

NEOEN

PROJET EOLIEN DU MOULIN A VENT Communes de Dompierre-les-Eglises et Villefavard (87)

DOSSIER DE DEMANDE D'AUTORISATION ENVIRONNEMENTALE

ETUDE DE DANGERS (EDD)

16 avril 2019



10, place de la république - 37190 Azay-le-Rideau
Tél : 02 47 26 88 16
E-mail : contact@erea-ingenierie.com
www.erea-ingenierie.com

SOMMAIRE

1. PREAMBULE	5
1.1. Objectifs de l'étude de dangers	5
1.2. Contexte législatif et réglementaire	5
1.3. Nomenclature des installations classées	7
2. INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION	8
2.1. Renseignements administratifs	8
2.2. Localisation du site	8
2.3. Définition de l'aire d'étude	10
3. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION	12
3.1. Environnement humain	12
3.1.1. Zones urbanisées	12
3.1.2. Etablissements recevant du public (ERP)	15
3.1.3. Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) et installations nucléaires de base (INB)	15
3.1.4. Autres activités	16
3.2. Environnement naturel	19
3.2.1. Contexte climatique	19
3.2.2. Risques naturels	19
3.3. Environnement matériel	24
3.3.1. Voies de communication	24
3.3.2. Réseaux	24
3.3.3. Servitudes	25
3.4. Cartographie de synthèse	26
3.4.1. Carte des enjeux à protéger dans l'aire d'étude d'E1	27
3.4.2. Carte des enjeux à protéger dans l'aire d'étude d'E2	28
3.4.3. Carte des enjeux à protéger dans l'aire d'étude d'E3	29
3.4.4. Carte des enjeux à protéger dans l'aire d'étude d'E4	30
3.4.5. Carte des enjeux à protéger dans l'aire d'étude d'E5	31
3.4.1. Carte des enjeux à protéger dans l'aire d'étude d'E6	32
4. DESCRIPTION DE L'INSTALLATION	33
4.1. Caractéristiques de l'installation	33
4.1.1. Caractéristiques générales d'un parc éolien	33
4.1.2. Activité de l'installation	35
4.1.3. Composition de l'installation	35
4.2. Fonctionnement de l'installation	39
4.2.1. Principe de fonctionnement d'un aérogénérateur	39
4.2.2. Sécurité de l'installation	40
4.2.3. Opérations de maintenance de l'installation	44
4.2.4. Stockage et flux de produits dangereux	46
4.3. Fonctionnement des réseaux de l'installation	47
4.3.1. Raccordement électrique	47
4.3.2. Autres réseaux	48
5. IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION	49

5.1.	Potentiels de dangers liés aux produits	49
5.2.	Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation	49
5.3.	Réduction des potentiels de dangers à la source.....	51
5.3.1.	Principales actions préventives.....	51
5.3.2.	Utilisation des meilleures techniques disponibles.....	51
6.	<i>ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE</i>.....	52
6.1.	Inventaire des accidents et incidents en France	52
6.2.	Inventaire des accidents et incidents à l'international.....	53
6.3.	Inventaire des accidents majeurs survenus sur les sites de l'exploitant	55
6.4.	Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience	56
6.4.1.	Analyse de l'évolution des accidents en France	56
6.4.2.	Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents	56
6.4.3.	Limites d'utilisation de l'accidentologie	57
7.	<i>ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES</i>	58
7.1.	Objectif de l'analyse préliminaire des risques	58
7.2.	Recensement des événements initiateurs exclus de l'analyse des risques	58
7.3.	Recensement des agressions externes potentielles.....	59
7.3.1.	Agressions externes liées aux activités humaines	59
7.3.2.	Agressions externes liées aux phénomènes naturels	60
7.4.	Scénarios étudiés dans l'analyse préliminaire des risques (APR).....	60
7.5.	Effets dominos	64
7.6.	Mise en place des mesures de sécurité.....	65
7.7.	Conclusion de l'analyse préliminaire des risques	71
8.	<i>ETUDE DETAILLEE DES RISQUES</i>.....	73
8.1.	Rappel des définitions	73
8.1.1.	Cinétique.....	73
8.1.2.	Intensité	74
8.1.3.	Gravité	75
8.1.4.	Probabilité.....	75
8.1.5.	Niveau de risque	78
8.2.	Caractérisation des scénarios retenus	79
8.2.1.	Effondrement de l'éolienne	79
8.2.2.	Chute de glace	83
8.2.3.	Chute d'éléments de l'éolienne	86
8.2.4.	Projection de pale ou de fragment de pale	89
8.2.5.	Projection de glace	94
8.3.	Synthèse de l'étude détaillée des risques	97
8.3.1.	Tableau de synthèse des scénarios étudiés.....	97
8.3.2.	Synthèse de l'acceptabilité des risques	98
8.3.3.	Cartographie des risques	99
8.3.4.	Cartographie agrégée par type d'effet	130
9.	<i>CONCLUSION</i>.....	140
10.	<i>LISTE DES ANNEXES</i>.....	142

11. Bibliographie et références utilisées..... 170

Tables des cartes, des illustrations et des tableaux

<i>Carte 1 : Situation des communes de Dompierre-les-Eglises et Villefavard</i>	9
<i>Carte 2 : aire d'étude et principaux enjeux environnementaux</i>	11
<i>Carte 3 : Zones bâties à proximité de la zone initiale du projet (1/2)</i>	13
<i>Carte 4 : Zones bâties à proximité de la zone initiale du projet (2/2)</i>	13
<i>Carte 5 : Zonage sismique de la France</i>	20
<i>Carte 6 : Aléa retrait-gonflement des argiles (source : infoterre.brgm.fr)</i>	21
<i>Carte 7 : densité de foudroiement en France (source Citel)</i>	22
<i>Carte 8 : Carte des risques de remontées de nappe phréatique (source : infoterre.brgm.fr)</i>	23
<i>Carte 9 : plan de masse de l'installation (1/2)</i>	37
<i>Carte 10 : plan de masse de l'installation (2/2)</i>	38
<i>Illustration 1 : schéma simplifié d'un aérogénérateur</i>	34
<i>Illustration 2 : exemple d'emprises au sol d'une éolienne</i>	35
<i>Illustration 3 : raccordement électrique des installations</i>	47
<i>Illustration 4 : plan coupe d'une tranchée de câblage électrique interéolienne.</i>	48
<i>Illustration 5: répartition des 37 événements accidentels survenus entre 2000 et 2011 et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateur français</i>	53
<i>Illustration 6 : répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2011</i>	54
<i>Illustration 7 : répartition des causes premières d'effondrement</i>	54
<i>Illustration 8 : répartition des causes premières de rupture de pale</i>	55
<i>Illustration 9 : répartition des causes premières d'incendie</i>	55
<i>Illustration 10 : évolution du nombre d'incidents annuels en France en fonction du nombre d'éoliennes installées entre 2000 et 2017</i>	56
<i>Tableau 1 : Données communales sur la population (Source : INSEE - 2017)</i>	14
<i>Tableau 2 : Données relatives au logement (Source : INSEE - 2017)</i>	14
<i>Tableau 3 : Liste des ICPE sur les communes concernées par le projet éolien</i>	16
<i>Tableau 4 : coordonnées géographiques des éoliennes et des postes de livraison</i>	36
<i>Tableau 5 : dangers potentiels pour chaque élément d'éolienne</i>	50
<i>Tableau 6 : distance de chaque éolienne à une possible agression humaine</i>	59
<i>Tableau 7 : principales agressions externes liées aux phénomènes naturels</i>	60
<i>Tableau 8 : analyse des risques pour chaque événement déclencheur identifié d'un scénario d'accident</i>	64
<i>Tableau 9 : scénarios exclus de l'étude détaillée des risques</i>	72
<i>Tableau 10 : incidence sur le nombre de personnes exposées du ratio entre l'intensité de l'évènement accidentel et la gravité de celui-ci</i>	75
<i>Tableau 11 : classes de probabilité utilisées dans l'étude</i>	77
<i>Tableau 12 : matrice de niveaux de risque permettant de définir son acceptabilité</i>	78

1. PREAMBULE

1.1. OBJECTIFS DE L'ETUDE DE DANGERS

La présente étude de dangers a pour objet de rendre compte de l'examen effectué par la société SAS Centrale Eolienne du Moulin à Vent pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques du projet éolien du Moulin à Vent, autant que technologiquement réalisable et économiquement acceptable, que leurs causes soient intrinsèques aux substances ou matières utilisées, liées aux procédés mis en œuvre ou dus à la proximité d'autres risques d'origine interne ou externe à l'installation.

Cette étude est proportionnée aux risques présentés par les éoliennes du projet éolien du Moulin à Vent. Le choix de la méthode d'analyse utilisée et la justification des mesures de prévention, de protection et d'intervention sont adaptés à la nature et la complexité des installations et de leurs risques.

Elle précise l'ensemble des mesures de maîtrise des risques mises en œuvre sur le projet éolien du Moulin à Vent, qui réduisent le risque à l'intérieur et à l'extérieur des éoliennes à un niveau jugé acceptable par l'exploitant.

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

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

La présente étude de dangers est conforme au « Guide Technique pour l'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens », réalisé par l'INERIS, et validé par le Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie en mai 2012.

1.2. CONTEXTE LEGISLATIF ET REGLEMENTAIRE

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

L'arrêté du 29 septembre 2005, relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation [10], fournit un cadre méthodologique pour les évaluations des scénarios 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 scénarios d'accidents majeurs susceptibles d'intervenir. Ces scénarios sont caractérisés en fonction de leur probabilité d'occurrence, de leur cinétique, de leur intensité et de la gravité des accidents potentiels. Elle justifie que le projet permet d'atteindre, dans des conditions économiquement acceptables, un niveau de risque aussi bas que possible, compte tenu de l'état des connaissances et des pratiques et de la vulnérabilité de l'environnement de l'installation.

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

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

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

Par ailleurs, l'article D181-15-2 du Code de l'environnement, créé par le Décret n°2017-82 du 26 janvier 2017 relatif à l'autorisation environnementale, précise que l'étude de dangers doit justifier que le projet permet d'atteindre, dans des conditions économiquement acceptables, un niveau de risque aussi bas que possible, compte tenu de l'état des connaissances et des pratiques et de la vulnérabilité de l'environnement de l'installation. Le contenu de l'étude de dangers doit être en relation avec l'importance des risques engendrés par l'installation et doit préciser, notamment, la nature et l'organisation des moyens de secours dont le pétitionnaire dispose ou dont il s'est assuré le concours en vue de combattre les effets d'un éventuel sinistre. L'étude doit aussi comporter un résumé non technique explicitant la probabilité et la cinétique des accidents potentiels, ainsi qu'une cartographie agrégée par type d'effet des zones de risques significatifs.

1.3. NOMENCLATURE DES INSTALLATIONS CLASSEES

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

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

Le projet éolien du Moulin à Vent comprend au moins un aérogénérateur (6 au total) dont le mât a une hauteur supérieure à 50 m : cette installation est donc soumise à autorisation (A) au titre des installations classées pour la protection de l'environnement et doit présenter une étude de dangers au sein de sa demande d'autorisation environnementale.

2. INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION

2.1. RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS

Le dossier de demande d'autorisation environnementale du projet éolien du Moulin à Vent est porté par la société SAS Centrale Eolienne du Moulin à Vent.

« Centrale Eolienne du Moulin à Vent » est une société par actions simplifiée à associé unique au capital de 2 500€, enregistrée au greffe du tribunal de commerce de Paris sous le numéro SIRET 805 194 172.

Le siège social de Centrale Eolienne du Moulin à Vent est situé au 4 rue Euler, 75008 PARIS. Elle est détenue à 100% par Neoen Eolienne, elle-même filiale à 100% de Neoen.

La présente étude de dangers a été réalisée par le bureau d'études EREA Ingénierie dont les coordonnées sont les suivantes.



EREA INGENIERIE

10, place de la République
37 190 AZAY-LE-RIDEAU
Tel : 06 15 35 05 13

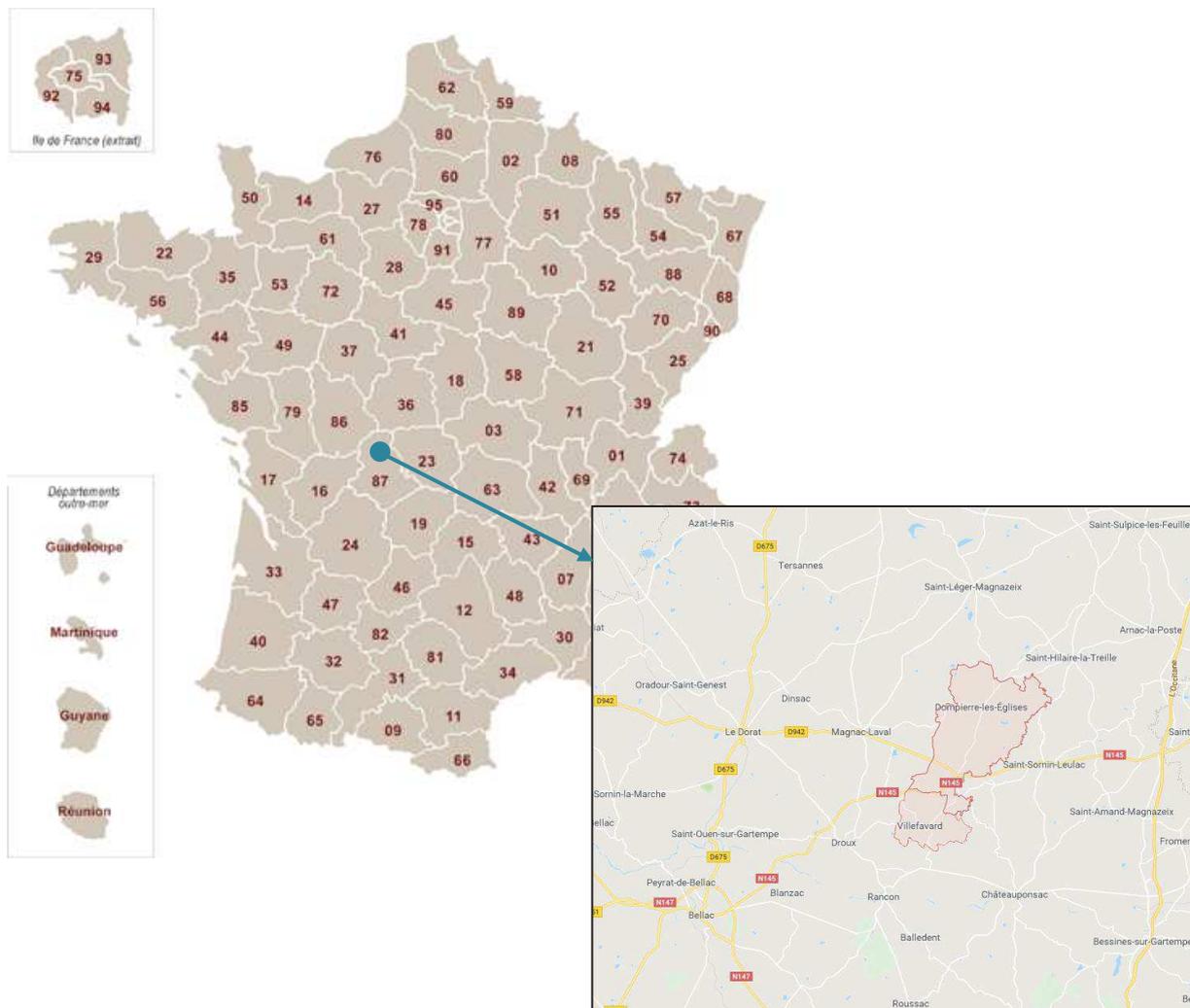
Les auteurs ayant participé à sa réalisation sont :

- M. Lionel WAEBER, ingénieur en environnement et directeur-gérant,
- Mme Aurélie HOUSSIER, ingénieure en environnement,
- M. Corentin PETUSSEAU, ingénieur en environnement et cartographe.

2.2. LOCALISATION DU SITE

Le projet se situe sur les communes de Dompierre-les-Eglises et Villefavard, dans le département de la Haute-Vienne, au sein de la région Nouvelle-Aquitaine.

Les communes de Dompierre-les-Eglises et Villefavard appartiennent à la Communauté de Communes Brame Benaize.

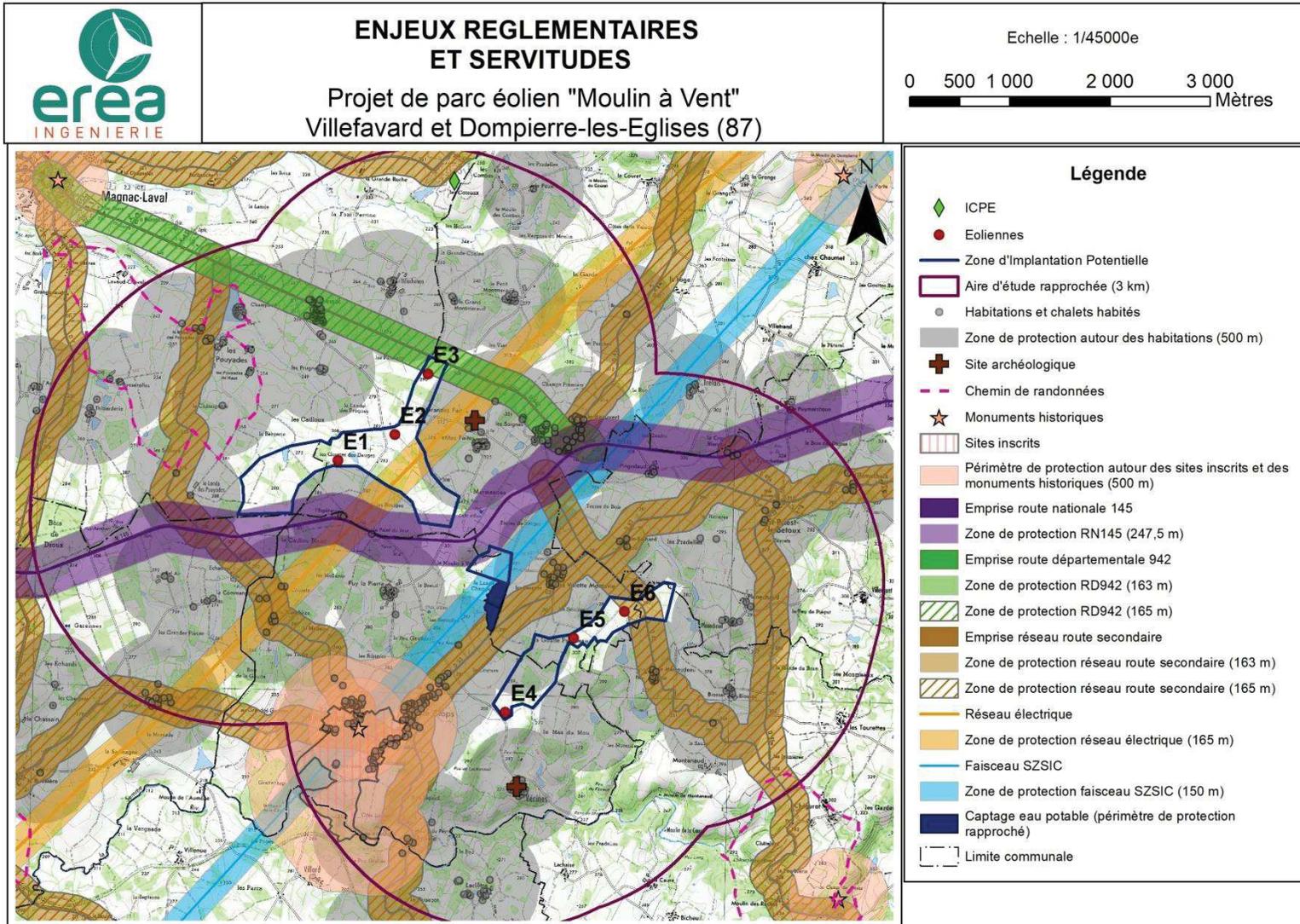


Carte 1 : Situation des communes de Dompierre-les-Eglises
et Villefavard

2.3. DEFINITION DE L'AIRE D'ETUDE

Compte tenu des spécificités de l'organisation spatiale d'un parc éolien, composé de plusieurs éléments disjoints, la zone sur laquelle porte l'étude de dangers est constituée d'une aire d'étude par 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 le phénomène de projection de pale, telle que définie au paragraphe 8.2.4.



Carte 2 : aire d'étude et principaux enjeux environnementaux

3. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION

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

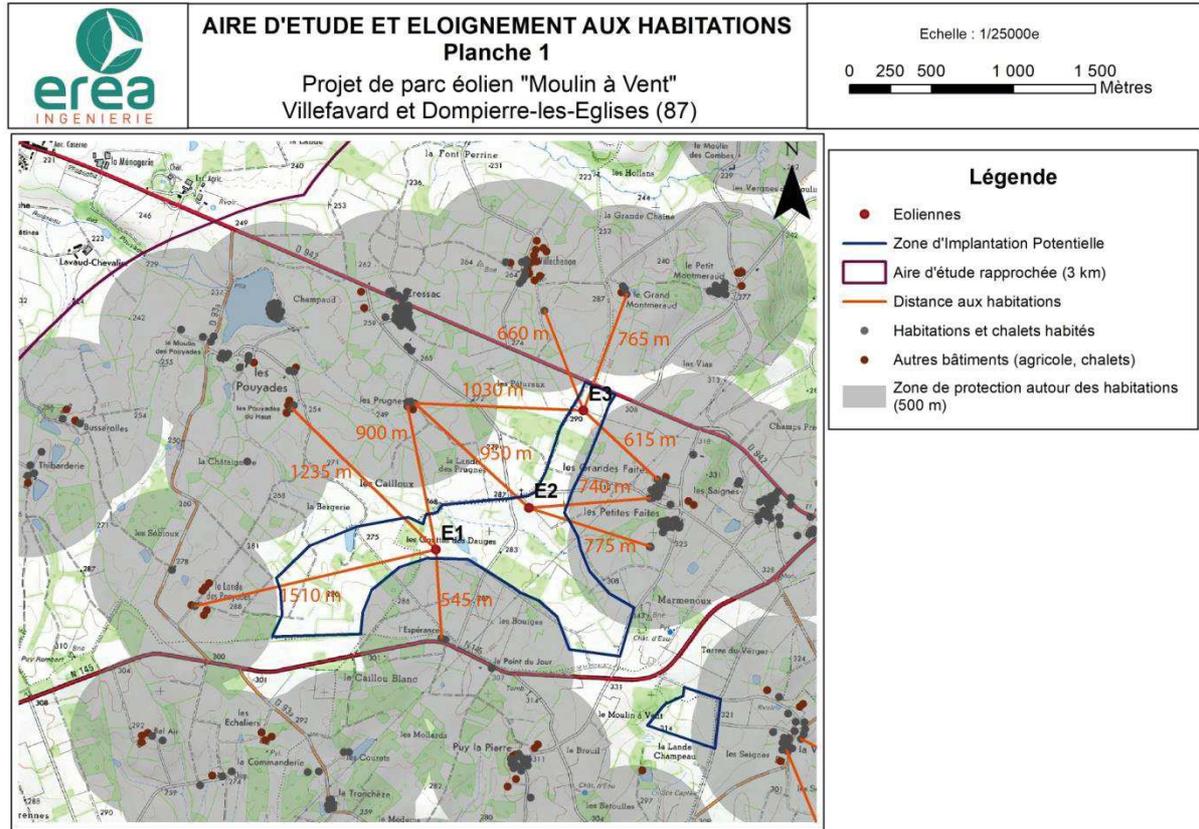
3.1. ENVIRONNEMENT HUMAIN

3.1.1. ZONES URBANISEES

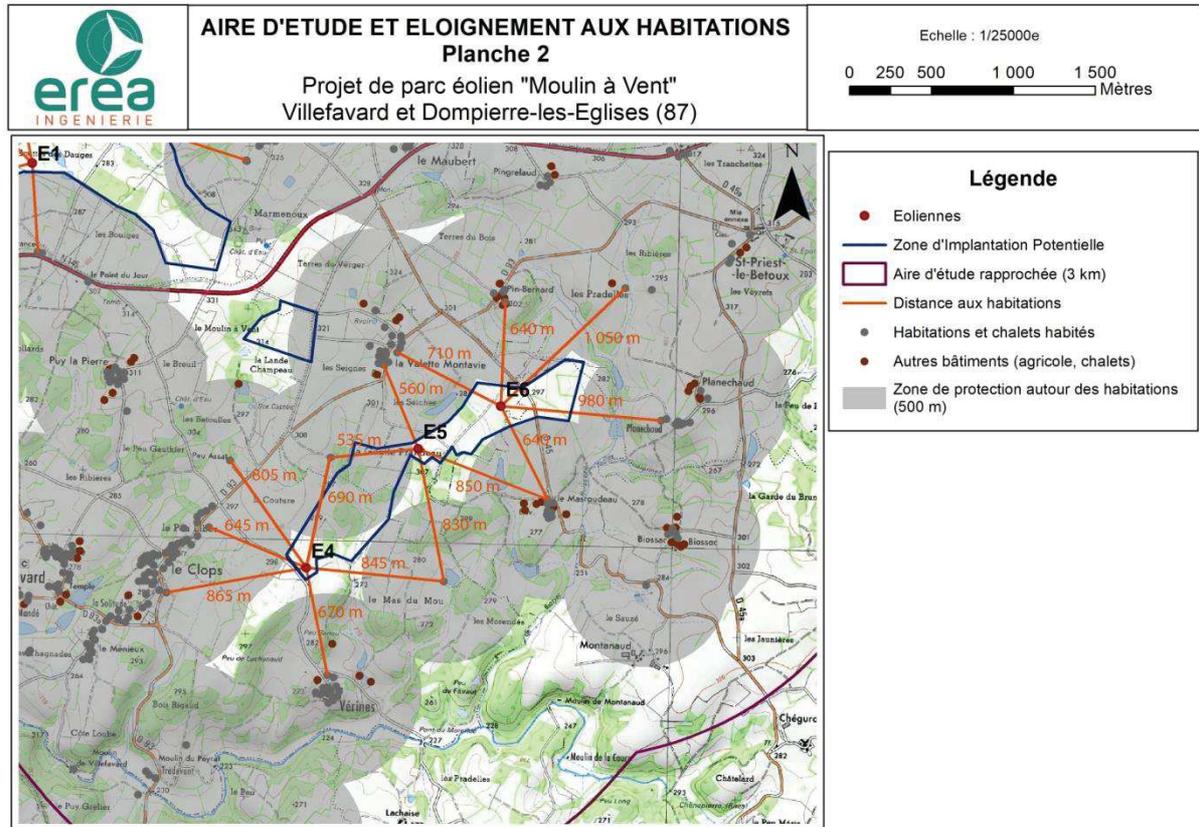
Les communes de Villefavard, Magnac-Laval, Dompierre-les-Eglises et Châteauponsac se situent dans un contexte départemental d'habitat peu dense et dispersé (68 hab/km²), marqué par la ruralité de son territoire.

L'habitat de l'aire d'étude rapprochée est caractérisé par un mitage de bâti relativement important. En effet, la population des communes concernées par le projet ne se concentre pas uniquement dans les bourgs, mais également dans plusieurs hameaux souvent constitués de plusieurs dizaines de maisons.

Les cartes suivantes présentent les zones d'habitation et leurs tampons de 500 mètres représentant l'éloignement minimal pour un parc éolien imposé par le décret du 26 août 2011. L'étude de dangers prend cependant également en considération tout élément bâti.



Carte 3 : Zones bâties à proximité de la zone initiale du projet (1/2)



Carte 4 : Zones bâties à proximité de la zone initiale du projet (2/2)

La population cumulée des quatre communes concernées par le projet d'implantation d'éoliennes représente 4 381 personnes sur un territoire d'environ 181 km². Aussi, les densités de population observées sur ce même territoire sont faibles en comparaison de celle du département dans lequel elles se situent (entre 13 et 30 hab/km² pour les deux communes contre plus de 68 km² pour la Haute-Vienne, déjà largement en deçà de la moyenne française 98,8 hab/km² environ). Cela s'explique naturellement par la localisation de ces communes situées à l'écart de grands centres urbains comme Limoges au sud ou Châteauroux au nord.

Pour autant, la commune de Dompierre-les-Eglises se démarque assez nettement de Villefavard, Magnac-Laval et Châteauponsac lorsque l'on observe le taux annuel moyen de variation de la population entre 2009 et 2014. Ainsi, en moyenne chaque année entre 2009 et 2014, la population de Dompierre-les-Eglises a été la seule à croître (2,1%/an) alors que celles de Villefavard, Magnac-Laval et Châteauponsac ont décliné.

Population	Villefavard (87206)	Dompierre-les-Eglises (87057)	Magnac-Laval (87089)	Châteauponsac (87041)	Haute-Vienne (87)
Population en 2014	157	401	1 770	2 053	376 199
Densité de la population (nombre d'habitants au km ²) en 2014	17,0	13,1	24,5	29,8	68,2
Superficie (en km ²)	9,2	30,6	72,2	68,8	5 520,1
Variation de la population : taux annuel moyen entre 2009 et 2014, en %	-0,1	2,1	-0,9	-1,0	0,1
<i>dont variation due au solde naturel : taux annuel moyen entre 2009 et 2014, en %</i>	-1,8	-1,0	-1,1	-1,1	-0,0
<i>dont variation due au solde apparent des entrées sorties : taux annuel moyen entre 2009 et 2014, en %</i>	1,6	3,0	0,2	0,1	0,1

Tableau 1 : Données communales sur la population (Source : INSEE - 2017)

L'analyse des données statistiques de l'INSEE concernant le logement fait ressortir la particularité locale, c'est-à-dire qu'un peu plus des trois quarts (près de 80% en moyenne) des ménages de la zone d'étude sont propriétaires de leur résidence principale alors qu'ils ne sont en moyenne que deux ménages sur trois à bénéficier de cette situation sur l'ensemble du département.

Pour autant la part des résidences secondaires est très importante comparativement au département, essentiellement sur Villefavard et Dompierre-les-Eglises (39,5 % et 37,9 % contre moins de 8% pour la Haute-Vienne).

Logement	Villefavard (87206)	Dompierre-les-Eglises (87057)	Magnac-Laval (87089)	Châteauponsac (87041)	Haute-Vienne (87)
Nombre total de logements en 2014	147	354	1 155	1 483	217 078
Part des résidences principales en 2014, en %	54,4	55,2	64,6	66,4	82,7
Part des résidences secondaires (y compris les logements occasionnels) en 2014, en %	39,5	37,9	15,3	18,9	7,7
Part des logements vacants en 2014, en %	6,1	6,8	20,0	14,7	9,6
Part des ménages propriétaires de leur résidence principale en 2014, en %	77,5	88,1	75,7	77,3	61,9

Source : Insee, RP2014 exploitation principale en géographie au 01/01/2016.

Tableau 2 : Données relatives au logement (Source : INSEE - 2017)

3.1.2. ETABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC (ERP)

La zone d'étude de 500 mètres autour de chacune des éoliennes ne recèle pas d'Établissement Recevant du Public (ERP).

La commune de Villefavard ne dispose d'aucun établissement scolaire, Dompierre-les-Eglises dispose uniquement d'une école primaire, Châteauponsac de deux établissements (une école maternelle-primaire et un collège). Quant à la commune de Magnac-Laval elle dispose de trois établissements (une école maternelle, une école primaire et un lycée).

La commune de Châteauponsac possède un gymnase et un centre de loisirs.

La commune de Magnac-Laval dispose d'un centre de loisirs, d'un circuit de motocross et d'une médiathèque.

Une ancienne grange construite en 1890 à Villefavard, a été transformée il y a plusieurs années en salle de concerts et les dépendances en lieu de résidences musicales.

Des salles des fêtes sont présentes sur les communes de Dompierre-les-Eglises, Magnac-Laval et Châteauponsac.

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

Aucune Installation Classée pour la Protection de l'Environnement (ICPE) n'est recensée sur la commune de Villefavard.

Huit ICPE sont recensées sur les communes de Magnac-Laval (6), Châteauponsac (1) et Dompierre-les-Eglises (1).

Nom	Localisation	Régime Seveso	Activité
CARRIERE DESMARAIS	Les Six Bornes Routes de Dompierres-les-Eglises (Magnac-Laval)	Autorisation Non Seveso	Stockage de liquides inflammables, fabrication d'explosif en unité mobile, exploitation de carrières
CARTALIER Guy	Le Pont de Gué (Magnac-Laval)	Autorisation Non Seveso	Dépôts de papiers usés ou souillés
CTEC MAGNAC LAVAL	Carrière de Les Six Bornes LEFEBVRE SUD-OUEST (Magnac-Laval)	Inconnu Non Seveso	Chauffage (procédé de) fluide caloporteur organique combustible, dépôt de houille, coke... (en cessation d'activité)
GDF Magnac-Laval	9 rue Charles de Gaulle (Magnac-Laval)	Inconnu Non Seveso	Utilisation, Dépôt et stockage de sources scellées conformes radioactives (en cessation d'activité)
SACER ATLANTIQUE	Carrière DESMARAIS (Magnac-Laval)	Inconnu Non Seveso	Stockage de liquides inflammable, Chauffage (procédé de) fluide caloporteur organique combustible, dépôt de houille, coke... (en cessation d'activité)
SMICTOM CENTRE BASSE MARCHE	Route du Dorat (Magnac-Laval)	Autorisation Non Seveso	Collecte de déchets dangereux et non dangereux
REINEIX RAYMOND	Le Mas (Dompierre-les-Eglises)	Enregistrement Non Seveso	Culture et production animale, chasse et services annexes
EARL BAGNOL	Puymailhac (Châteauponsac)	Enregistrement Non Seveso	Culture et production animale, chasse et services annexes

Tableau 3 : Liste des ICPE sur les communes concernées par le projet éolien

Sur ces huit ICPE, seule la carrière DESMARAIS se situe dans l'aire d'étude rapprochée du projet éolien. Ces ICPE se trouvent hors de la zone d'implantation des éoliennes.

Aucune installation nucléaire n'est présente à moins de 10 kilomètres de la zone d'implantation potentielle des éoliennes.

3.1.4. AUTRES ACTIVITES

Les données relatives à la part de l'emploi salarié sur l'emploi total font nettement ressortir les secteurs du commerce, des transports et des services divers en tant qu'activités dominantes sur le territoire concerné par le projet.

La commune de Dompierre-les-Eglises est dotée d'environ 5 entreprises spécialisées dans les divers corps de métiers du bâtiment, ainsi qu'un garagiste, un magicien et un bar-restaurant.

Aucun commerce ou autre n'est présent sur la commune de Villefavard.

16 commerces sont présents sur la commune de Magnac-Laval et 72 sur la commune de Châteauponsac.

Les établissements agricoles représentent un peu moins du quart des établissements localisés sur la commune de Villefavard (20,8%), Magnac-Laval (23 %) et Châteauponsac (19,3 %) et un peu plus du quart pour Dompierre-les-Eglises (26%) contre seulement 9,6 % à l'échelle du département.

Les chiffres-clés de l'agriculture sur les quatre communes étudiées sont mentionnés dans le tableau ci-dessous :

	Villefavard	Dompiere-les-Eglises	Magnac-Laval	Châteauponsac
Nombre d'exploitations	10	20	57	66
Superficie agricole utilisée des exploitations (ha)	565	1869	5535	5032
Terres labourables (ha)	374	1090	4180	3209
Superficie toujours en herbe (ha)	191	763	1352	1818
Nombre total de bétails	634	2538	6681	7944
Rappel : Nombre d'exploitations en 1988	18	43	98	136

3.2. ENVIRONNEMENT NATUREL

3.2.1. CONTEXTE CLIMATIQUE

Généralités climatiques

Le relief de la Haute-Vienne est constitué d'un ensemble de plateaux, traversés par quelques vallées adoucies (vallée de la Vienne en particulier) et des premiers contreforts du Massif central, n'excédant pas 800 mètres (Monts d'Ambazac au nord, Monts de Chalus au sud et début de la Montagne Limousine à l'est).

Le climat de la Haute Vienne est contrasté, à l'image de son relief. La ZIP se situe dans une zone où le climat est océanique avec de faibles précipitations et sec l'été. Les températures sont assez douces avec peu de gelées.

