienne –distance d'effet – Source : Tauw France

Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 10.2.3), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute d'éléments de l'éolienne, dans la zone de survol de l'éolienne.

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

Tableau 42 : Chute d'éléments de l'éolienne – gravité

Chute d'éléments de l'éolienne						
Eolienne	Terrain très peu fréquenté (0,01pers/ha)		Routes non structurantes et chemins agricoles (0,1 pers/ha)		nb de personnes exposées au total	Gravité
	surface exposée (en ha)	nb de personnes exposées	surface exposée en ha	nb de personnes exposées		
E1	0.8095	0.0081	0.0233	0.0023	0.0104	Modéré
E2	0.8090	0.0081	0.0238	0.0024	0.0105	Modéré
E3	0.8058	0.0081	0.0270	0.0027	0.0108	Modéré
E4	0.8102	0.0081	0.0226	0.0023	0.0104	Modéré
E5	0.8067	0.0081	0.0261	0.0026	0.0107	Modéré
E6	0.8069	0.0081	0.0259	0.0026	0.0107	Modéré
E7	0.8067	0.0081	0.0261	0.0026	0.0107	Modéré
E8	0.8069	0.0081	0.0259	0.0026	0.0107	Modéré

Probabilité

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

Le retour d'expérience connu en France montre que ces événements ont une classe de probabilité « C » (2 chutes et 5 incendies pour 15 667 années d'expérience, soit 4.47×10^{-4} événement par éolienne et par an).

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

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

Acceptabilité

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc éolien de Solesmes, la gravité associée et le niveau de risque :

Tableau 43 : Chute d'éléments de l'éolienne – niveau de risque

Chute d'éléments de l'éolienne			
Eolienne	Probabilité	Gravité	Niveau de risque
E1	C	Modéré	Très faible
E2		Modéré	Très faible
E3		Modéré	Très faible
E4		Modéré	Très faible
E5		Modéré	Très faible
E6		Modéré	Très faible
E7		Modéré	Très faible
E8		Modéré	Très faible

Ainsi, pour le parc éolien de Solesmes, le phénomène de chute d'éléments des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

10.3.4 Projection de pales ou de fragments de pales

Zone d'effet

Dans l'accidentologie française rappelée en annexe D4, 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.

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] (cf. annexe D2).

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.

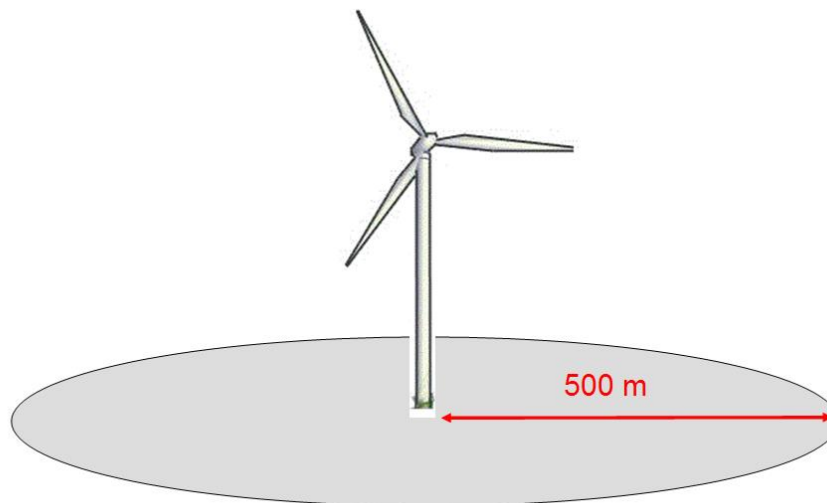


Figure 10.9 : Projection de pales ou de fragments de pale - distance d'effet

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, de forme triangulaire) (violet) et la superficie de la zone d'effet du phénomène (500 m) (rouge) :

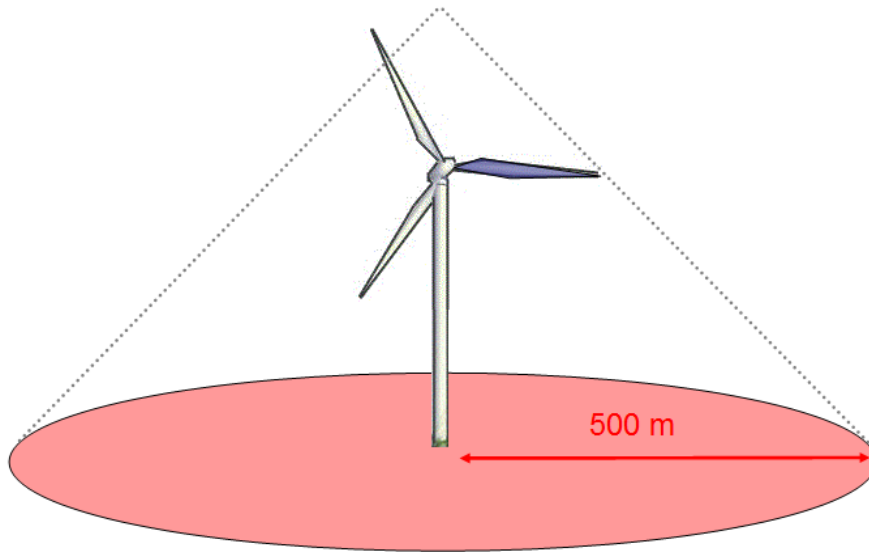


Figure 10.10 : Projection de pales ou de fragments de pale - distance d'effet

Ainsi, le degré d'exposition s'obtient par la formule suivante :

$$D_{\text{exposition}} = \frac{L_p \times \frac{l_p}{2}}{(\Pi \times D_{\text{effet}}^2)}$$

Avec :

- L_p la longueur de pale,
- l_p la largeur de la pale
- D_{effet} la distance d'effet

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

Tableau 44 : Projection de pales ou de fragments de pale – intensité

Projection de pale ou de fragment de pale					
Longueur de pale L_p	Zone d'impact	Distance d'effet	Zone d'effet en m^2	Degré d'exposition	Intensité
50.2	60.24	500	785398	0.008	Exposition modérée

La carte suivante reprend les distances d'effets du phénomène de projection de pale ou de fragment de pale ainsi que les zones potentiellement atteintes.

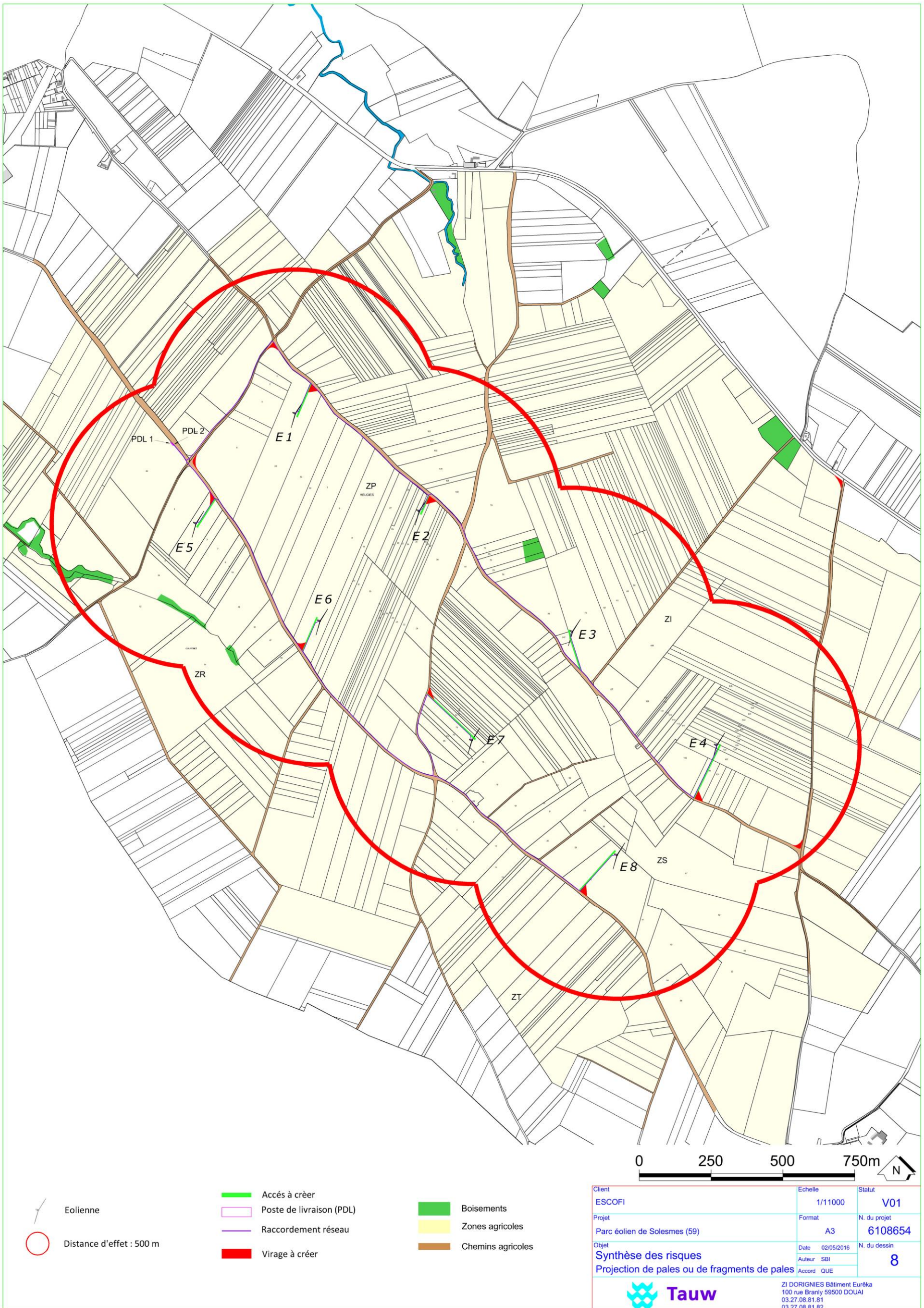


Figure 10.11 : Projection de pales ou de fragments de pale - distances d'effets – Source : Tauw France

Gravité

En fonction de cette intensité, 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.

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

Tableau 45 : Projection de pales ou de fragments de pale – gravité

Projection de pale ou de fragment de pale						
Eolienne	Terrain très peu fréquenté (0,01pers/ha)		Routes non structurantes et chemins agricoles (0,1 pers/ha)		nb de personnes exposées au total	gravité
	surface exposée en ha	nb de personnes exposées	surface exposée en ha	nb de personnes exposées		
E1	75.7218154	0.75721815	2.8180009	0.28180009	1.0390	Sérieux
E2	76.137731	0.76137731	2.40208533	0.24020853	1.0016	Sérieux
E3	76.8260918	0.76826092	1.71372455	0.17137246	0.9396	Modéré
E4	76.6685169	0.76668517	1.87129944	0.18712994	0.9538	Modéré
E5	75.9897086	0.75989709	2.55010771	0.25501077	1.0149	Sérieux
E6	76.9362455	0.76936245	1.60357085	0.16035709	0.9297	Modéré
E7	76.1446996	0.761447	2.39511672	0.23951167	1.0010	Sérieux
E8	76.665883	0.76665883	1.87393331	0.18739333	0.9541	Modéré

Probabilité

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

Tableau 46 : Projection de pales ou de fragments de pale - probabilité

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

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

Le retour d'expérience français montre également une classe de probabilité « C » (12 événements pour 15 667 années d'expérience, soit $7,66 \times 10^{-4}$ événement par éolienne et par an). Ces événements correspondent également à la définition qualitative de l'arrêté du 29 Septembre 2005 d'une probabilité « C » : « *Evénement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce*

type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité ».

Une probabilité de classe « C » devrait donc être 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 éolien de Solesmes, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Tableau 47 : Projection de pales ou de fragments de pale – niveau de risque

Projection de pale ou de fragment de pale			
Eolienne	Probabilité	Gravité	Niveau de risque
E1	D	Sérieux	Très faible
E2		Sérieux	Très faible
E3		Modéré	Très faible
E4		Modéré	Très faible
E5		Sérieux	Très faible
E6		Modéré	Très faible
E7		Sérieux	Très faible
E8		Modéré	Très faible

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

10.3.5 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] (cf. annexe D2) propose une distance d'effet fonction de la hauteur et du diamètre de l'éolienne, dans les cas où le nombre de jours de glace est important et où l'éolienne n'est pas équipée de système d'arrêt des éoliennes en cas de givre ou de glace :

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

Cette distance de projection est jugée conservatrice dans des études postérieures évoquées dans le guide technique de l'Ineris. 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.

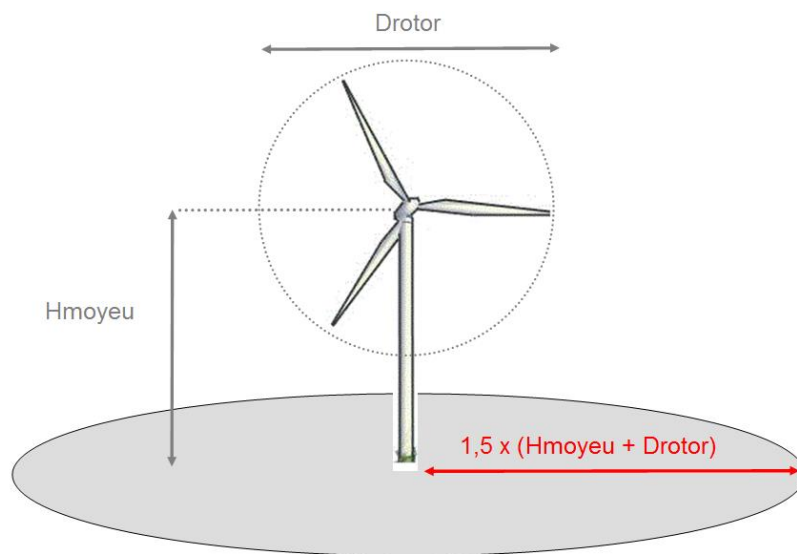


Figure 10.12 : Projection de glace - distance d'effet

Ainsi, pour le projet de parc éolien de Solesmes, les distances d'effet sont de 267 mètres.