Gisements de vent

Les vents dominants en fréquence directionnelle sont de direction sud-ouest, selon la rose des vents de l'aéroport de Lomges-Bellegarde (statistiques basées sur des observations entre 07/2002 – 12/2017), situé à environ 46 km au sud de la zone du projet éolien.

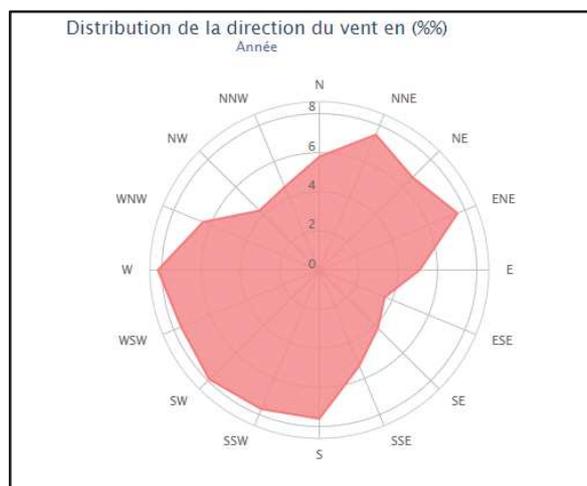


Figure 1 : Rose des vents (source : Aéroport Limoges-Bellegard)

Les **vents** ainsi enregistrés à proximité du site d'implantation présentent des caractéristiques **exploitables pour réaliser un projet éolien** sous réserve du choix d'un modèle d'aérogénérateur adapté.

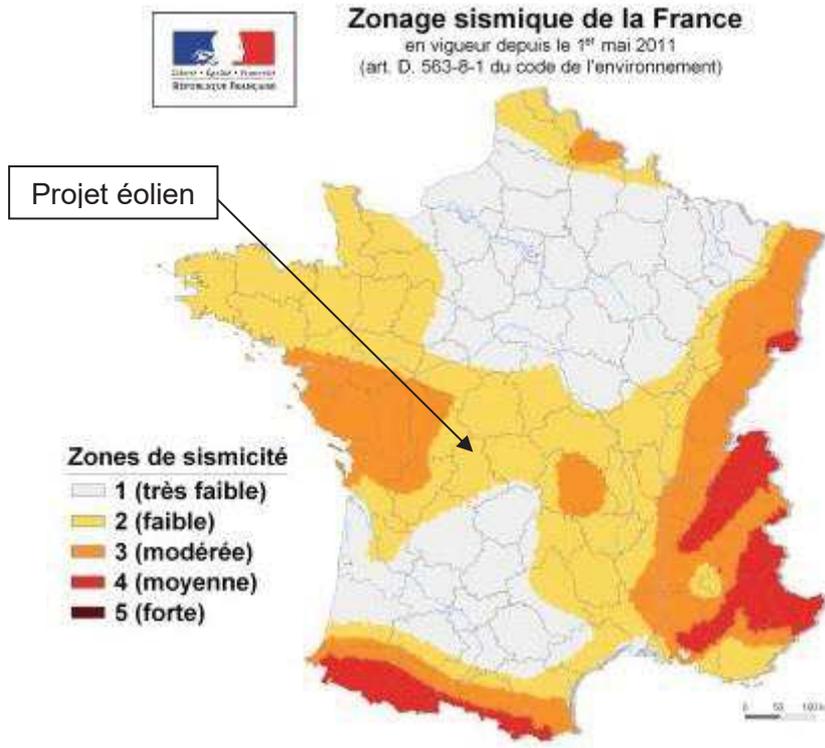
3.2.2. RISQUES NATURELS

Sismicité

Comme l'indique le site prim.net du BRGM, la ZIP est concernée par un risque lié au séisme faible (niveau 2) dans le nouveau zonage sismique de la France approuvé par l'arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal ». Quoi qu'il en soit, ce risque sismique ne constitue pas un aléa important dans la perspective d'un projet éolien, mais mérite d'être mentionné dans la perspective de la réalisation des fondations.

Le décret n°2010-1254 du 22 octobre 2010 relatif à la prévention du risque sismique, permet la classification des ouvrages et des bâtiments et de nommer et hiérarchiser les zones de sismicité du territoire.

Au sens de cet article, une éolienne semble devoir être considérée comme un ouvrage courant dit à risque normal au sens du risque sismique (*bâtiments, équipements, et installations pour lesquels les conséquences d'un séisme demeurent circonscrites à leurs occupants et à leur voisinage immédiat*).



Carte 5 : Zonage sismique de la France

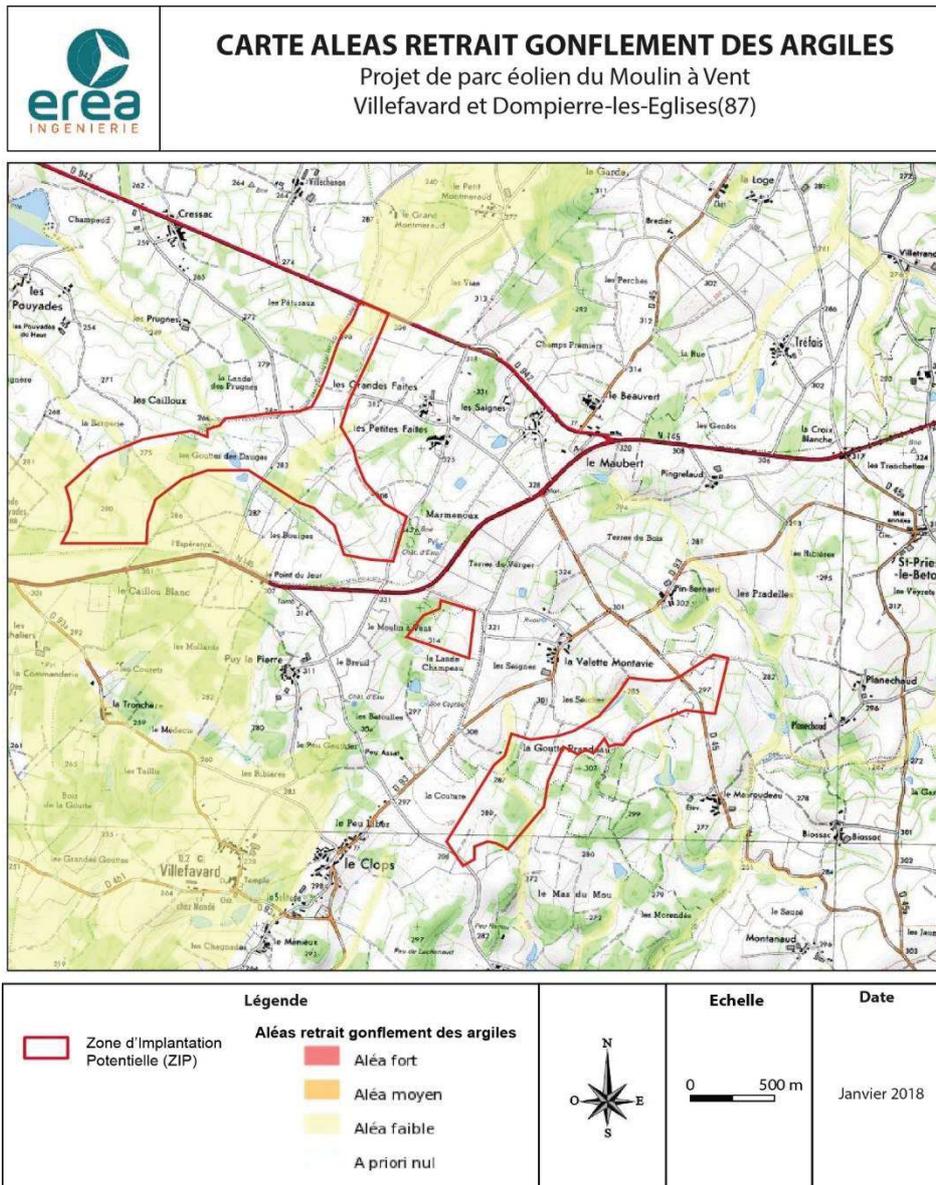
Mouvements de terrain et cavités souterraines

Le site du BRGM ne fait état d'aucune cavité souterraine au sein de la zone d'implantation du projet éolien du Moulin à Vent (*source : BRGM*). Les communes étudiées ne sont pas exposées au risque de mouvement de terrain.

Aléa retrait-gonflement des argiles

Concernant le risque « retrait-gonflement » des argiles, la ZIP est située en partie sur des zones à aléa faible, localisé majoritairement sur la partie nord-ouest de la ZIP.

L'étude de sol devra déterminer le type de fondations à mettre en œuvre au regard de ce risque-là.



Carte 6 : Aléa retrait-gonflement des argiles (source : infoterre.brgm.fr)

Foudre

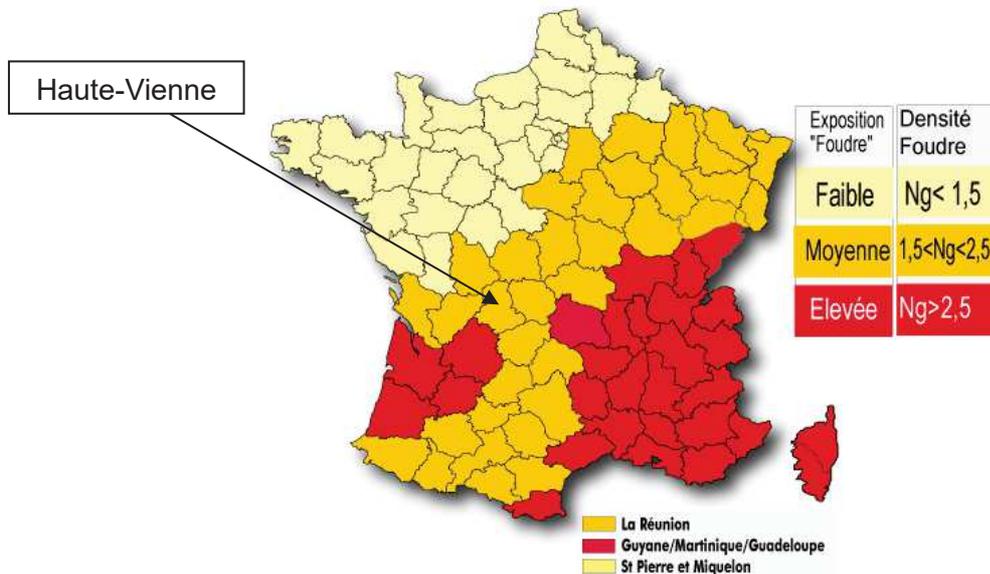
Sur le seul territoire français, la foudre frappe un à deux millions de coups par an. Une cinquantaine de personnes est foudroyée chaque année et les dégâts économiques dus à plusieurs milliers d'incendies sont considérables. Mais, toutes les zones géographiques ne sont pas concernées de façon uniforme. Deux paramètres facilitent les classifications :

- la densité de foudroiement (niveau Ng) définit le nombre d'impacts foudre par an et par km² dans une région,
- le niveau kéraunique (niveau Nk) définit le nombre de jours d'orage par an.

Ces deux paramètres sont liés par une relation approximative : $Ng = Nk/10$

La carte de France ci-après présente la densité de foudroiement par département. Ainsi, le département de la Haute-Vienne présente une exposition « Foudre » moyenne avec un

nombre d'impacts de foudre compris entre 1,5 et 2,5 par an et par km². Il ne s'agit donc pas d'un enjeu significatif sur le territoire concerné ici par le projet éolien.



Carte 7 : densité de foudroiement en France (source Citel)

Le risque vent violent

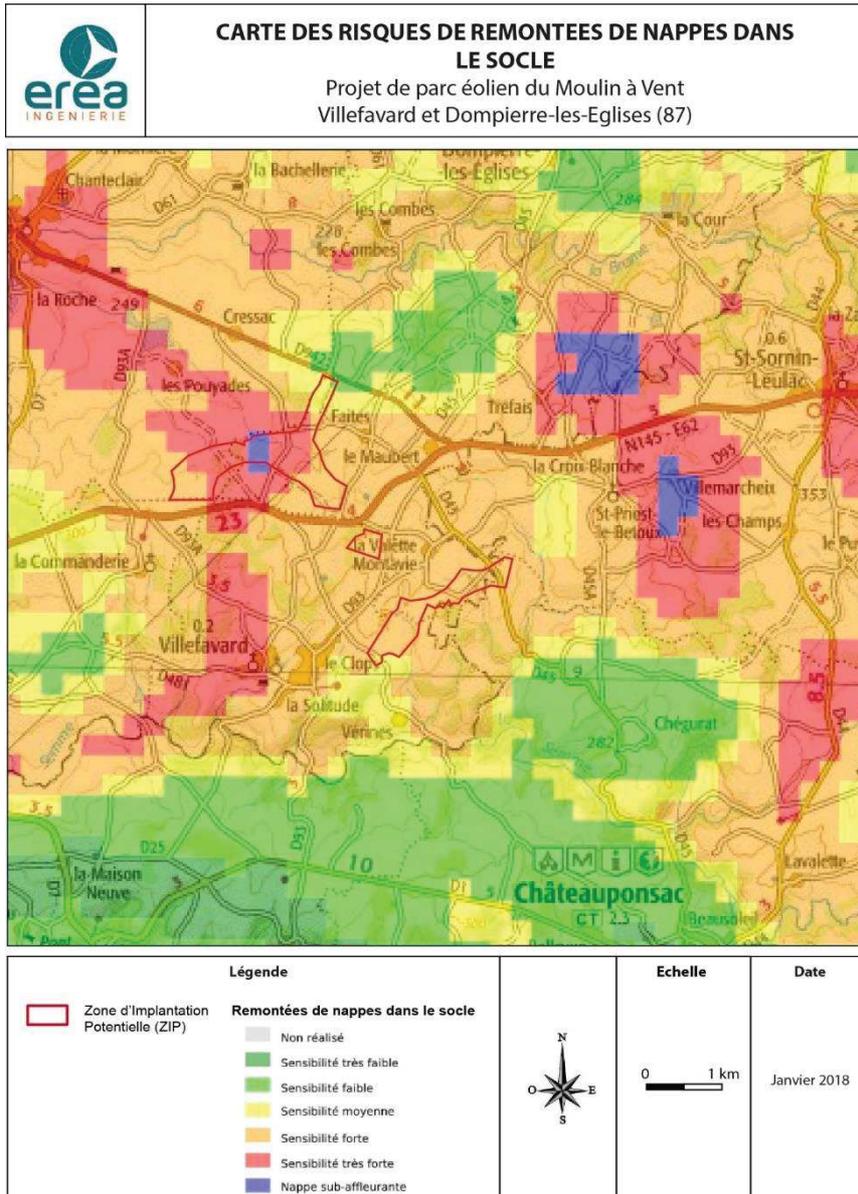
Le couvert forestier dense du département, notamment dans sa partie orientale (cantons de Bessines-sur-Gartempe, Laurière, Nantiat, Ambazac, Saint-Léonard-de-Noblat, Châteauneuf-la-Forêt, Eymoutiers), constitue un facteur potentiel d'aggravation des effets du risque tempête.

La ZIP se trouve hors de cette zone.

Le risque inondation et remontée de nappe

La ZIP est concernée par un risque moyen à très fort de remontée de nappe phréatique. On note également la présence d'une zone où la nappe est sub-affleurante au nord de la nationale n°145 au niveau de la ZIP.

La commune de Dompierre-les-Eglises est concernée par l'AZI (Atlas de Zones Inondables) de la Brame depuis 2005.



Carte 8 : Carte des risques de remontées de nappe phréatique (source : infoterre.brgm.fr)

3.3. ENVIRONNEMENT MATERIEL

Les différentes servitudes grevant l'aire d'étude immédiate ont été collectées auprès des communes concernées et auprès des différents services gestionnaires des équipements et infrastructures qui ont été consultés dans le cadre du projet.

3.3.1. VOIES DE COMMUNICATION

La route nationale n°145, la route départementale n°942 et plusieurs autres routes départementales secondaires grevent l'aire d'étude rapprochée.

Dans son courrier du 11 janvier 2018, le Conseil Départemental de la Haute Vienne, précise que les prescriptions techniques suivantes devront être prises en compte :

- ✓ Pour la route départementale n°942, classée grand axe économique, une distance égale à au moins 1,5 fois la hauteur totale de l'ouvrage (mât + pale) devra séparer l'éolienne de la limite du domaine public départemental. Pour les autres routes départementales concernées par ce projet, cette distance est abaissée à au moins 1 fois la hauteur totale de l'ouvrage (mât + pale).

Seules les éoliennes E3 et E6 sont concernées par ces contraintes, respectivement pour la RD942 et la RD45. Dans le cadre du projet éolien, ces deux éoliennes se situent à 1 fois leur hauteur totale des routes départementales RD942 et RD45.

Par ailleurs, depuis le 1er janvier 2016, l'article L-111-1-4 du code de l'urbanisme relatif aux installations de constructions à proximité des routes est abrogé. Il est déplacé à l'article L111-6 qui stipule qu'*en-dehors des espaces urbanisés des communes, les constructions ou installations sont interdites dans une bande de cent mètres de part et d'autre de l'axe des autoroutes, des routes express et des déviations au sens du code de la voirie routière et de soixante quinze mètres de part et d'autre de l'axe des autres routes classées à grande circulation*". Implanter une éolienne dans ces bandes est donc interdit.

La RN 145 bidirectionnelle en Haute Vienne est une route classée à grande circulation donc la prescription d'implantation d'une éolienne entre l'axe de la voie de communication et la projection verticale du volume d'éolienne est de 75 m minimum (voir article R420-1 du code de l'urbanisme).

C'est cette même logique qui a été appliquée pour la RD 942 (sachant que la RN 145 a un trafic près de 4 fois supérieur à celui de la RD 942 et que la distance entre E3 et l'axe de la RD 942 est de 180 m soit bien au-delà des 75 m requis par l'article L-111-1-4 du Code de l'urbanisme).

3.3.2. RESEAUX

Les différentes installations et servitudes présentes au sein de la zone d'étude sont exposées dans ce paragraphe.

Servitude hertzienne

La zone d'étude du projet éolien est traversée par un futur faisceau hertzien du Ministère de l'Intérieur allant de Saint-Sulpice-les-Feuilles à Blond. Une zone de dégagement de 150 m de largeur de part et d'autre de l'axe du faisceau doit être considérée.

Réseau électrique

Une ligne électrique traverse le nord-ouest de la ZIP. Compte tenu de l'importance que revêt une ligne électrique pour le bon fonctionnement et la sécurité du réseau public de transport, RTE estime qu'il serait hautement souhaitable qu'une distance supérieure à la hauteur des éoliennes (pales comprises) soit respectée entre ces dernières et le conducteur le plus proche de la ligne, et ce, afin de limiter les conséquences graves d'une chute ou de la protection de matériaux pour la sécurité des personnes et des biens

Captages d'eau potable

L'aire d'étude rapprochée est concernée par le PPI et PPR de deux captages d'eau potable situés sur la commune de Villefavard, les Landes 1 et 2, au lieu-dit « la lande de Champeau ». Le PPR de ces captages intercepte la partie centrale de la ZIP, mais est sans contrainte pour le projet éolien.

Autres

Il n'existe aucun ouvrage de la société des Transports Pétroliers par Pipeline (TRAPIL) localisé sur la ZIP.

Egalement, GRT Gaz a indiqué qu'il ne possédait aucun ouvrage de transport de gaz sur le territoire des communes de Villefavard et de Dompierre-les-Eglises.

3.3.3. SERVITUDES

Habitations

La distance réglementaire de 500 mètres par rapport à toute habitation est largement respectée pour chacune des éoliennes.

Les monuments historiques

Un monument historique et un site classé se situent à l'intérieur de l'aire d'étude rapprochée. Ils sont à plus d'un kilomètre de l'éolienne la plus proche (E4).

Sites archéologiques

La DRAC du Limousin fait mention de 2 sites archéologiques à proximité du projet éolien. En fonction des implantations prévues et des travaux qui en découleront, des opérations de diagnostics archéologiques pourront être engagées.

Autres

Aucune autre servitude (aviation civile, radar, ...) ne contraint la zone du projet éolien.

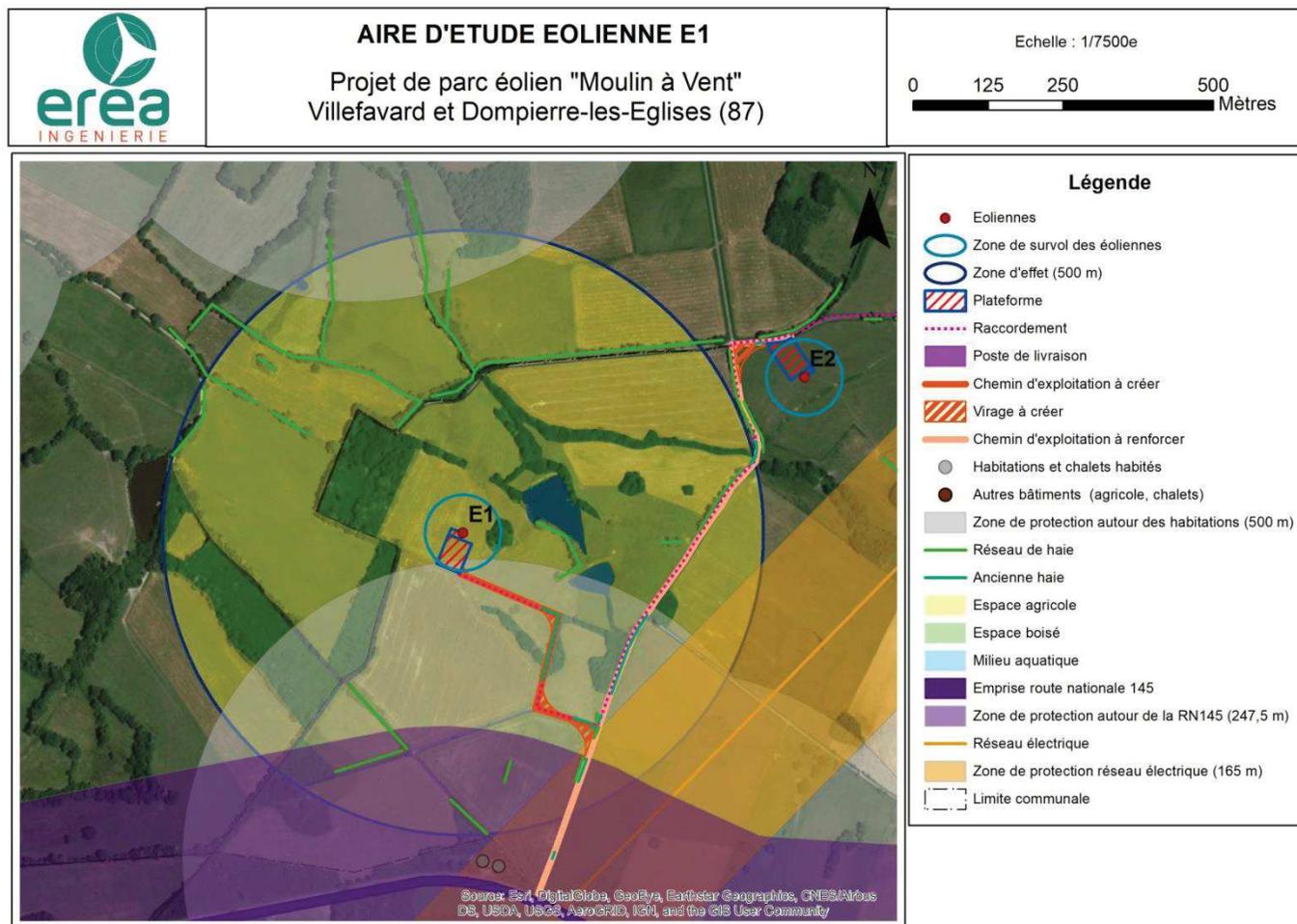
3.4. CARTOGRAPHIE DE SYNTHESE

En conclusion, on estime compris entre 0,864 et 10,278 le nombre équivalent de personnes (« ep ») présentes dans l'aire d'étude de dangers de chacune des éoliennes.

Equivalent personnes présente dans l'aire d'étude (500 m autour de chaque éolienne – 78,5 ha)		E1	E2	E3	E4	E5	E6
Terrains non bâtis	Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, forêts, friches, marais,...) (1 ep pour 100 ha)	0,767	0,767	0,771	0,774	0,774	0,773
	Terrains aménagés, mais peu fréquentés (voies de circulation non structurantes, chemins agricoles, chasseurs, plateformes de stockage,...) (1 ep pour 10 ha)	0,16	0,16	0,13	0,09	0,10	0,10
Voies de circulation	Voies de circulation automobile structurantes (RN145 et RD942) (0,4 ep/km par tranche de 100 véhicules/jour)	0	0	9,377	0	0	0
TOTAL		0,927	0,927	10,278	0,864	0,874	0,873

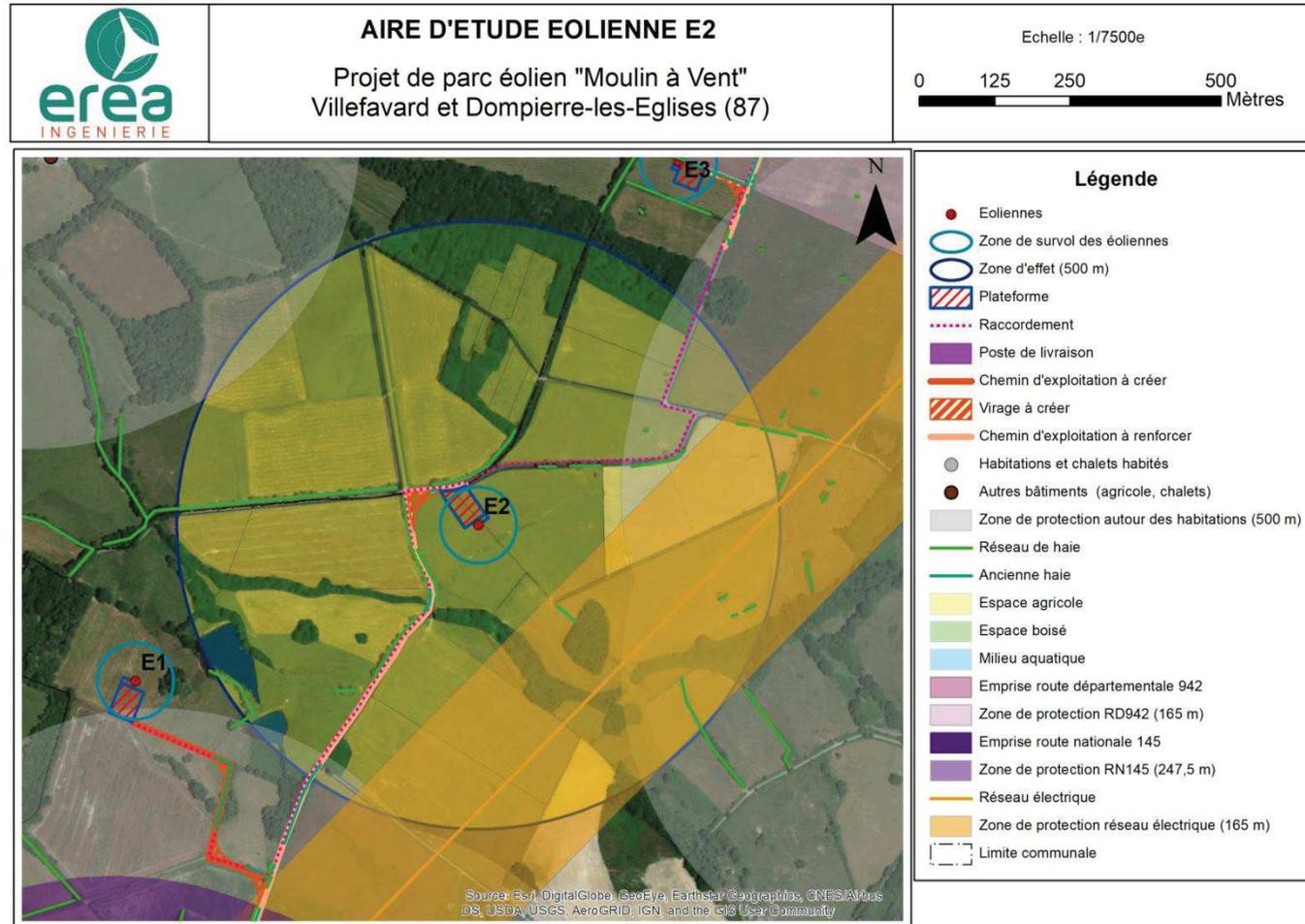
La méthode de comptage des enjeux humains dans chaque secteur est présentée en annexe 1. Elle se base sur la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers.

3.4.1. CARTE DES ENJEUX A PROTEGER DANS L'AIRE D'ETUDE D'E1



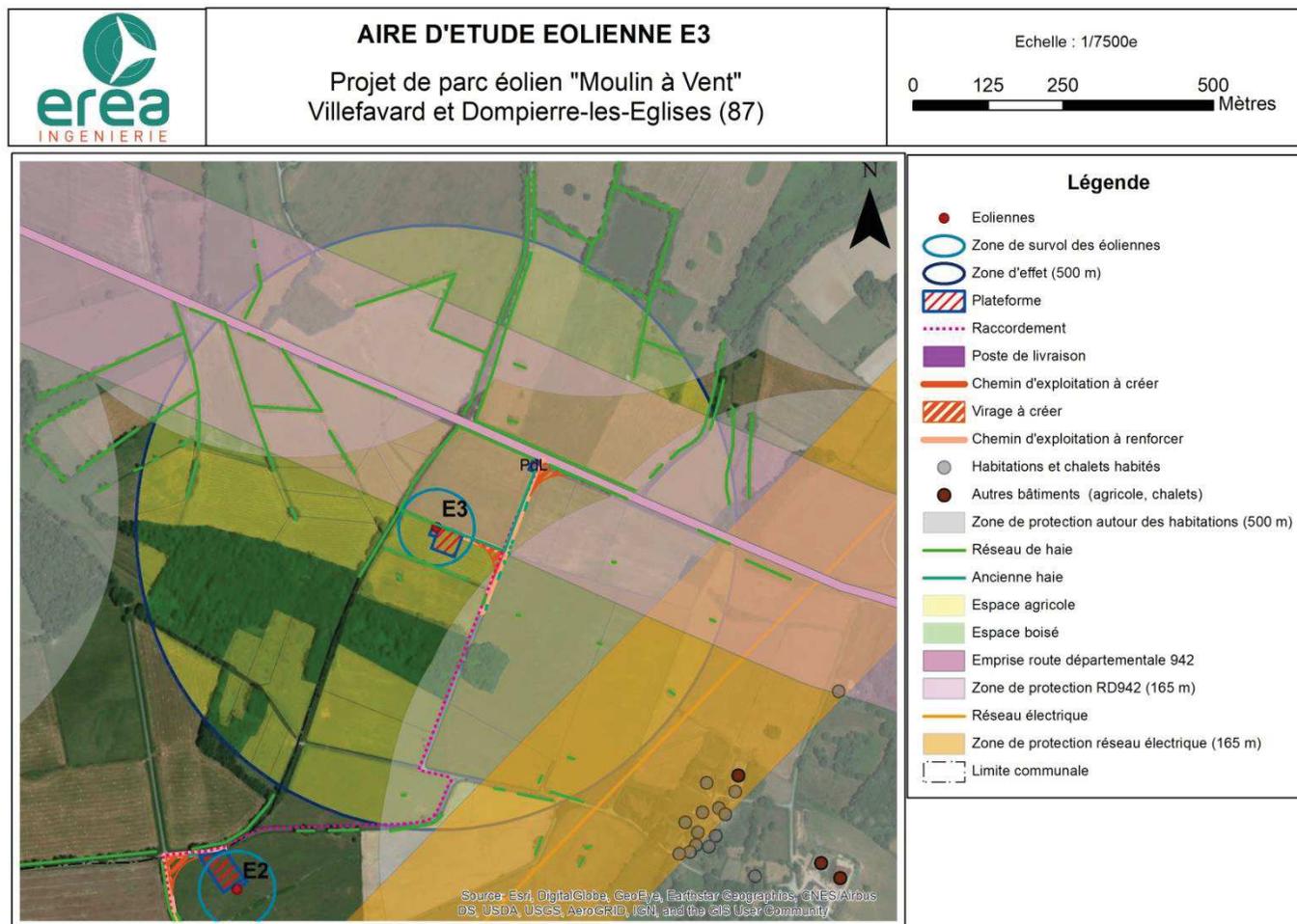
Champs, prairies, forêts : 76,7 ha → ep : 0,767	Routes peu structurantes, chemins, jardins peu fréquentés : 1,6 ha → ep : 0,16	78,5 ha 0,927 ep
---	--	---------------------

3.4.2. CARTE DES ENJEUX A PROTEGER DANS L'AIRE D'ETUDE D'E2



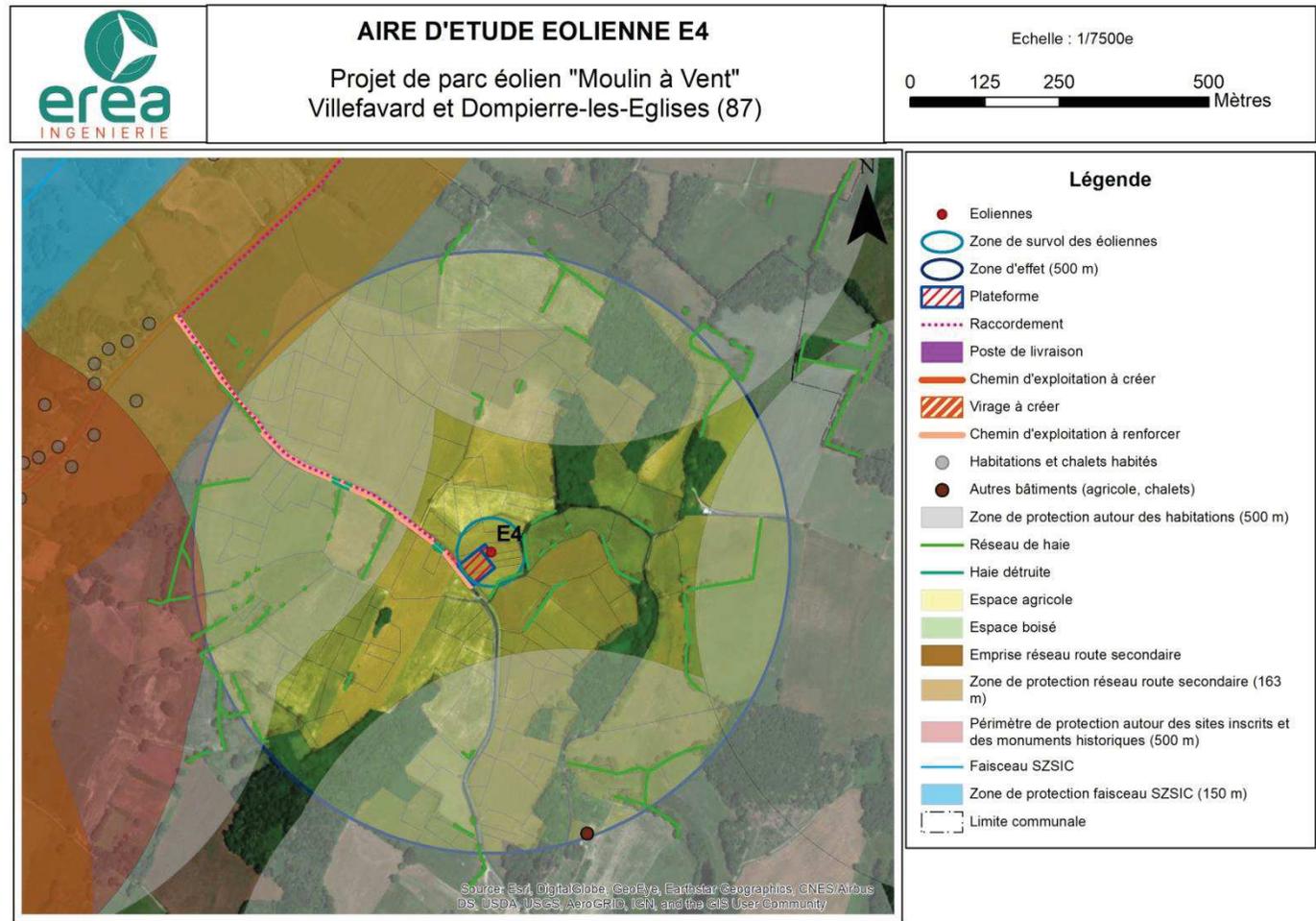
Champs, prairies, forêts : 76,7 ha → ep : 0,767	Routes peu structurantes, chemins, jardins peu fréquentés : 1,6 ha → ep : 0,16	78,5 ha
		0,927 ep

3.4.3. CARTE DES ENJEUX A PROTEGER DANS L'AIRE D'ETUDE D'E3



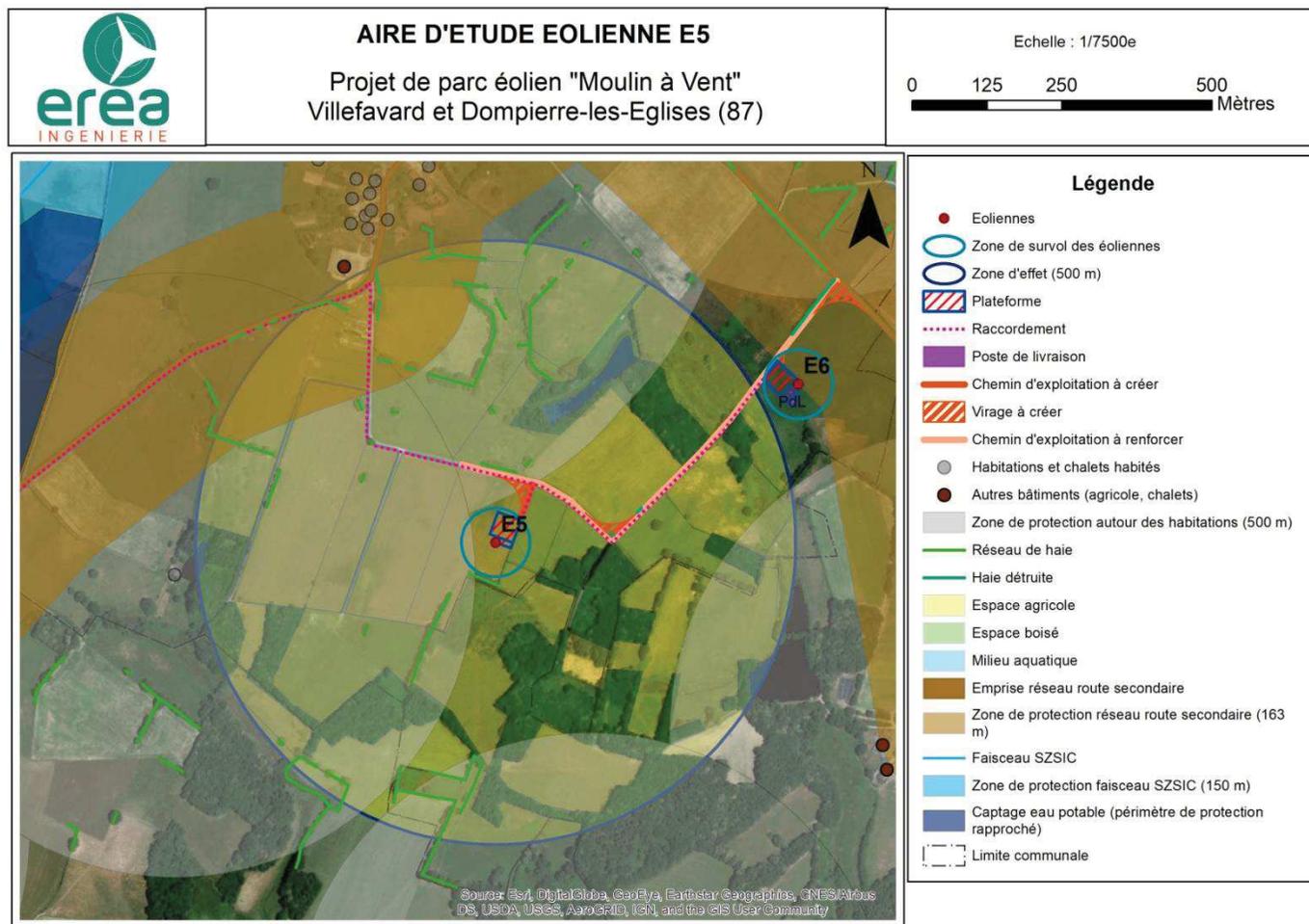
Champs, prairies, forêts : 77,1 ha → ep : 0,771	Routes peu structurantes, chemins, jardins peu fréquentés : 1,3 ha → ep : 0,13	78,5 ha
	Routes structurantes : 0,934 km → ep : 9,377	10,278 ep

3.4.4. CARTE DES ENJEUX A PROTEGER DANS L'AIRE D'ETUDE D'E4



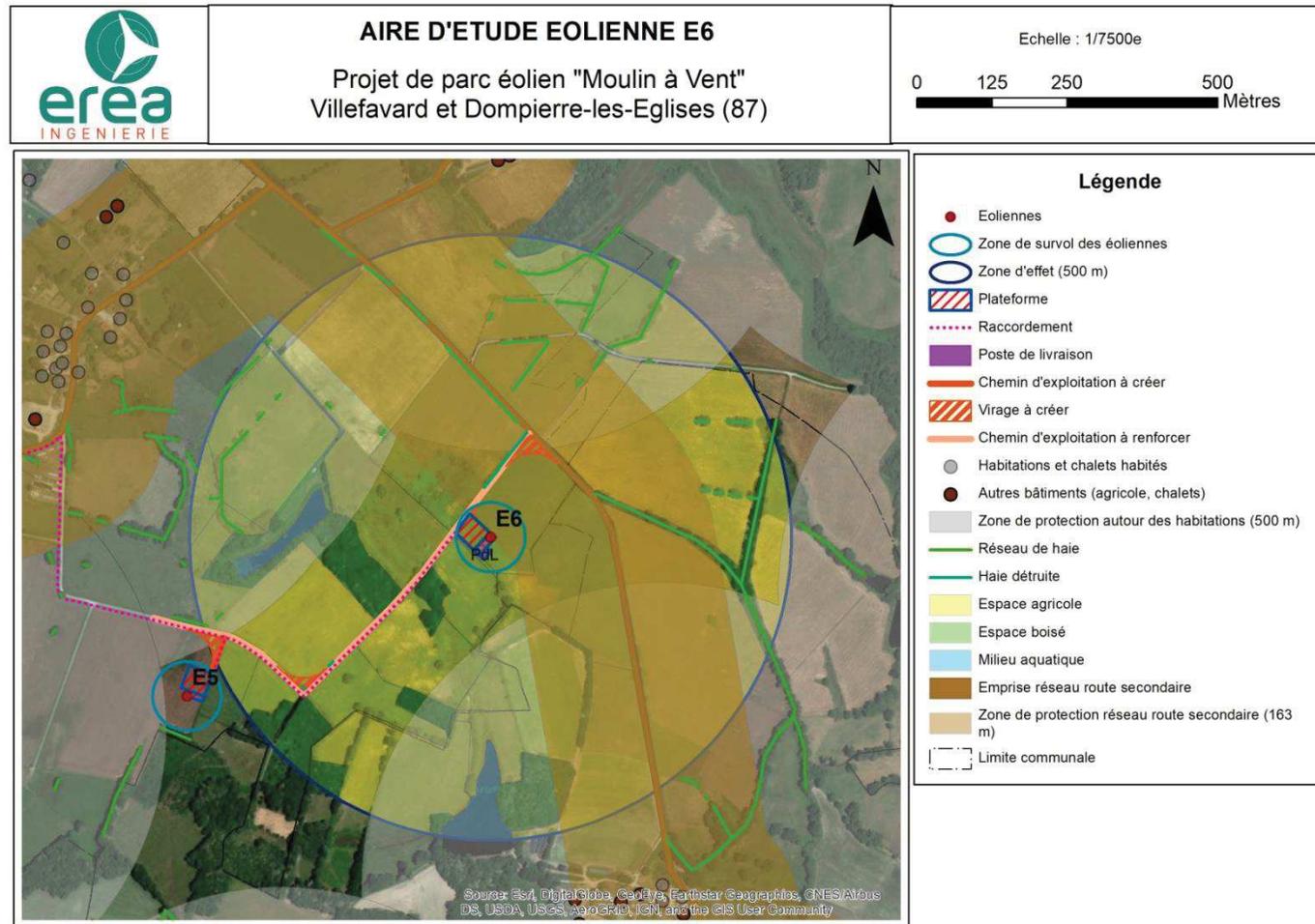
Champs, prairies, forêts : 77,4 ha → ep : 0,774	Routes peu structurantes, chemins, jardins peu fréquentés : 0,9 ha → ep : 0,09	78,5 ha
		0,864 ep

3.4.5. CARTE DES ENJEUX A PROTEGER DANS L'AIRE D'ETUDE D'E5



Champs, prairies, forêts : 77,4 ha → ep : 0,774	Routes peu structurantes, chemins, jardins peu fréquentés : 1,0 ha → ep : 0,10	78,5 ha 0,874 ep
---	--	---------------------

3.4.1. CARTE DES ENJEUX A PROTEGER DANS L'AIRE D'ETUDE D'E6



Champs, prairies, forêts : 77,3 ha → ep : 0,773	Routes peu structurantes, chemins, jardins peu fréquentés : 1,0 ha → ep : 0,10	79 ha
		0,873 ep

4. DESCRIPTION DE L'INSTALLATION

Ce chapitre a pour objectif de caractériser l'installation envisagée ainsi que son organisation et son fonctionnement, afin de permettre d'identifier les principaux potentiels de danger qu'elle représente (chapitre 5), au regard notamment de la sensibilité de l'environnement décrit précédemment.

4.1. CARACTERISTIQUES DE L'INSTALLATION

4.1.1. CARACTERISTIQUES GENERALES D'UN PARC EOLIEN

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

- Plusieurs 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 poste de livraison vers le poste source (appelé « réseau externe » et appartenant le plus souvent au gestionnaire du réseau de distribution d'électricité) ;
- Un réseau de chemins d'accès ;
- Eventuellement des éléments annexes type mât de mesure de vent, aire d'accueil du public, aire de stationnement, etc.

❖ **Éléments constitutifs d'un aérogénérateur**

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

Les aérogénérateurs se composent de trois principaux éléments :

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

- le système d'orientation de la nacelle qui place le rotor face au vent pour une production optimale d'énergie,
- les outils de mesure du vent (anémomètre, girouette),
- le balisage diurne et nocturne nécessaire à la sécurité aéronautique.

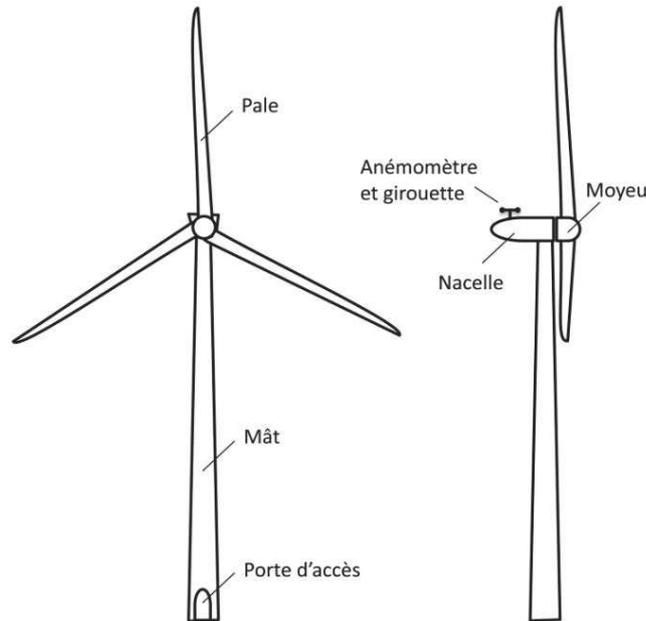


Illustration 1 : schéma simplifié d'un aérogénérateur

❖ Emprise au sol

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

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

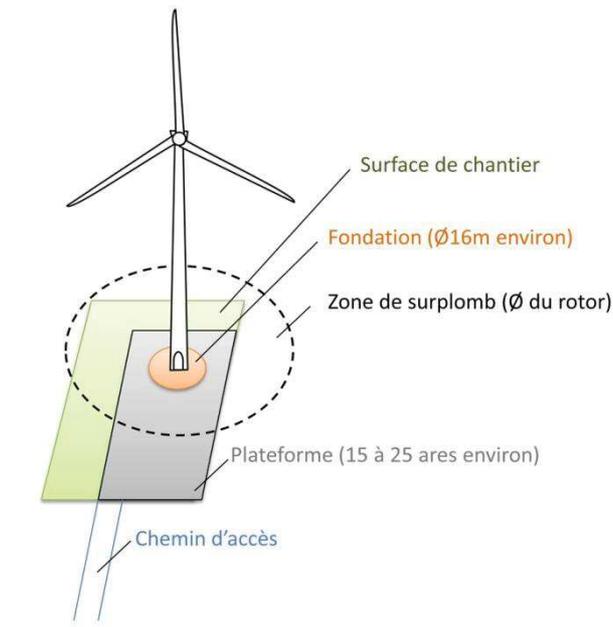


Illustration 2 : exemple d'emprises au sol d'une éolienne

❖ 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 :

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

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

Durant la phase d'exploitation, les chemins sont utilisés par des véhicules légers (maintenance régulière) ou par des engins permettant d'importantes opérations de maintenance (ex : changement de pale). L'entretien des chemins durant la phase d'exploitation est assuré par l'exploitant (techniquement et financièrement).

4.1.2. ACTIVITE DE L'INSTALLATION

L'activité principale du projet éolien du Moulin à Vent est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent avec une hauteur (mât + nacelle) comprise entre 163 et 165 m. Cette installation est donc soumise à la rubrique 2980 des installations classées pour la protection de l'environnement.

4.1.3. COMPOSITION DE L'INSTALLATION

Le projet éolien du Moulin à Vent est composé de six aérogénérateurs et de deux postes de livraison.

Les données de vents sur le site ainsi que les contraintes et servitudes ont permis de définir une enveloppe dimensionnelle maximale (gabarit) à laquelle répondront les aérogénérateurs qui seront installés sur les positions précises. Deux configurations sont envisagées avec chacune deux modèles d'aérogénérateurs :

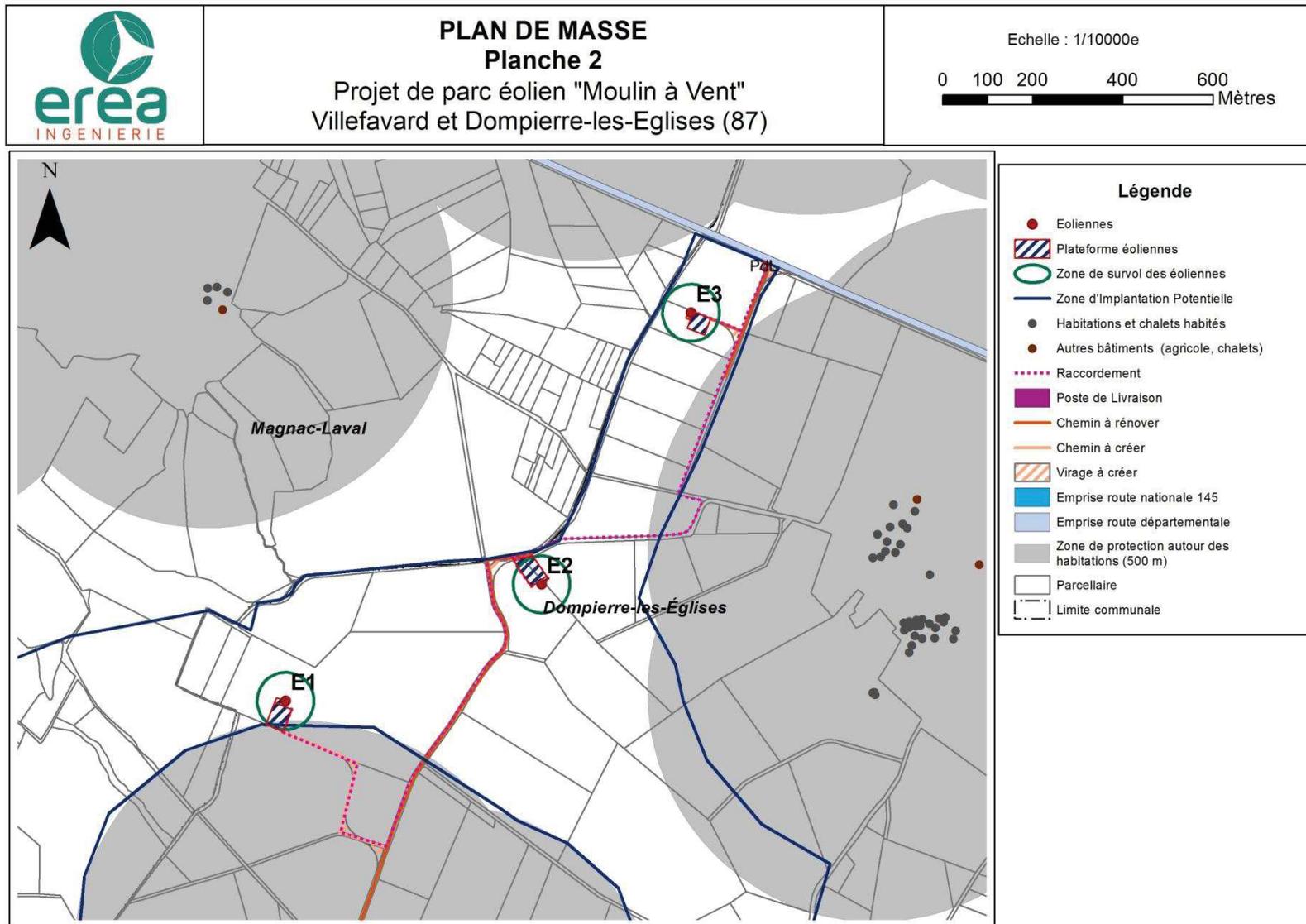
- GAMESA
 - E1, E2, E3 : G126 – 2,625 MW – 102 m de mât (165 m en bout de pale),
 - E4, E5, E6 : G114 – 2,10 MW – 106 m de mât (163 m en bout de pale).
- VESTAS
 - E1, E2, E3 : V126 – 3,6 MW – 87 m de mât (150 m en bout de pale),
 - E4, E5, E6 : V110 – 2,2 MW – 95 m de mât (150 m en bout de pale).

Afin d'adopter une approche conservatrice, les gabarits de référence pour l'étude de dangers sont ceux de la configuration GAMESA car ils présentent le plus grand diamètre de rotor ainsi que les plus grandes hauteurs de mât.

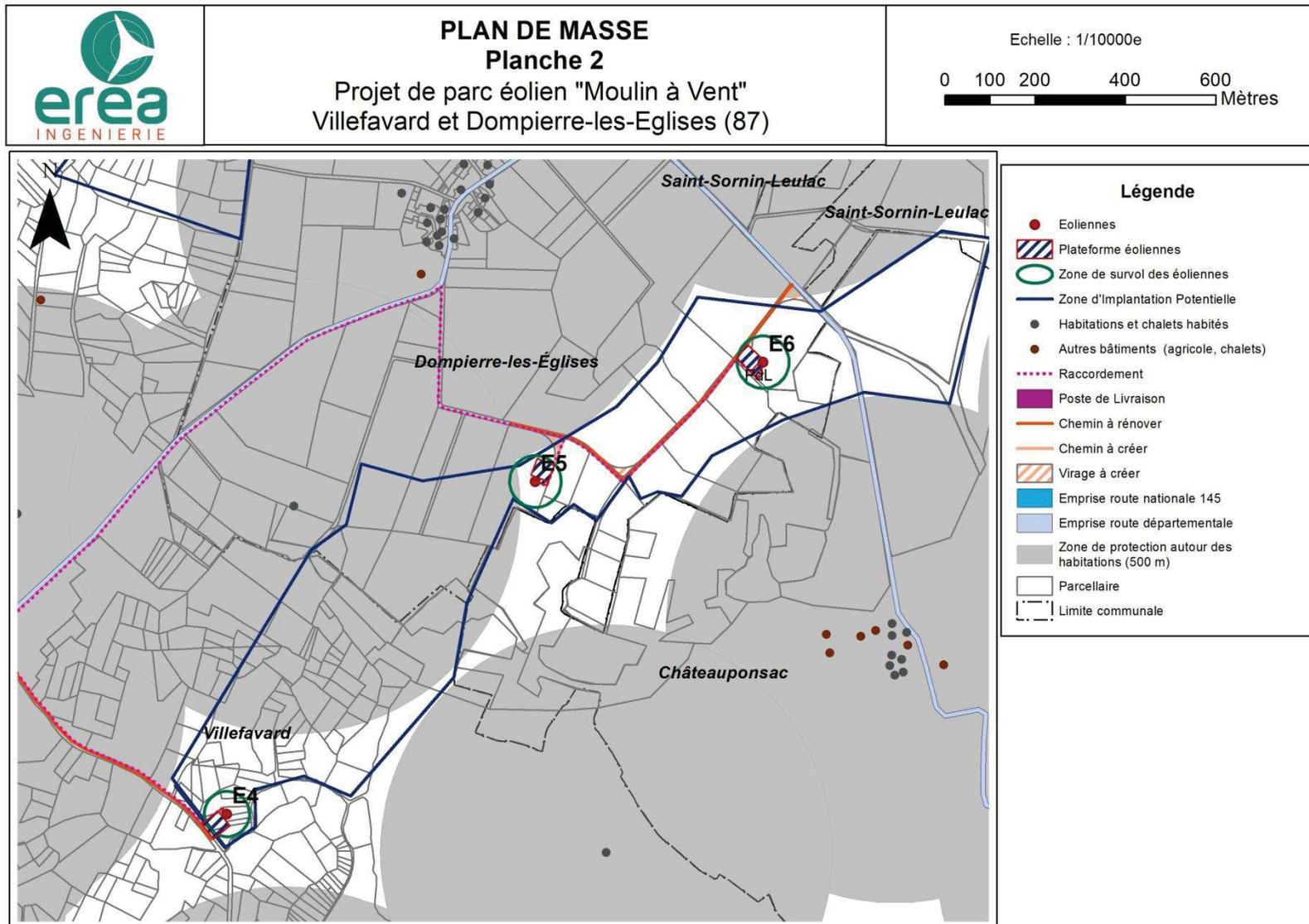
Le tableau suivant indique les coordonnées géographiques des aérogénérateurs et des postes de livraison (PDL) :

Eolienne	Lambert 93	
	X	Y
E1	561 590	6 567 197
E2	562 159	6 567 454
E3	562 490	6 568 052
E4	563 261	6 564 710
E5	563 945	6 565 441
E6	564 449	6 565 703
PDL 1	562 653	6 568 155
PDL 2	564 439	6 565 674

Tableau 4 : coordonnées géographiques des éoliennes et des postes de livraison



Carte 9 : plan de masse de l'installation (1/2)



Carte 10 : plan de masse de l'installation (2/2)

4.2. FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

4.2.1. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UN AEROGENERATEUR

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

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

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

Pour un aérogénérateur de 2,5 MW par exemple, dès que le vent atteint environ 50 km/h (fonctionnement en pleine puissance), la production électrique atteint l'équivalent d'une production horaire de 2 500 kWh. 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.

Elément de l'installation	Fonction	Caractéristiques
<i>Fondation</i>	<i>Ancrer et stabiliser l'éolienne dans le sol</i>	<i>Béton armé, circulaire sur environ 300 m², sur une épaisseur d'environ 3 m, à environ 1 m du terrain naturel pour permettre une continuité de l'exploitation agricole</i>
<i>Mât</i>	<i>Supporter la nacelle et le rotor</i>	<i>Acier tubulaire ou béton composé de 3 éléments assemblés (boulonnés) sur site directement.</i>

Elément de l'installation	Fonction	Caractéristiques
<i>Nacelle</i>	<i>Supporter le rotor Abriter le dispositif de conversion de l'énergie mécanique en électricité (génératrice, etc.) ainsi que les dispositifs de contrôle et de sécurité</i>	<i>Masse d'environ 350 tonnes. Comprends le moyeu sur lequel se positionne le rotor, le multiplicateur, le générateur électrique, le système parafoudre, le système d'orientation, l'arbre lent, l'arbre rapide, le refroidisseur, le frein mécanique, les outils de mesure (girouette, anémomètre), un système de commande.</i>
<i>Rotor / pales</i>	<i>Capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice</i>	<i>Pales en fibre de verre. Masse d'environ 8 tonnes par pale.</i>
<i>Transformateur</i>	<i>Elever la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau</i>	<i>Intégré au mât de l'éolienne (au pied). Tension électrique en sortie de génératrice : 690 V. Tension en sortie de transformateur : 20 000 V</i>
<i>Poste de livraison</i>	<i>Adapter les caractéristiques du courant électrique à l'interface entre le réseau privé et le réseau public</i>	<i>Raccordement privatif des éoliennes au poste de livraison en souterrain en suivant les chemins d'exploitation autant que possible. Liaison publique jusqu'au poste source le plus proche.</i>

4.2.2. SECURITE DE L'INSTALLATION

4.2.2.1. PRESCRIPTIONS RELATIVES A L'ARRETE DU 26 AOUT 2011

❖ Implantation

L'implantation des aérogénérateurs respecte les prescriptions requises par les articles 3 à 5 de l'arrêté. Les aérogénérateurs sont situés :

- A plus de 500 mètres de toute construction à usage d'habitation, de tout immeuble habité ou de toute zone destinée à l'habitation telle que définie dans les documents d'urbanisme opposable en vigueur au 13 juillet 2010 ;
- A plus de 300 mètres d'une installation nucléaire de base visée par l'article 28 de la loi n° 2006-686 du 13 juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire ou d'une installation classée pour l'environnement soumise à l'arrêté du 10 mai 2000 susvisé en raison de la présence de produits toxiques, explosifs, comburants et inflammables ;
- de façon à ne pas perturber de manière significative le fonctionnement des radars et des aides à la navigation utilisés dans le cadre des missions de sécurité de la navigation aérienne et de sécurité météorologique des personnes et des biens ;
- à plus de 250 m de bâtiments à usage de bureaux.

Le modèle d'aérogénérateur retenu permettra de respecter l'article 6 de l'arrêté du 26 août 2011 : au regard de la localisation des aérogénérateurs et de leurs caractéristiques, les habitations ne seront pas exposées à un champ magnétique émis par les aérogénérateurs supérieurs à 100 microteslas à 50-60 Hz.

❖ Dispositions constructives

Les chemins d'accès aux aérogénérateurs et plateforme de stockage seront maintenus et entretenus par l'exploitant selon les termes de l'article 7 de l'arrêté du 26 août 2011.

Le maître d'Ouvrage s'engage à choisir un modèle d'aérogénérateur qui respectera les articles 8 à 11 de l'arrêté du 26 août 2011 :

- L'aérogénérateur sera conforme aux dispositions de la norme NF EN 61 400-1 dans sa version de juin 2006 ou CEI 61 400-1 dans sa version de 2005 ou toute norme équivalente en vigueur dans l'Union Européenne, à l'exception des dispositions contraires aux prescriptions de l'arrêté du 26 août 2011. L'exploitant tiendra à disposition de l'inspection des installations classées les rapports des organismes compétents attestant de la conformité des aérogénérateurs à la norme précitée. En outre l'exploitant tiendra à disposition de l'inspection des installations classées les justificatifs démontrant que chaque aérogénérateur de l'installation est conforme aux dispositions de l'article R. 111-38 du code de la construction et de l'habitation.
- L'installation sera mise à la terre. Les aérogénérateurs respecteront les dispositions de la norme IEC 61 400-24 (version de juin 2010). L'exploitant tiendra à disposition de l'inspection des installations classées les rapports des organismes compétents attestant de la conformité des aérogénérateurs à la norme précitée.
- Les installations électriques à l'intérieur de l'aérogénérateur respecteront les dispositions de la directive du 17 mai 2006 susvisée qui leur sont applicables. Les installations électriques extérieures à l'aérogénérateur seront conformes aux normes NFC 15-100 (version compilée de 2008), NFC 13-100 (version de 2001) et NFC 13-200 (version de 2009).
- Le balisage de l'installation sera conforme aux dispositions prises en application des articles L. 6351-6 et L. 6352-1 du code des transports et des articles R. 243-1 et R. 244-1 du code de l'aviation civile.

❖ Exploitation

Après la mise en service, l'exploitant prendra soin de respecter les articles 13 et 14 de l'arrêté du 26 août 2011 relatifs à la sécurité pendant la phase d'exploitation.

- les personnes étrangères à l'installation n'auront pas d'accès libre à l'intérieur des aérogénérateurs. Les accès à l'intérieur de chaque aérogénérateur, du poste de transformation, de raccordement ou de livraison seront maintenus fermés à clef afin d'empêcher les personnes non autorisées d'accéder aux équipements.
- Les prescriptions à observer par les tiers seront affichées soit en caractères lisibles, soit au moyen de pictogrammes sur un panneau sur le chemin d'accès de chaque aérogénérateur, sur le poste de livraison et, le cas échéant, sur le poste de raccordement. Elles concernent notamment :
 - les consignes de sécurité à suivre en cas de situation anormale ;
 - l'interdiction de pénétrer dans l'aérogénérateur ;
 - la mise en garde face aux risques d'électrocution ;
 - la mise en garde face au risque de chute de glace.

❖ Limitation des risques

Afin d'appréhender au mieux les risques et de limiter leurs effets au maximum, l'exploitant respectera les articles 22 à 25 de l'arrêté du 26 août 2011.

- Des consignes de sécurité seront établies et portées à la connaissance du personnel en charge de l'exploitation et de la maintenance. Ces consignes indiqueront :
 - les procédures d'arrêt d'urgence et de mise en sécurité de l'installation ;
 - les limites de sécurité de fonctionnement et d'arrêt ;
 - les précautions à prendre avec l'emploi et le stockage de produits incompatibles ;
 - les procédures d'alertes avec les numéros de téléphone du responsable d'intervention de l'établissement, des services d'incendie et de secours.

Les consignes de sécurité indiqueront également les mesures à mettre en œuvre afin de maintenir les installations en sécurité dans les situations suivantes : survitesse, conditions de gel, orages, tremblements de terre, haubans rompus ou relâchés, défaillance des freins, balourd du rotor, fixations détendues, défauts de lubrification, tempêtes de sable, incendie ou inondation.

- Chaque aérogénérateur sera doté d'un système de détection qui permettra d'alerter, à tout moment, l'exploitant ou un opérateur qu'il aura désigné, en cas d'incendie ou d'entrée en survitesse de l'aérogénérateur.

L'exploitant ou un opérateur qu'il aura désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de quinze minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur.

L'exploitant dressera la liste de ces détecteurs avec leur fonctionnalité et déterminera les opérations d'entretien destinées à maintenir leur efficacité dans le temps.

- Chaque aérogénérateur sera doté de moyens de lutte contre l'incendie appropriés aux risques et conformes aux normes en vigueur, notamment :
 - d'un système d'alarme qui pourra être couplé avec le dispositif mentionné précédemment et qui informera l'exploitant à tout moment d'un fonctionnement anormal. Ce dernier sera en mesure de mettre en œuvre les procédures d'arrêt d'urgence mentionnées ci-dessus dans un délai de soixante minutes ;
 - d'au moins deux extincteurs situés à l'intérieur de l'aérogénérateur, au sommet et au pied de celui-ci. Ils seront positionnés de façon bien visible et facilement accessible. Les agents d'extinction seront appropriés aux risques à combattre.
- Chaque aérogénérateur sera équipé d'un système permettant de détecter ou de déduire la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. En cas de formation importante de glace, l'aérogénérateur sera mis à l'arrêt dans un délai maximal de soixante minutes. L'exploitant définira une procédure de redémarrage de l'aérogénérateur en cas d'arrêt automatique lié à la présence de glace sur les pales. Cette procédure figurera parmi les consignes de sécurité mentionnées précédemment. Cette procédure de redémarrage contiendra une phase préliminaire permettant de garantir que le risque de chute de glace a été éliminé avant la remise en fonctionnement de l'aérogénérateur.

Lorsqu'un référentiel technique permettant de déterminer l'importance de glace formée nécessitant l'arrêt de l'aérogénérateur sera reconnu par l'Inspecteur des Installations Classées, l'exploitant respectera les règles prévues par ce référentiel.

4.2.2.2. ORGANISATION AVEC LES SERVICES DE SECOURS

Les Centres de Secours les plus proches se situent à Magnac-Laval et à Châteauponsac.

De manière générale, les précautions suivantes seront suivies :

Accessibilité

Le site devra disposer en permanence d'une voie d'accès carrossable au moins pour permettre l'intervention des services d'incendie et de secours. Cet accès devra être entretenu. Les abords de l'installation placés sous le contrôle de l'exploitant devront être maintenus en bon état de propreté.

Exploitation

Le fonctionnement de l'installation devra être assuré par un personnel compétent d'une formation portant sur les risques présentés par l'installation, ainsi que sur les moyens mis en œuvre pour les éviter. Il devra connaître les procédures à suivre en cas d'urgence et procéder à des exercices d'entraînement, le cas échéant, en lien avec les services de secours.

Consignes de sécurité

Des consignes de sécurité devront être établies et portées à la connaissance du personnel en charge de l'exploitation et de la maintenance. Ces consignes indiqueront :

- Les procédures d'arrêt d'urgence et de mise en sécurité de l'installation;
- Les limites de sécurité de fonctionnement et d'arrêt ;
- Les précautions à prendre avec l'emploi et le stockage de produits incompatibles ;
- Les procédures d'alertes avec les numéros de téléphone du responsable d'intervention de l'établissement, des services d'incendie et de secours. Les consignes de sécurité indiqueront également les mesures à mettre en œuvre afin de maintenir les installations en sécurité dans les situations suivantes : survitesse, conditions de gel, orages, tremblements de terre, haubans rompus ou relâchés, défaillance des freins, balourd du rotor, fixation détendue, défauts de lubrification, tempêtes de sable, incendie ou inondation.

Installations électriques

Les installations électriques doivent être réalisées conformément à la Directive du 17/05/2006 et aux normes NF C 15-100, NF C 13-100 et NF C 13-200.

Toutes les installations électriques doivent être entretenues en bon état et contrôlées après leur installation ou leur modification, par une personne compétente.

La périodicité, l'objet et l'étendue des vérifications des installations électriques ainsi que le contenu des rapports relatifs aux dites vérifications sont fixés par l'Arrêté du 10 octobre 2000. (Art. 10 de l'arrêté du 26/08/2011)

Mise à la terre des équipements

Les équipements métalliques (réservoirs, cuves, canalisation) doivent être mis à la terre conformément aux règlements et aux normes applicables, compte-tenu notamment de la nature explosive ou inflammable des produits. (Art. 9 de l'arrêté du 26/08/2011)

Moyens de secours contre l'incendie

Chaque aérogénérateur devra être doté d'un système de détection qui permettra d'alerter, à tout moment, l'exploitant ou un opérateur qu'il aura désigné, en cas d'incendie ou d'entrée en survitesse de l'aérogénérateur. L'exploitant ou un opérateur qu'il aura désigné devra être en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de quinze minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur.

Chaque aérogénérateur devra être doté de moyens de lutte contre l'incendie appropriés aux risques et conformes aux normes en vigueur, notamment :

- D'un système d'alarme qui pourra être couplé avec le système de détection et qui informera l'exploitant à tout moment d'un fonctionnement anormal. Ce dernier devra être en mesure de mettre en œuvre les procédures d'arrêt d'urgence dans un délai de soixante minutes ;
- D'au moins deux extincteurs situés à l'intérieur de l'aérogénérateur, au sommet et au pied de celui-ci. Ils devront être positionnés de façon bien visible et facilement accessible. Les agents d'extinction devront être appropriés aux risques à combattre. Cette disposition ne s'applique pas aux aérogénérateurs ne disposant pas d'accès à l'intérieur du mât.

L'ensemble de ces dispositions sera mis en œuvre par l'exploitant du parc éolien.