Intensité

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

$$D_{\text{exposition}} = \frac{1}{(\Pi \times D_{\text{effet}}^2)}$$

Avec D_{effet} la distance d'effet

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

Tableau 48 : Projection de glace – intensité

Projection de morceaux de glace				
Zone d'impact	Distance d'effet	Zone d'effet en m ²	Degré d'exposition	Intensité
1	267	223961	0.000447	Exposition modérée

La carte suivante reprend les distances d'effets du phénomène de projection de morceaux de glace.

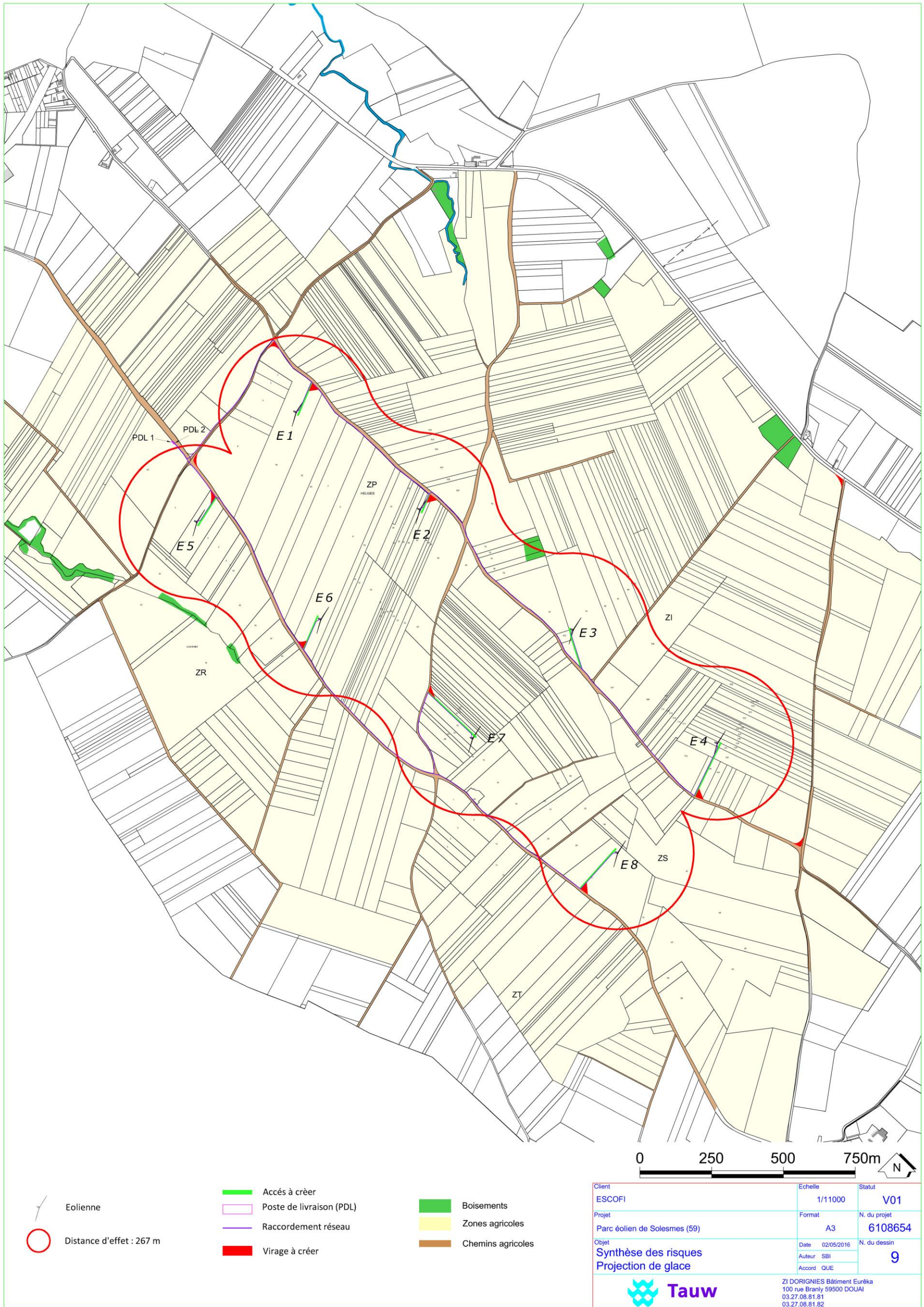


Figure 10.13 : Projection de morceaux de glace - distances d'effets – Source : Tauw France

Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues du paragraphe 10.2.3, 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. 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 négligeable. Par mesure conservatrice et dans la mesure où la plupart des cibles potentielles sont des piétons passant sur les chemins (et donc non abrités) ces personnes ont quand même été comptabilisées pour le calcul de la gravité.

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

Tableau 49 : Projection de glace – gravité

Projection de morceaux de glace						
Eolienne	Terrain très peu fréquenté (0,01 pers/ha)		Routes non structurantes et chemins agricoles (0,1 pers/ha)		nb de personnes exposées au total	gravité
	surface exposée	nb de personnes exposées	surface exposée en ha	nb de personnes exposées		
E1	21.53	0.22	0.8654	0.09	0.30	Modéré
E2	21.33	0.21	1.0646	0.11	0.32	Modéré
E3	21.65	0.22	0.7482	0.07	0.29	Modéré
E4	21.96	0.22	0.4338	0.04	0.26	Modéré
E5	21.43	0.21	0.9704	0.10	0.31	Modéré
E6	21.81	0.22	0.5862	0.06	0.28	Modéré
E7	21.63	0.22	0.7651	0.08	0.29	Modéré
E8	21.83	0.22	0.5664	0.06	0.27	Modéré

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 tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc éolien de Solesmes, la gravité associée et le niveau de risque :

Tableau 50 : Projection de glace – niveau de risque

Projection de morceaux de glace				
Eolienne	Probabilité	Gravité	Présence de système d'arrêt en cas de détection ou déduction de glace et de procédure de redémarrage	Niveau de risque
E1	B	Modéré	Système de détection du givre et de mise à l'arrêt de la machine + procédure adéquate de redémarrage (manuelle ou automatique)	Très faible
E2		Modéré		Très faible
E3		Modéré		Très faible
E4		Modéré		Très faible
E5		Modéré		Très faible
E6		Modéré		Très faible
E7		Modéré		Très faible
E8		Modéré		Très faible

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

10.4 Synthèse de l'étude détaillée des risques

10.4.1 Tableaux de synthèse des scénarios étudiés

Les tableaux suivants récapitulent, pour chaque événement redouté central retenu, les paramètres de risques : la cinétique, l'intensité, la gravité et la probabilité. Ces paramètres correspondent aux résultats les plus impactant obtenus :

Tableau 51 : Résultat de l'étude détaillée des risques

Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité
Effondrement de l'éolienne	126.5 mètres maximum autour de chaque machine	Rapide	Exposition forte	D	Sérieux
Chute d'éléments de l'éolienne	51.5 mètres autour de chaque éolienne (zone de survol)	Rapide	Exposition modérée	C	Modéré
Chute de glace	51.5 mètres autour de chaque éolienne (zone de survol)	Rapide	Exposition modérée	A	Modéré
Projection de pale	500 mètres autour de chaque éolienne	Rapide	Exposition modérée	D	Sérieux pour E1, E2, E5 et E7 Modéré pour E3, E4, E6 et E8
Projection de glace	267 mètres maximum autour de chaque machine	Rapide	Exposition modérée	B	Modéré

10.4.2 Synthèse de l'acceptabilité des risques

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

Pour conclure à l'acceptabilité, la matrice de criticité ci-dessous, adaptée de la circulaire du 29 septembre 2005 reprise dans la circulaire du 10 mai 2010, reprend la gravité et la probabilité de chaque scénario en prenant en compte les résultats les plus impactants obtenus :

Tableau 52 : Matrice d'acceptabilité des risques

GRAVITÉ des Conséquences	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux		IE, IPp (pour E1, E2, E5 et E7)			
Modéré		IPp (E3, E4, E6 et E8)	ICe	IPg	ICg

Avec :

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

Et :

- IE: scénario d'Effondrement de l'éolienne
- ICe: scénario de Chute d'éléments
- ICg: scénario de Chute de glace
- IPp: scénario de Projection de pale
- IPg: scénario de Projection de glace

Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée que :

- aucun accident n'apparaît dans les cases rouges de la matrice
- certains accidents figurent en case jaune. Pour ces accidents, il convient de souligner que les fonctions de sécurité détaillées au paragraphe 8.4 sont mises en place.

10.4.3 Cartographie des risques

Les cartes suivantes reprennent pour chaque scénario et dans le cas le plus contraignant la synthèse de l'intensité et de la gravité calculées dans cette étude de dangers.

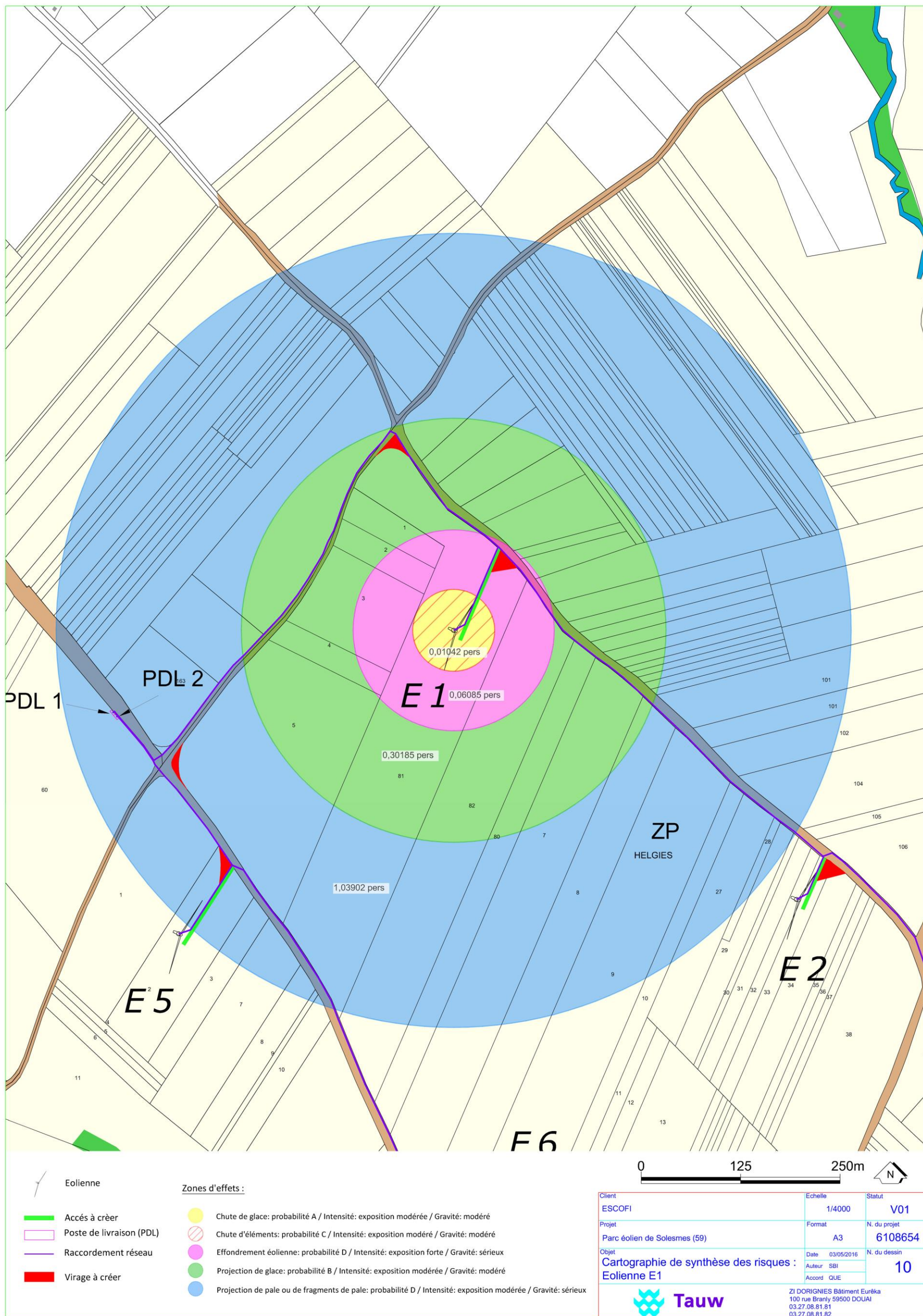


Figure 10.14 : Cartographie de synthèse des risques – Eolienne E1

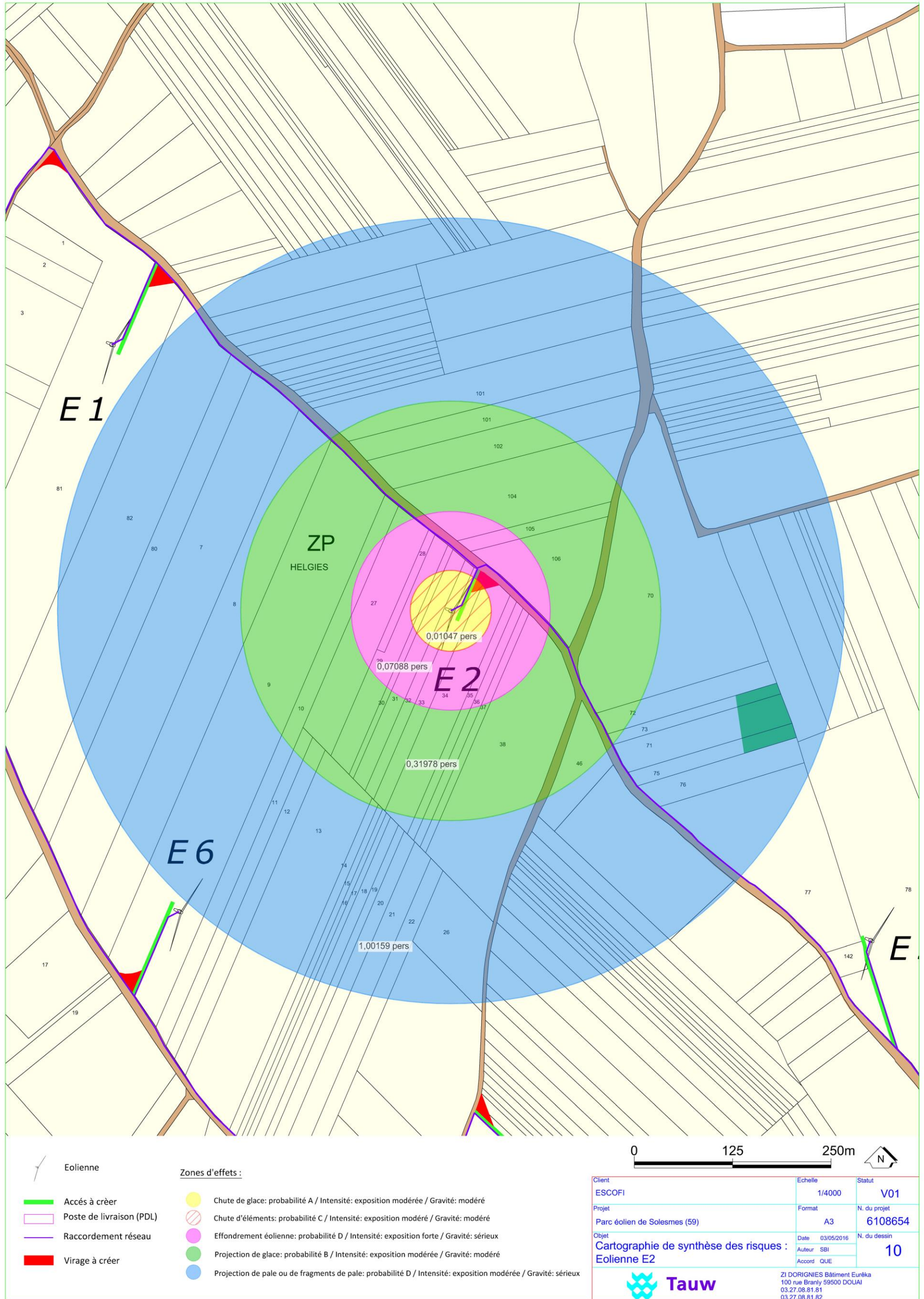
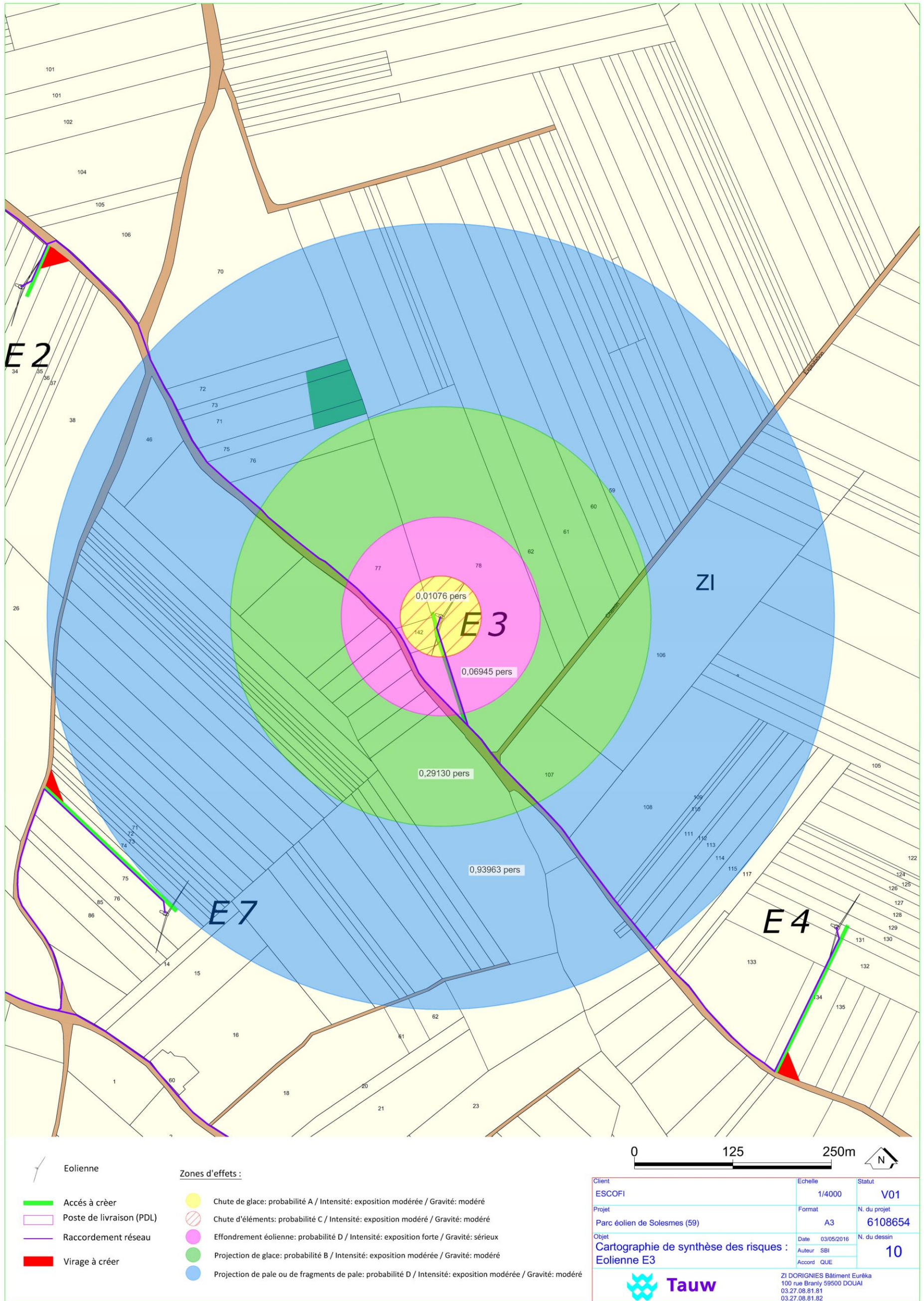