4.2.3. OPERATIONS DE MAINTENANCE DE L'INSTALLATION

4.2.3.1. PRESCRIPTIONS RELATIVES A L'ARRETE DU 26 AOUT 2011

L'exploitant prendra soin de respecter les articles 9, 10 et 15 à 21 de l'arrêté du 26 août 2011 relatifs à la maintenance des installations :

- Les opérations de maintenance du système de la mise à la terre incluront un contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre.
- Les installations électriques seront entretenues et maintenues en bon état et seront contrôlées avant la mise en service industrielle puis à une fréquence annuelle, après leur installation ou leur modification par une personne compétente. La périodicité, l'objet et l'étendue des vérifications des installations électriques ainsi que le contenu des rapports relatifs auxdites vérifications sont fixés par l'arrêté du 10 octobre 2000.
- Avant la mise en service industrielle d'un aérogénérateur, l'exploitant réalisera des essais permettant de s'assurer du fonctionnement correct de l'ensemble des équipements. Ces essais comprennent :
 - un arrêt ;
 - un arrêt d'urgence ;
 - un arrêt depuis un régime de survitesse ou une simulation de ce régime.

Suivant une périodicité qui ne pourra excéder un an, l'exploitant réalisera 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.

- L'intérieur de l'aérogénérateur sera maintenu propre. L'entreposage à l'intérieur de l'aérogénérateur de matériaux combustibles ou inflammables est interdit.
- Le fonctionnement de l'installation sera assuré par un personnel compétent disposant d'une formation portant sur les risques présentés par l'installation, ainsi que sur les moyens mis en œuvre pour les éviter. Il connaîtra les procédures à suivre en cas d'urgence et procèdera à des exercices d'entraînement, le cas échéant, en lien avec les services de secours.
- Trois mois, puis un an après la mise en service industrielle, puis suivant une périodicité qui ne pourra excéder trois ans, l'exploitant procèdera à un contrôle de l'aérogénérateur consistant en un contrôle des brides de fixations, des brides de mât, de la fixation des pales et un contrôle visuel du mât.
Selon une périodicité qui ne pourra excéder un an, l'exploitant procèdera à un contrôle des systèmes instrumentés de sécurité.
Ces contrôles feront l'objet d'un rapport tenu à la disposition de l'inspection des installations classées.
- L'exploitant disposera d'un manuel d'entretien de l'installation dans lequel seront précisées la nature et les fréquences des opérations d'entretien afin d'assurer le bon fonctionnement de l'installation. L'exploitant tiendra à jour pour chaque installation un registre dans lequel seront consignées les opérations de maintenance ou d'entretien et leur nature, les défaillances constatées et les opérations correctives engagées.
- L'exploitant éliminera ou fera éliminer les déchets produits dans des conditions propres à garantir les intérêts mentionnés à l'article L. 511-1 du code de l'environnement. Il s'assurera que les installations utilisées pour cette élimination sont régulièrement autorisées à cet effet.
Le brûlage des déchets à l'air libre est interdit.
- Les déchets non dangereux (par exemple bois, papier, verre, textile, plastique, caoutchouc) et non souillés par des produits toxiques ou polluants seront récupérés, valorisés ou éliminés dans des installations autorisées.

4.2.3.2. DESCRIPTION SOMMAIRE DES OPERATIONS DE MAINTENANCE

Le planning de maintenance prévu sur toute la durée d'exploitation sera le suivant :

- Première opération au bout de 3 mois de fonctionnement :
 - vérification des systèmes de sécurité (boutons d'arrêt d'urgence, fonctionnement du frein hydraulique, validité des extincteurs, système antichute, équipement d'évacuation d'urgence, batteries de secours),
 - vérification des serrages de boulons sur tous les éléments de construction (tour, nacelle, échelles, diverses plateformes),
 - vérification de l'état du câble 20kV,
 - vérification de l'ascenseur,
 - vérification de l'état et du bon fonctionnement des éléments mécaniques : système d'orientation de la nacelle, multiplicateur, arbre lent, freins, moyeu, rotor, roulement de pales, génératrice, système hydraulique d'orientation des

pales, système de lubrification (multiplicateur, pales, système d'orientation de la nacelle, génératrice), système de refroidissement par eau glycolée, palan interne, radiateur externe. Ces vérifications s'effectuent par des mesures, des contrôles visuels ainsi que des séquences de tests,

- vérification des éléments électriques et électroniques : contrôleur, convertisseur, anémomètre, câbles électriques, transformateur, balisage lumineux, batteries.
- Annuellement :
 - Vérification des systèmes de sécurité,
 - vérification de l'état du câble 20kV,
 - vérification de l'ascenseur,
 - vérification de l'état et du bon fonctionnement des éléments mécaniques,
 - vérification des éléments électriques et électroniques,
 - vérification de l'état de la structure de la tour (fondations, plateformes, amortisseurs d'oscillation de tour, oxydation, moisissure, peinture),
 - remplacement des filtres à air (multiplicateur, éléments électriques),
 - lubrification des éléments tournants (arbre principal, génératrice, système d'orientation des pales),
 - analyse des huiles hydraulique et remplacement si non-conformité,
 - vérification du système de couplage (accouplement composite entre multiplicateur et génératrice),
 - Test d'arrêt ; ce test est effectué hors charge en jouant sur l'orientation des pales de manière à atteindre la vitesse de déclenchement.
- Tous les 4 ou 5 ans (selon l'élément) :
 - remplacement des filtres à huile des systèmes hydrauliques,
 - remplacement des ventilateurs des éléments électriques,
 - remplacement de convertisseurs,
 - remplacement des batteries, des huiles hydrauliques, flexibles (tous les 7 ans),
 - vérification des serrages de boulons des structures (tour, moyeu, pales),
 - purge du circuit de refroidissement par eau glycolée.
- Tous les 10 ans après première mise en route :
 - Remplacement des pompes,
 - Remplacement de certaines valves dans les circuits hydrauliques.

Ces vérifications seront en conformité avec les articles 15 et 18 de l'arrêté du 26 août 2011.

4.2.4. STOCKAGE ET FLUX DE PRODUITS DANGEREUX

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

4.3. FONCTIONNEMENT DES RESEAUX DE L'INSTALLATION

4.3.1. RACCORDEMENT ELECTRIQUE

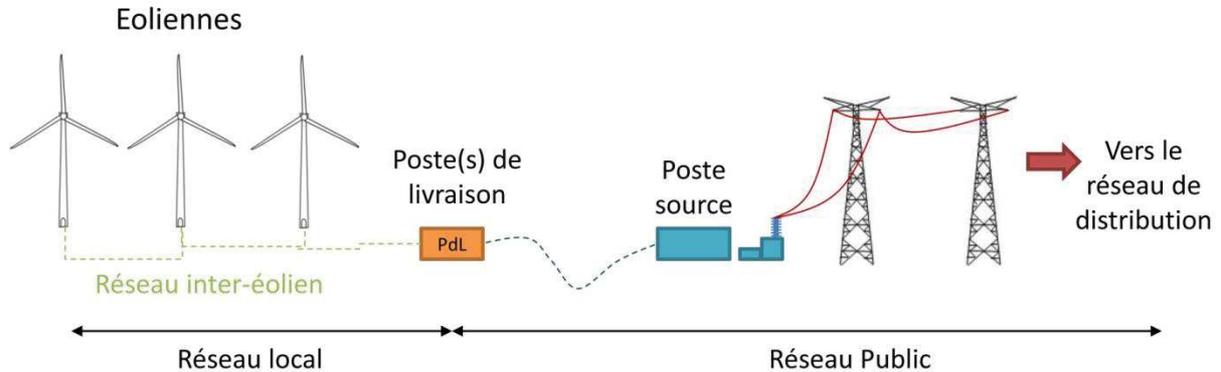


Illustration 3 : raccordement électrique des installations

❖ Réseau inter-éolien

Le réseau inter-éolien permet de relier le transformateur, intégré dans le mât de chaque éolienne, au point de raccordement avec le réseau public. Ce réseau comporte également une liaison de télécommunication (fibre optique) qui relie chaque éolienne au terminal de télésurveillance. Ces câbles constituent le réseau interne de la centrale éolienne, ils sont tous enfouis à environ un mètre de profondeur (cf. plan en coupe ci-après) sur une largeur de 50 à 80 cm. Il s'agit généralement de câbles en structure métallique (aluminium, cuivre) avec une gaine extérieure en PVC.

Pour les gammes de machines de 2 à 5 MW (il s'agit uniquement d'ordre de grandeur, et non pas de réglementation), ce sont des sections de 150 mm² avec des tensions de 20/30kV qui seront utilisées.

Ce réseau suit autant que possible les chemins d'exploitation agricole existants afin de ne pas impacter les conditions d'exploitation de chaque parcelle.

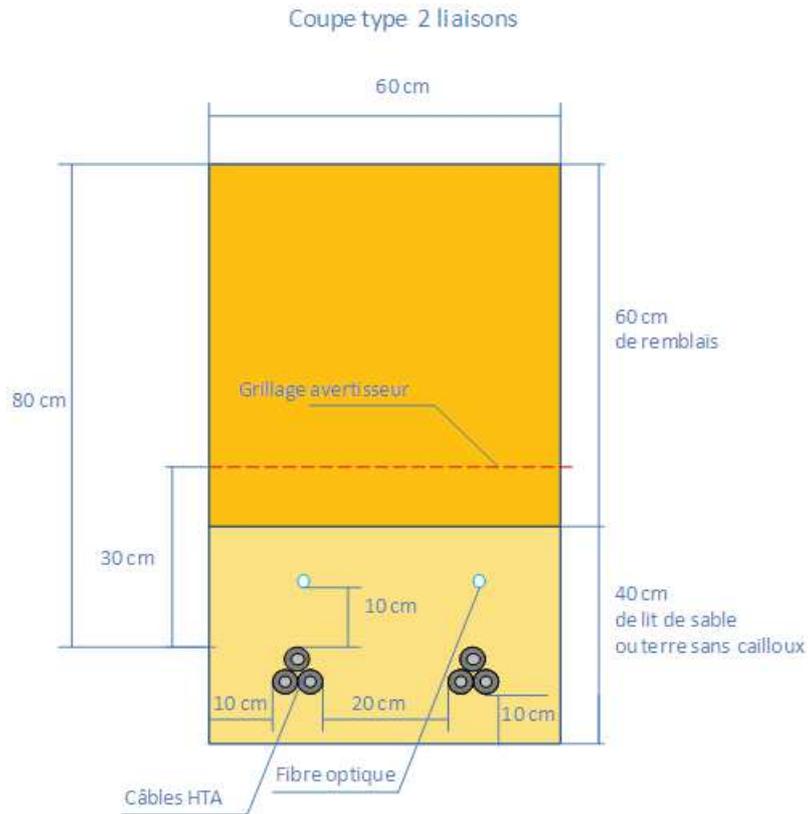


Illustration 4 : plan coupe d'une tranchée de câblage électrique interéolienne.

❖ Poste de livraison

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

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

Le projet éolien du Moulin à Vent disposera de deux postes de livraison électrique. Le premier est situé au nord de l'éolienne E3, au bord de la RD942. Le second est placé à proximité de l'éolienne E6.

❖ Réseau électrique externe

Le réseau électrique externe relie les postes de livraison avec le poste source (réseau public de transport d'électricité). Ce réseau est réalisé par le gestionnaire du réseau de distribution (généralement ENEDIS). Il est lui aussi entièrement enterré.

4.3.2. AUTRES RESEAUX

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

5. IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION

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

5.1. POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX PRODUITS

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

Les produits identifiés dans le cadre du projet éolien du Moulin à Vent 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 inflammable ou combustible n'est stocké dans les aérogénérateurs ou le poste de livraison.

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

Les dangers liés au fonctionnement du projet éolien du Moulin à Vent sont potentiellement de différents types :

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

Ces dangers potentiels sont recensés pour les 7 premiers types dans le tableau suivant :

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

Tableau 5 : dangers potentiels pour chaque élément d'éolienne

❖ **Dysfonctionnement de capteur(s) :**

Il existe un nombre important (plusieurs dizaines) d'instruments de mesures situés à l'intérieur de la nacelle d'une éolienne qui mesurent différents paramètres : la température de l'huile, la vitesse de rotation des éléments du rotor, ...

Il n'y a pas de redondance systématique entre tous ces éléments. Il existe une redondance de certains instruments de mesure (essentiels pour l'optimisation de l'exploitation du parc éolien), notamment les anémomètres et thermomètres situés sur la nacelle. Si l'un d'eux tombe en panne et que la perte d'information occasionnée induit un risque pour la sécurité, l'éolienne s'arrête automatiquement.

❖ **Perte de transmission des données entre le parc éolien et le centre de maintenance :**

L'éolienne est conçue pour s'arrêter de manière autonome et immédiatement en cas de situation critique pour la sécurité. Ainsi, ce ne sont pas les techniciens de maintenance qui commandent au parc de s'arrêter s'il y a trop de vent, par exemple. La sécurité n'est donc pas

remise en cause en cas de perte de transmission de données entre le parc et le centre de maintenance.

Le seul point contraignant vis-à-vis de la perte de communication entre le parc et le centre de maintenance concerne donc l'optimisation de la production : si l'une des éoliennes devait s'arrêter suite à un problème technique, le centre de maintenance n'a pas les moyens d'identifier quelle éolienne et/ou quel capteur est concerné. Le délai d'intervention sur site est donc plus long qu'en temps normal. Mais cela ne concerne en aucun cas la sécurité de l'installation elle-même et de son environnement.

Il est néanmoins toujours possible de connaître la production globale du parc via les données transmises par le compteur du poste de livraison qui envoie l'électricité produite sur le réseau ENEDIS.

5.3. REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS A LA SOURCE

5.3.1. PRINCIPALES ACTIONS PREVENTIVES

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

L'exploitant a effectué des choix techniques pour implanter les éoliennes le plus à l'écart des zones à enjeux, le choix même du site correspondant à un **secteur éloigné de toute habitation et un recul important des routes encadrant le site d'implantation**. Plusieurs variantes ont été envisagées, celle retenue **respectant le mieux les enjeux identifiés et les servitudes en présence et s'éloignant le plus possible des habitations environnantes**.

Les caractéristiques des éoliennes répondent à une optimisation de la production tout en tenant compte des conditions de vent, des espaces inter-éoliennes et des impacts acoustiques.

La norme IEC 61 400-1 intitulée « exigence pour la conception des aérogénérateurs » fixe des 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 l'éolienne. Elles seront prises en compte par le constructeur lors de la fourniture des éoliennes.

5.3.2. UTILISATION DES MEILLEURES TECHNIQUES DISPONIBLES

L'Union Européenne a adopté un ensemble de règles communes au sein de la directive 96/61/CE du 24 septembre 1996 relative à la prévention et à la réduction intégrée 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.

6. ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE

L'objectif de ce chapitre de l'étude de dangers est de rappeler les différents incidents et accidents qui sont survenus dans la filière éolienne, afin d'en faire une synthèse en vue de l'analyse des risques pour l'installation et d'en tirer des enseignements pour une meilleure maîtrise du risque dans les parcs éoliens. Il n'existe actuellement aucune base de données officielle recensant l'accidentologie dans la filière éolienne. Néanmoins, il a été possible d'analyser les informations collectées en France et dans le monde par plusieurs organismes divers (associations, organisations professionnelles, littérature spécialisée, etc.). Ces bases de données sont cependant très différentes tant en termes de structuration des données qu'en termes de détail de l'information.

L'analyse des retours d'expérience vise donc ici à faire émerger des typologies d'accident rencontrées tant au niveau national qu'international. Ces typologies apportent un éclairage sur les scénarios les plus rencontrés. D'autres informations sont également utilisées dans la partie 8 pour l'analyse détaillée des risques.

6.1. INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS EN FRANCE

Un inventaire des incidents et accidents en France a été réalisé afin d'identifier les principaux phénomènes dangereux potentiels pouvant affecter le projet éolien du Moulin à Vent. 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 (juillet 2012). Celui-ci est complété par les relevés des derniers accidents survenus jusqu'en janvier 2018.

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, de la FEE et/ou des exploitants éoliens,
- Site Internet de l'association « Vent de Colère »,
- Site Internet de l'association « Fédération Environnement Durable »,
- Articles de presses divers,
- Données diverses fournies par les exploitants de parcs éoliens en France.

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

Dans l'état actuel, la base de données élaborée par le groupe de travail de SER/FEE ayant élaboré le guide technique d'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens apparaît comme représentative des incidents majeurs ayant affecté le parc éolien français depuis l'année 2000. L'ensemble de ces sources permet d'arriver à un inventaire aussi complet que possible des incidents survenus en France. Un total de 71 incidents a pu être recensé entre 2000 et 2018 (voir tableau détaillé en annexe). Ce tableau de travail a été validé par les membres du groupe de travail précédemment mentionné.

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

Le graphique suivant montre la répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateur français entre 2000 et 2011. Cette synthèse exclut les

accidents du travail (maintenance, chantier de construction, etc.) et les événements qui n'ont pas conduit à des effets sur les zones autour des aérogénérateurs. Dans ce graphique sont présentés :

- La répartition des évènements effondrement, rupture de pale, chute de pale, chute d'éléments et incendie, par rapport à la totalité des accidents observés en France. Ils sont représentés 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.

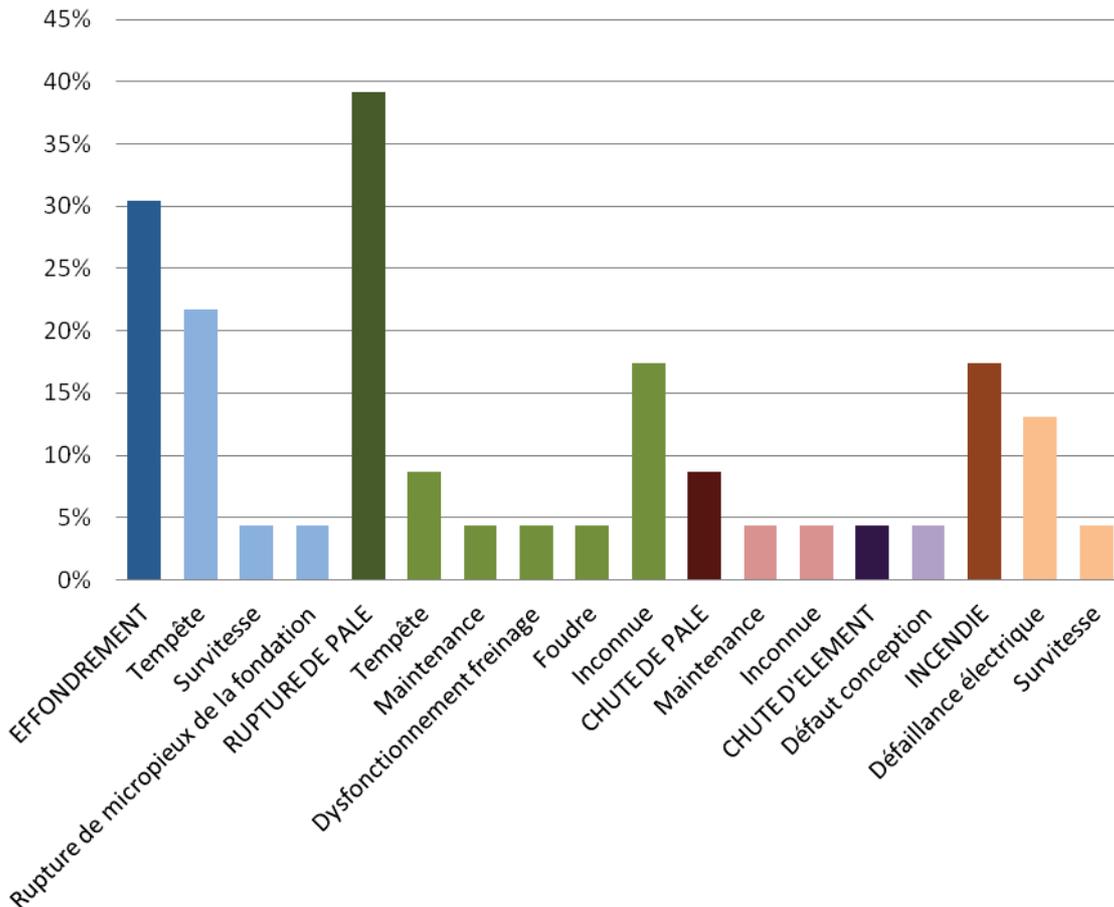


Illustration 5: répartition des 37 événements accidentels survenus entre 2000 et 2011 et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateur français

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.

6.2. INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS A L'INTERNATIONAL

Un inventaire des incidents et des 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.

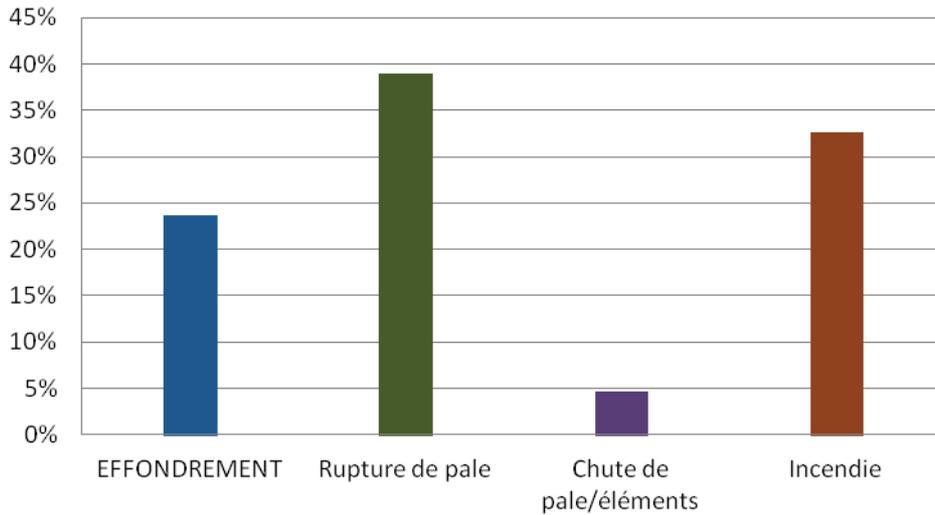


Illustration 6 : répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2011

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

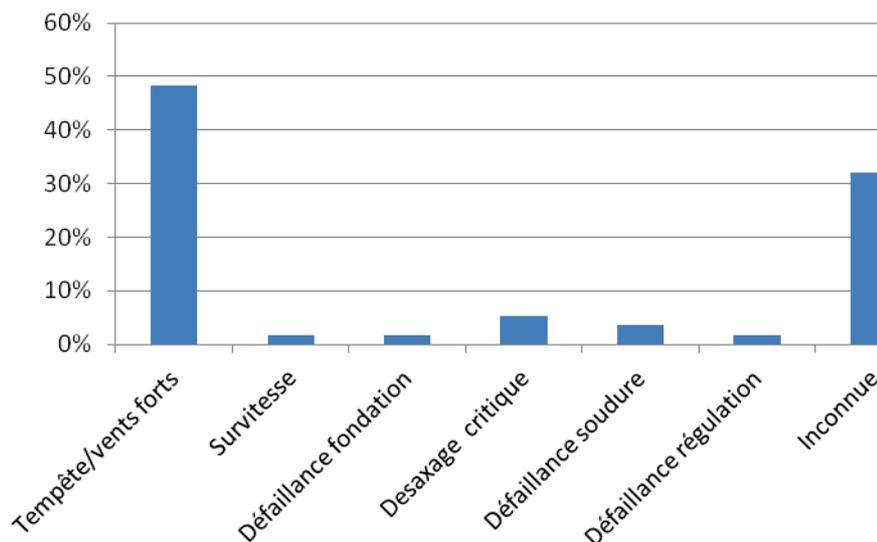


Illustration 7 : répartition des causes premières d'effondrement

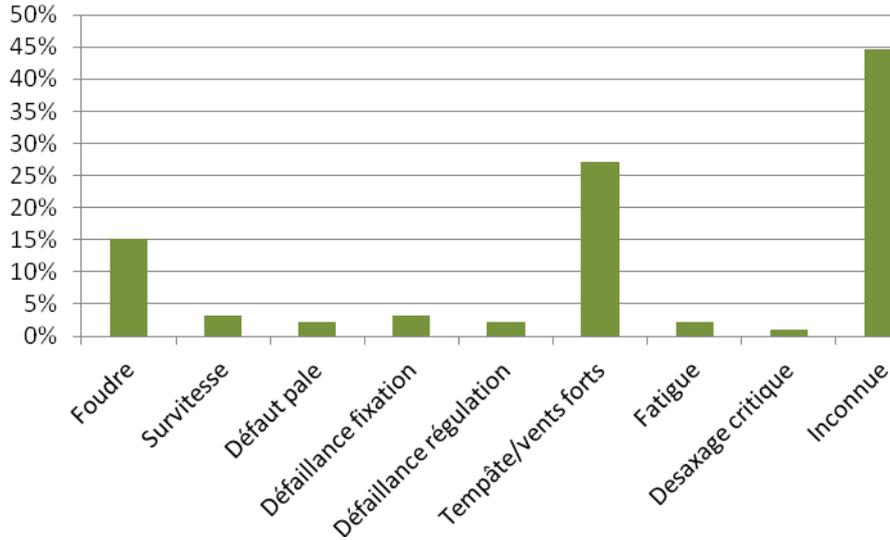


Illustration 8 : répartition des causes premières de rupture de pale

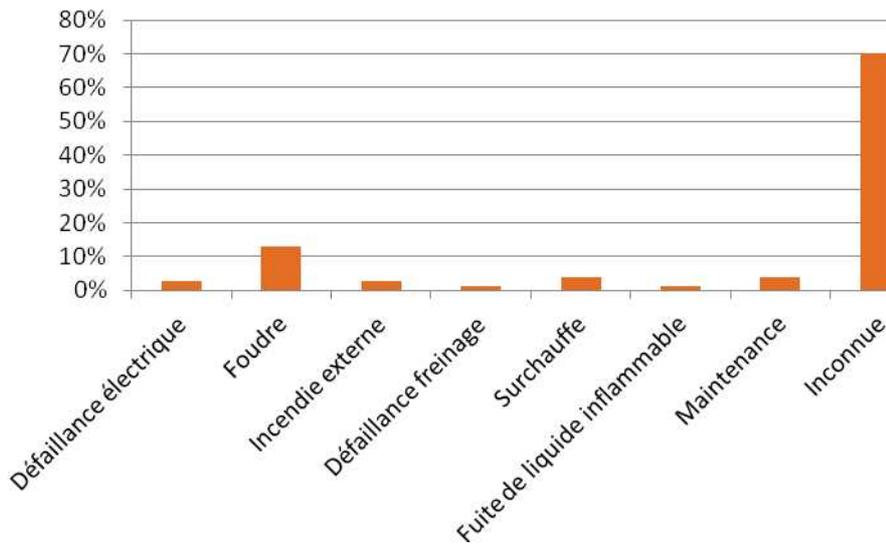


Illustration 9 : répartition des causes premières d'incendie

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

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

L'installation présentée ici ne relève ni d'une extension d'une installation existante ni d'une révision de l'étude de dangers. Ce chapitre est par conséquent sans objet.

6.4. SYNTHÈSE DES PHÉNOMÈNES DANGEREUX REDOUTES ISSUS DU RETOUR D'EXPERIENCE

6.4.1. ANALYSE DE L'ÉVOLUTION DES ACCIDENTS EN FRANCE

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

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

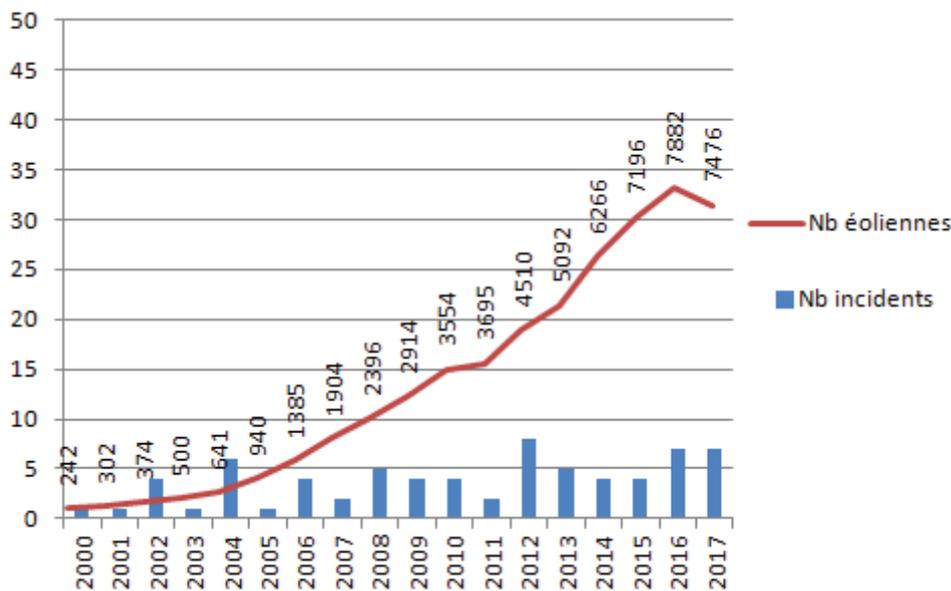


Illustration 10 : évolution du nombre d'incidents annuels en France en fonction du nombre d'éoliennes installées entre 2000 et 2017

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

6.4.2. ANALYSE DES TYPOLOGIES D'ACCIDENTS LES PLUS FREQUENTS

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

- Effondrements,

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

6.4.3. LIMITES D'UTILISATION DE L'ACCIDENTOLOGIE

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

- La non-exhaustivité des 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.

7. ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

7.1. OBJECTIF DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

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

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

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

Plusieurs événements initiateurs peuvent être exclus de l'analyse préliminaire des risques, soit parce que ces exclusions sont prévues dans la circulaire du 10 mai 2010 relative à la méthodologie applicable aux études de dangers, soit parce que les conséquences de cet événement seront largement supérieures aux conséquences de l'accident qu'il entraînerait sur l'éolienne.

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.

7.3. RECENSEMENT DES AGRESSIONS EXTERNES POTENTIELLES

La première étape de l'analyse des risques consiste à recenser les « agressions externes potentielles ». Ces agressions provenant d'une activité ou de l'environnement extérieur sont des événements susceptibles d'endommager ou de détruire les aérogénérateurs de manière à initier un accident qui peut à son tour impacter des personnes.

Par exemple, un séisme peut endommager les fondations d'une éolienne et conduire à son effondrement.

Traditionnellement, deux types d'agressions externes sont identifiés :

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

Les tableaux suivants constituent une synthèse des agressions externes.

7.3.1. AGRESSIONS EXTERNES LIEES AUX ACTIVITES HUMAINES

Le tableau ci-dessous synthétise les principales agressions externes liées aux activités humaines avec une estimation des distances minimales séparant chaque aérogénérateur de la source de l'agression potentielle.

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

Infrastructure	Fonction	Evénement redouté	Danger potentiel	Périmètre	Distance par rapport au mât des éoliennes					
					E1	E2	E3	E4	E5	E6
Voies de circulation	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Energie cinétique des véhicules et flux thermiques	200 m	575m (N145)	860m (D942)	170m (D942)	650m (D93)	476m (D93)	164m (D45)
Aérodrome	Transport aérien	Chute d'aéronef	Energie cinétique de l'aéronef, flux thermique	2000 m	Non concerné					
Ligne HT	Transport d'électricité	Rupture de câble	Arc électrique, surtensions	200 m	550m	330m	515m	2380m	2355m	2530m
Autres aérogénérateurs	Production d'électricité	Accident générant des projections d'éléments	Energie cinétique des éléments projetés	500 m	620m (E2)	623m (E1)	684m (E2)	1000m (E5)	568m (E6)	568m (E5)

Tableau 6 : distance de chaque éolienne à une possible agression humaine

7.3.2. AGRESSIONS EXTERNES LIEES AUX PHENOMENES NATURELS

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

Agression externe	Intensité
Vents et tempête	Secteur hors zone cyclonique.
Foudre	Nombre d'orages par an proche de la moyenne nationale avec moins de 25 jours/an dans le département de la Haute-Vienne (soit moins de 2,5 arcs de foudre/an/km ²). Respect de la norme IEC 61 400-24 (Juin 2010) et EN 62 305 – 3 (Décembre 2006)
Glissement de sols/ affaissement miniers	La zone d'étude n'est pas concernée par le risque minier.

Tableau 7 : principales 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.

7.4. SCENARIOS ETUDIES DANS L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES (APR)

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

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

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

- une description des *phénomènes dangereux* dont les effets sur les personnes sont à l'origine d'un accident,
- une évaluation 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 scénarios listés dans le tableau générique de l'APR sont regroupés et numérotés par thématique, en fonction des typologies d'événement redouté central identifiées grâce au retour d'expérience du groupe de travail précédemment cité (« G » pour les scénarios concernant la glace, « I » pour ceux concernant l'incendie, « F » pour ceux concernant les fuites, « C » pour ceux concernant la chute d'éléments de l'éolienne, « P » pour ceux concernant les risques de projection, « E » pour ceux concernant les risques d'effondrement).

N°	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
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 sur vitesse (N°4)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
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
F01	Fuite système de lubrification Fuite convertisseur Fuite transformateur	Ecoulement hors de la nacelle et le long du mât, puis sur le sol avec infiltration	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
F02	Renversement de fluides lors des opérations de maintenance	Ecoulement	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
C01	Défaut de fixation	Chute de trappe	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Impact sur cible	1
C02	Défaillance fixation anémomètre	Chute anémomètre	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	1
C3	Défaut fixation nacelle – pivot central – mât	Chute nacelle	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	1

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
P01	Survitesse	Contraintes trop importantes 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
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
E05	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
E07	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°9)	Chute fragments et chute mât	2
E08	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°11) Dans les zones cycloniques, mettre en place un système de prévision	Projection/chute fragments et chute mât	2

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
				cyclonique et équiper les éoliennes d'un dispositif d'abattage et d'arrimage au sol (N°12)		
E09	Fatigue	Défaillance mât	Effondrement éolienne	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E10	Désaxage critique du rotor	Impact pale – mât	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9) Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Projection/chute fragments et chute mât	2

Tableau 8 : analyse des risques pour chaque événement déclencheur identifié d'un scénario d'accident

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.

7.5. EFFETS DOMINOS

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

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

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

C'est la raison pour laquelle, il est proposé de négliger les conséquences des effets dominos dans le cadre de la présente étude.

Dans le cadre des études de dangers éoliennes, il est proposé de limiter l'évaluation de la probabilité d'impact d'un élément de l'aérogénérateur sur une autre installation ICPE que lorsque celle-ci se situe dans un rayon de 100 mètres. Dans le cas du projet éolien du Moulin à Vent, aucune ICPE n'est située dans un périmètre de 100 m de l'une ou l'autre des éoliennes projetées.

7.6. MISE EN PLACE DES MESURES DE SECURITE

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

Les tableaux aux pages suivantes ont pour objectif de synthétiser les fonctions de sécurité identifiées et mises en œuvre sur les éoliennes.

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.

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

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

Fonction de sécurité	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	N° de la fonction de sécurité	1
Mesures de sécurité	Système de 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		

Fonction de sécurité	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	N° de la fonction de sécurité	2
Mesures de sécurité	Panneautage à quelques mètres des machines (dans la limite de hauteur de ruine) 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.

Fonction de sécurité	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	N° de la fonction de sécurité	3
Mesures de sécurité	Capteurs de température des pièces mécaniques Définition de seuils critiques de température pour chaque type de composant avec alarmes Mise à l'arrêt ou bridage jusqu'à refroidissement		
Description	/		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %		
Tests	A préciser si possible		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011. Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	4
Mesures de sécurité	Détection de survitesse et système de freinage.		
Description	Systèmes de coupure s'enclenchant en cas de dépassement des seuils de vitesse prédéfinis, indépendamment du système de contrôle commande. NB : Le système de freinage est 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.
--	--

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

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

Fonction de sécurité	Protection et intervention incendie	N° de la fonction de sécurité	7
Mesures de sécurité	Capteurs de températures sur les principaux composants de l'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. (stratégie de défense incendie définie avec le SDIS de la Creuse, décrite au §4.2.2.2)		
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 extincteur) est contrôlé périodiquement par le fabricant du matériel ou un organisme extérieur. Maintenance curative suite à une défaillance du matériel.		

Fonction de sécurité	Prévention et rétention des fuites	N° de la fonction de sécurité	8
Mesures de sécurité	Détecteurs de niveau d'huile 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

Fonction de sécurité	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)	N° de la fonction de sécurité	9
Mesures de sécurité	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.		