Figure 10.15 : Cartographie de synthèse des risques – Eolienne E2



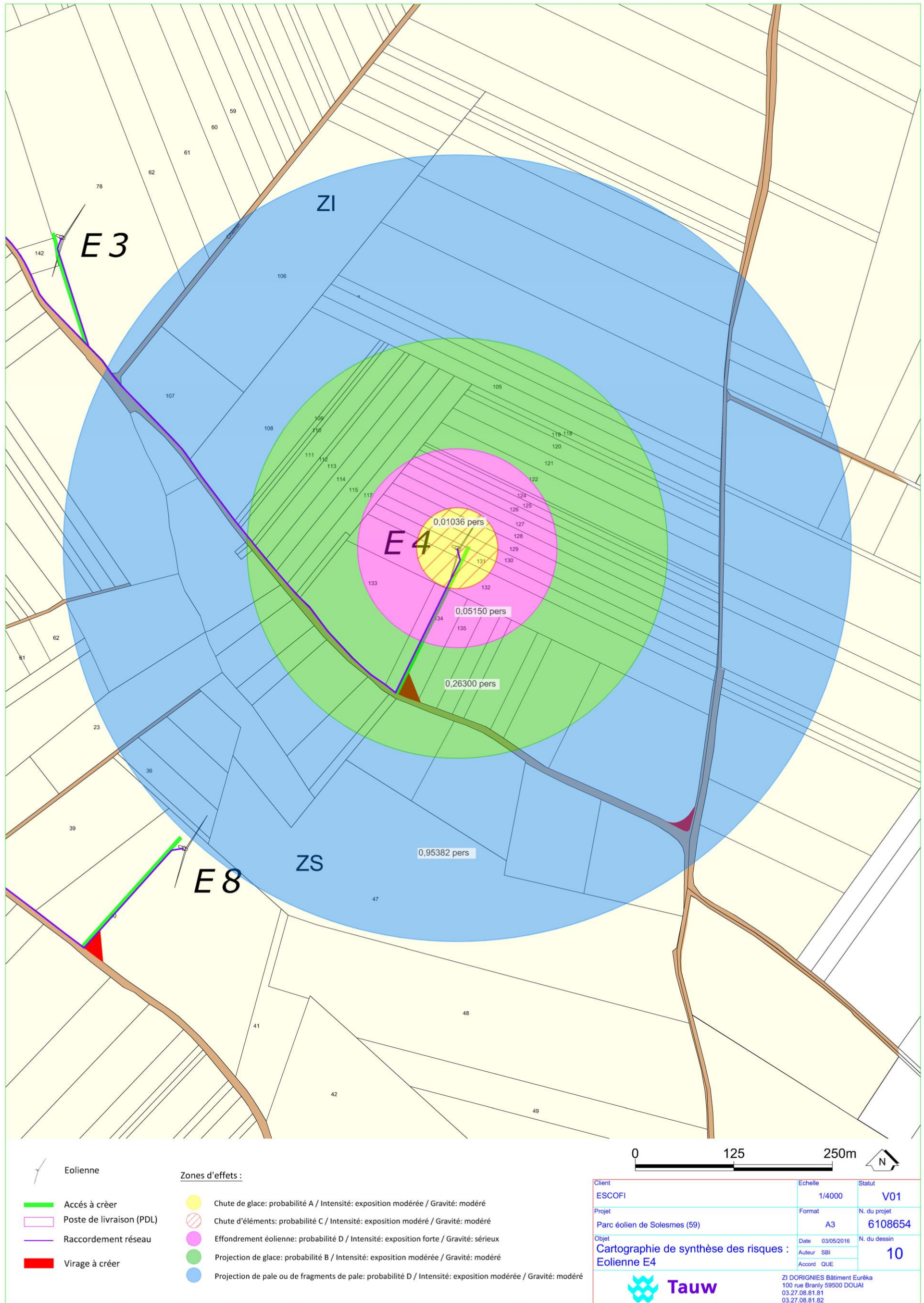


Figure 10.17 : Cartographie de synthèse des risques – Eolienne E4

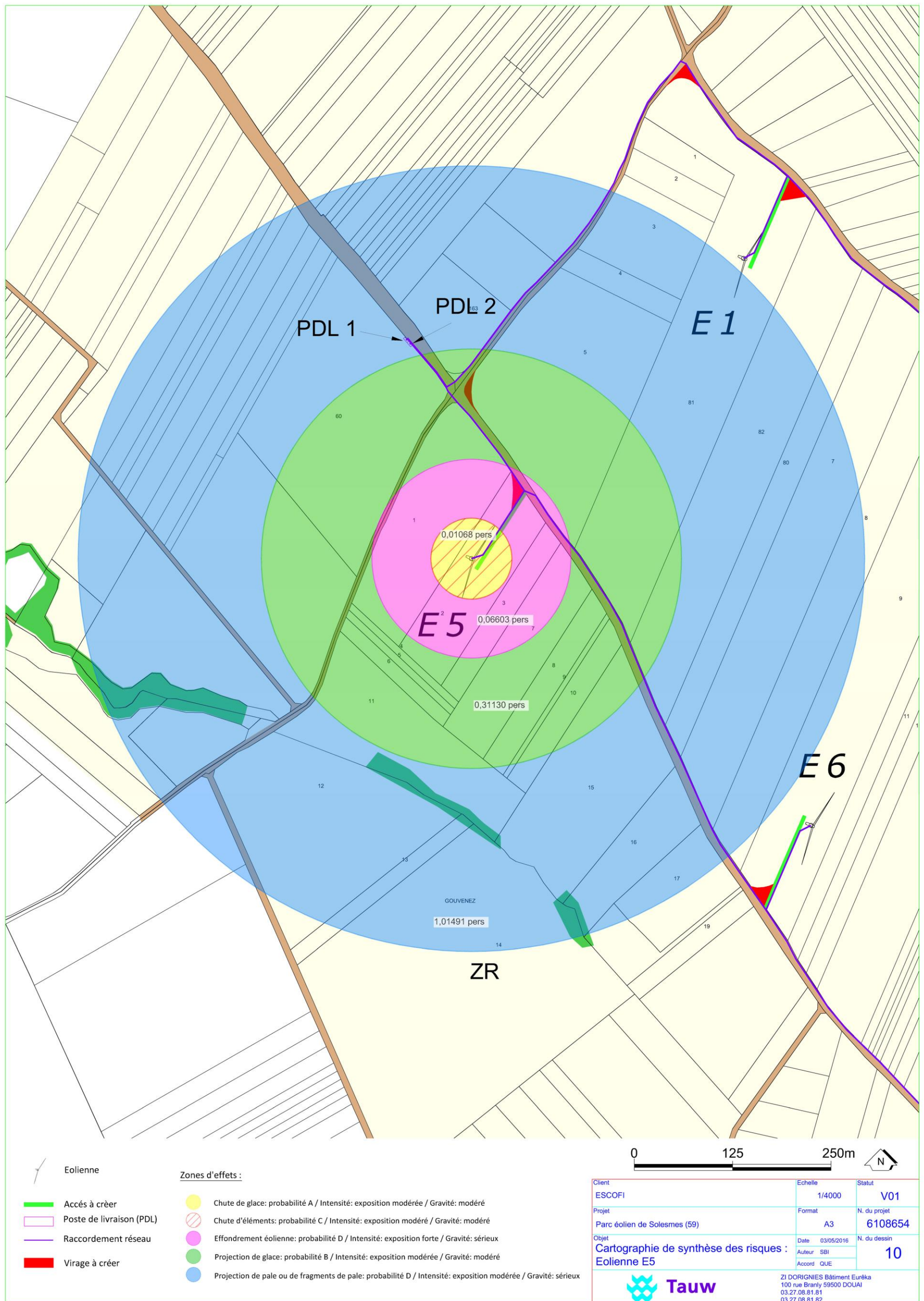


Figure 10.18 : Cartographie de synthèse des risques – Eolienne E5

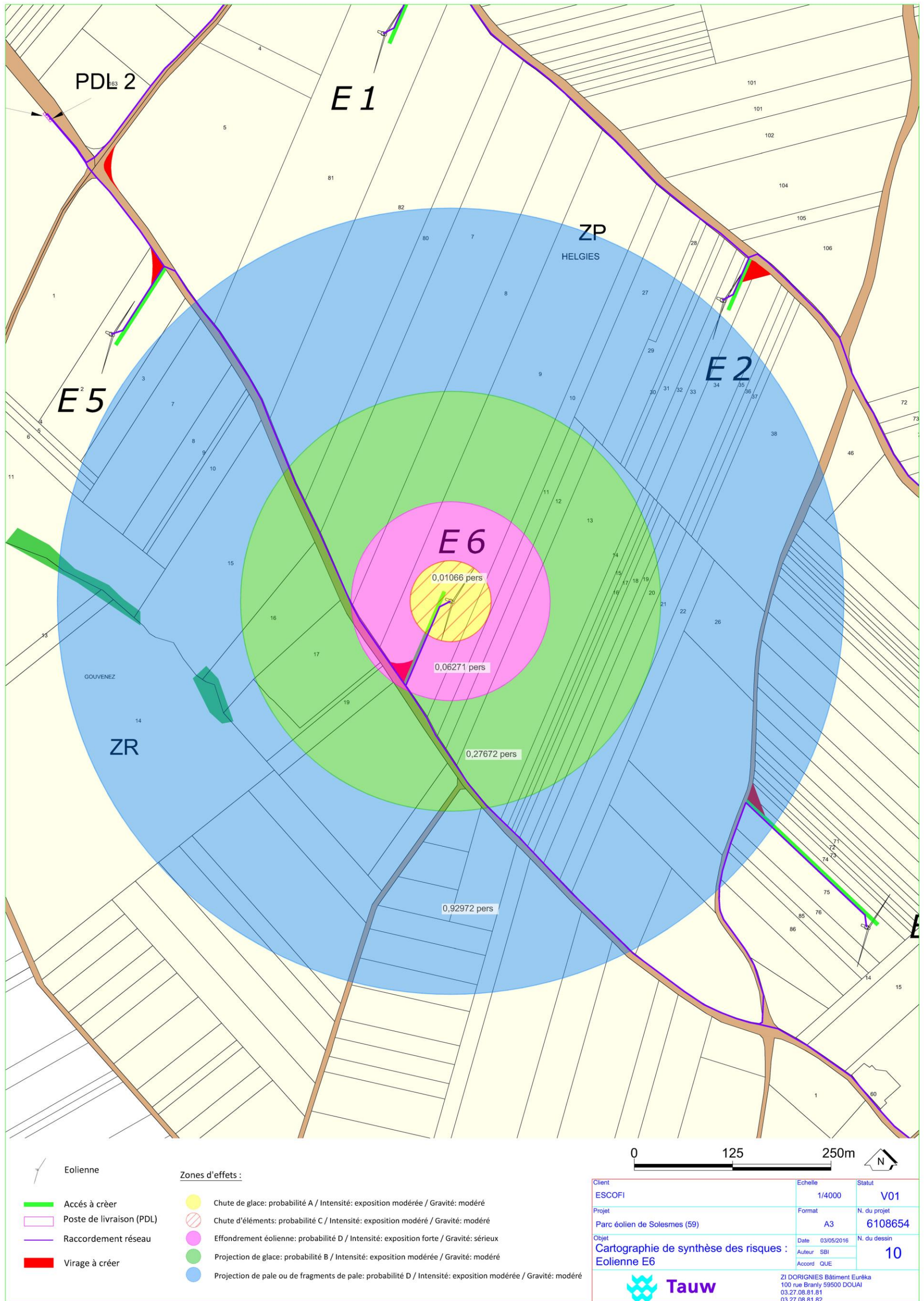


Figure 10.19 : Cartographie de synthèse des risques – Eolienne E6

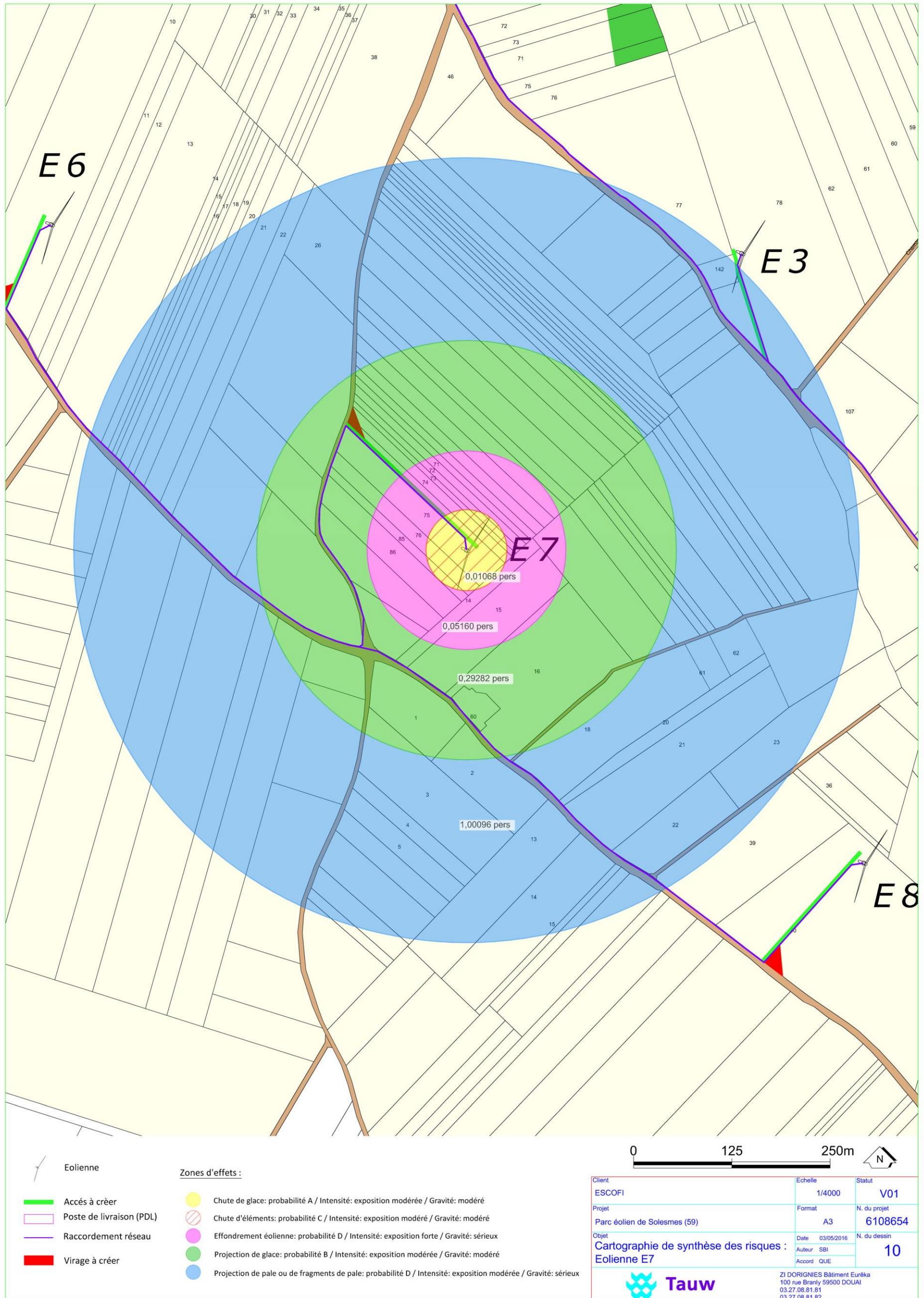


Figure 10.20 : Cartographie de synthèse des risques – Eolienne E7

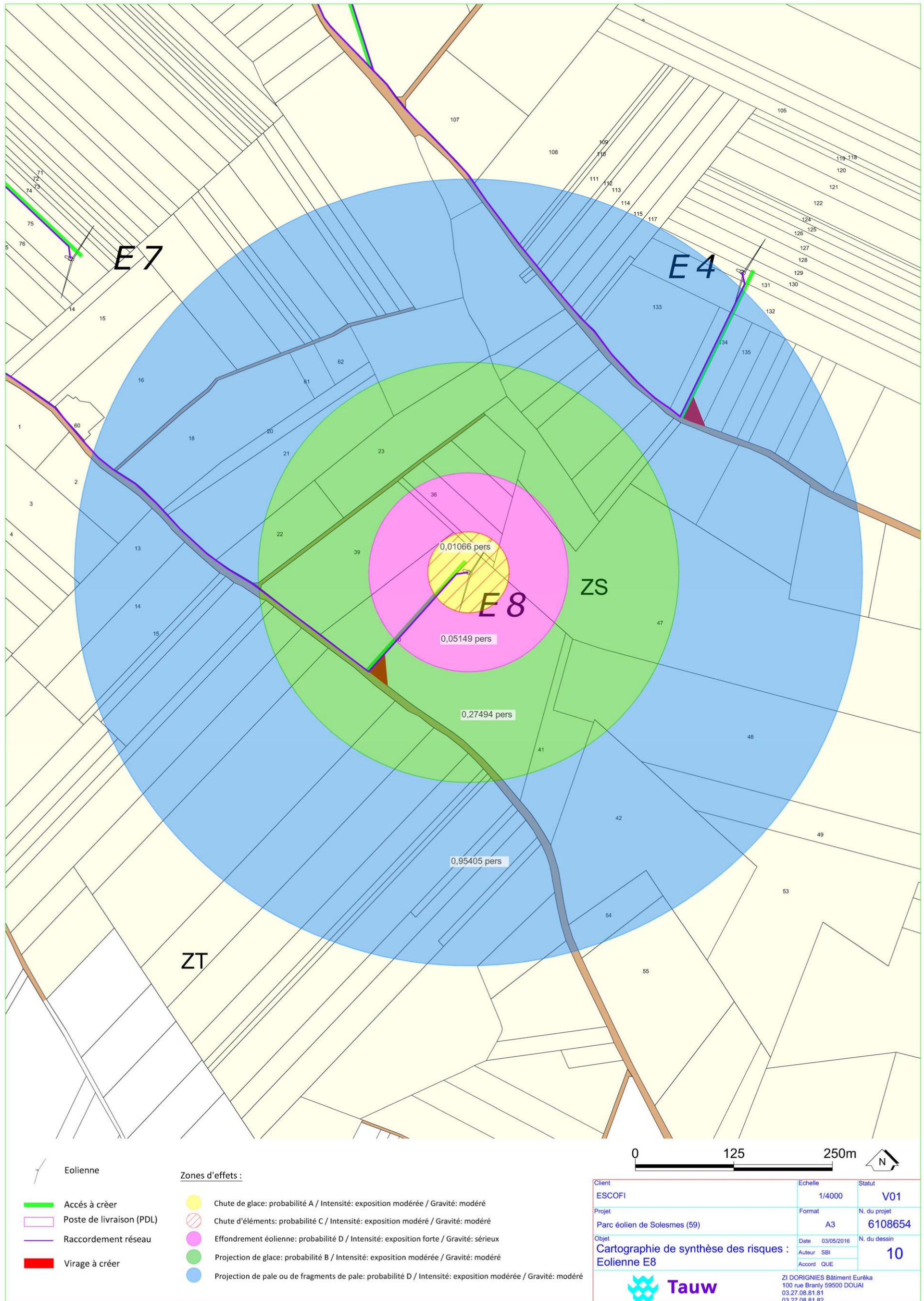


Figure 10.21 : Cartographie de synthèse des risques – Eolienne E8

11 Conclusion

Le risque majeur sur le site est lié à la chute ou à la projection d'éléments de l'éolienne, de l'éolienne entière et de glace s'accumulant sur les pales des éoliennes en cas de très faible température.

Les scénarios potentiels ayant fait l'objet d'une étude détaillée des risques sont les suivants :

- Effondrement de l'éolienne,
- Chute d'éléments de l'éolienne,
- Chute de glace,
- Projection de pale ou de fragments de pale,
- Projection de glace.

Les risques potentiels générés par l'installation sont acceptables conformément à la matrice d'acceptabilité obtenue.

Les mesures de sécurité adoptées par l'exploitant s'avèrent pertinentes. Elles permettent de :

- Réduire la probabilité de survenue d'un accident majeur (modèle d'éolienne pourvu de dispositifs de sécurité, conforme aux normes en vigueur, maintenance régulière, contrôle des paramètres de fonctionnement du parc éolien),
- Réduire l'étendue et, par voie de conséquence, la gravité des zones d'effets (éloignement des éoliennes par rapport aux premières habitations, aux routes, etc.).

Les risques associés aux équipements mis en œuvre et aux activités déployées sont acceptables: risques résiduels et maîtrisés. L'adoption par l'exploitant de mesures compensatoires complémentaires ne s'avère pas nécessaire.

12 Limites de validité de l'étude

Tauw France a établi ce rapport au vu des informations fournies par le client/maître d'ouvrage et au vu des connaissances techniques acquises au jour de l'établissement du rapport. Les investigations sont réalisées de façon ponctuelle et ne sont qu'une représentation partielle des milieux investigués.

De plus, Tauw France ne saurait être tenu responsable des mauvaises interprétations de son rapport et/ou du non-respect des préconisations qui auraient pu être rédigées.

Annexe

D1

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 : Événement 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.

Événement 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.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Attention aux confusions possibles :

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

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

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

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

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

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

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

Temps de réponse (pour une mesure de maîtrise des risques) : Intervalle de temps requis entre la sollicitation et l'exécution de la mission/fonction de sécurité. Ce temps de réponse est inclus dans la cinétique de mise en œuvre d'une fonction de sécurité, cette dernière devant être

en adéquation [significativement plus courte] avec la cinétique du phénomène qu'elle doit maîtriser.

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

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

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

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

ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement

SER : Syndicat des Energies Renouvelables

FEE : France Energie Eolienne (branche éolienne du SER)

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

EDD : Etude de dangers

APR : Analyse Préliminaire des Risques

ERP : Etablissement Recevant du Public

Annexe

D2

BIBLIOGRAPHIE ET REFERENCES UTILISEES

- [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 Güttsch : monitoring of a wind turbine under icing conditions- R. Cattin et al.
- [15] Wind energy production in cold climate (WECO), Final report - Bengt Tammelin et al. – Finnish Meteorological Institute, Helsinki, 2000
- [16] Rapport sur la sécurité des installations éoliennes, Conseil Général des Mines - Guillet R., Leteutrois J.-P. - juillet 2004
- [17] Risk analysis of ice throw from wind turbines, Seifert H., Westerhellweg A., Kröning J. - DEWI, avril 2003
- [18] Wind energy in the BSR: impacts and causes of icing on wind turbines, Narvik University College, novembre 2005

Annexe

D3

**METHODE DE COMPTAGE DES PERSONNES POUR LA
DETERMINATION DE LA GRAVITE POTENTIELLE D'UN ACCIDENT A
PROXIMITE D'UNE EOLIENNE**

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

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

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

Terrains non bâtis

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

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

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

Voies de circulation

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

Voies de circulation automobiles

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

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

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

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

D4

ACCIDENTOLOGIE FRANÇAISE – FILIERE EOLIENNE

Le tableau ci-dessous a été établi par le groupe de travail constitué pour la réalisation du Guide INERIS/ SER/FEE (version finale de mai 2012). Il recense l'ensemble des accidents et incidents connus en France concernant la filière éolienne entre 2000 et 2012. Il a été complété à partir de la base de données ARIA (<http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/rechercher-un-accident/>) jusqu'aux événements recensés en date du 11 janvier 2016.

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

Type d'accident	Date	Nom du parc	Dpt	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Rupture de pale	08/10/2006	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2004	Non	Chute d'une pale de 20 m pesant 3 tonnes	Allongement des pales et retrait de sécurité (débridage), pas de REX suite aux précédents accidents sur le même parc	Site FED Articles de presse (Ouest France) Journal FR3	-
Incendie	18/11/2006	Roquetaillade	Aude	0,66	2001	Oui	Acte de malveillance: explosion de bombonne 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)	-
Emballement	03/2008	Dinéault	Finistère	0,3	2002	Non	Emballement de l'éolienne mais pas de bris de pale	Tempête + système de freinage hors service (boulon manquant)	Base de données ARIA	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (événement unique et sans répercussion potentielle sur les personnes)
Collision avion	04/2008	Plouguin	Finistère	2	2004	Non	Léger choc entre l'aile d'un bimoteur Beechcraft (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)	-

Type d'accident	Date	Nom du parc	Dpt	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	28/08/2008	Vauvillers	Somme	2	2006	Oui	Incendie de la nacelle	Problème au niveau d'éléments électroniques	Dépêche AFP 28/08/2008	-
Rupture de pale	26/12/2008	Raival - Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Oui	Chute de pale		Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain)	-
Maintenance	26/01/2009	Clastres	Aisne	2,75	2004	Oui	Accident électrique ayant entraîné la brûlure de deux agents de maintenance	Accident électrique (explosion d'un convertisseur)	Base de données ARIA	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Rupture de pale	08/06/2009	Bollène	Vaucluse	2,3	2009	Oui	Bout de pale d'une éolienne ouvert	Coup de foudre sur la pale	Interne exploitant	Non utilisable dans les chutes ou les projections (la pale est restée accrochée)
Incendie	21/10/2009	Froidfond - Espinassière	Vendée	2	2006	Oui	Incendie de la nacelle	Court-circuit dans transformateur sec embarqué en nacelle ?	Article de presse (Ouest-France) Communiqué de presse exploitant Site FED	-
Incendie	30/10/2009	Freysenet	Ardèche	2	2005	Oui	Incendie de la nacelle	Court-circuit faisant suite à une opération de maintenance (problème sur une armoire électrique)	Base de données ARIA Site FED Article de presse (Le Dauphiné)	-
Maintenance	20/04/2010	Toufflers	Nord	0,15	1993	Non	Décès d'un technicien au cours d'une opération de maintenance	Crise cardiaque	Article de presse (La Voix du Nord 20/04/2010)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Effondrement	30/05/2010	Port la Nouvelle	Aude	0,2	1991	Non	Effondrement d'une éolienne	Le rotor avait été endommagé par l'effet d'une survitesse. La dernière pale (entière) a pris le vent créant un balourd. Le sommet de la tour a plié et est venu buter contre la base entraînant la chute de l'ensemble.	Interne exploitant	-
Incendie	19/09/2010	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75	2004	Non	Emballement de deux éoliennes et incendie des nacelles.	Maintenance en cours, problème de régulation, freinage impossible, évacuation du personnel, survitesse de +/- 60 tr/min	Articles de presse Communiqué de presse SER-FEE	-

Type d'accident	Date	Nom du parc	Dpt	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	-
Maintenance	06/02/2012	Lehaucourt	Pas-de-Calais	-	-		Accident électrique ayant entraîné la brûlure de deux agents de maintenance	Accident électrique (arc électrique)	Base de données ARIA	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Chute d'élément	11/04/2012	Sigean	Aude	-	-	-	Impact sur le mât et la projection à 20 mètres d'un débris de pale long de 15 mètres	Foudre	Base de données ARIA	Projection à faible distance de l'éolienne
Chute d'une pale	18/05/2012	Fresnay l'Eveque	Eure et Loir	52	2008	-	Chute d'une pale au pied d'une éolienne	Corrosion	Base de données ARIA	Chute au pied de l'éolienne
Chute d'une éolienne	30/05/2012	Port-la-Nouvelle	11	-	1991	non	Un promeneur signale la chute d'une éolienne. Les rafales de vent à 130 km/h observées durant la nuit ont provoqué l'effondrement de la tour en treillis de 30 m de haut.	Pas de précision (absence de système de sécurité ?)	Base de données ARIA	L'une des premières installations en France. La technologie a nettement évolué pour éviter ce risque
Chute d'élément	01/12/2012	Vieillespesse	15	10	2011	-	Un élément de 400 g constitutif d'une pale d'éolienne est projeté à 70 m du mât	Pas de précision	Base de données ARIA	Projection à faible distance de l'éolienne

Type d'accident	Date	Nom du parc	Dpt	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	05/11/2012	Sigean	11	-	-	Très certainement que non	Un feu se déclare sur une éolienne de 660 kW au Des projections incandescentes enflamment 80 m² de garrigue environnante et une pale chute. Le feu s'est déclaré dans l'armoire électrique en pied d'éolienne.	Un dysfonctionnement de disjoncteur 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	Faible propagation de l'incendie dans le milieu naturel (garrigue). Fiabilité des dispositifs de protection électrique qui ont évolués sur les installations actuelles
Chute de pale	06/03/2013	Conilhac de la Montagne	11	-	-	-	Chute d'une pale qui s'est décrochée avant de percuter le mât	Problème de maintenance	Base de données ARIA	Projection à faible distance de l'éolienne
Chute de pale suite à un incendie	17/03/2013	Euvy	51	-	2011	-	Une nacelle d'une éolienne prend feu. Des pompiers éteignent le feu en 1 h. 450 l d'huile de boîte de vitesse s'écoulent, conduisant l'exploitant à faire réaliser une étude de pollution des sols.	La gendarmerie évoque une défaillance électrique après avoir écarté la malveillance	Base de données ARIA	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (pas de propagation de l'incendie)
Pale endommagée	20/06/2013	Labastide-sur-Besorgues	07	-	-	-	Un impact de foudre endommage vers une éolienne : une pale est déchirée sur 6 m de longueur, le boîtier basse tension et le parafoudre en tête d'installation au poste de livraison sont détruits. Des installations du réseau électrique et téléphonique sont également endommagées.	Impact de foudre	Base de données ARIA	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (absence de chute d'élément)
Maintenance	03/08/2013	Moreac	56	-	-	-	Une nacelle élévatrice utilisée pour une intervention de maintenance sur une éolienne perd 270 l d'huile hydraulique. Le produit pollue le sol sur 80 m². 25 t de terres polluées sont excavées et envoyées en filière spécialisée.	Fuite de la nacelle élévatrice	Base de données ARIA	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (incident pendant la phase chantier)
Incendie	09/01/2014	Antheny	08	-	-	-	Un feu se déclare au niveau de la partie moteur d'une éolienne de 2,5 MW. Le feu s'éteint de lui-même. La nacelle est détruite, le rotor est intact.	Incident électrique	Base de données ARIA	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (pas de propagation de l'incendie)-
Chute d'une pale	14/11/2014	Saint-Cirgues-en-Montagne	07	-	-	-	La pale d'une éolienne chute vers 15h10 lors d'un orage. Des rafales de vent atteignent les 130 km/h. L'élément principal chute au pied de l'éolienne. Certains débris sont projetés à 150 m.	Orage	Base de données ARIA	Projection à faible distance de l'éolienne
Chute d'une pale	05/12/2014	Fitou	11	-	-	-	Les techniciens de maintenance constatent que l'extrémité d'une pale d'une éolienne est au sol. Il s'agit d'une des 2 parties de l'aérofrein de la pale. Cette partie, en fibre de verre, mesure 3 m de long. Elle est retrouvée à 80 m du mât.	En première approche, l'exploitant attribue l'incident à une défaillance matérielle ou à un décollement sur les plaques en fibre de verre.	Base de données ARIA	Projection à faible distance de l'éolienne -

Type d'accident	Date	Nom du parc	Dpt	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	REMIGNY	02	-	-	-	A 6h25 un feu se déclare dans une éolienne. Celle-ci est automatiquement mise à l'arrêt sur alarme du détecteur de fumée. Sur place à 7h30, des employés constatent la présence de flammes et de fumée. Ils alertent les pompiers. A cause des fumées, ces derniers ne parviennent pas à approcher de la source de l'incendie. Ils doivent attendre leur dissipation. A 9h20 ils réussissent à progresser dans l'éolienne et éteignent l'incendie.	Un défaut d'isolation au niveau des connexions des conducteurs de puissance serait à l'origine du sinistre.	Base de données ARIA	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (pas de propagation de l'incendie)
Incendie	06/02/2015	Lusseray	79	-	-	-	Vers 15h30, un feu se déclare dans une éolienne, au niveau d'une armoire électrique où interviennent 2 techniciens. Ces derniers éteignent l'incendie avec 2 extincteurs. L'éolienne est hors service le temps des réparations.	-	Base de données ARIA	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (pas de propagation de l'incendie)
Incendie	24/08/2015	Santilly	Eure et Loir	-	-	-	Un feu se déclare vers 13h30 sur le moteur d'une éolienne situé à 90 m de hauteur. La nacelle étant trop haute pour la grande échelle des pompiers, ces derniers décident de laisser brûler le foyer sous surveillance. Les chemins menant à l'éolienne sont interdits à la circulation	-	Base de données ARIA	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (pas de propagation de l'incendie)

Annexe

D5

**SCENARIOS GENERIQUES ISSUS DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE
DES RISQUES (APR)**

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 9.4. de l'étude de dangers. Il peut être considéré comme représentatif des scénarios d'accident pouvant potentiellement se produire sur les éoliennes et pourra par conséquent être repris à l'identique dans les études de dangers.

La numérotation des scénarios ci-dessous reprend celle utilisée dans le tableau de l'analyse préliminaire des risques, avec un regroupement des scénarios par thématique, en fonction des typologies d'événement redoutés centraux identifiés grâce au retour d'expérience par le groupe de travail 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.

Scénario G02

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

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

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

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

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

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

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

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

- Concernant le défaut de conception et fabrication : Contrôle qualité
- Concernant le non-respect des instructions de montage et/ou de maintenance : Formation du personnel intervenant, Contrôle qualité (inspections)

- Concernant les causes externes dues à l'environnement : Mise en place de solutions techniques visant à réduire l'impact. Suivant les constructeurs, certains dispositifs sont de série ou en option. Le choix des options est effectué par l'exploitant en fonction des caractéristiques du site.

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

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

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

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

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

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

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

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

Scénarios relatifs aux risques de fuites (F01 à F02)

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

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

Scénario F01

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

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

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

Deux événements peuvent être aggravants :

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

Scénario F02

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

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

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

Ce scénario est à adapter en fonction des produits utilisés.

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

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

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

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

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

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

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

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

L'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.

Scénario P01

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

Scénario P02

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

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

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

Scénarios P03

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

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

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

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

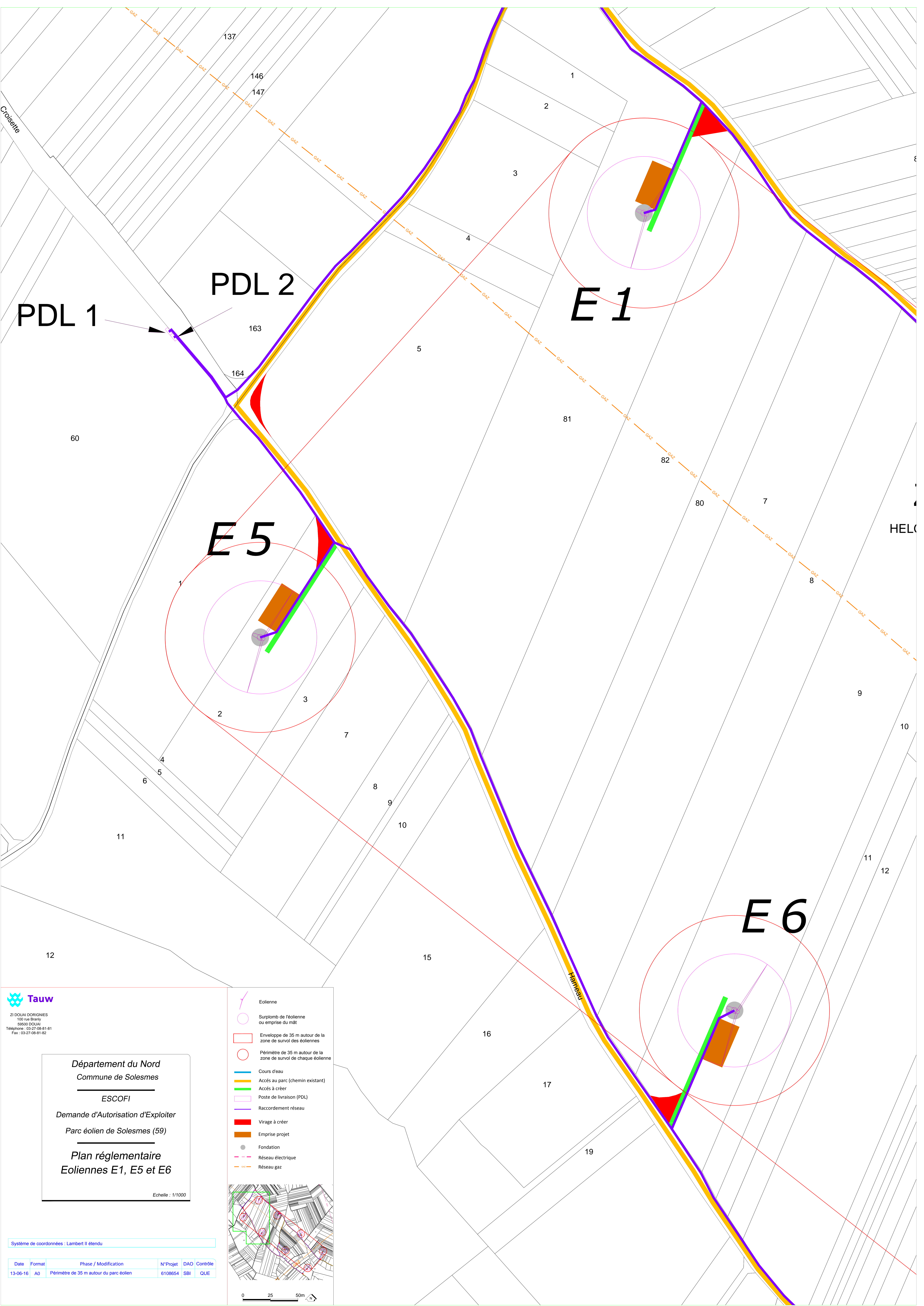
Non-respect des instructions de montage et/ou de maintenance : Formation du personnel intervenant