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

Fonction de sécurité	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	N° de la fonction de sécurité	11
Mesures de sécurité	Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents. Détection et prévention des vents forts et tempêtes. Arrêt automatique et diminution de la prise au vent de l'éolienne (mise en drapeau progressive des pâles) par le système de conduite.		
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	NA		
Maintenance	NA		

Fonction de sécurité	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de cyclones dans les zones cycloniques	N° de la fonction de sécurité	12
Mesures de sécurité	Ici, les éoliennes étant installées hors zone cyclonique, aucune mesure de sécurité n'est à prendre.		

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

Notamment, suivant une périodicité qui ne peut excéder un an, l'exploitant réalise une vérification de l'état fonctionnel des équipements de mise à l'arrêt, de mise à l'arrêt d'urgence et de mise à l'arrêt depuis un régime de survitesse en application des préconisations du constructeur de l'aérogénérateur.

7.7. CONCLUSION DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

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

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

Nom du scénario exclu	Justification
Incendie de l'éolienne (effets thermiques)	<p>En cas d'incendie de nacelle, et en raison de la hauteur des nacelles, les effets thermiques ressentis au sol seront mineurs. Par exemple, dans le cas d'un incendie de nacelle située à 50 mètres de hauteur, la valeur seuil de 3 kW/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>
Incendie du poste de livraison ou du transformateur	<p>En cas d'incendie de ces éléments, les effets ressentis à l'extérieur des bâtiments (poste de livraison) seront mineurs ou inexistant du fait notamment de la structure en béton. De plus, la réglementation encadre déjà largement la sécurité de ces installations (l'arrêté du 26 août 2011 [9] et impose le respect des normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200)</p>
Chute et projection de glace dans les cas particuliers où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0°C	<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>
Infiltration d'huile dans le sol	<p>En cas d'infiltration d'huiles dans le sol, les volumes de substances libérées dans le sol restent mineurs.</p> <p>Ce scénario peut ne pas être détaillé dans le chapitre de l'étude détaillée des risques sauf en cas d'implantation dans un périmètre de protection rapprochée d'une nappe phréatique.</p>

Tableau 9 : scénarios exclus de l'étude détaillée des risques

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.

8. ETUDE DETAILLEE DES RISQUES

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

8.1. RAPPEL DES DEFINITIONS

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

Cet arrêté ne prévoit de détermination de l'intensité et de la gravité 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 nationale relatif à l'étude de dangers dans le cadre d'un parc éolien élaboré par l'INERIS en 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.

8.1.1. CINETIQUE

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

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

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

8.1.2. INTENSITE

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

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

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

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

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

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

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

Intensité	Degré 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.

8.1.3. GRAVITE

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.

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

Tableau 10 : incidence sur le nombre de personnes exposées du ratio entre l'intensité de l'évènement accidentel et la gravité de celui-ci

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 1. Cette méthode se base sur la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers. Cette fiche permet de compter aussi simplement que possible, selon des règles forfaitaires, le nombre de personnes exposées.

Ainsi, pour chaque phénomène dangereux identifié, il conviendra de comptabiliser l'ensemble des personnes présentes dans la zone d'effet correspondante. Dans chaque zone couverte par les effets d'un phénomène dangereux issu de l'analyse de risque, on identifiera les ensembles homogènes (ERP, zones habitées, zones industrielles, commerces, voies de circulation, terrains non bâtis...) et on en déterminera la surface (pour les terrains non bâtis, les zones d'habitat) et/ou la longueur (pour les voies de circulation).

8.1.4. PROBABILITE

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

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

Tableau 11 : classes de probabilité utilisées dans l'étude

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.

8.1.5. NIVEAU DE RISQUE

Pour conclure sur l'acceptabilité du risque, la matrice de criticité de celui-ci présentée ci-dessous sera utilisée. Elle est l'émanation de la circulaire du 29 septembre 2005 reprise dans la circulaire du 10 mai 2010 précédemment.

Classe de probabilité \ Gravité	E	D	C	B	A
Désastreuse	Risque faible	Risque important	Risque important	Risque important	Risque important
Catastrophique	Risque faible	Risque faible	Risque important	Risque important	Risque important
Importante	Risque faible	Risque faible	Risque faible	Risque important	Risque important
Sérieuse	Risque très faible	Risque très faible	Risque faible	Risque faible	Risque important
Modérée	Risque très faible	Risque très faible	Risque très faible	Risque très faible	Risque faible

Tableau 12 : matrice de niveaux de risque permettant de définir son acceptabilité

Légende de la matrice :

Niveau de risque	Couleur	Acceptabilité
Risque très faible		Oui
Risque faible		Oui
Risque important		Non

8.2. CARACTERISATION DES SCENARIOS RETENUS

8.2.1. EFFONDREMENT DE L'ÉOLIENNE

❖ Zone d'effet

La zone d'effet de l'effondrement d'une éolienne correspond à une surface circulaire de rayon égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale (hauteur de ruine), soit 165 m pour E1 à E3 et 163 m pour E3 à E6.

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

❖ Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène d'effondrement de l'éolienne dans le cas du projet éolien du Moulin à Vent. R est la longueur de pale (**R=62 m pour E1 à E3 et 56 m pour E4 à E6**), H la hauteur du mât (**H=102 m pour E1 à E3 et 106 m pour E4 à E6**), L la largeur du mât (**L=4,5 m**) et LB, la largeur de la base de la pale (**LB=3,984 m**).

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)			
<i>Zone d'impact en m²</i>	<i>Zone d'effet du phénomène étudié en m²</i>	<i>Degré d'exposition du phénomène étudié en %</i>	<i>Intensité</i>
$Z_I = H \times L + 3 \times R \times LB / 2$ <p>La zone d'impact est de 830 m²</p>	$Z_E = \pi \times (H + D/2)^2$ <p>85 530 m² pour E1 à E3 83 469 m² pour E4 à E6</p>	$d = Z_I / Z_E$ <p>0,97 % (x < 1%)</p>	exposition modérée

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

❖ Gravité

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

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

Le nombre équivalent de personnes présentes est estimé selon la méthode de comptage des enjeux humains dans chaque secteur (voir annexe 1). Elle se base sur la fiche n°1 de la

circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers.

Equivalent personnes présentes dans un rayon égal à la hauteur en bout de pale de l'éolienne (eq 8,6 ha env pour E1 à E3 et 8,3 ha env pour E4 à E6)		E1	E2	E3	E4	E5	E6
Terrains non bâtis	Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, forêts, friches, marais, ...) (1 ep pour 100 ha)	0,082	0,079	0,082	0,079	0,080	0,079
	Terrains aménagés, mais peu fréquentés (voies de circulation non structurantes, chemins agricoles, plateformes de stockage, ...) (1 ep pour 10 ha)	0,030	0,030	0,037	0,048	0,038	0,042
Voies de circulation	Voies de circulation automobile structurantes (RN145 et RD942) (0,4 ep/km par tranche de 100 véhicules/jour)	0	0	0	0	0	0
Terrains bâtis	Eolienne (2 ep/éolienne)	0	0	0	0	0	0
	Poste de livraison (0,1 ep/poste)	0	0	0	0	0	0,1
TOTAL		0,112	0,109	0,119	0,127	0,118	0,221

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

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon égal à la hauteur en bout de pale de l'éolienne)		
Eolienne	Nb de personnes permanentes ou équivalent	Gravité
E1	0,112	Modéré
E2	0,109	Modéré
E3	0,119	Modéré
E4	0,127	Modéré
E5	0,118	Modéré
E6	0,221	Modéré

❖ **Probabilité**

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

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

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

Le retour d’expérience français montre également une classe de probabilité « C ». En effet, il a été recensé seulement 7 événements pour 15 667 années d’expérience¹, soit une probabilité de $4,47 \times 10^{-4}$ par éolienne et par an.

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

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

Néanmoins, les dispositions constructives des éoliennes ayant fortement 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 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 projet éolien du Moulin à Vent, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

¹ 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.

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon égal à la hauteur de ruine de l'éolienne)			
<i>Eolienne</i>	<i>Gravité</i>	<i>Niveau de risque</i>	<i>Acceptabilité</i>
E1	Modéré	Risque très faible	Acceptable
E2	Modéré	Risque très faible	Acceptable
E3	Modéré	Risque très faible	Acceptable
E4	Modéré	Risque très faible	Acceptable
E5	Modéré	Risque très faible	Acceptable
E6	Modéré	Risque très faible	Acceptable

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

8.2.2. CHUTE DE GLACE

❖ Considérations générales

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

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

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

Sur le secteur d'étude, on constate en moyenne 82 jours de gel par an selon Météo-France (1961-1990).

❖ Zone d'effet

Le risque de chute de glace est cantonné à la zone de survol des pales. Pour le projet éolien du Moulin à Vent, **la zone d'effet a donc un rayon de 63 m pour E1 à E3 et 57 m pour E4 à E6**. Cependant, il convient de noter que, lorsque l'éolienne est à l'arrêt, les pales n'occupent qu'une faible partie de cette zone.

❖ Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute de glace dans le cas du projet éolien du Moulin à Vent. Z_I est la zone d'impact, Z_E est la zone d'effet, D est le diamètre du rotor ($D = 126$ m pour E1 à E3 et 114 m pour E4 à E6), SG est la surface du morceau de glace majorant ($SG = 1$ m²).

Chute de glace			
(dans un rayon inférieur ou égal à la zone de survol)			
<i>Zone d'impact en m²</i>	<i>Zone d'effet du phénomène étudié en m²</i>	<i>Degré d'exposition du phénomène étudié en %</i>	<i>Intensité</i>
$Z_I = SG$ 1 m ²	$Z_E = \pi \times (D/2)^2$ 12 469 m ² pour E1 à E3 10 207 m ² pour E4 à E6	$d = Z_I / Z_E$ 0,01 % (< 1 %)	exposition modérée

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

❖ **Gravité**

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

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

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

Equivalent personnes présentes dans un rayon égal au survol de pale de l'éolienne (eq 1,25 ha env pour E1 à E3 et 1,0 ha env pour E4 à E6)		E1	E2	E3	E4	E5	E6
Terrains non bâtis	Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, forêts, friches, marais, ...) (1 ep pour 100 ha)	0,010	0,010	0,011	0,008	0,008	0,008
	Terrains aménagés, mais peu fréquentés (voies de circulation non structurantes, chemins agricoles, plateformes de stockage, ...) (1 ep pour 10 ha)	0,023	0,023	0,019	0,020	0,019	0,020
Voies de circulation	Voies de circulation automobile structurantes (RN145 et RD942) (0,4 ep/km par tranche de 100 véhicules/jour)	0	0	0	0	0	0
Terrains bâtis	Eolienne (2 ep/éolienne)	0	0	0	0	0	0
	Poste de livraison (0,1 ep/poste)	0	0	0	0	0	0,1
TOTAL		0,033	0,033	0,030	0,028	0,027	0,128

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

Chute de glace (dans un rayon égal à la zone de survol)		
Eolienne	Nb de personnes permanentes ou équivalent	Gravité
E1	0,033	Modéré
E2	0,033	Modéré
E3	0,030	Modéré
E4	0,028	Modéré
E5	0,027	Modéré
E6	0,128	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 projet éolien du Moulin à Vent, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Chute de glace (zone de survol des pales)			
Eolienne	Gravité	Niveau de risque	Acceptabilité
E1	Modéré	Risque faible	Acceptable
E2	Modéré	Risque faible	Acceptable
E3	Modéré	Risque faible	Acceptable
E4	Modéré	Risque faible	Acceptable
E5	Modéré	Risque faible	Acceptable
E5	Modéré	Risque faible	Acceptable

Ainsi, le phénomène de chute de glace apparaît comme un risque acceptable pour les personnes fréquentant la zone.

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.

8.2.3. CHUTE D'ÉLÉMENTS DE L'ÉOLIENNE

❖ Zone d'effet

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

Le risque de chute d'élément est cantonné à la zone de survol des pales, c'est-à-dire une zone d'effet correspondant à un disque de rayon égal à **63 m pour E1 à E3 et 57 m pour E4 à E6.**

❖ Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du projet éolien du Moulin à Vent. d est le degré d'exposition, Z_I la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, D le diamètre de rotor ($D=126$ m pour E1 à E3 et 114 m pour E4 à E6), R la longueur de pale ($R= 62$ m pour E1 à E3 et 56 m pour E4 à E6) et LB la largeur de la base de la pale ($LB=3,984$ m).

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la zone de survol)			
Zone d'impact en m^2	Zone d'effet du phénomène étudié en m^2	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = R \cdot LB / 2$ 124 m^2 pour E1 à E3 112 m^2 pour E4 à E6	$Z_E = \pi \times (D_p/2)^2$ 12 469 m^2 pour E1 à E3 10 207 m^2 pour E4 à E6	$d = Z_I / Z_E$ 0,99 % ($x < 1\%$) pour E1 à E3 1,09 % ($1\% < x < 5\%$) pour E4 à E6	exposition modérée pour E1 à E3 exposition forte pour E4 à E6

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

❖ Gravité

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

Pour E1 à E3 :

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

Pour E4 à E6 :

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

Equivalent personnes présentes dans un rayon égal au survol de pale de l'éolienne (eq 1,25 ha env pour E1 à E3 et 1,0 ha env pour E4 à E6)		E1	E2	E3	E4	E5	E6
Terrains non bâtis	Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, forêts, friches, marais, ...) (1 ep pour 100 ha)	0,010	0,010	0,011	0,008	0,008	0,008
	Terrains aménagés, mais peu fréquentés (voies de circulation non structurantes, chemins agricoles, plateformes de stockage, ...) (1 ep pour 10 ha)	0,023	0,023	0,019	0,020	0,019	0,020
Voies de circulation	Voies de circulation automobile structurantes (RN145 et RD942) (0,4 ep/km par tranche de 100 véhicules/jour)	0	0	0	0	0	0
Terrains bâtis	Eolienne (2 ep/éolienne)	0	0	0	0	0	0
	Poste de livraison (0,1 ep/poste)	0	0	0	0	0	0,1
TOTAL		0,033	0,033	0,030	0,028	0,027	0,128

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

Chute d'éléments d'une éolienne (dans un rayon égal à la zone de survol)		
Eolienne	Nb de personnes permanentes ou équivalent	Gravité
E1	0,033	Modéré
E2	0,033	Modéré
E3	0,030	Modéré
E4	0,028	Sérieux
E5	0,027	Sérieux
E6	0,128	Sérieux

❖ **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 projet éolien du Moulin à Vent, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Chute d'éléments d'une éolienne (zone de survol de pale)			
Eolienne	Gravité	Niveau de risque	Acceptabilité
E1	Modéré	Risque très faible	Acceptable
E2	Modéré	Risque très faible	Acceptable
E3	Modéré	Risque très faible	Acceptable
E4	Sérieux	Risque faible	Acceptable
E5	Sérieux	Risque faible	Acceptable
E6	Sérieux	Risque faible	Acceptable

Ainsi, pour le parc éolien du Moulin à Vent, le phénomène de chute d'éléments d'une éolienne constitue un risque acceptable pour les personnes.

8.2.4. PROJECTION DE PALE OU DE FRAGMENT DE PALE

❖ Zone d'effet

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

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

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

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

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

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

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

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

❖ Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection d'éléments de l'éolienne dans le cas du projet éolien du Moulin à Vent. d est le degré d'exposition, Z_I la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, R_{pp} le rayon de l'aire d'étude du phénomène ($R_{pp} = 500$ m), R la longueur de pale ($R = 62$ m pour E1 à E3 et 56 m pour E4 à E6) et LB la largeur de la base de la pale ($LB = 3,984$ m).

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)			
<i>Zone d'impact en m²</i>	<i>Zone d'effet du phénomène étudié en m²</i>	<i>Degré d'exposition du phénomène étudié en %</i>	<i>Intensité</i>
$Z_i = R \cdot LB / 2$ 124 m ² pour E1 à E3 112 m ² pour E4 à E6	$Z_E = \pi \times 500^2$ 785 398 m ²	$d = Z_i / Z_E$ 0,02 % pour E1 à E3 0,01 % pour E4 à E6 (x < 1%)	exposition modérée

❖ **Gravité**

En fonction de cette intensité et des définitions issues du paragraphe 8.1.3, il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de projection, dans la zone de 500 m autour de l'éolienne :

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

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

Equivalent personnes présentes dans la zone de 500 m autour de chaque éolienne (eq 78,5 ha env pour toutes les éoliennes)		E1	E2	E3	E4	E5	E6
Terrains non bâtis	Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, forêts, friches, marais, ...) (1 ep pour 100 ha)	0,767	0,767	0,771	0,774	0,773	0,769
	Terrains aménagés, mais peu fréquentés (voies de circulation non structurantes, chemins agricoles, plateformes de stockage, ...) (1 ep pour 10 ha)	0,181	0,188	0,145	0,116	0,123	0,162
Voies de circulation	Voies de circulation automobile structurantes (RN145 et RD942) (0,4 ep/km par tranche de 100 véhicules/jour)	0	0	9,377	0	0	0
Terrains bâtis	Eolienne (2 ep/éolienne)	0	0	0	0	0	0
	Poste de livraison (0,1 ep/poste)	0	0	0,1	0	0	0,1
TOTAL		0,948	0,955	10,393	0,890	0,896	1,031

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 :

Projection de pale ou de fragment de pale (dans un rayon égal à l'aire d'étude de l'éolienne)		
Eolienne	Nb de personnes permanentes ou équivalent	Gravité
E1	0,948	Modéré
E2	0,955	Modéré
E3	10,393	Important
E4	0,890	Modéré
E5	0,896	Modéré
E6	1,031	Sérieux

❖ **Probabilité**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

❖ **Acceptabilité**

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

Projection de pale ou de fragment de pale (dans un rayon égal à l'aire d'étude de l'éolienne)			
<i>Eolienne</i>	<i>Gravité</i>	<i>Niveau de risque</i>	<i>Acceptabilité</i>
E1	Modéré	Risque très faible	Acceptable
E2	Modéré	Risque très faible	Acceptable
E3	Important	Risque faible	Acceptable
E4	Modéré	Risque très faible	Acceptable
E5	Modéré	Risque très faible	Acceptable
E6	Sérieux	Risque très faible	Acceptable

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

8.2.5. PROJECTION DE GLACE

❖ Zone d'effet

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

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

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

Cette distance d'effet est ici de **342 m** ($1,5 \times (102+126)$) pour E1 à E3 et **330 m** pour E4 à E6 ($1,5 \times (106+114)$).

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

❖ Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de glace dans le cas du projet éolien du Moulin à Vent. d est le degré d'exposition, Z_I la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, D le diamètre du rotor (D= 126 m pour E1 à E3 et 114 m pour E4 à E6), H la hauteur au moyeu (H= 102 m pour E1 à E3 et 106 m pour E4 à E6), et SG la surface majorante d'un morceau de glace.

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de R _{PG} = 1,5 x (H+2R))			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
Z _I = SG 1 m ²	$Z_E = \pi \times [1,5 \times (H+D)]^2$ 367 453 m ² pour E1 à E3 342 119 m ² pour E4 à E6	$d = Z_I / Z_E$ 0,0003% (< 1 %)	Exposition modérée

❖ Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues du paragraphe 8.1.3, il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de projection de glace, dans la zone d'effet de ce phénomène :

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

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

Equivalent personnes présentes dans la zone d'effet de chaque éolienne (eq 36,7 ha env pour E1 à E3 et 34,2 ha env pour E4 à E6)		E1	E2	E3	E4	E5	E6
Terrains non bâtis	Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, forêts, friches, marais, ...) (1 ep pour 100 ha)	0,356	0,355	0,359	0,334	0,334	0,333
	Terrains aménagés, mais peu fréquentés (voies de circulation non structurantes, chemins agricoles, plateformes de stockage, ...) (1 ep pour 10 ha)	0,117	0,123	0,084	0,084	0,079	0,089
Voies de circulation	Voies de circulation automobile structurantes (RN145 et RD942) (0,4 ep/km par tranche de 100 véhicules/jour)	0	0	5,873	0	0	0
Terrains bâtis	Eolienne (2 ep/éolienne)	0	0	0	0	0	0
	Poste de livraison (0,1 ep/poste)	0	0	0,1	0	0	0,1
TOTAL		0,473	0,478	6,416	0,418	0,413	0,522

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

Projection de glace (dans un rayon égal à la zone d'effet de chaque éolienne)		
Eolienne	Nb de personnes permanentes ou équivalent	Gravité
E1	0,473	Modéré
E2	0,478	Modéré
E3	6,416	Sérieux
E4	0,418	Modéré
E5	0,413	Modéré
E6	0,522	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 proposée pour cet événement.

❖ **Acceptabilité**

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

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

Projection de glace (dans un rayon égal à la zone d'effet de chaque éolienne)			
<i>Eolienne</i>	<i>Gravité</i>	<i>Niveau de risque</i>	<i>Acceptabilité</i>
E1	Modéré	Risque très faible	Acceptable
E2	Modéré	Risque très faible	Acceptable
E3	Sérieux	Risque faible	Acceptable
E4	Modéré	Risque très faible	Acceptable
E5	Modéré	Risque très faible	Acceptable
E6	Modéré	Risque très faible	Acceptable

Remarque au sujet de l'éolienne E3 : en considérant une zone d'effet de rayon la hauteur totale de l'éolienne (à la place de $1,5x(H+D)$), l'exposition reste modérée avec un degré de 0,0012% au lieu de 0,0003%.

Dans ce cas, **le niveau de gravité est modéré pour toutes les éoliennes, y compris E3 et le niveau de risque est très faible pour l'ensemble des éoliennes incluant E3.**

Ainsi, pour le parc éolien du Moulin à Vent, le phénomène de projection de glace constitue un risque acceptable pour les personnes.

8.3. SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE DÉTAILLÉE DES RISQUES

8.3.1. TABLEAU DE SYNTHÈSE DES SCÉNARIOS ÉTUDIÉS

Le tableau suivant récapitule, pour chaque événement redouté central retenu, les paramètres de risques : la cinétique, l'intensité, la gravité et la probabilité. Les tableaux regrouperont les éoliennes qui ont le même profil de risque.

Scénario	Zone d'effet	Intensité	Proba-bilité	Niveau de gravité	Niveau de risque	Accepta-bilité
Effondrement de l'éolienne	165 m (E1 à E3)	Modérée	D	Modéré pour toutes les éoliennes	Très faible	oui
	163 m (E4 à E6)					
Chute de glace	63 m (E1 à E3)	Modérée	A	Modéré pour toutes les éoliennes	Faible	oui
	57 m (E4 à E6)					
Chute d'élément de l'éolienne	63 m (E1 à E3)	Modérée pour E1, E2, E3	C	Modéré pour E1, E2, E3	Très faible pour E1, E2, E3	oui
	57 m (E4 à E6)	Forte pour E4, E5, E6		Sérieux pour E4, E5, E6	Faible pour E4, E5, E6	
Projection de pale ou de fragment de pale	500 m	Modérée	D	Modéré pour E1, E2, E4, E5	Très faible Pour E1, E2, E4, E5, E6	oui
				Sérieux pour E6		
				Important pour E3	Faible pour E3	
Projection de glace	342 m (E1 à E3)	Modérée	B	Modéré pour E1, E2, E4, E5, E6	Très faible pour E1, E2, E4, E5, E6	oui
	330 m (E4 à E6)			Sérieux pour E3	Faible pour E3	

8.3.2. SYNTHESE DE L'ACCEPTABILITE DES RISQUES

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

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

Gravité des conséquences	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important		1			
Sérieux		1	3	1	
Modéré		10	3	5	6

NB : les chiffres indiqués dans chacune des cases correspondent au nombre de combinaisons "probabilité/gravité" observé pour chaque éolienne et pour chacun des scénarios de risques.

Légende de la matrice :

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

Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée que :

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

8.3.3. CARTOGRAPHIE DES RISQUES

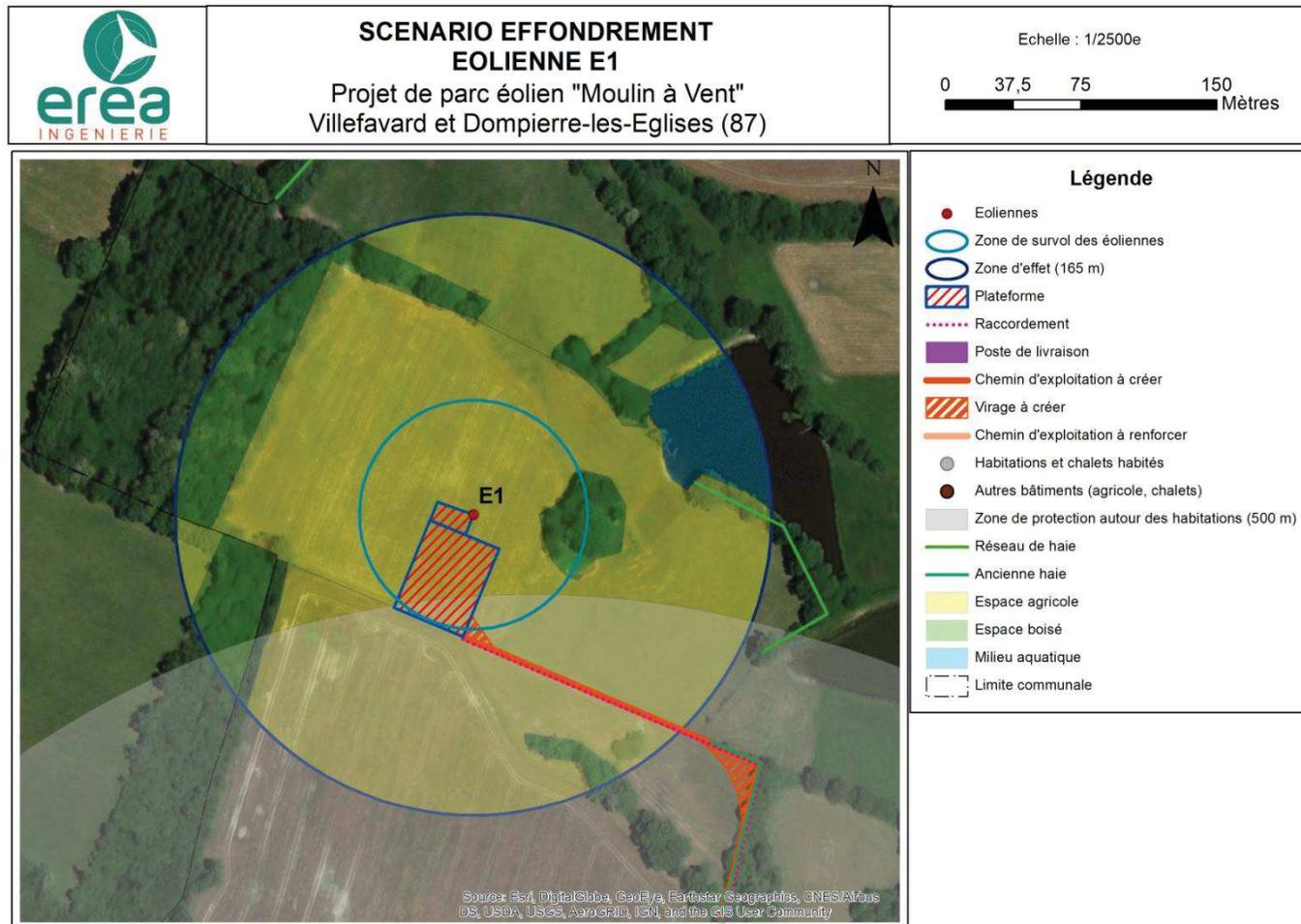
Pour chaque aérogénérateur, une carte de synthèse de chacun des scénarios de l'analyse détaillée des risques fait apparaître :

- les enjeux étudiés dans l'étude détaillée des risques,
- l'intensité des différents phénomènes dangereux dans les zones d'effet de chaque phénomène dangereux,
- la gravité du phénomène et le risque associé.

8.3.3.1. SYNTHÈSE CARTOGRAPHIQUE DU SCÉNARIO "EFFONDREMENT"

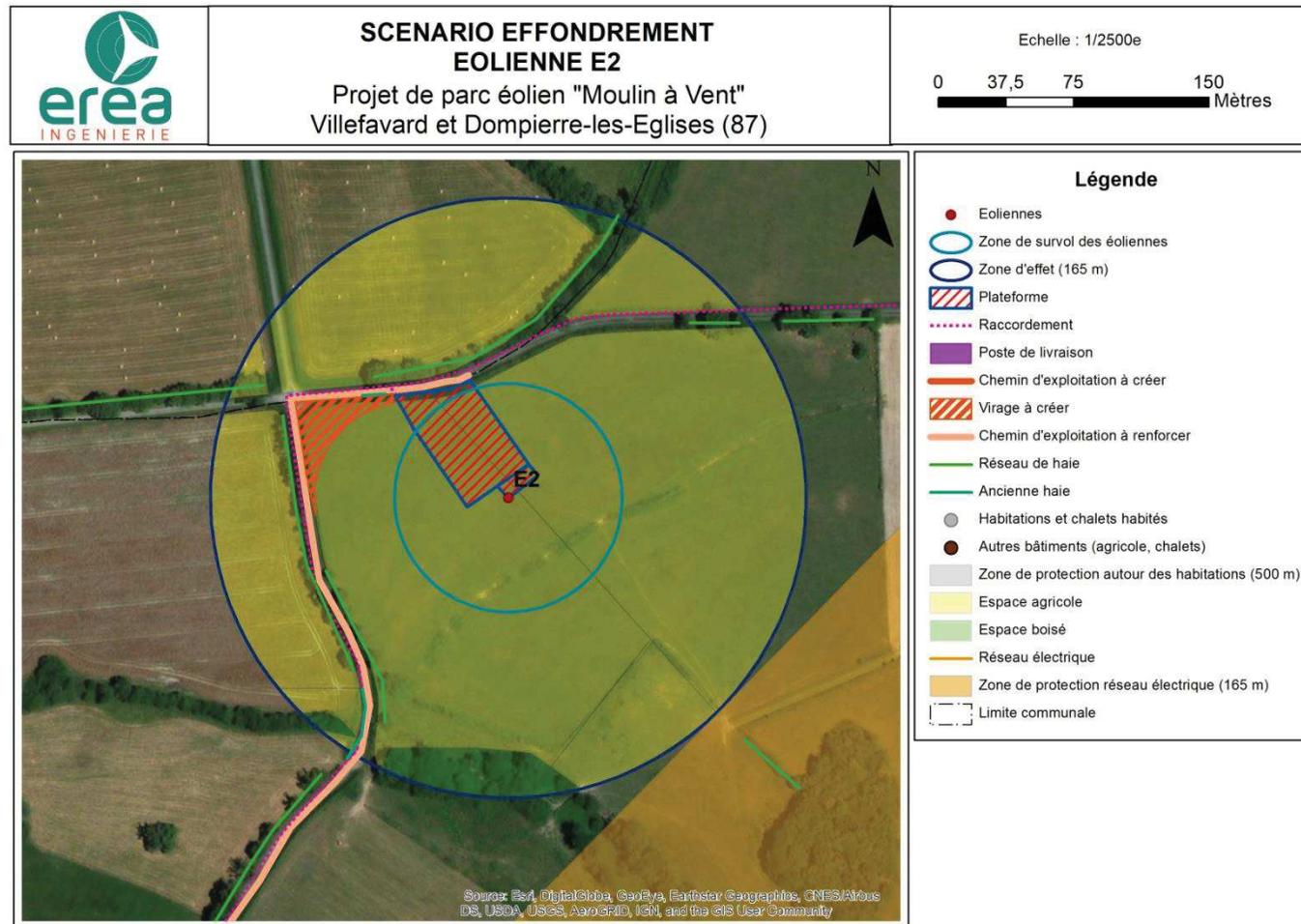
Synthèse des risques - Scénario « effondrement » - Eolienne E1

Intensité : modérée / Gravité : modéré / Risque : très faible



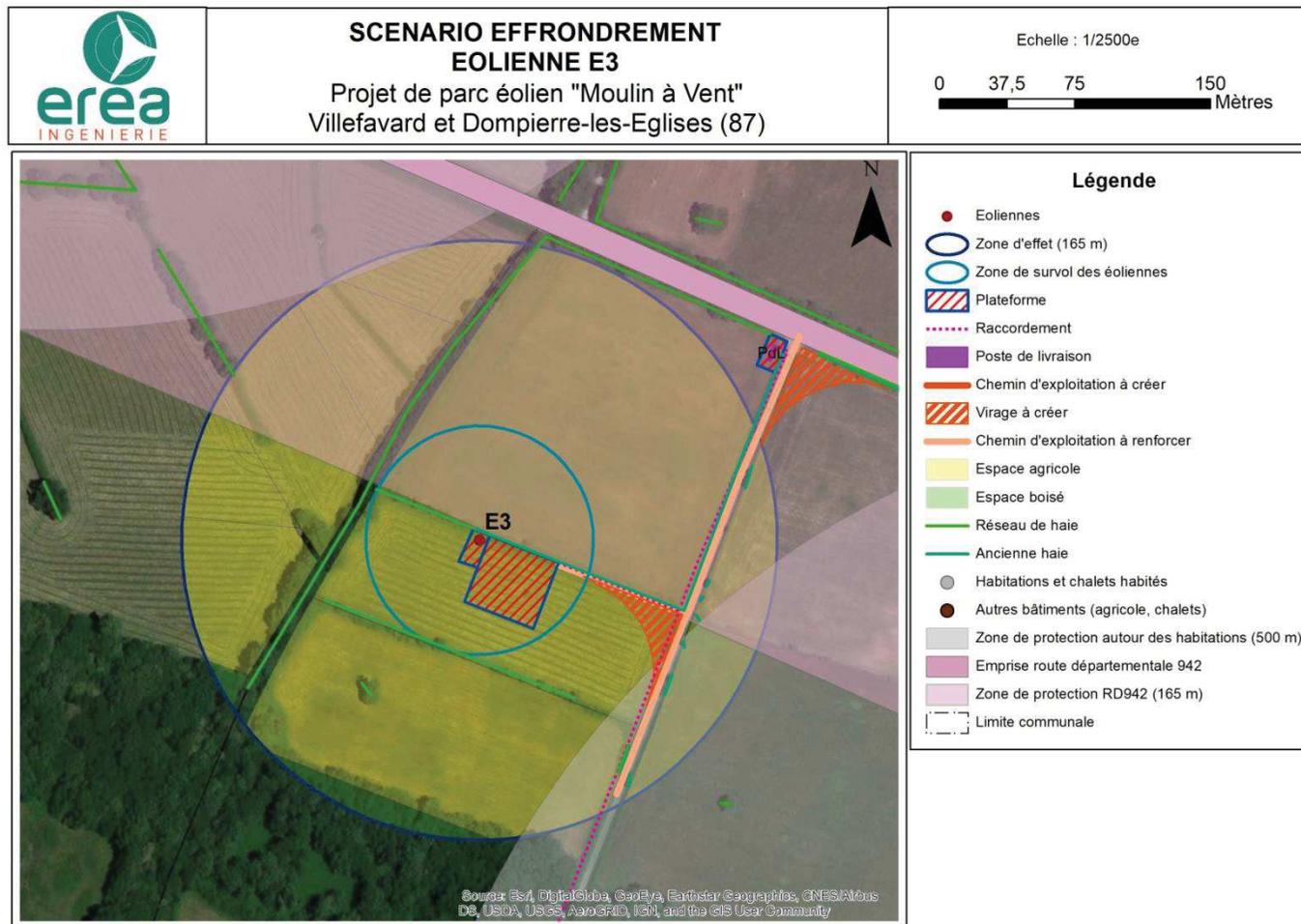
Synthèse des risques - Scénario « effondrement » - Eolienne E2