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

Annexe

D6

PLANS DE RACCORDEMENT AU 1 / 1 000 EME



PDL 1

PDL 2

E 1

E 5

E 6



ZI DOUAI DORIGNIES
100 rue Branly
59500 DOUAI
Téléphone : 03-27-08-81-81
Fax : 03-27-08-81-82

Département du Nord
Commune de Solesmes

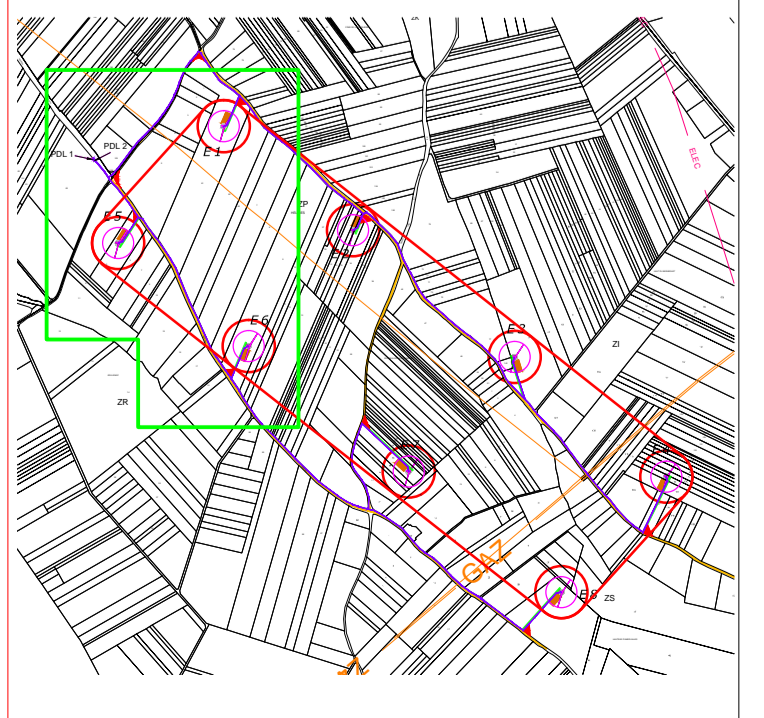
ESCOFI

Demande d'Autorisation d'Exploiter
Parc éolien de Solesmes (59)

Plan réglementaire
Eoliennes E1, E5 et E6

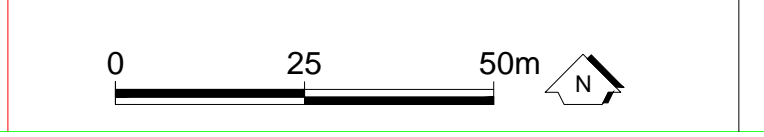
Echelle : 1/1000

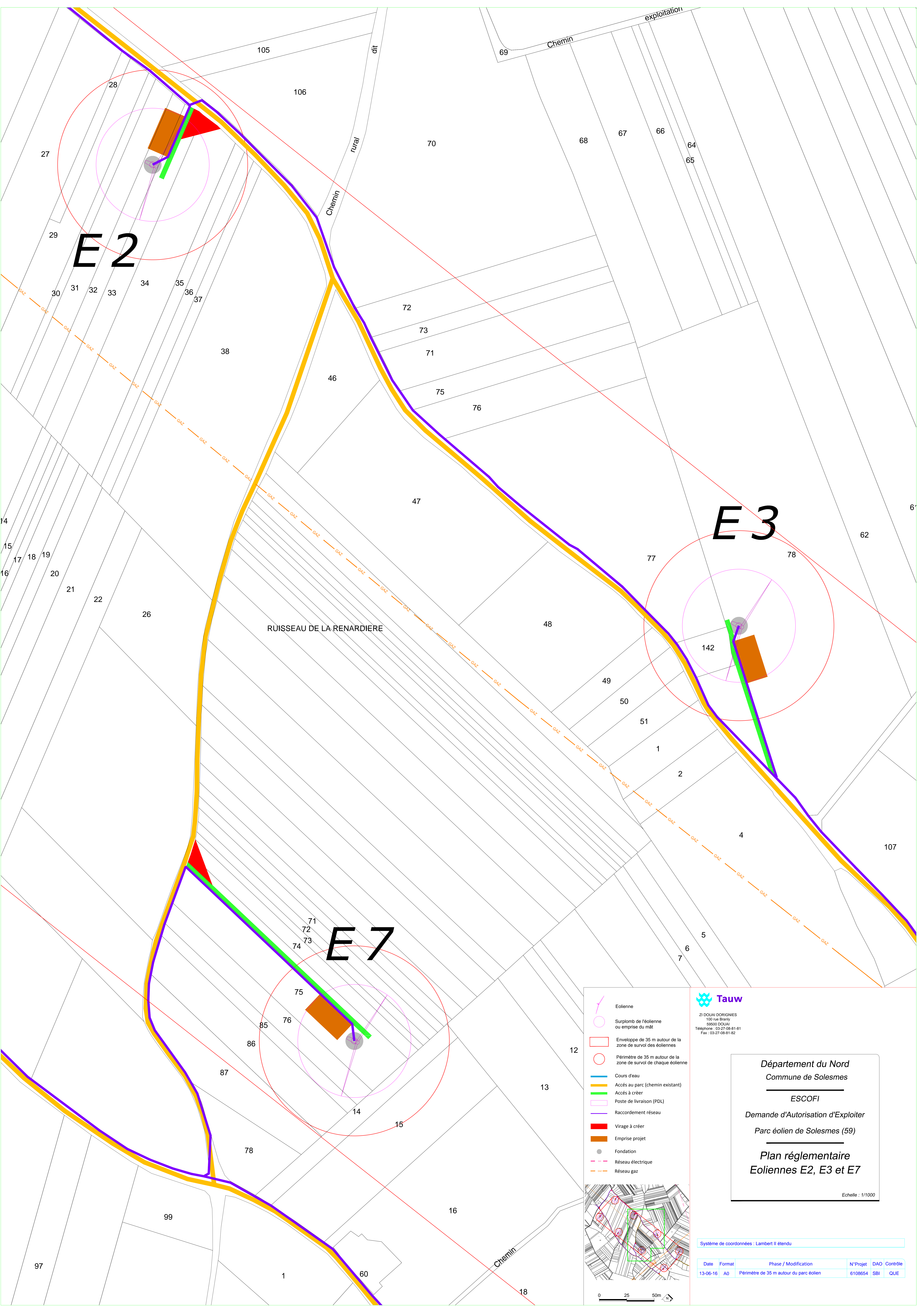
- Eolienne
- Surplomb de l'éolienne ou emprise du mât
- Enveloppe de 35 m autour de la zone de survol des éoliennes
- Périmètre de 35 m autour de la zone de survol de chaque éolienne
- Cours d'eau
- Accès au parc (chemin existant)
- Accès à créer
- Poste de livraison (PDL)
- Raccordement réseau
- Virage à créer
- Emprise projet
- Fondation
- Réseau électrique
- Réseau gaz



Système de coordonnées : Lambert II étendu

Date	Format	Phase / Modification	N°Projet	DAO	Contrôle
13-06-16	A0	Périmètre de 35 m autour du parc éolien	6108654	SBI	QUE






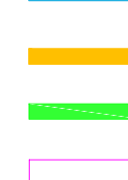


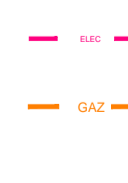
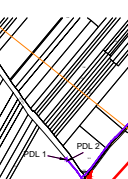

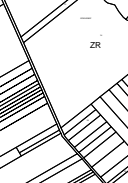
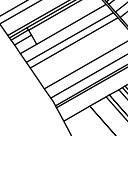





E 2

E 3

E 7

RUISSEAU DE LA RENARDIERE

-  Eolienne
-  Surplomb de l'éolienne ou emprise du mât
-  Enveloppe de 35 m autour de la zone de survol des éoliennes
-  Périmètre de 35 m autour de la zone de survol de chaque éolienne
-  Cours d'eau
-  Accès au parc (chemin existant)
-  Accès à créer
-  Poste de livraison (PDL)
-  Raccordement réseau
-  Virage à créer
-  Emprise projet
-  Fondation
-  Réseau électrique
-  Réseau gaz

Tauw
 ZI DOUAI DORIGNIES
 100 rue Branly
 59500 DOUAI
 Téléphone : 03-27-08-81-81
 Fax : 03-27-08-81-82

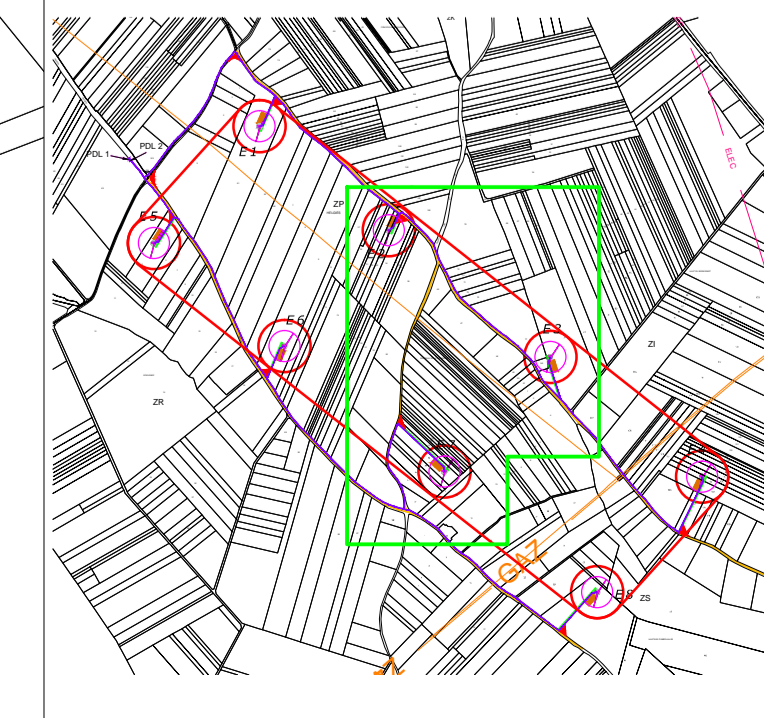
Département du Nord
 Commune de Solesmes

ESCOFI

Demande d'Autorisation d'Exploiter
 Parc éolien de Solesmes (59)

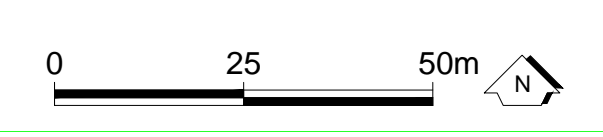
Plan réglementaire
 Eoliennes E2, E3 et E7

Echelle : 1/1000



Système de coordonnées : Lambert II étendu

Date	Format	Phase / Modification	N°Projet	DAO	Contrôle
13-06-16	A0	Périmètre de 35 m autour du parc éolien	6108654	SBI	QUE

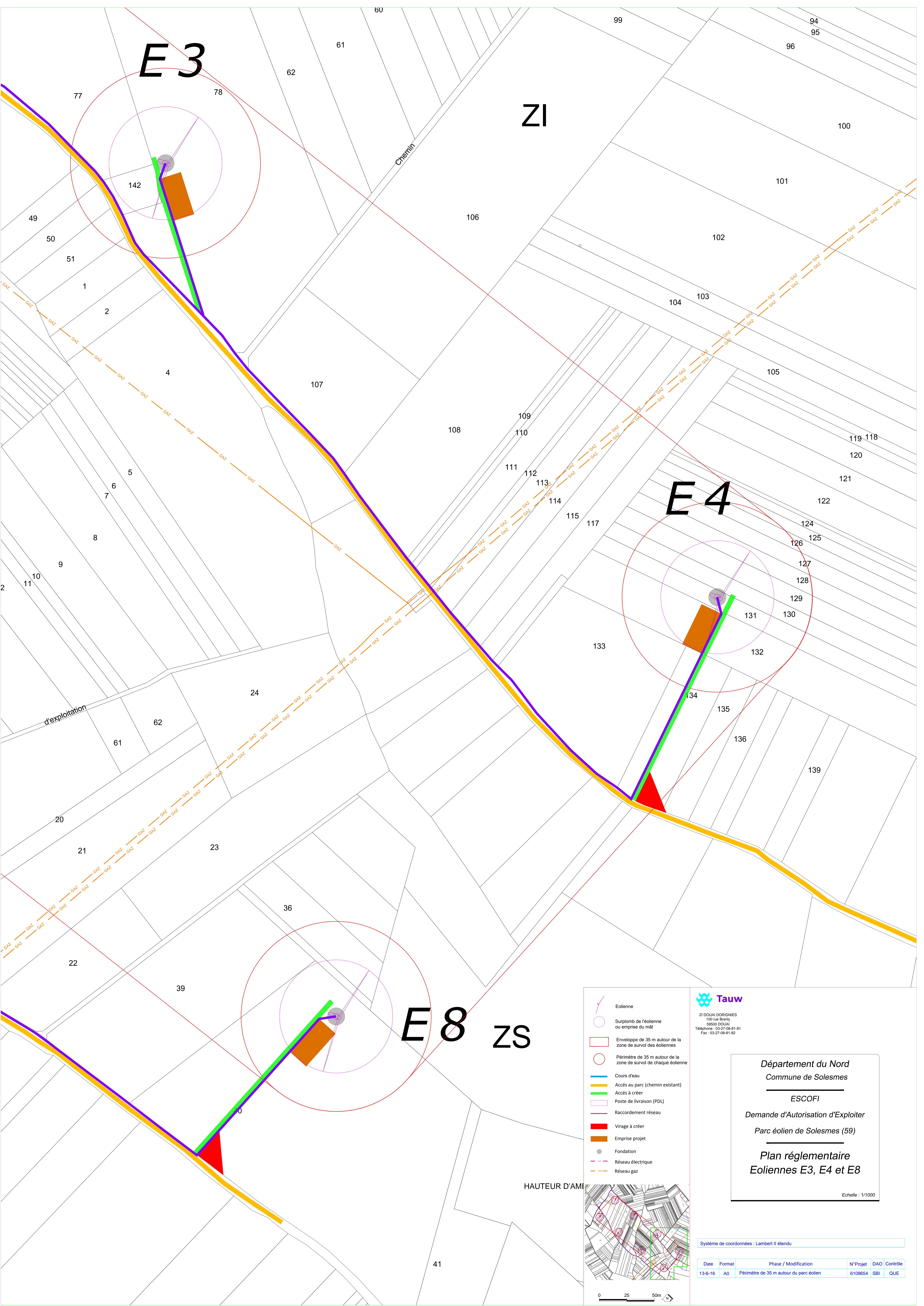





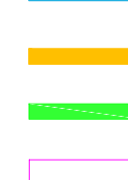


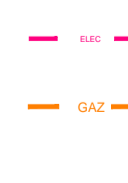
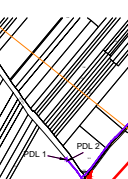