Intensité : modérée / Gravité : modéré / Risque : très faible



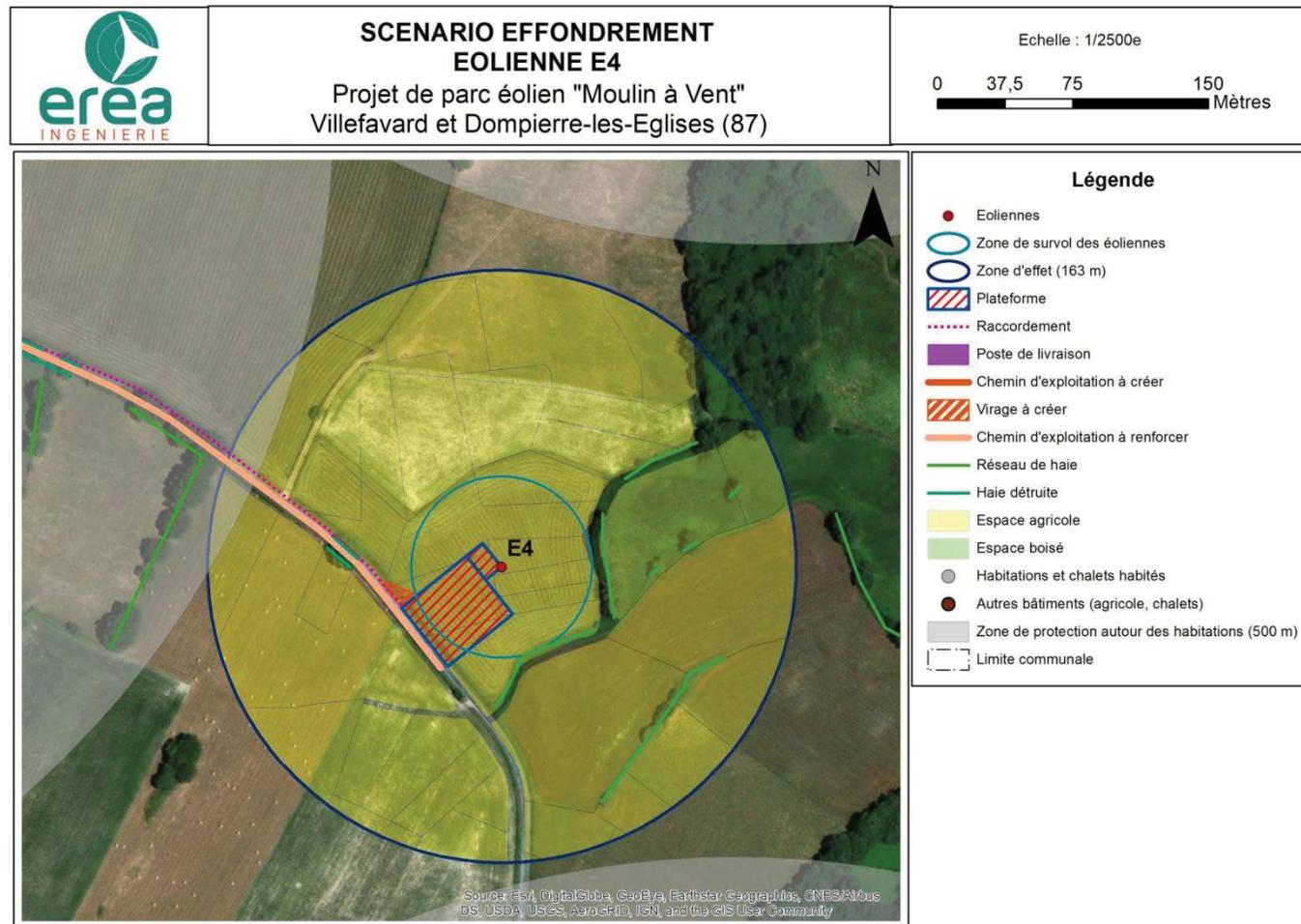
Synthèse des risques - Scénario « effondrement » - Eolienne E3

Intensité : modérée / Gravité : modéré / Risque : très faible



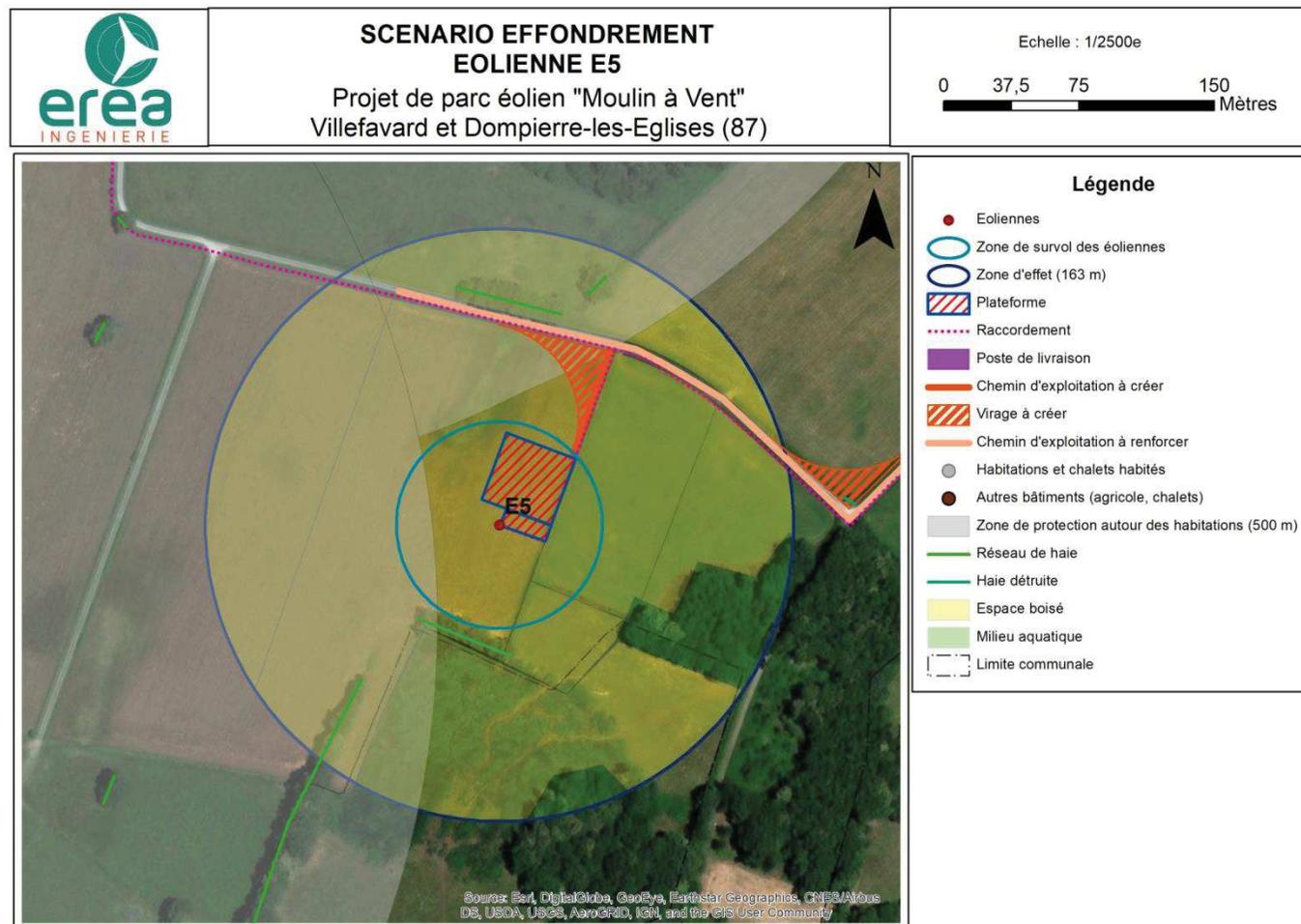
Synthèse des risques - Scénario « effondrement » - Eolienne E4

Intensité : modérée / Gravité : modéré / Risque : très faible



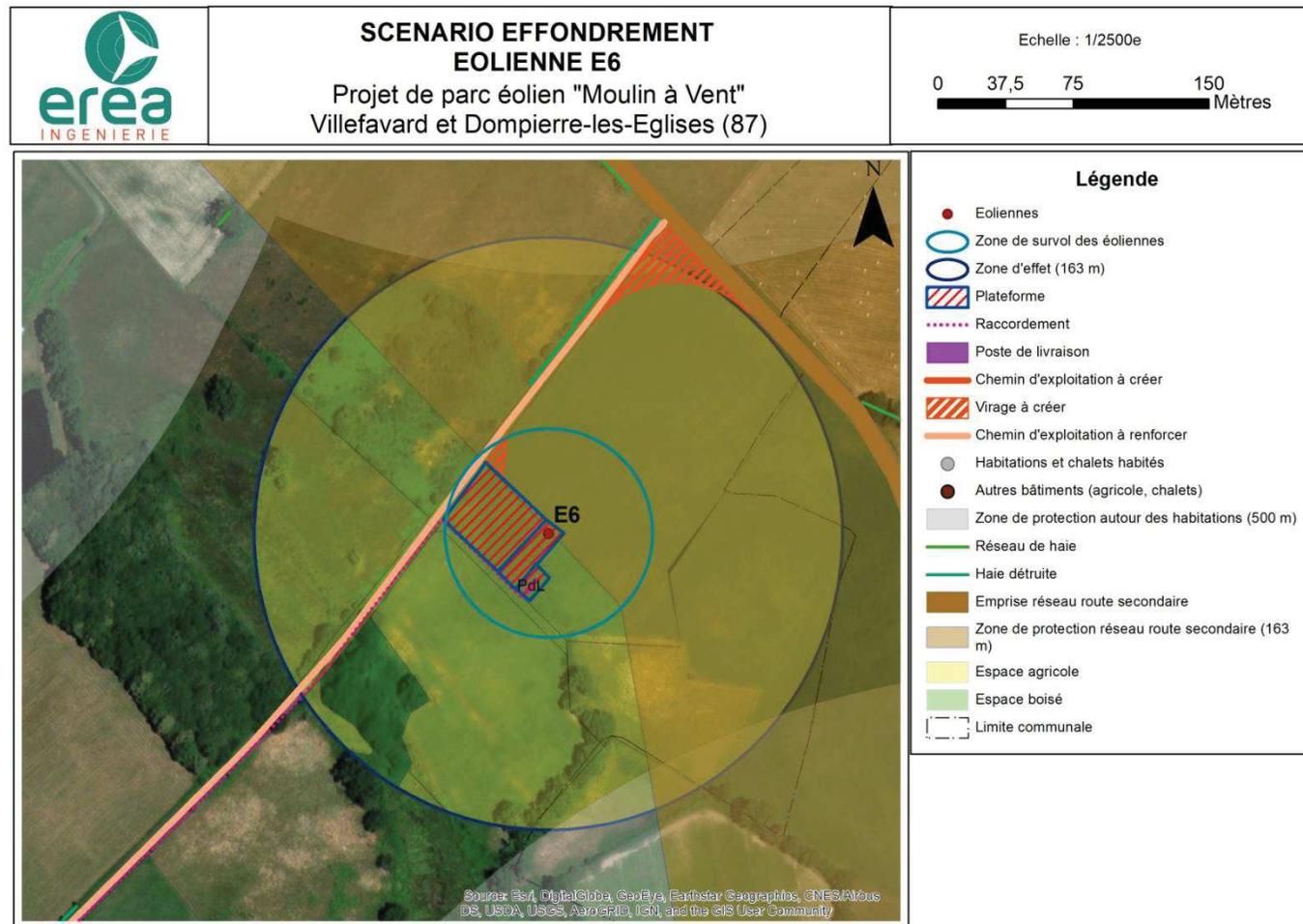
Synthèse des risques - Scénario « effondrement » - Eolienne E5

Intensité : modérée / Gravité : modéré / Risque : très faible



Synthèse des risques - Scénario « effondrement » - Eolienne E6

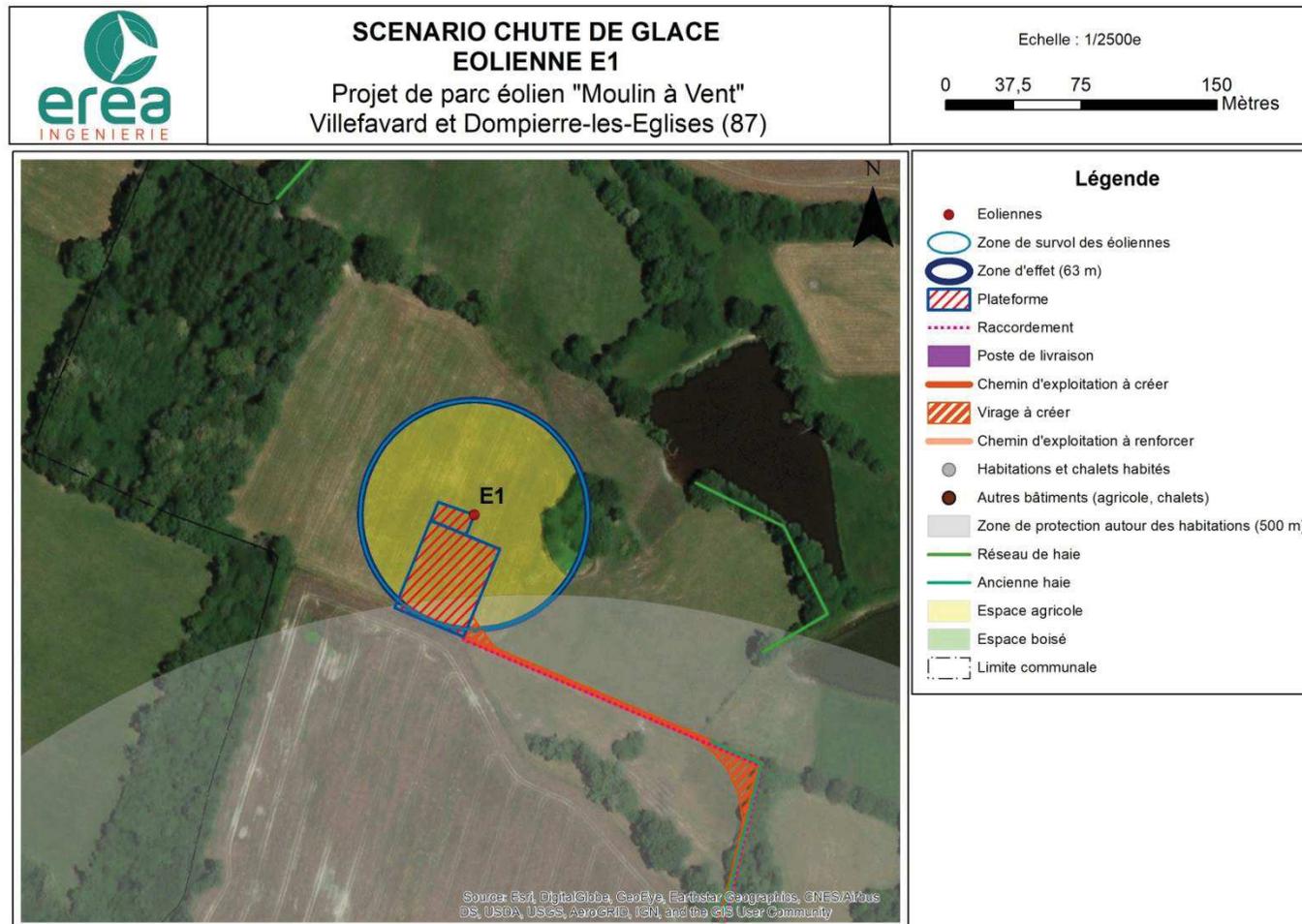
Intensité : modérée / Gravité : modéré / Risque : très faible



8.3.3.2. SYNTHÈSE CARTOGRAPHIQUE DU SCÉNARIO "CHUTE DE GLACE"

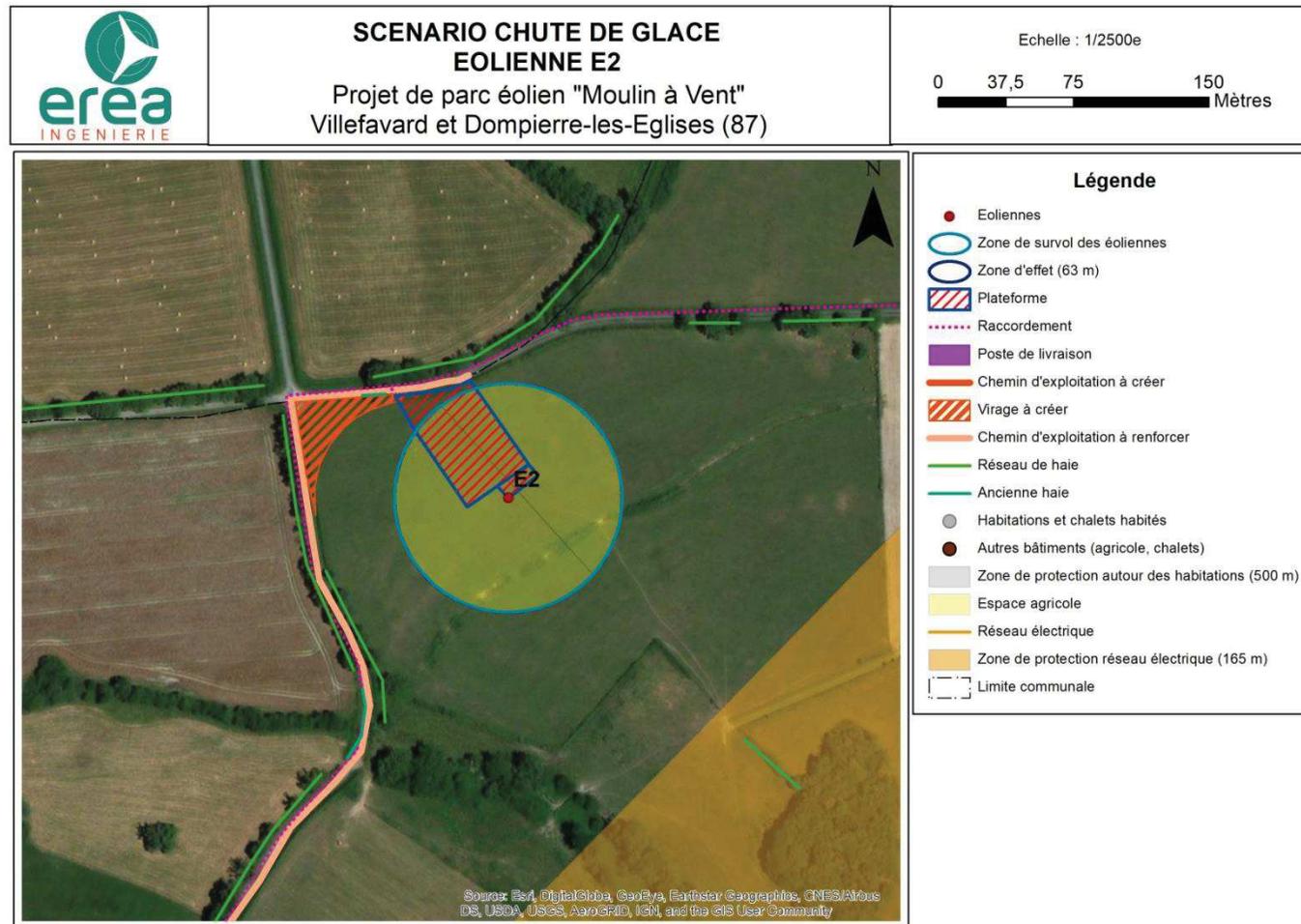
Synthèse des risques - Scénario « Chute de glace » - Eolienne E1

Intensité : modérée / Gravité : modéré / Risque : faible



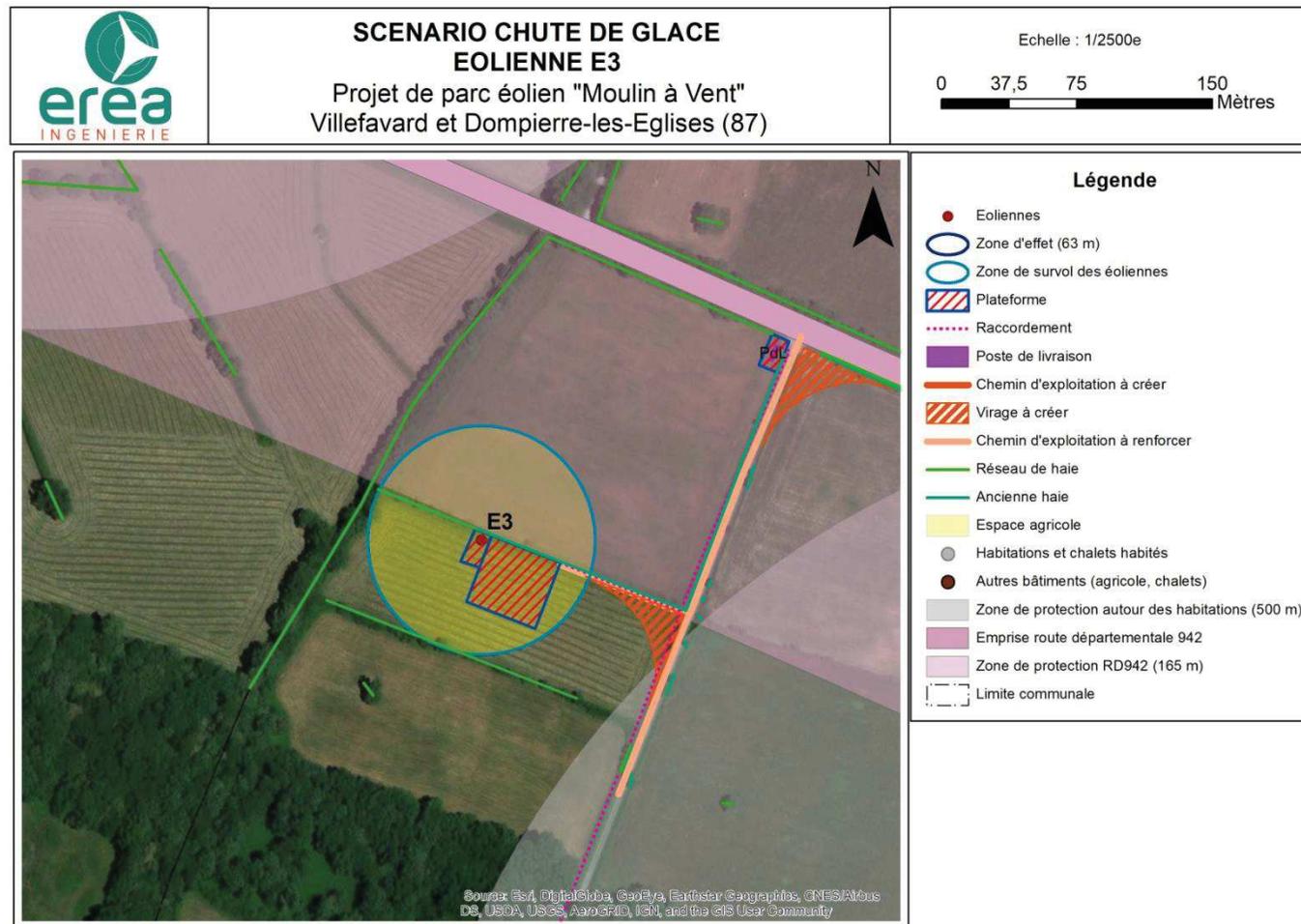
Synthèse des risques - Scénario « Chute de glace » - Eolienne E2

Intensité : modérée / Gravité : modéré / Risque : faible



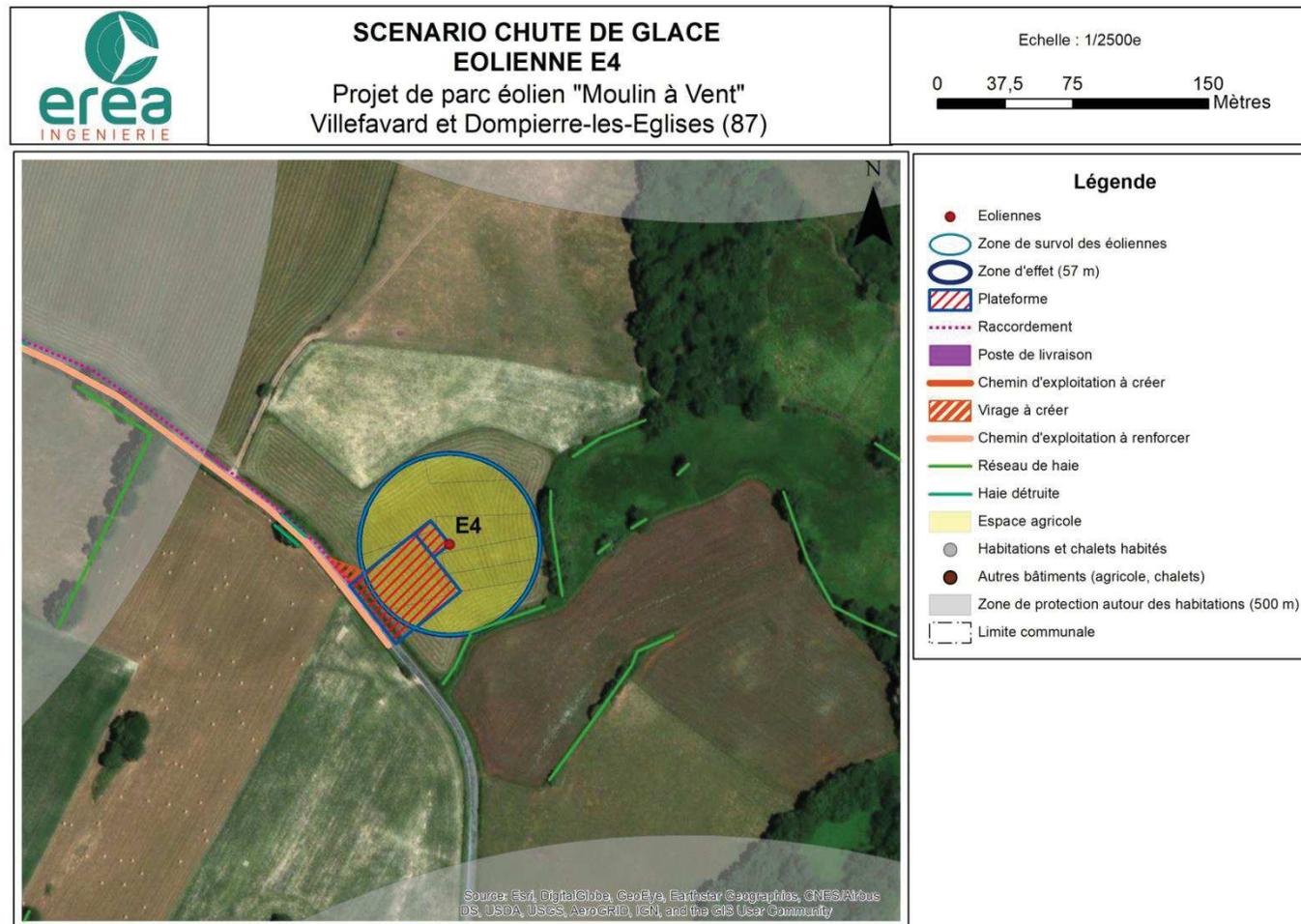
Synthèse des risques - Scénario « Chute de glace » - Eolienne E3

Intensité : modérée / Gravité : modéré / Risque : faible



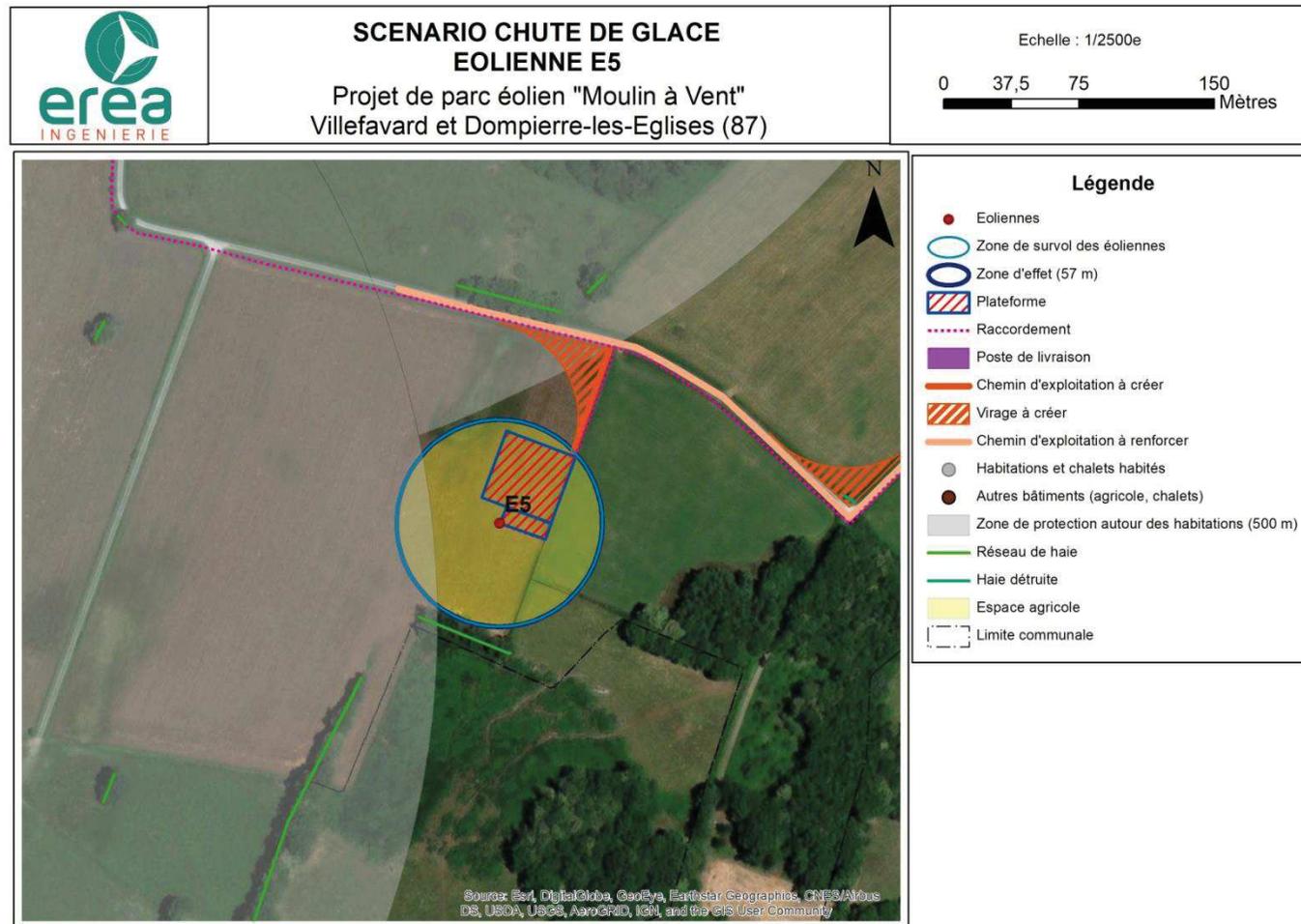
Synthèse des risques - Scénario « Chute de glace » - Eolienne E4

Intensité : modérée / Gravité : modéré / Risque : faible



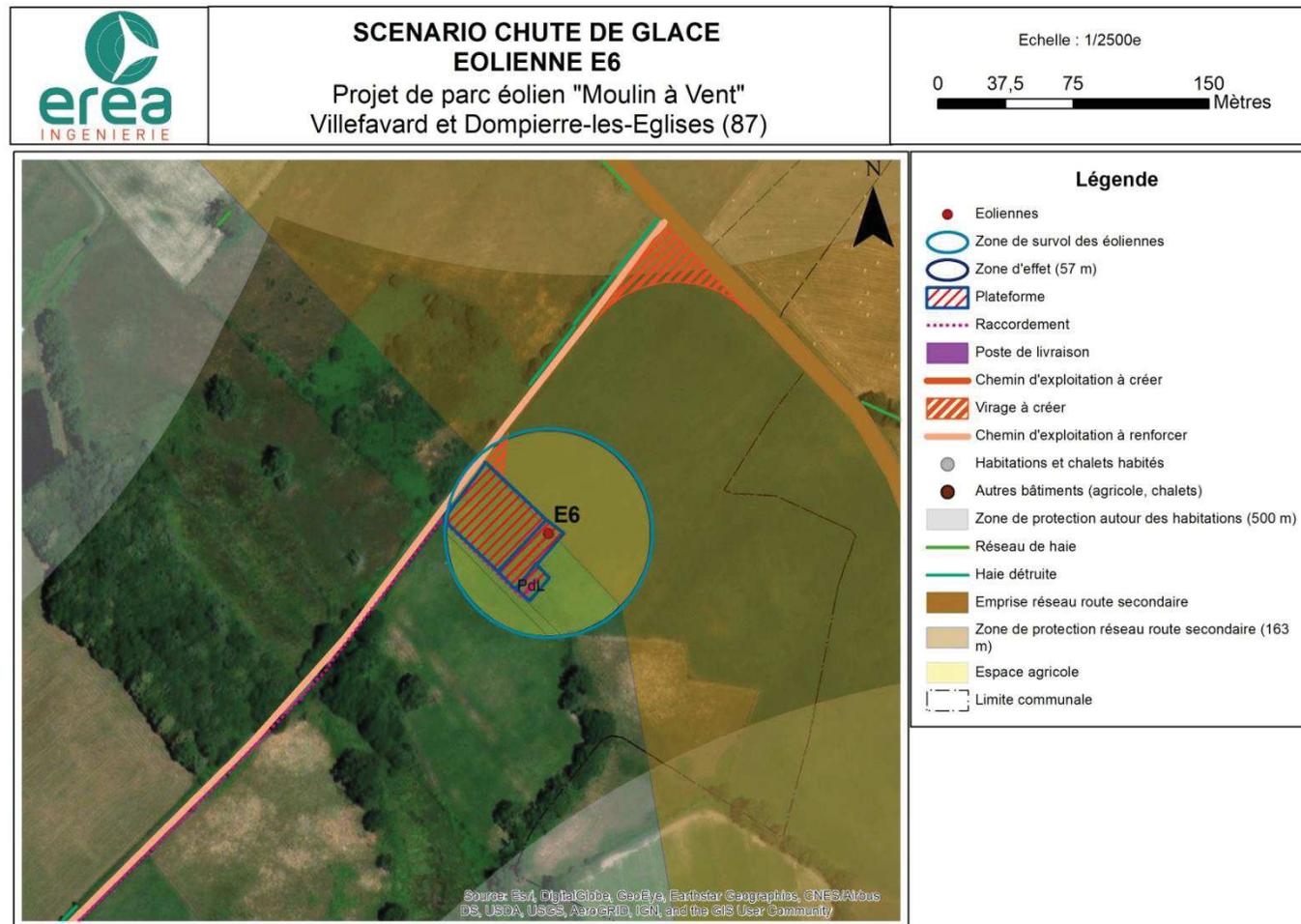
Synthèse des risques - Scénario « Chute de glace » - Eolienne E5