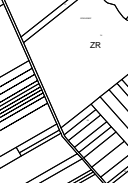
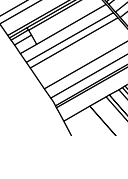

E3

ZI

E4

E8 ZS



-  Eolienne
-  Surplomb de l'éolienne ou emprise du mât
-  Enveloppe de 35 m autour de la zone de survol des éoliennes
-  Périmètre de 35 m autour de la zone de survol de chaque éolienne
-  Cours d'eau
-  Accès au parc (chemin existant)
-  Accès à créer
-  Poste de livraison (PDL)
-  Raccordement réseau
-  Virage à créer
-  Emprise projet
-  Fondation
- Réseau électrique
- Réseau gaz

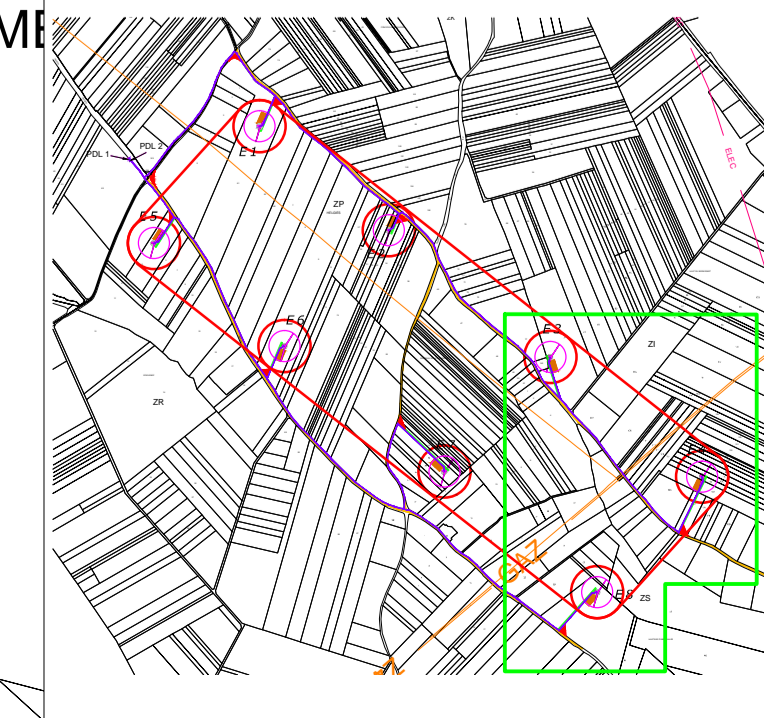
Tauw
 ZI DOUAI DORIGNIES
 100 rue Branly
 59500 DOUAI
 Téléphone : 03-27-08-81-81
 Fax : 03-27-08-81-82

Département du Nord
Commune de Solesmes

ESCOFI
Demande d'Autorisation d'Exploiter
Parc éolien de Solesmes (59)

Plan réglementaire
Eoliennes E3, E4 et E8

Echelle : 1/1000



Date	Format	Phase / Modification	N°Projet	DAO	Contrôle
13-6-16	A0	Périmètre de 35 m autour du parc éolien	6108654	SBI	QUE

Système de coordonnées : Lambert II étendu

HAUTEUR D'AM

Annexe

D7

GUIDE DES OPERATIONS DE MAINTENANCE DE L'EOLIENNE

GE 2.85

Overview of Maintenance Work/Intervals



Attention!

The table below includes Gen0 and Gen1 configurations.

Semi-annual maintenance requirements are only applicable on any Gen0 units that are not equipped with auto lubrication devices.

Section	Maintenance Task	BIM	SA	A	BRM
1	Foundation and Outer Area				
1.1	Transformer Level/Pad Mount Transformer				
1.1.1	Encapsulated-winding Dry-type Transformer				
	Visual Inspection - General Conditions			X	
	Visual Inspection - Transformer Windings			X	
	Visual Inspection - Delta Bar			X	
1.1.2	Oil Immersed Transformer				
	Visual Inspection			X	
1.1.3	Transformer Fan (if equipped)				
	Visual Inspection	X		X	
	Function Test	X		X	
1.2	Door/Outer Area				
	Visual Inspection			X	
	Function Test			X	
1.3	Foundation				
	Visual Inspection			X	
1.4	Anchor Bolts (if equipped)				
	Visual Inspection	X		X	
	Torque Requirement				
	Break-In Maintenance	X			
	Subsequent Maintenance Cycles			X	
1.5	Foundation Drain Pipe (if equipped)				
	Visual Inspection			X	

Section	Maintenance Task	BIM	SA	A	BRM
2	Pre-assembled Power Module (PPM)				
2.1	Welded Structure				
	Visual Inspection	X		X	
2.2	Medium Voltage Switch Gear				
	Visual Inspection - Enclosure			X	
	Visual Inspection - Power and Control Cables			X	
	Function Test - Battery			X	
	Function Test - Protective Settings			X	
	Function Test - Manual Operation			X	
	Function Test - Motorized Operation			X	
	Function Test - Protective Relay and Trip Circuit				60 M
2.3	Converter Cabinets				
2.3.1	Converter Cabinets (PMG Only) (Threads, MCP)				
2.3.1.1	Cabinet/Housing				
	Visual Inspection			X	
	Function Test			X	
2.3.1.2	Cable Terminals/Cables				
	Visual Inspection			X	
2.3.1.3	Cooling System				
2.3.1.3.1	Converter Cooling Circuit - Single Loop Cooling System (Gen 0 & Gen 1)				
	Visual Inspection			X	
	Function Test: Coolant Concentration			X	
	Lubrication Requirement - Coolant Exchange				60 M
2.3.1.3.1.1	Coolant Pump				
	Function Test			X	
2.3.1.3.1.2	Stainless Steel Filter Element				
	Visual Inspection			X	
	Replacement Task				X
2.3.1.3.1.3	Bypass Filter Element (if equipped)				
	Visual Inspection			X	
	Replacement Task				X
2.3.1.3.2	Converter Cooling Circuit - Dual Loop Cooling Circuit (Gen 1)				
	Visual Inspection: External System			X	
	Function Test - External System			X	
	Visual Inspection - Internal System			X	
	Function Test - Internal and External System			X	
	Lubrication Requirement - Coolant Exchange				60 M
2.3.1.3.2.1	Internal Coolant Pump				
	Function Test: Internal Coolant pump			X	
2.3.1.3.2.2	Stainless Steel Filter Element				
	Visual Inspection			X	
	Replacement Task				X

CONFIDENTIAL - Proprietary Information. DO NOT COPY without written consent from General Electric Company.
 UNCONTROLLED when printed or transmitted electronically.
 © 2013 General Electric Company. All rights reserved

Section	Maintenance Task	BIM	SA	A	BRM
2.3.1.3.2.3	Bypass Filter Element (if equipped)				
	Visual Inspection			X	
	Replacement Task				X
2.3.1.3.2.4	External Coolant Pump				
	Function Test			X	
2.3.2	Converter Cabinets (DFIG Only)				
	Visual Inspection			X	
	Function Test			X	
2.3.2.1	Distortion Filter and Pump Cabinet (DFIG Only)				
	Visual Inspection			X	
	Function Test			X	
2.3.2.2	Heat Exchanger Cabinet (DFIG Only)				
	Visual Inspection			X	
	Function Test - Coolant System			X	
	Lubrication Requirement - Coolant Exchange				60 M
	Function Test - Coolant Pump			X	
2.3.2.3	AC Entry Cabinet / Generator Rotor Cable Enclosure (DFIG Only)				
	Visual Inspection			X	
2.3.2.4	Inductor Cabinet (DFIG Only)				
	Visual Inspection			X	
2.3.2.5	Bridge Cabinet (DFIG Only)				
	Visual Inspection			X	
	Function Test			X	
2.3.2.6	Converter Control Cabinet (CCC) (DFIG Only)				
	Visual Inspection			X	
	Function Test			X	
2.4	Power Distribution Panel (PDP) (PMG Only)				
2.4.1	Cabinet/Housing				
	Visual Inspection			X	
	Function Test			X	
2.4.2	Power Circuit Breaker (Q1)				
	Visual Inspection			X	
	Replacement Task				X
2.4.3	Cable Terminals				
	Visual Inspection			X	
2.4.4	Grounding Conductor/Potential Earth (PE)				
	Visual Inspection			X	
2.4.5	Filter Element				
	Visual Inspection			X	
	Replacement Task				X
2.4.6	Fuses				
	Visual Inspection			X	
2.4.7	Thermal Circuit Switch				
	Function Test			X	

CONFIDENTIAL - Proprietary Information. DO NOT COPY without written consent from General Electric Company.
 UNCONTROLLED when printed or transmitted electronically.
 © 2013 General Electric Company. All rights reserved

Section	Maintenance Task	BIM	SA	A	BRM
2.5	Main Control Cabinet (MCC)				
2.5.1	Main Control Cabinet (MCC) (PMG Only)				
2.5.1.1	Complete Cabinet				
	Visual Inspection			X	
	Function Test			X	
2.5.1.2	Filter Element				
	Visual Inspection			X	
	Replacement Task				X
2.5.1.3	Filter Fan and Thermostat				
	Function Test			X	
	Visual Inspection			X	
2.5.1.4	Turbine PC and Turbine Control System (if installed)				
	Visual inspection			X	
	Function Test			X	
2.5.1.5	UPS				
	Function Test			X	
2.5.2	Main Control Cabinet (MCC) (DFIG Only)				
	Visual Inspection			X	
	Function Test - Ventilation			X	
	Function Test - E-stop Switch			X	
2.5.2.1	UPS				
	Function Test			X	
2.6	Fire Extinguisher (if equipped)				
	Inspection and Maintenance according to local and national regulations				X
2.7	Low Voltage Distribution Panel (DFIG Only)				
	Visual Inspection			X	
	Function Test			X	
2.8	Stator Switch Cabinet (SSC) (DFIG Only)				
2.8.1	General Inspection and Maintenance				
	Visual Inspection - Enclosure			X	
	Visual Inspection - Power and Control Cables			X	
	Function Test			X	
2.8.2	K1 Contactor Maintenance				
	Visual Inspection			X	
	Lubrication Requirement - Vacuum Contacts			X	
	Function Test - Vacuum Interrupter bottle wear			X	

Section	Maintenance Task	BIM	SA	A	BRM
3	Tower				
3.1	Platforms, Hatches				
	Visual Inspection			X	
	Function Test			X	
3.2	Railing Gate on each Platform				
	Function Test	X		X	
3.3	Shell and T-Flange of the Adapter				
	Visual Inspection	X		X	
3.4	Inspection of the Tower Flanges				
	Visual Inspection	X		X	
	Torque Requirement				
	Break-In Maintenance	X			
	Subsequent Maintenance Cycles			X	
3.5	Tower Walls				
	Visual Inspection	X		X	
3.6	Power and Control Cables				
	Visual Inspection	X		X	
3.7	Power Cable Loop				
	Visual Inspection	X		X	
	Function Test			X	
3.8	Cable Twist Switch (PMG Only)				
	Visual Inspection			X	
	Function Test			X	
3.9	Ladder System				
	Visual Inspection			X	
3.9.1	Ladder Uprights/Rails and Rungs				
	Visual Inspection			X	
3.9.2	Ladder Brackets (Ladder to Tower Wall)				
	Visual Inspection			X	
3.10	Nacelle Access Ladder Brackets (Yaw Deck to Nacelle)				
	Visual Inspection			X	
3.11	Generator Main Circuit Breaker (GMCB) (PMG Only)				
	Visual Inspection			X	
	Function Test			X	
	Replacement Task				X
3.12	Tower Electrical Components				
	Function Test			X	
3.13	Fall Protection				
3.13.1	Cable Fall Arrest System (if equipped)				
	Visual Inspection	X		X	
3.13.2	Rail Fall Arrest System (if equipped)				
	Visual Inspection	X		X	

CONFIDENTIAL - Proprietary Information. DO NOT COPY without written consent from General Electric Company.
 UNCONTROLLED when printed or transmitted electronically.
 © 2013 General Electric Company. All rights reserved

Section	Maintenance Task	BIM	SA	A	BRM
3.14	Tower Hoist (if equipped)				
	Visual Inspection - Hoist	X		X	
	Function Test	X		X	
	Lubrication Requirement			X	
	Torque Requirement			X	
	Visual Inspection - Support Beam	X		X	
3.15	Optional Equipment				
3.15.1	Emergency Lights				
	Function Test			X	
3.15.2	Shadow Sensor				
	Visual Inspection			X	X
3.15.3	Climb Assist				
	manufacturer recommendations				X
3.15.4	Service Lift				
	Visual Inspection - Support Beams and Brackets	X		X	
3.15.5	Oil Drain Tank Underneath Tower Top Flange				
	Visual Inspection			X	
3.15.6	Slewing Hoist				
	Visual Inspection - Support and Brackets			X	

Section	Maintenance Task	BIM	SA	A	BRM
4	Machine Head				
4.1	Nacelle				
	Visual Inspection - Interior			X	
	Visual Inspection - Exterior			X	
4.1.1	Dampers (if equipped)				
	Function Test			X	
	Visual Inspection			X	
4.1.2	Modular Nacelle (if equipped)				
	Visual Inspection			X	
	Replacement Task				X
4.2	Emergency Lights (if equipped)				
	Function Test			X	
4.3	Meteorological Mast				
	Visual Inspection			X	
4.3.1	Wind Vanes (if equipped)				
	Visual Inspection			X	
	Function Test			X	
4.3.2	Anemometer (if equipped)				
	Visual Inspection			X	
	Function Test			X	
4.3.3	Ultrasonic Anemometer (FT Tech) – (if equipped)				
	Visual Inspection			X	
	Function Test			X	
4.4	Obstruction Lights (if equipped)				
	Visual Inspection			X	
	Function Test			X	
4.5	Bedplate				
	Visual Inspection			X	
	Torque Requirement – 2 piece bedplate	X		X	
4.6	Generator Frame				
	Visual Inspection			X	
	Torque Requirement: Bolted Connection Cast Frame to Generator Frame	X		X	
4.7	Tread of Steps and Gratings				
	Visual Inspection			X	

CONFIDENTIAL - Proprietary Information. DO NOT COPY without written consent from General Electric Company.
 UNCONTROLLED when printed or transmitted electronically.
 © 2013 General Electric Company. All rights reserved

Section	Maintenance Task	BIM	SA	A	BRM
4.8	Top Box				
	Visual Inspection: Interior	X		X	
	Visual Inspection: Exterior	X		X	
	Visual Inspection: Filter Element			X	
	Replacement Task				X
	Function Test			X	
4.8.1	Cabinet Electrical Connections, Contactors, Sensors				
	Visual Inspection	X		X	
4.8.2	Cabinet Doors				
	Function Test			X	
4.8.3	Rotational Speed Sensor (IFM)				
	Function Test: Switching Function	X		X	
4.9	Safety Chain				
	Function Test: Emergency Stop Switch (MCC, Converter, Top Box, Hub)			X	
	Function Test: Vibration Switch			X	
	Function Test: Rotor Lock Switch			X	
	Function Test: Over Speed Monitor			X	
	Function Test: Centrifugal Switch (if equipped)			X	
4.10	Optional Equipment				
4.10.1	First Aid Kit				
	Visual Inspection			X	
4.10.2	Fire Extinguisher				
	Local and national regulations				X
4.10.3	Storage Net for the High Rescue Device				
	Visual Inspection			X	
4.10.4	Ice Sensor				
	Visual Inspection				X
	Function Test				X
4.11	Yaw System				
4.11.1	Yaw Brake Disc				
	Visual Inspection			X	
4.11.2	Yaw Brake Calipers				
	Visual Inspection			X	
	Torque Requirement			X	
4.11.3	Yaw Brake Pads				
	Visual Inspection			X	
	Replacement Task				X
4.11.4	Yaw/Rotor Lock Hydraulic System				
	Visual Inspection			X	
	Function Test			X	
4.11.4.1	Hydraulic Oil and Filter				
	Replacement Task			X	36 M

CONFIDENTIAL - Proprietary Information. DO NOT COPY without written consent from General Electric Company.
 UNCONTROLLED when printed or transmitted electronically.
 © 2013 General Electric Company. All rights reserved

Section	Maintenance Task	BIM	SA	A	BRM
4.11.4.2	Bleed Brake Lines				
	Lubrication Requirement			X	
4.11.4.3	Accumulator				
	Visual Inspection			X	
	Function Test			X	
4.11.5	Yaw Drive				
	Visual Inspection			X	
	Function Test			X	
	Torque Requirement	X		X	
	Lubrication Requirement - Oil and Grease				36 M
4.11.6	Yaw Bearing				
	Visual Inspection			X	
	Torque Requirement - Bearing to Bedplate				
	Break-In Maintenance	X			
	Subsequent Maintenance Cycles			X	
	Lubrication Requirement				
	Automatic Greasing Device (if equipped)			X	
	Function Test			X	
	Manual Greasing (if required)	X	X	X	
4.11.7	Yaw Gear Ring and Driving Pinion				
	Visual Inspection			X	
	Lubrication Requirement				
	Automatic Greasing Device (if equipped)			X	
	Function Test			X	
	Manual Greasing (if required)	X	X	X	
4.11.8	Yaw Position Sensor				
	Visual Inspection			X	
	Function Test			X	
4.11.9	Yaw Twist Limit Switch (DFIG Only)				
	Visual Inspection			X	
	Function Test			X	

Section	Maintenance Task	BIM	SA	A	BRM
4.12	Drive Train				
4.12.1	Rotor Shaft				
	Visual Inspection			X	
4.12.2	Connection Rotor Shaft/Hub				
	Visual Inspection			X	
	Torque Requirement				
	Break-In Maintenance	X			
	Subsequent Maintenance Cycles			X	
4.12.3	Main Bearing				
	Visual Inspection			X	
	Function Test			X	
	Replacement Task				X
	Lubrication Requirement			X	
	Automatic Greasing Device (if equipped)			X	
	Visual Inspection	X		X	
	Function Test			X	
	Replacement Task			X	
	Manual Lubrication (if required)	X	X	X	
4.12.3.1	Main Bearing Groove Nut Retention (if equipped)				
	Visual Inspection	X		X	
	Torque Requirement	X		X	
4.12.3.2	Main Bearing with Snap Ring Retention (if equipped)				
	Visual Check	X		X	
4.12.4	Main Shaft Flange Sensor (ALC) (if equipped)				
	Visual Inspection			X	
	Function Test			X	
4.12.5	Rotor Position Sensor (if equipped)				
	Visual Inspection			X	
4.12.6	Main Shaft Coupling				
4.12.6.1	Coupling Flange Shaft – Gearbox (if equipped)				
	Torque Requirement			X	
	Visual Inspection: Borescope Inspection			X	
4.12.6.2	Shrink Disk (if equipped)				
	Visual Inspection			X	
	Torque Requirement	X		X	
4.12.7	Rotor Lock – Low Speed Shaft				
	Visual Inspection			X	
	Function Test			X	
	Torque Requirement			X	

Section	Maintenance Task	BIM	SA	A	BRM
4.13	Gearbox				
4.13.1	Bolted Connection of the Gearbox to the Bedplate				
	Visual Inspection			X	
	Torque Requirement	X		X	
4.13.2	Elastomer Mounts				
	Visual Inspection			X	
	Function Test	X			
4.13.3	Desiccant/Ventilation Filter				
	Visual Inspection			X	
	Replacement Task				X
4.13.4	Gearbox Operating Condition				
	Visual Inspection: External			X	
	Visual Inspection: Internal			X	
	Function Test			X	
4.13.5	Gearbox Oil and Filters				
	Visual Inspection			X	
	Replacement Task - Gearbox Oil filters			X	
	Lubrication Requirement - Oil			X	
	Replacement Task - Oil				X
4.13.6	Offline Filter (if equipped)				
	Visual Inspection			X	
	Replacement Task			X	
	Function Test			X	
4.13.7	Oil Cooler				
	Visual Inspection			X	
4.13.8	Gearbox Oil Heater (if equipped)				
	Visual Inspection			X	
4.13.9	Oil Particle Counter (if equipped)				
	Visual Inspection			X	
4.14	Slip Ring (Gold-spring Wire Technology, MERSEN)				
	Visual Inspection			X	
	Lubrication Requirement			X	
	Function Test			X	
	Replacement Task				X

CONFIDENTIAL - Proprietary Information. DO NOT COPY without written consent from General Electric Company.
 UNCONTROLLED when printed or transmitted electronically.
 © 2013 General Electric Company. All rights reserved

Section	Maintenance Task	BIM	SA	A	BRM
4.15	Secondary Brake System				
4.15.1	Brake Pads				
	Visual Inspection			X	
	Function Test : Brake Pad Air Gap Measurement			X	
4.15.2	Brake Disc				
	Visual Inspection			X	
4.15.3	Brake Caliper				
	Visual Inspection			X	
4.15.3.1	Brake Caliper Mount				
	Torque Requirement			X	
4.15.4	Wear Sensor/NC Contact				
	Visual Inspection			X	
	Function Test			X	
4.16	Hydraulic System				
	Visual Inspection			X	
	Function Test			X	
4.16.1	Hydraulic Oil and Filter				
	Replacement Task			X	36 M
4.16.2	Purging Hydraulic Unit				
	Lubrication Requirement			X	36 M
4.16.3	Bleed Brakes				
	Lubrication Requirement			X	
4.16.4	Accumulator				
4.17	High Speed Coupler – Gearbox to Generator				
	Visual Inspection			X	

Section	Maintenance Task	BIM	SA	A	BRM
4.18	Generator				
	Visual Inspection: Exterior			X	
4.18.1	Generator Bearings				
	Visual Inspection: Bearings			X	
	Function Test: Abnormal Noise			X	
	Lubrication Requirement				
	Automatic Lubrication system (if equipped)			X	
	Visual Inspection			X	
	Function Test			X	
	Replacement Task			X	
	Manual Greasing (if required)	X	X	X	
4.18.2	Generator Alignment				
	Function Test	X		X	
4.18.3	Generator Vibration Damper to Generator Frame Attachment				
	Visual Inspection			X	
	Torque Requirement				
	Break-In Maintenance Cycle	X			
	Subsequent Maintenance Cycles			X	
4.18.4	Generator to Vibration Damper Attachment				
	Visual Inspection			X	
	Torque Requirement				
	Break-In Maintenance Cycle	X			
	Subsequent Maintenance Cycles			X	
4.18.5	Carbon Brushes				
	Visual Inspection			X	
	Function Test:			X	
4.18.6	Incremental Encoder				
	Visual Inspection			X	
4.18.7	Generator Cooling Fan (if equipped)				
	Visual Inspection			X	
	Function Test			X	
4.18.8	Power Cables - Stator				
	Visual Inspection			X	
	Torque Requirement			X	
4.18.9	Power Cable – Rotor (DFIG Only)				
	Visual Inspection			X	
	Torque Requirement			X	
4.18.10	Ventilator (if equipped)				
	Function test			X	
4.18.11	Generator Air Outlet Ducts				
	Visual Inspection			X	

CONFIDENTIAL - Proprietary Information. DO NOT COPY without written consent from General Electric Company.
 UNCONTROLLED when printed or transmitted electronically.
 © 2013 General Electric Company. All rights reserved

Section	Maintenance Task	BIM	SA	A	BRM
4.19	Nacelle Hoist				
	Visual Inspection - Hoist			X	
	Visual Inspection - Beams and Rails			X	
	Function Test			X	
	Lubrication Requirement				X
4.20	Emergency Escape Arm				
	Visual Inspection			X	
	Function Test			X	
4.21	Optional Equipment				
4.21.1	Fire Extinguisher				
	Inspection and Maintenance according to local and national regulations				X
4.21.2	Safety Harnesses				
	Inspection and Maintenance according to manufacturer recommendations			X	
4.21.3	Condition Monitoring System (CMS)				
	Visual Inspection			X	

Section	Maintenance Task	BIM	SA	A	BRM
5	Hub				
5.1	Nose Cone and Spinner				
	Visual Inspection			X	
5.2	Emergency Lights (if equipped)				
	Function Test			X	
5.3	Access to the Hub				
	Visual Inspection			X	
	Torque Requirement: Plastic Cap Protector			X	
	Function Test			X	
	Torque Requirement: Tie-off Points in Hub			X	
5.4	Hub General Condition				
	Visual Inspection			X	
5.5	Blade to Pitch Bearing connection - Inside the Hub				
	Visual Inspection			X	
	Lubrication Requirement				
	Automatic Re-greasing Device (if equipped)			X	
	Visual Inspection			X	
	Function Test			X	
	Replacement Task			X	
	Torque Requirement				
	Break-In Maintenance	X			
	Subsequent Maintenance Cycles			X	
5.6	Pitch Drives and Motors				
	Visual Inspection			X	
	Torque Requirement				
	Break-In Maintenance	X			
	Subsequent Maintenance Cycles			X	
	Lubrication Requirement				36 M
	Function Test			X	
5.6.1	Pitch Motor Brushes				
	Visual Inspection			X	
	Function Test				24 M
	Replacement Task				X
5.7	Gear Rings and Driving Pinions				
	Visual Inspection			X	
	Lubrication Requirement	X		X	
	Automatic Pitch Bearing Greasing Device (if equipped)			X	
	Visual Inspection			X	
	Lubrication Requirement			X	
	Function Test			X	
	Replacement Task			X	
	Manual Greasing (if necessary)	X	X	X	

CONFIDENTIAL - Proprietary Information. DO NOT COPY without written consent from General Electric Company.
 UNCONTROLLED when printed or transmitted electronically.
 © 2013 General Electric Company. All rights reserved

Section	Maintenance Task	BIM	SA	A	BRM
5.8	Pitch Position Sensor				
5.8.1	-5°, 89° and 95° Position Switch, Camshaft Segment				
	Visual Inspection			X	
	Function Test			X	
5.8.2	Pinion Encoder (if equipped)				
	Visual Inspection			X	
5.9	Hub Cabinets				
	Visual Inspection			X	
	Function Test			X	
5.10	Battery System				
	Visual Inspection			X	
	Torque Requirement			X	
	Function Test			X	
5.11	Blades				
5.11.1	Rotor Blade				
	Visual Inspection: Internal			X	
	Visual Inspection: External			X	
	Function Test			X	
5.11.2	Rotor Blade/Pitch Bearing – External of Hub				
	Visual Inspection	X		X	
	Replacement Task	X		X	
	Torque Requirement				
	Break-In Maintenance	X			
	Subsequent Maintenance Cycles			X	