Intensité : modérée / Gravité : modéré / Risque : faible



Synthèse des risques - Scénario « Chute de glace » - Eolienne E6

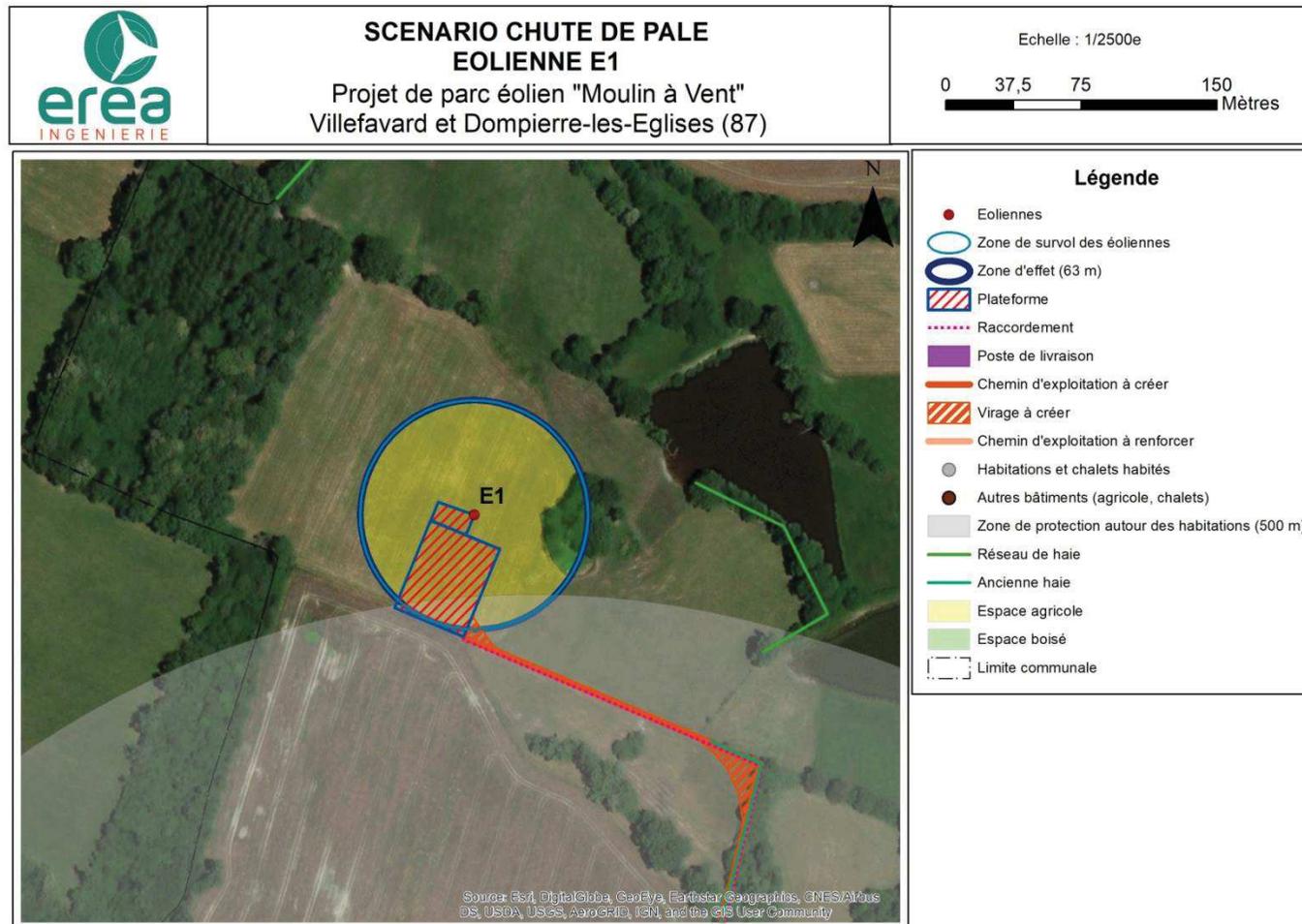
Intensité : modérée / Gravité : modéré / Risque : faible



8.3.3.3. SYNTHÈSE CARTOGRAPHIQUE DU SCÉNARIO "CHUTE D'ÉLÉMENT D'ÉOLIENNE"

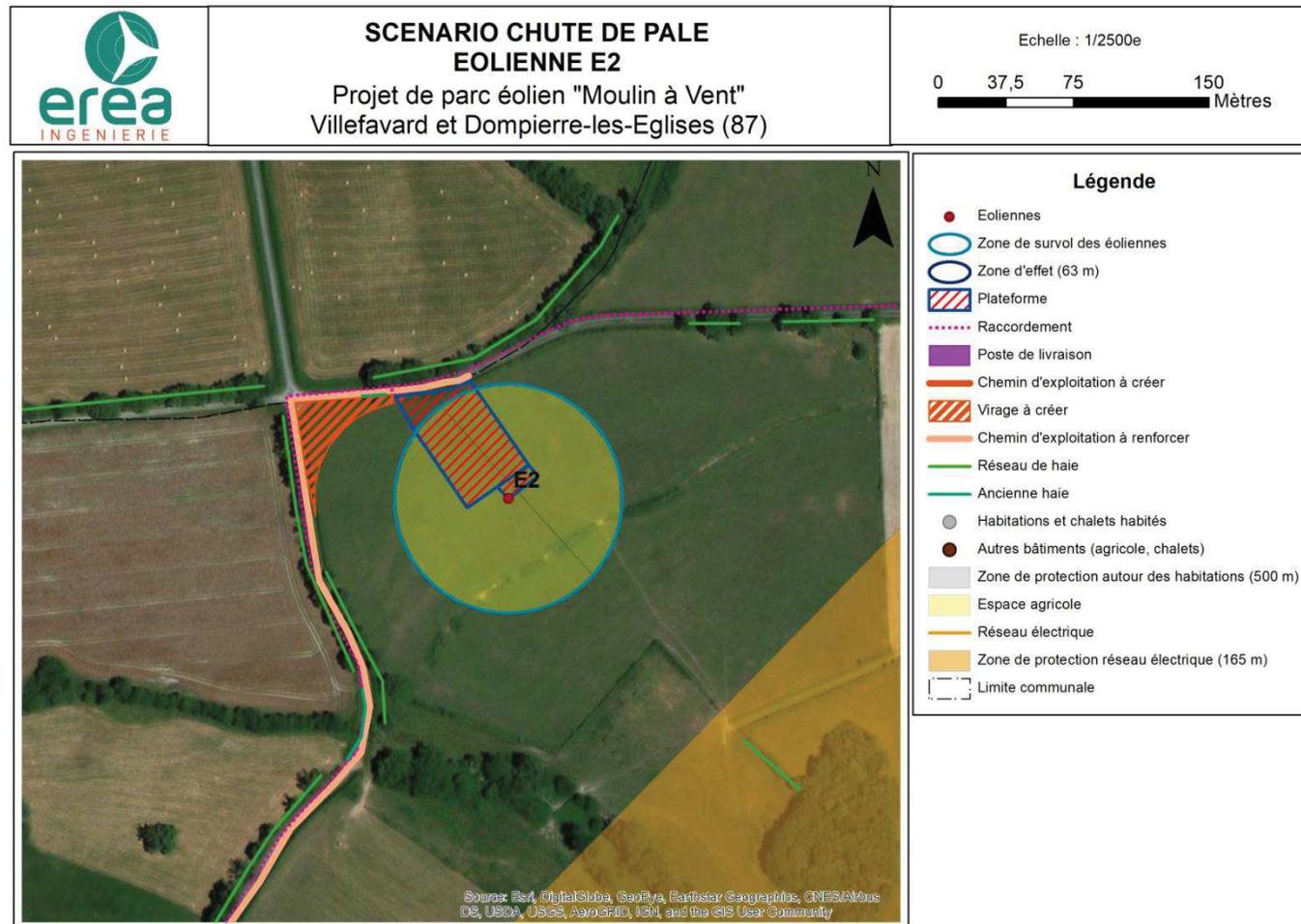
Synthèse des risques - Scénario « Chute d'élément d'éolienne » -
Eolienne E1

Intensité : modérée / Gravité : modéré / Risque : très faible



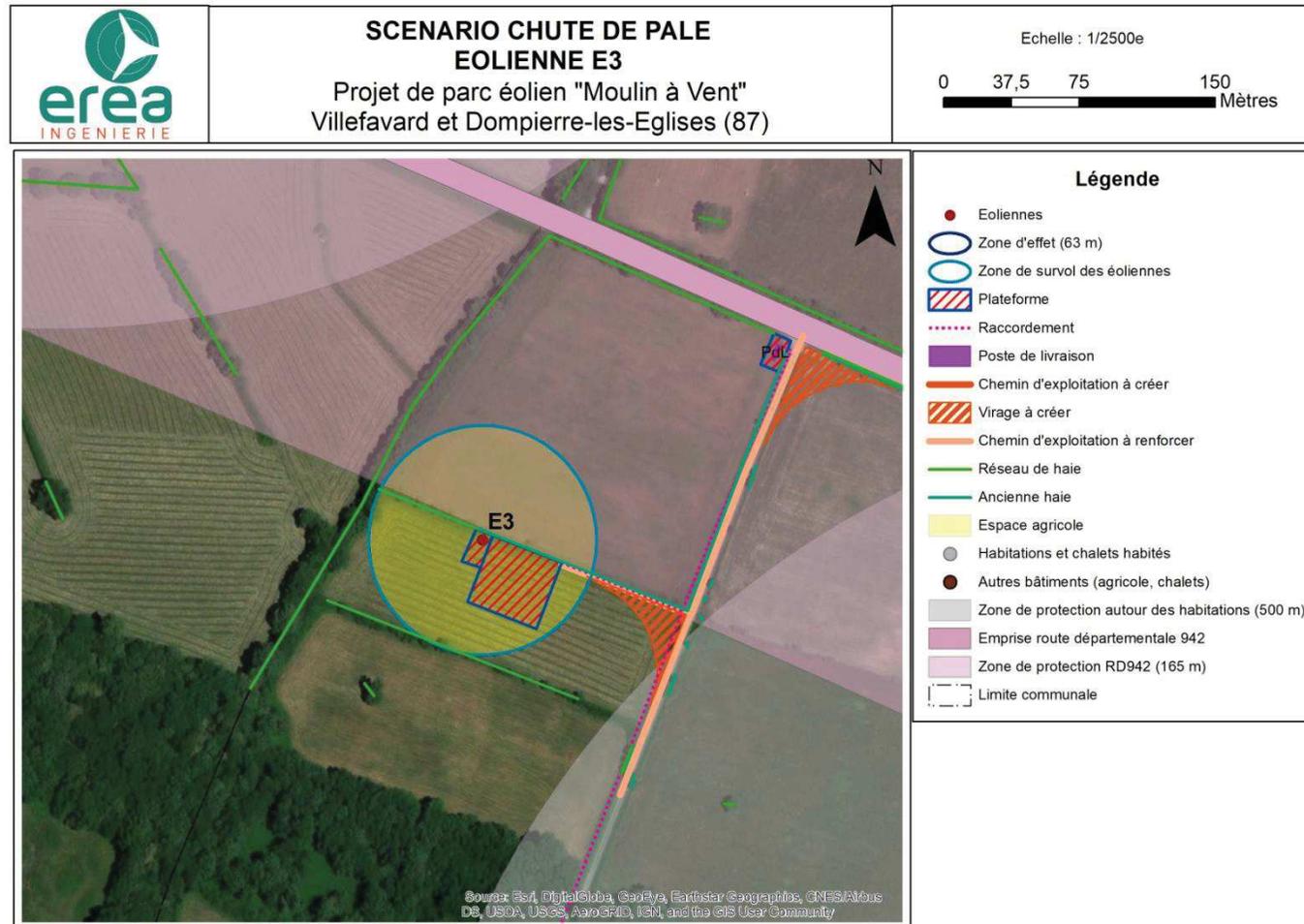
Synthèse des risques - Scénario « Chute d'élément d'éolienne » -
Eolienne E2

Intensité : modérée / Gravité : modéré / Risque : très faible



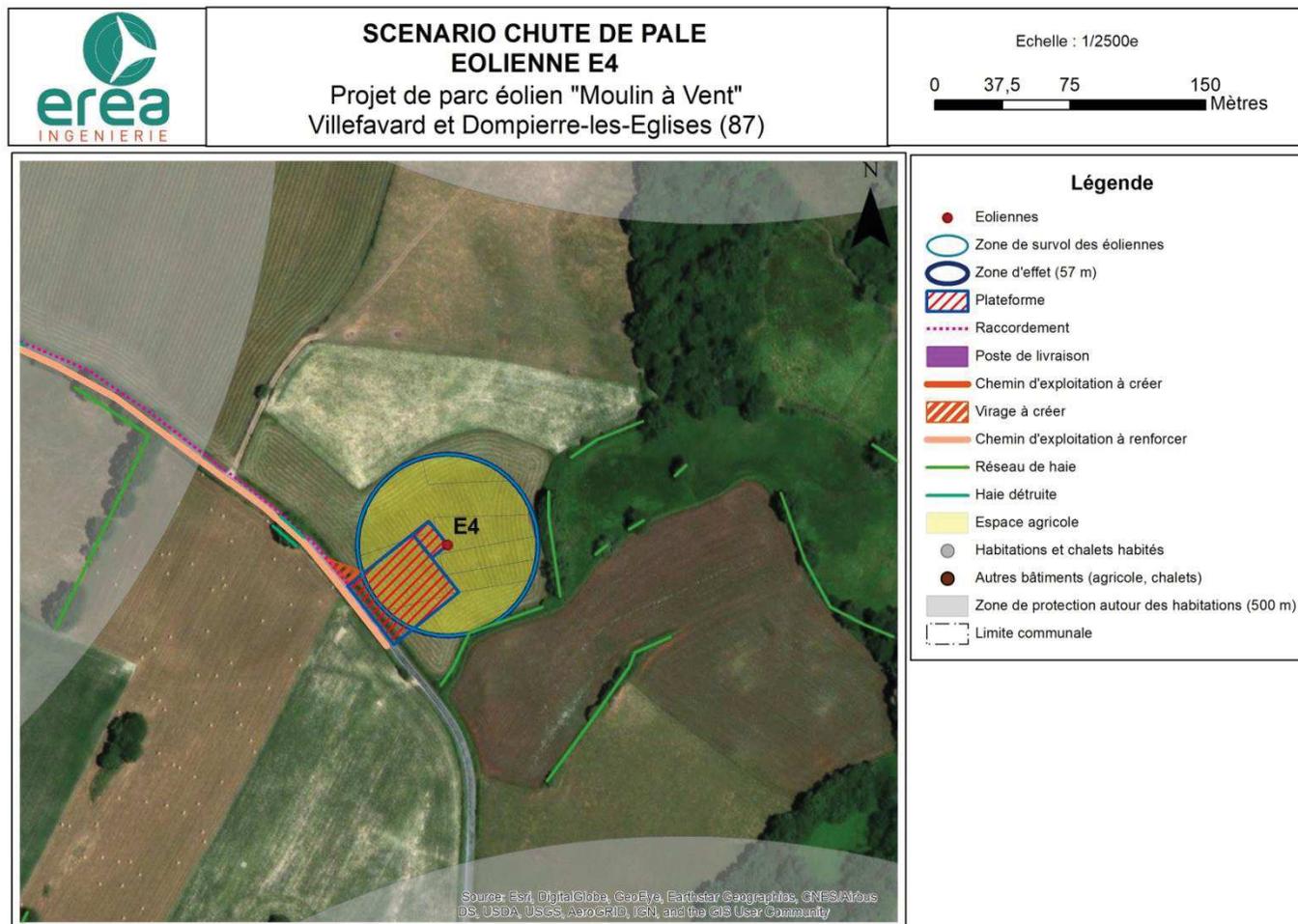
Synthèse des risques - Scénario « Chute d'élément d'éolienne » -
 Eolienne E3

Intensité : modérée / Gravité : modéré / Risque : très faible



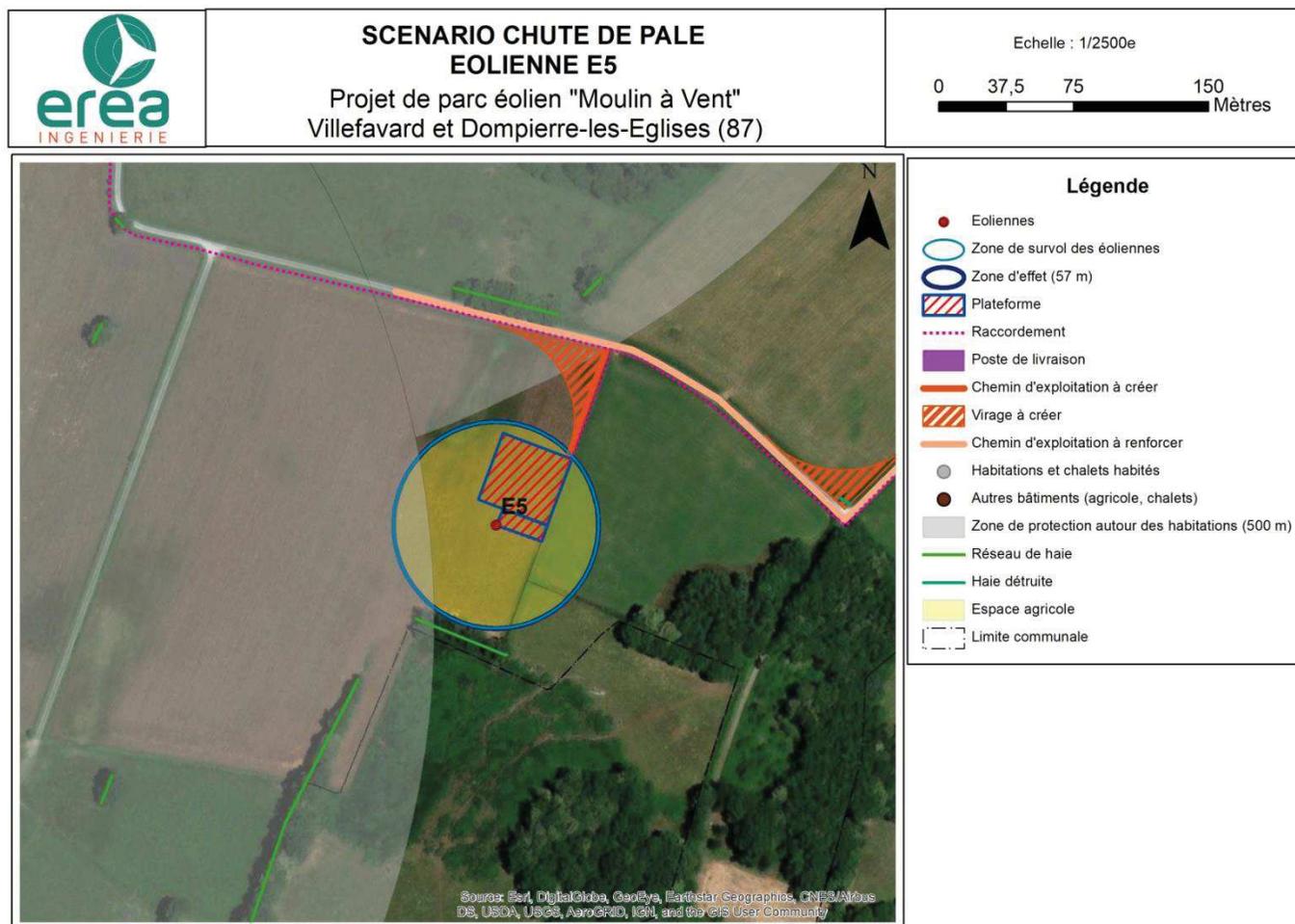
Synthèse des risques - Scénario « Chute d'élément d'éolienne » -
Eolienne E4

Intensité : forte / Gravité : sérieux / Risque : faible



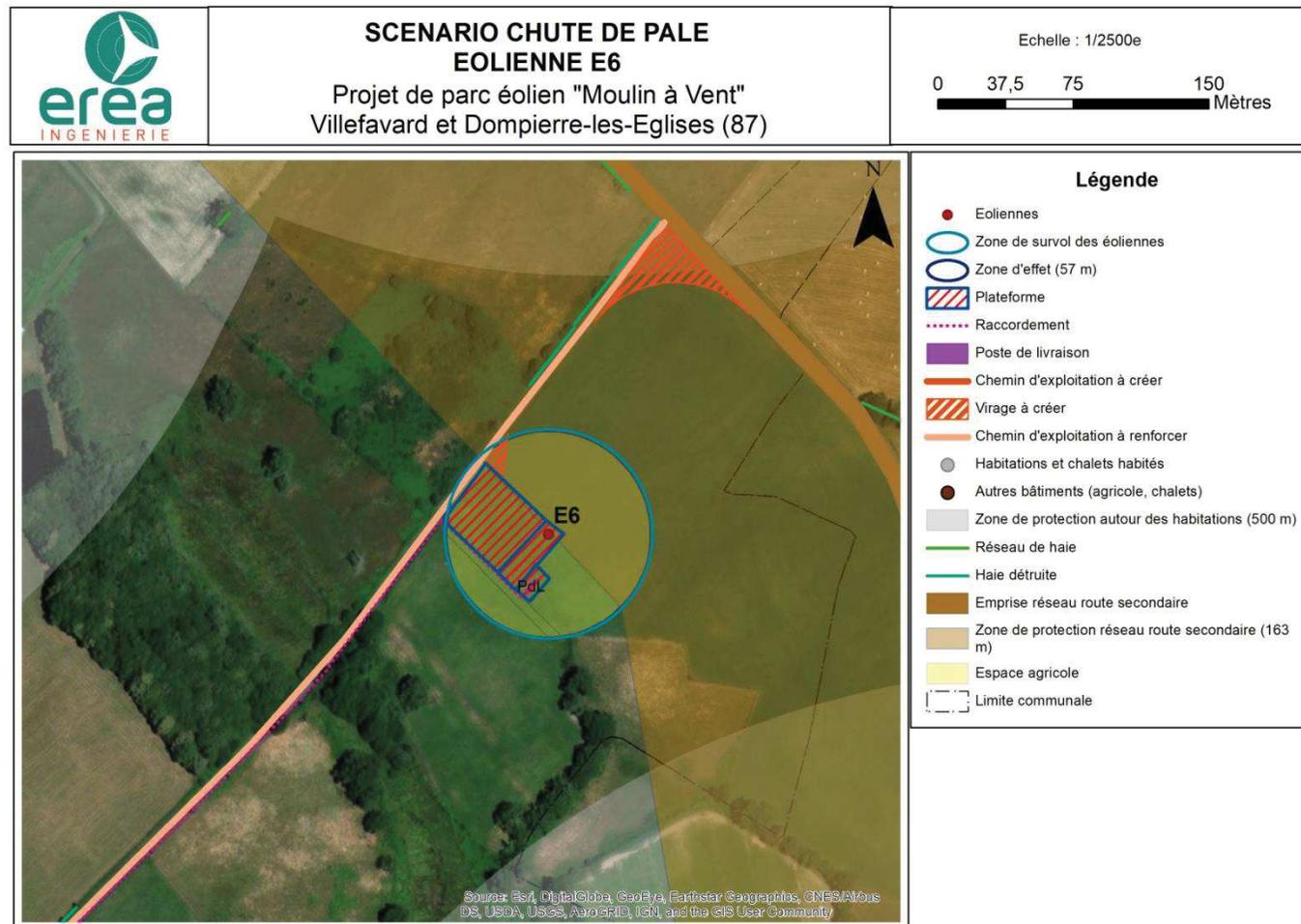
Synthèse des risques - Scénario « Chute d'élément d'éolienne » -
Eolienne E5

Intensité : forte / Gravité : sérieux / Risque : faible



Synthèse des risques - Scénario « Chute d'élément d'éolienne » -
Eolienne E6

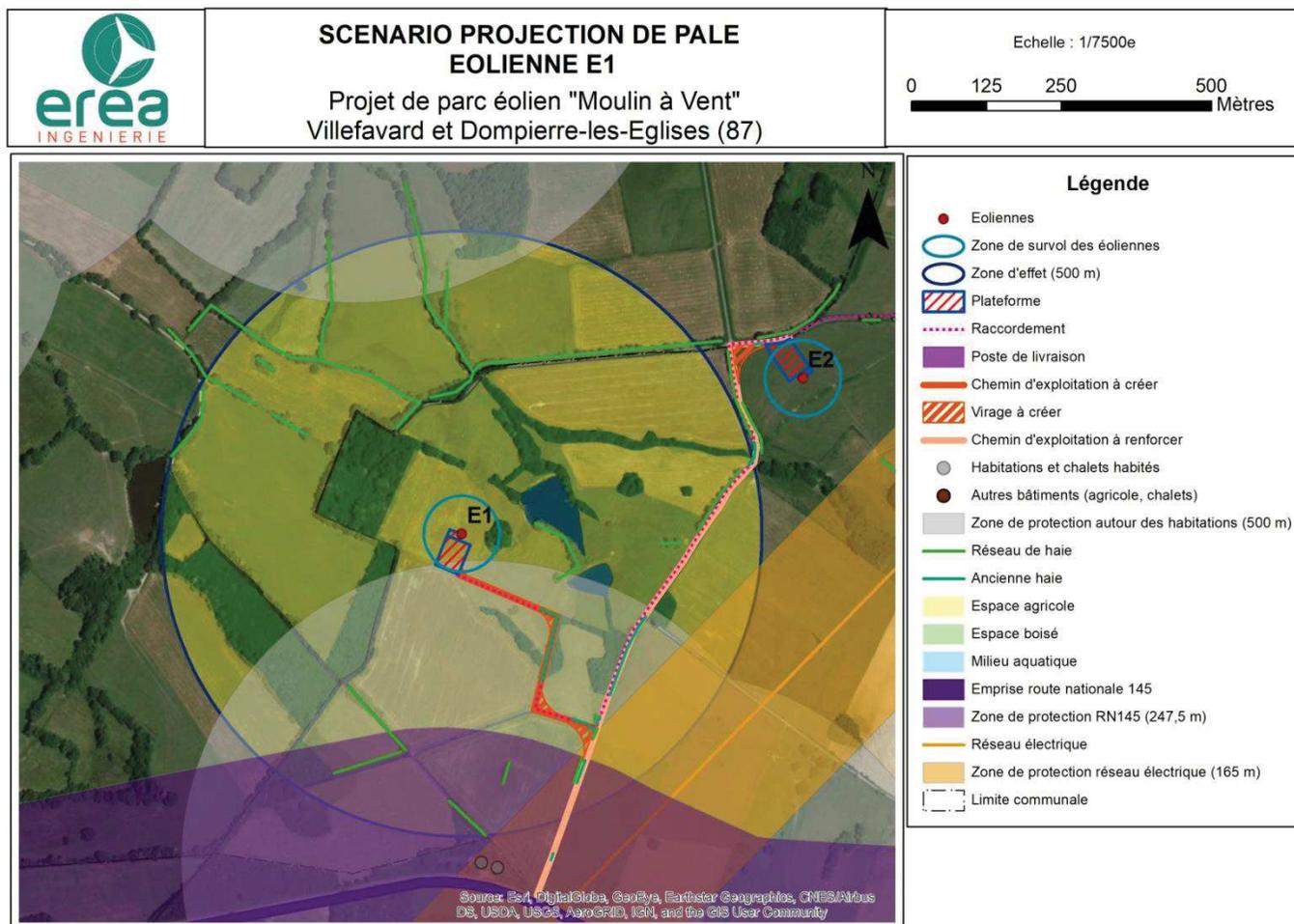
Intensité : forte / Gravité : modéré / Risque : faible



8.3.3.4. SYNTHÈSE CARTOGRAPHIQUE DU SCÉNARIO "PROJECTION DE PALE OU DE FRAGMENT DE PALE"

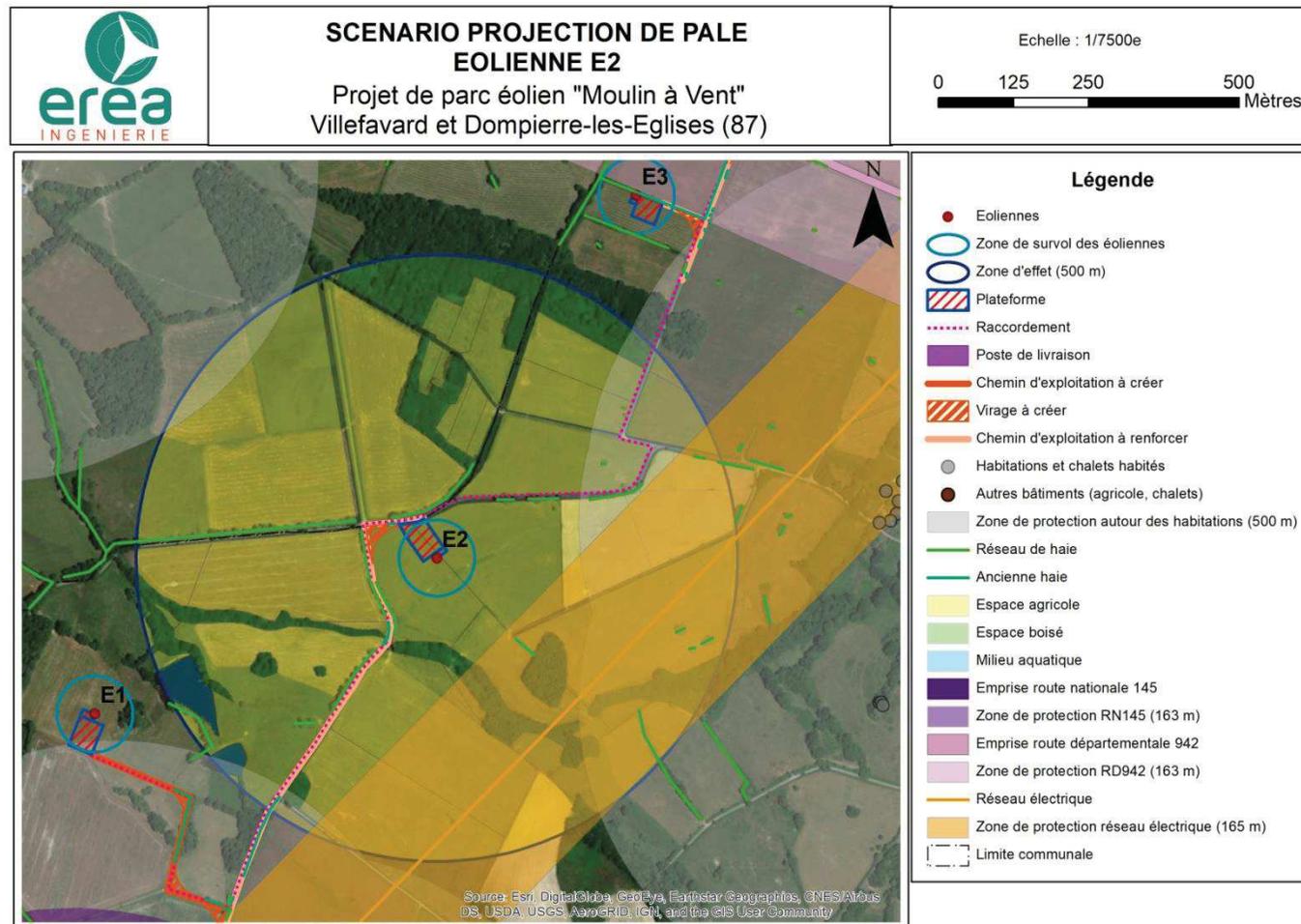
Synthèse des risques - Scénario « Projection de pale ou de fragment de pale » - Eolienne E1

Intensité : modérée / Gravité : modéré / Risque : très faible



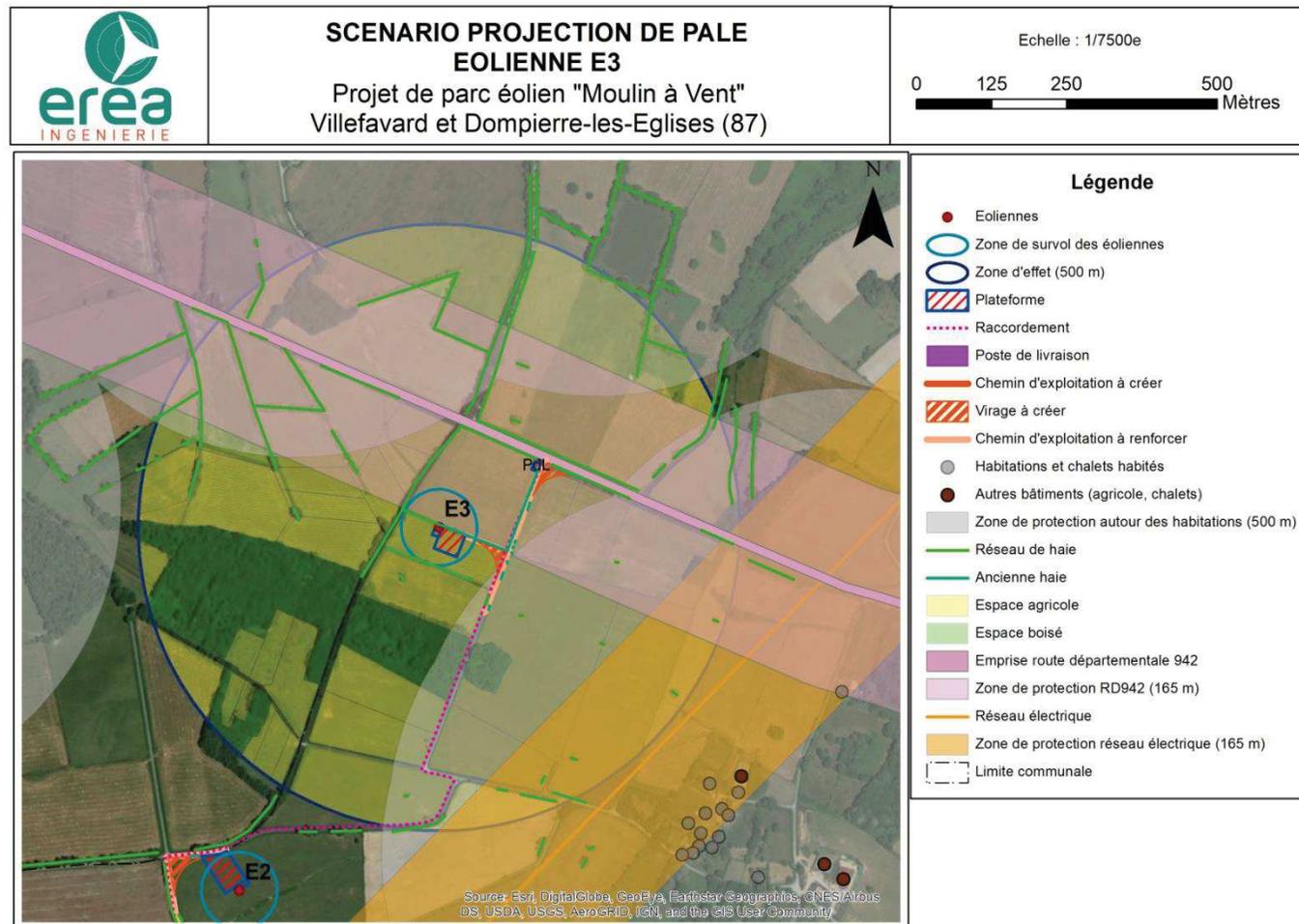
Synthèse des risques - Scénario « Projection de pale ou de fragment de pale » - Eolienne E2

Intensité : modérée / Gravité : modéré / Risque : très faible



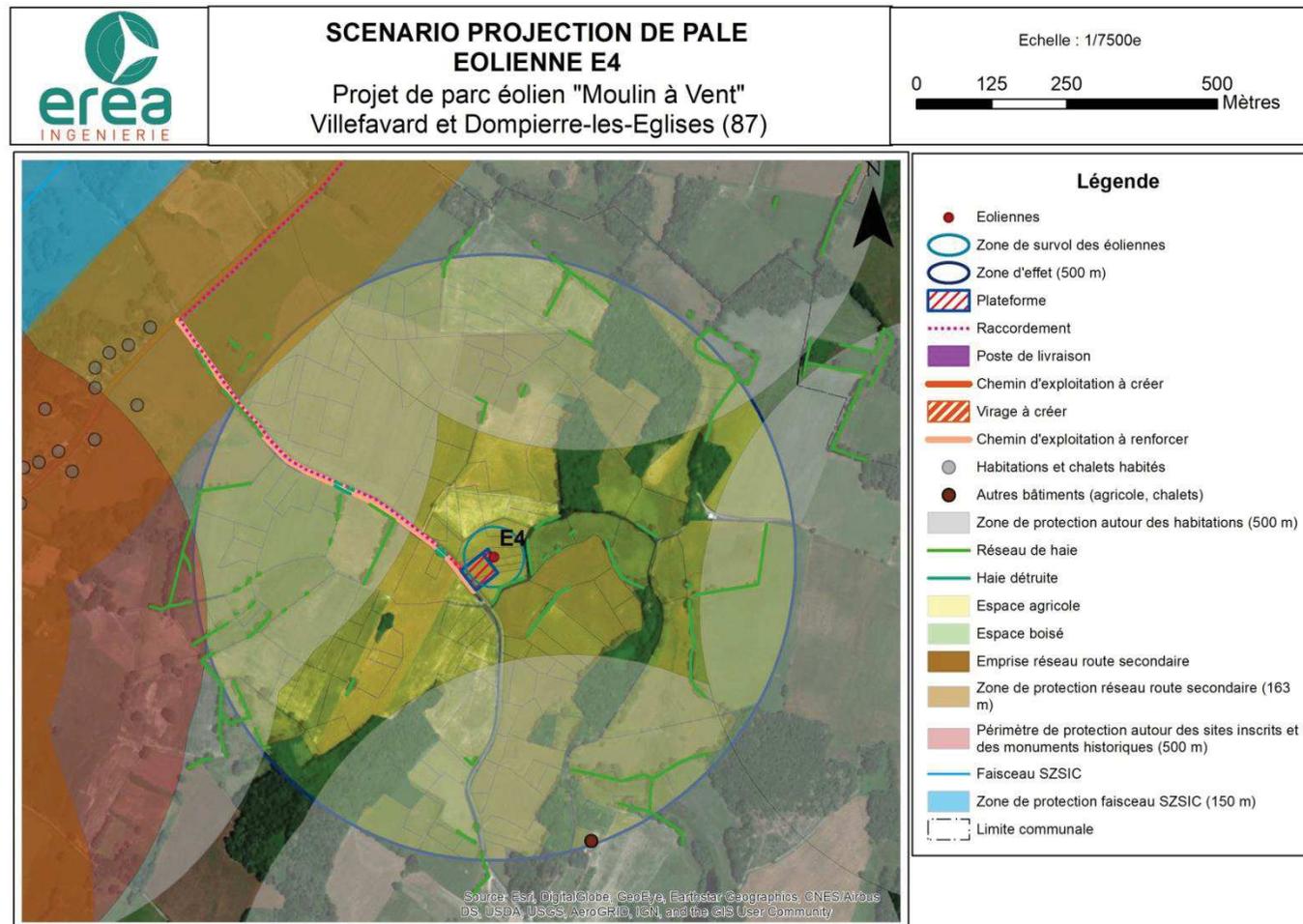
Synthèse des risques - Scénario « Projection de pale ou de fragment de pale » - Eolienne E3

Intensité : modérée / Gravité : important / Risque : faible



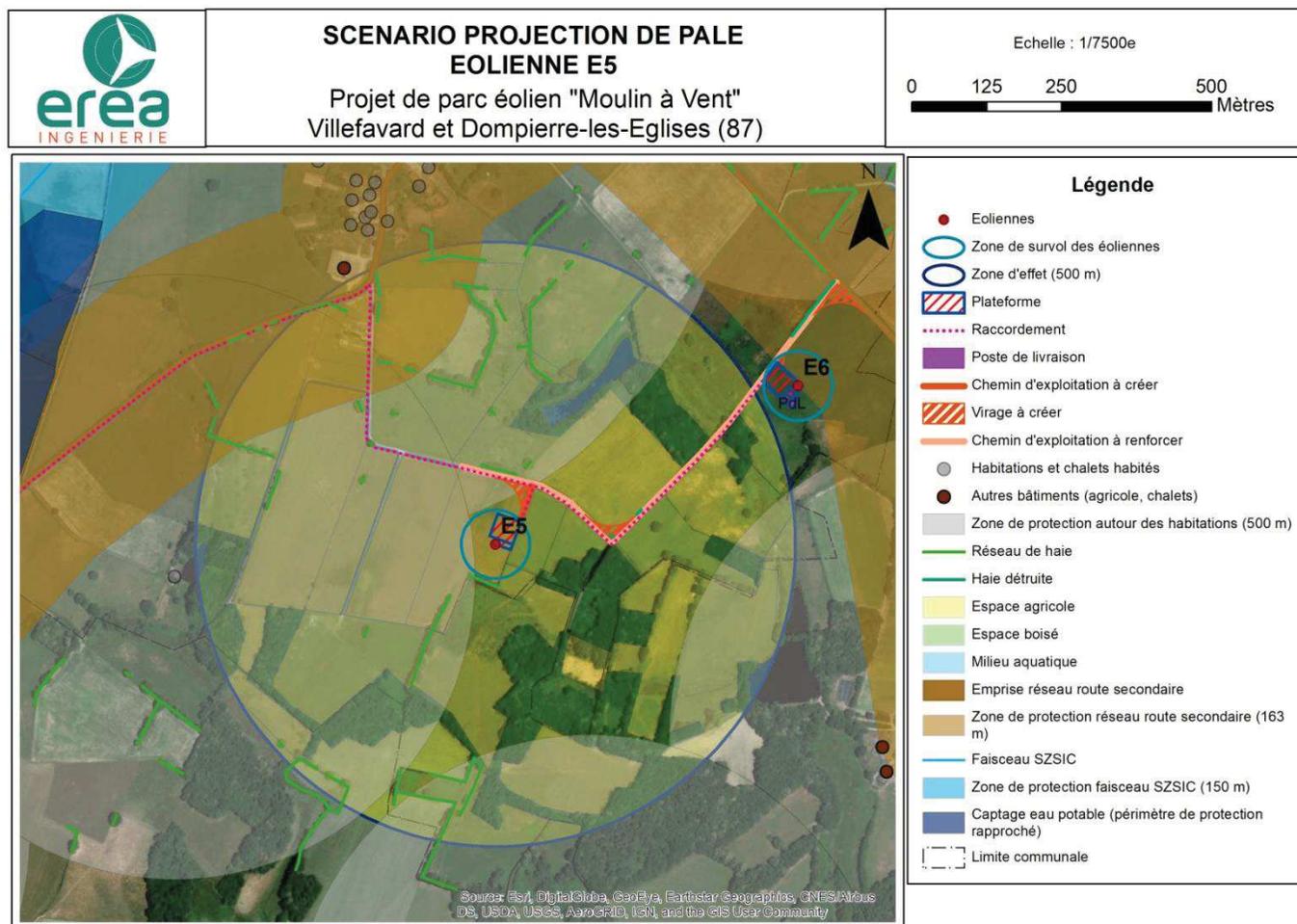
Synthèse des risques - Scénario « Projection de pale ou de fragment de pale » - Eolienne E4

Intensité : modérée / Gravité : modéré / Risque : très faible



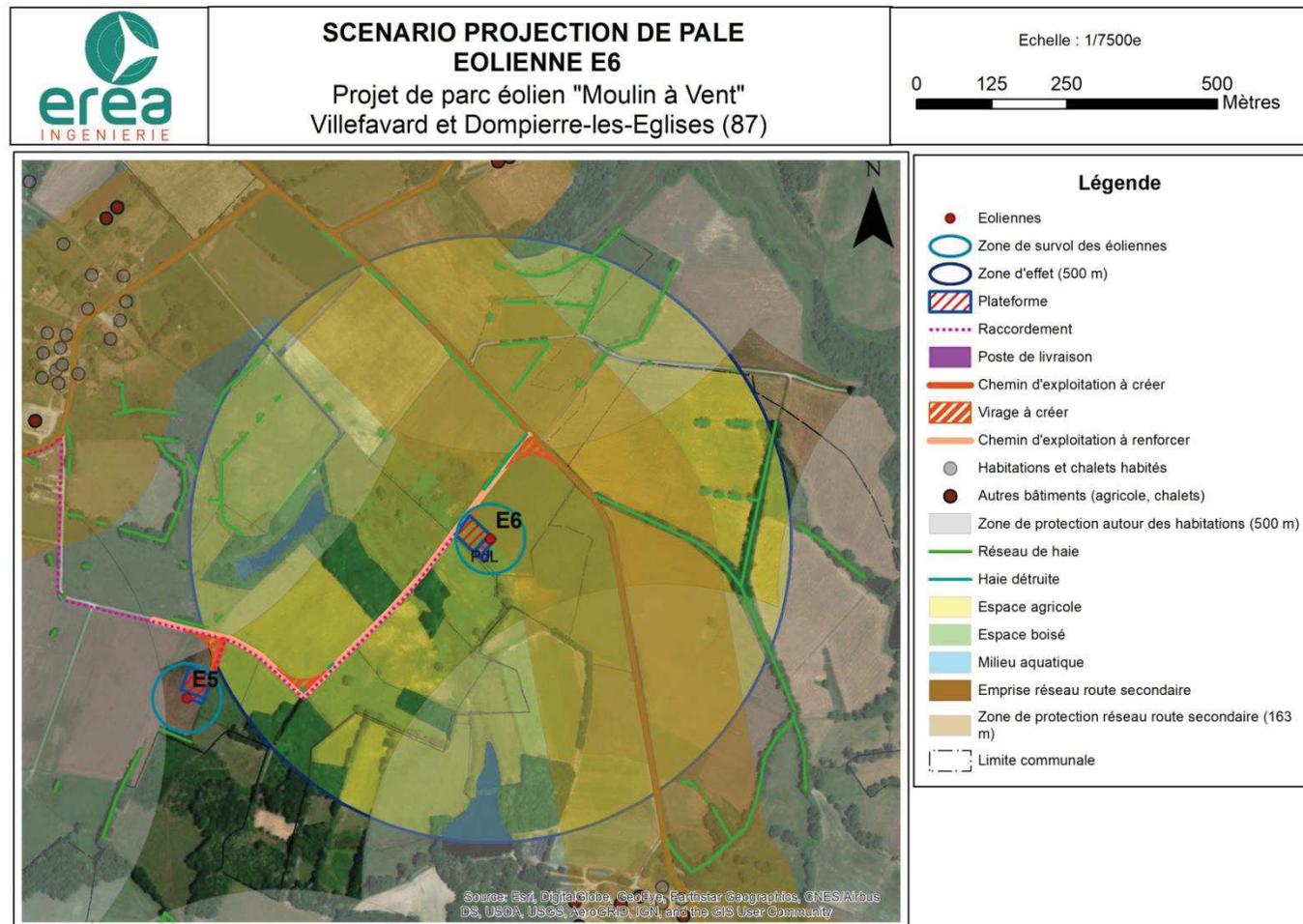
Synthèse des risques - Scénario « Projection de pale ou de fragment de pale » - Eolienne E5

Intensité : modérée / Gravité : modéré / Risque : très faible



Synthèse des risques - Scénario « Projection de pale ou de fragment de pale » - Eolienne E6

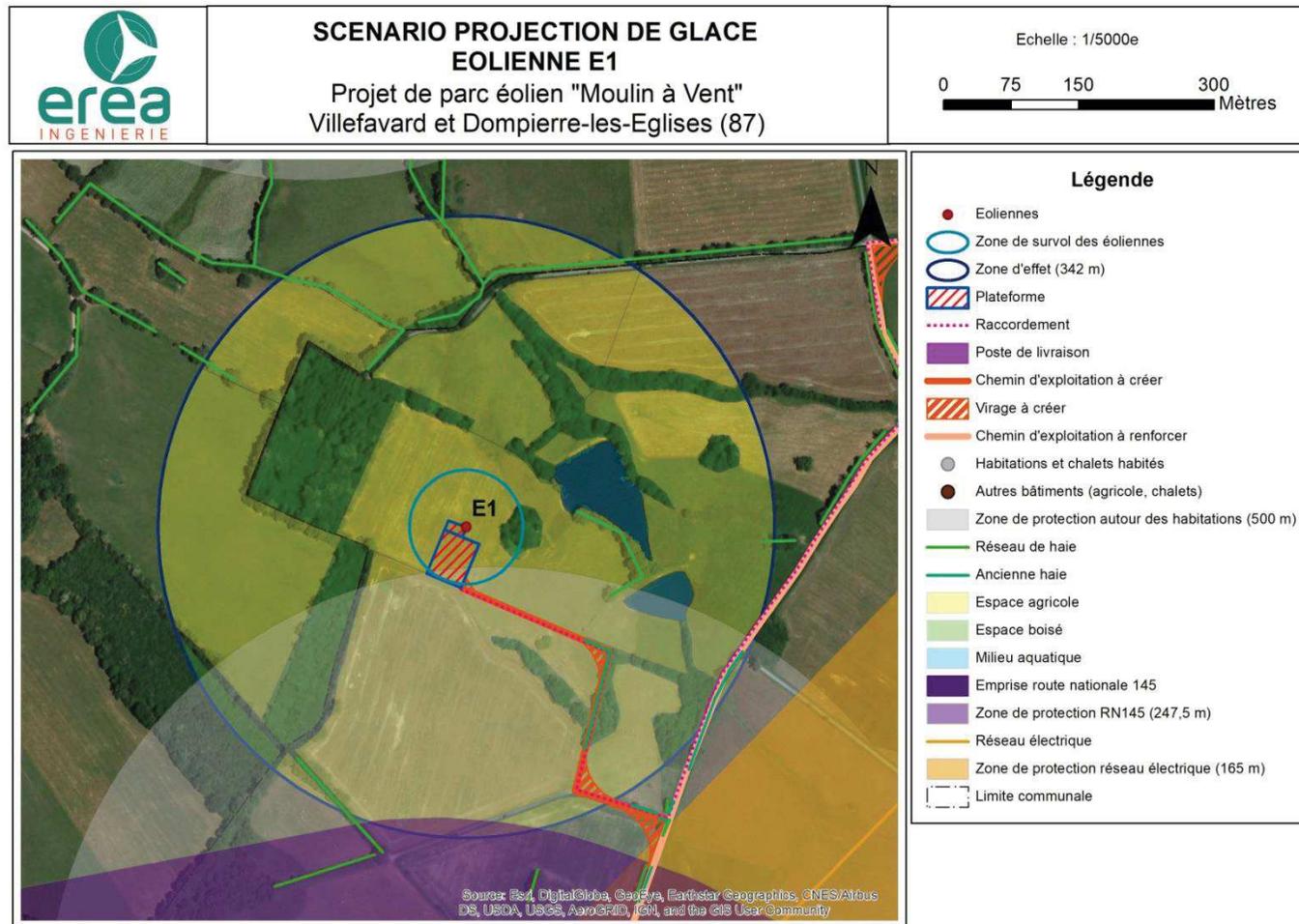
Intensité : modérée / Gravité : sérieux / Risque : très faible



8.3.3.5. SYNTHÈSE CARTOGRAPHIQUE DU SCÉNARIO "PROJECTION DE GLACE"

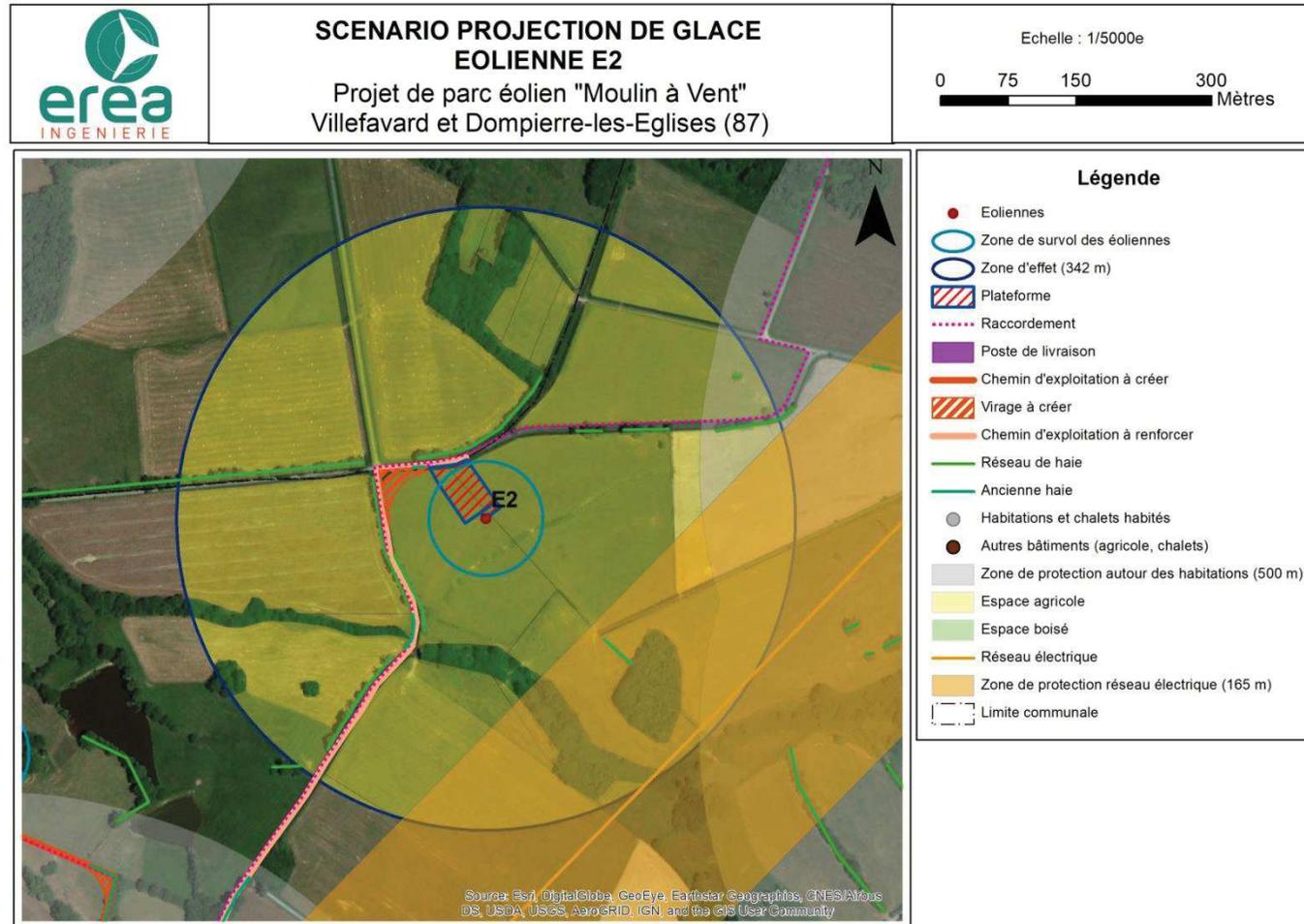
Synthèse des risques - Scénario « Projection de glace » - Eolienne E1

Intensité : modérée / Gravité : modéré / Risque : très faible



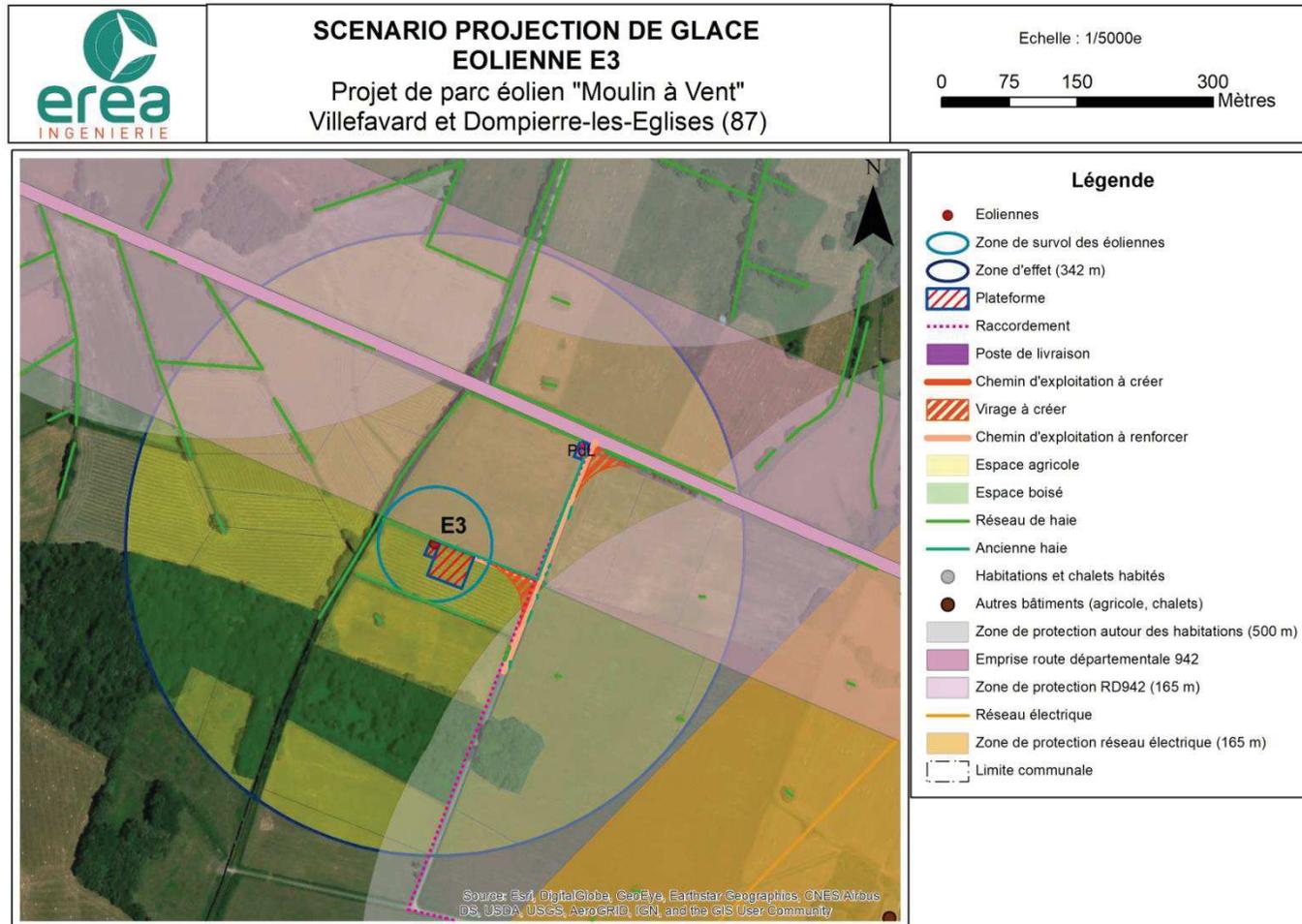
Synthèse des risques - Scénario « Projection de glace » - Eolienne E2

Intensité : modérée / Gravité : modéré / Risque : très faible



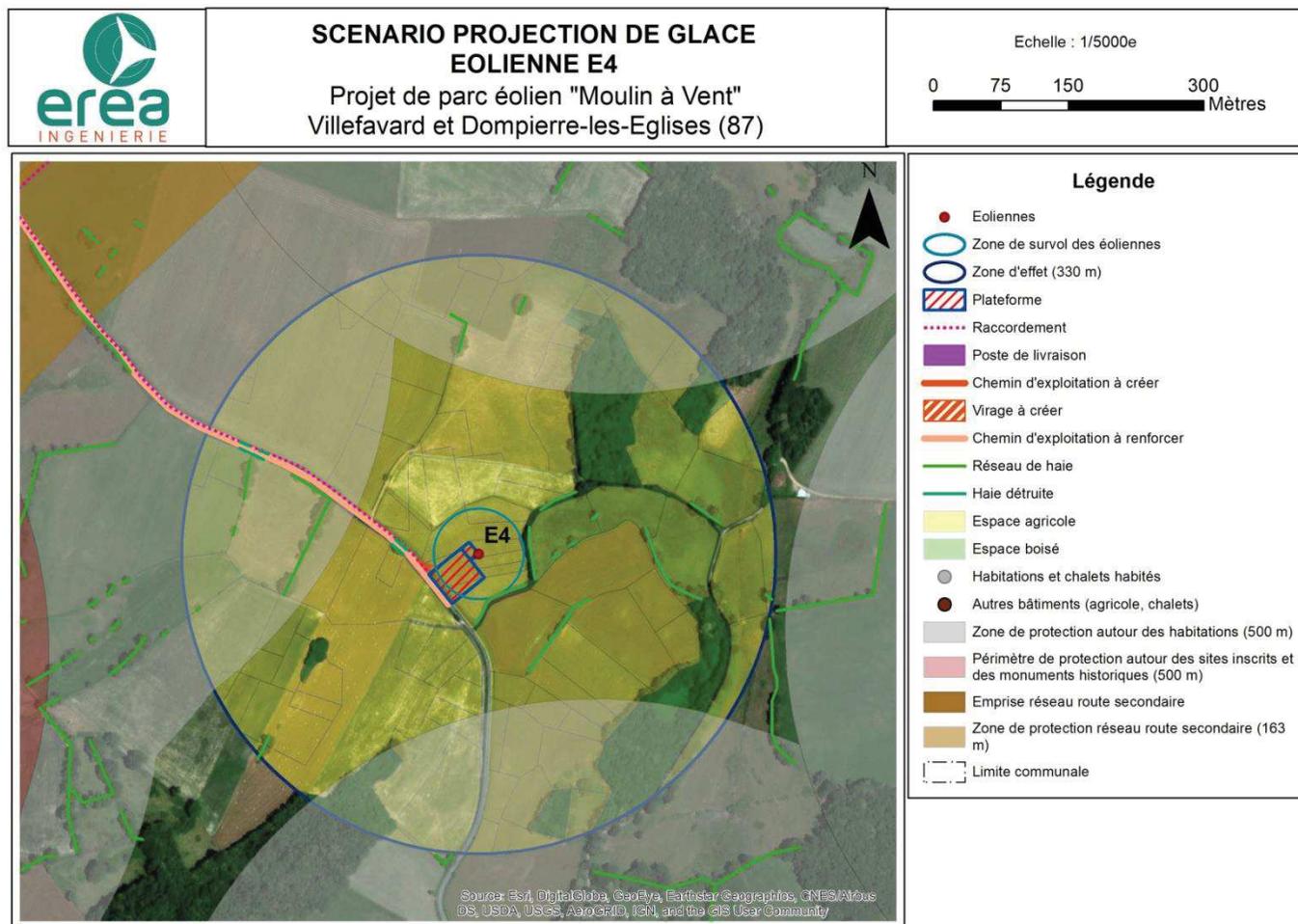
Synthèse des risques - Scénario « Projection de glace » - Eolienne E3

Intensité : modérée / Gravité : sérieux / Risque : faible



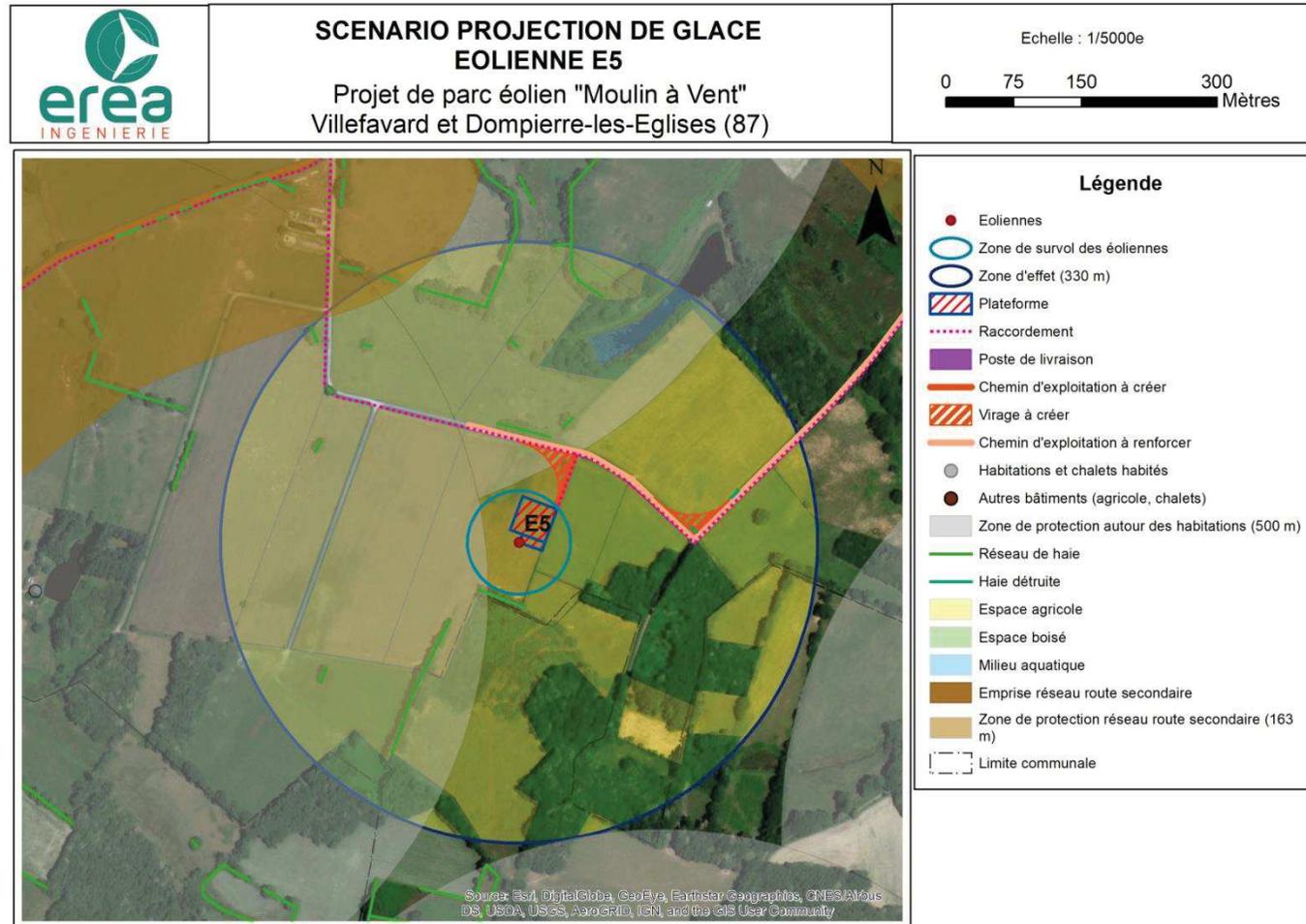
Synthèse des risques - Scénario « Projection de glace » - Eolienne E4

Intensité : modérée / Gravité : modéré / Risque : très faible



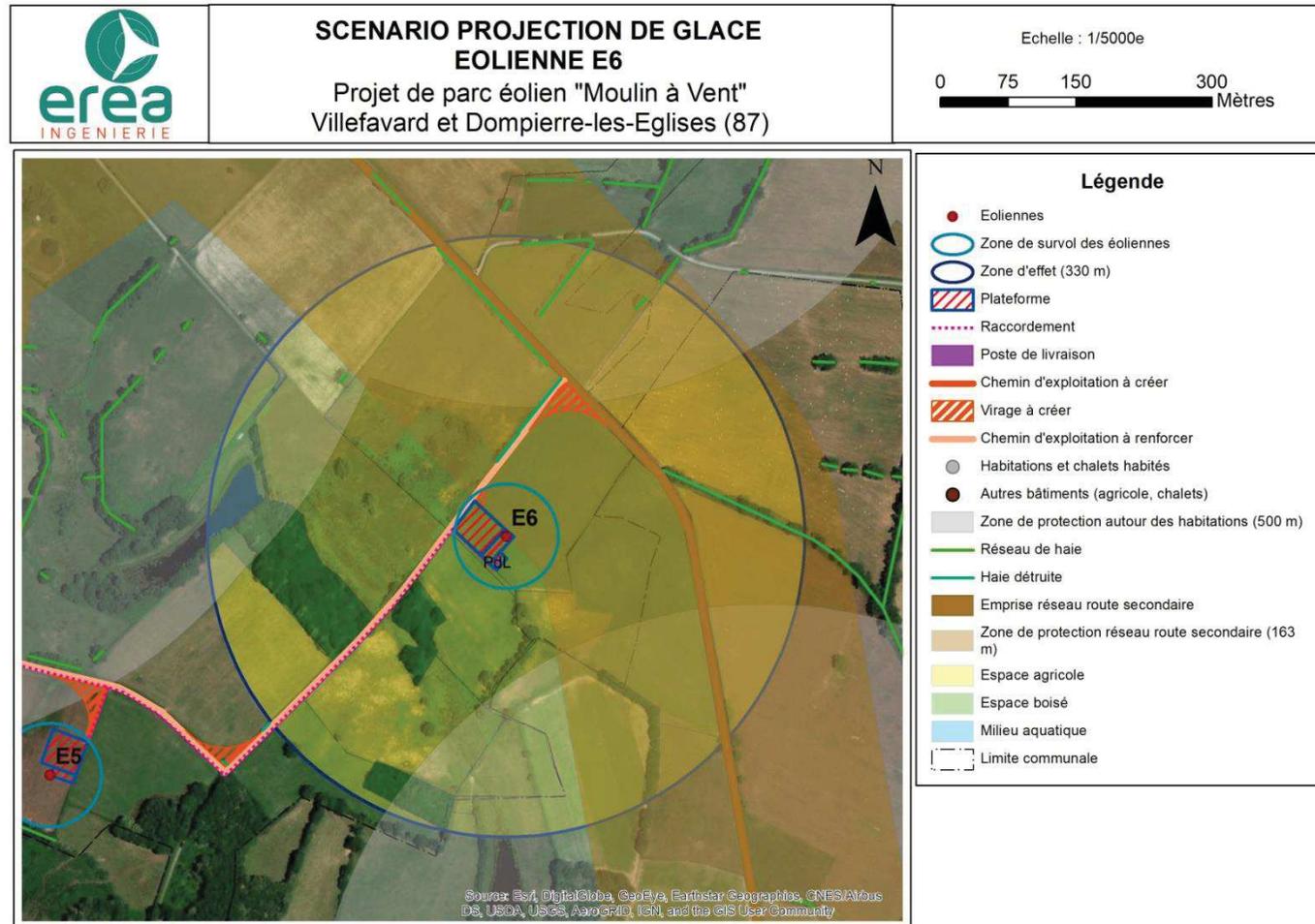
Synthèse des risques - Scénario « Projection de glace » - Eolienne E5

Intensité : modérée / Gravité : modéré / Risque : très faible



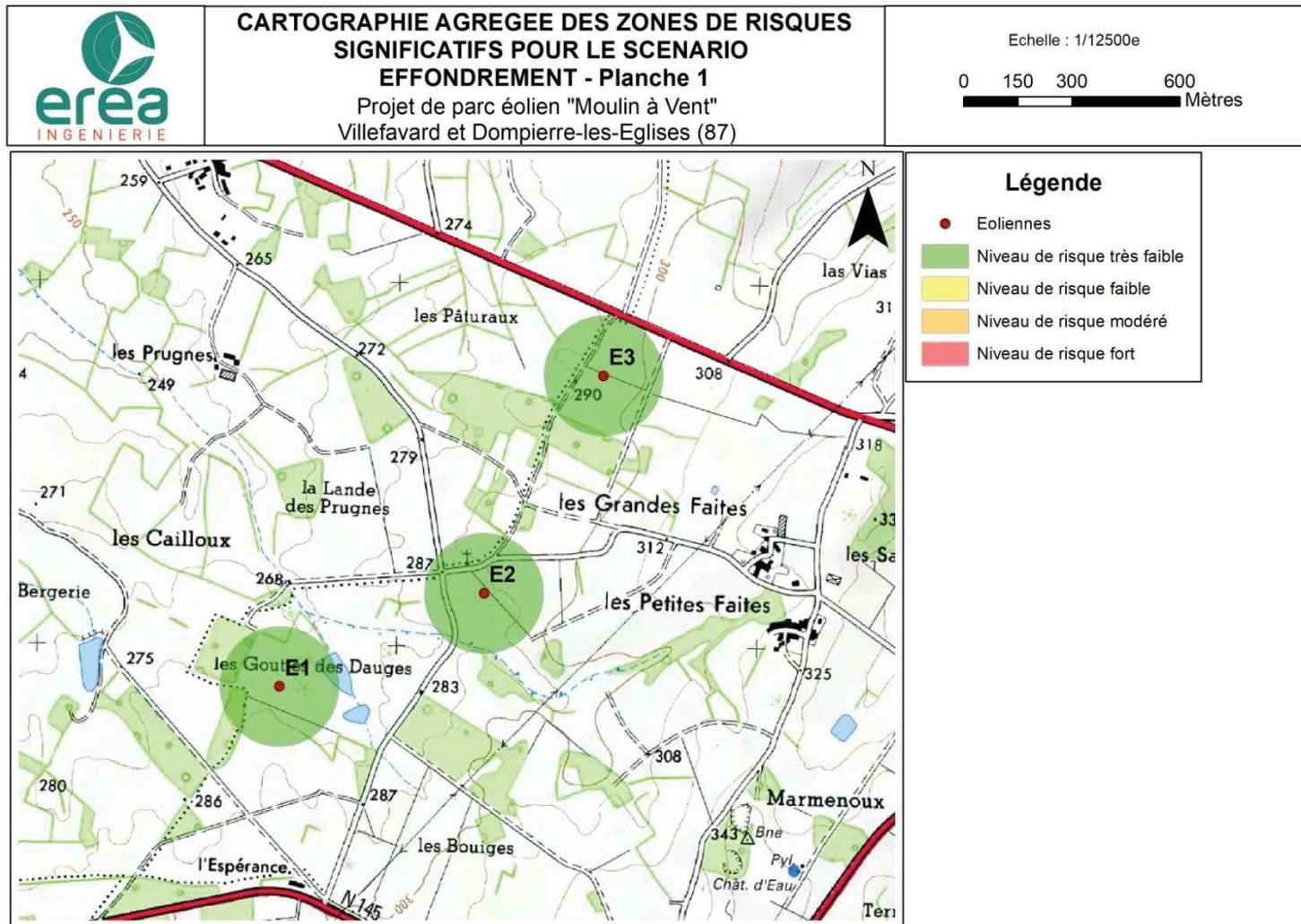
Synthèse des risques - Scénario « Projection de glace » - Eolienne E6

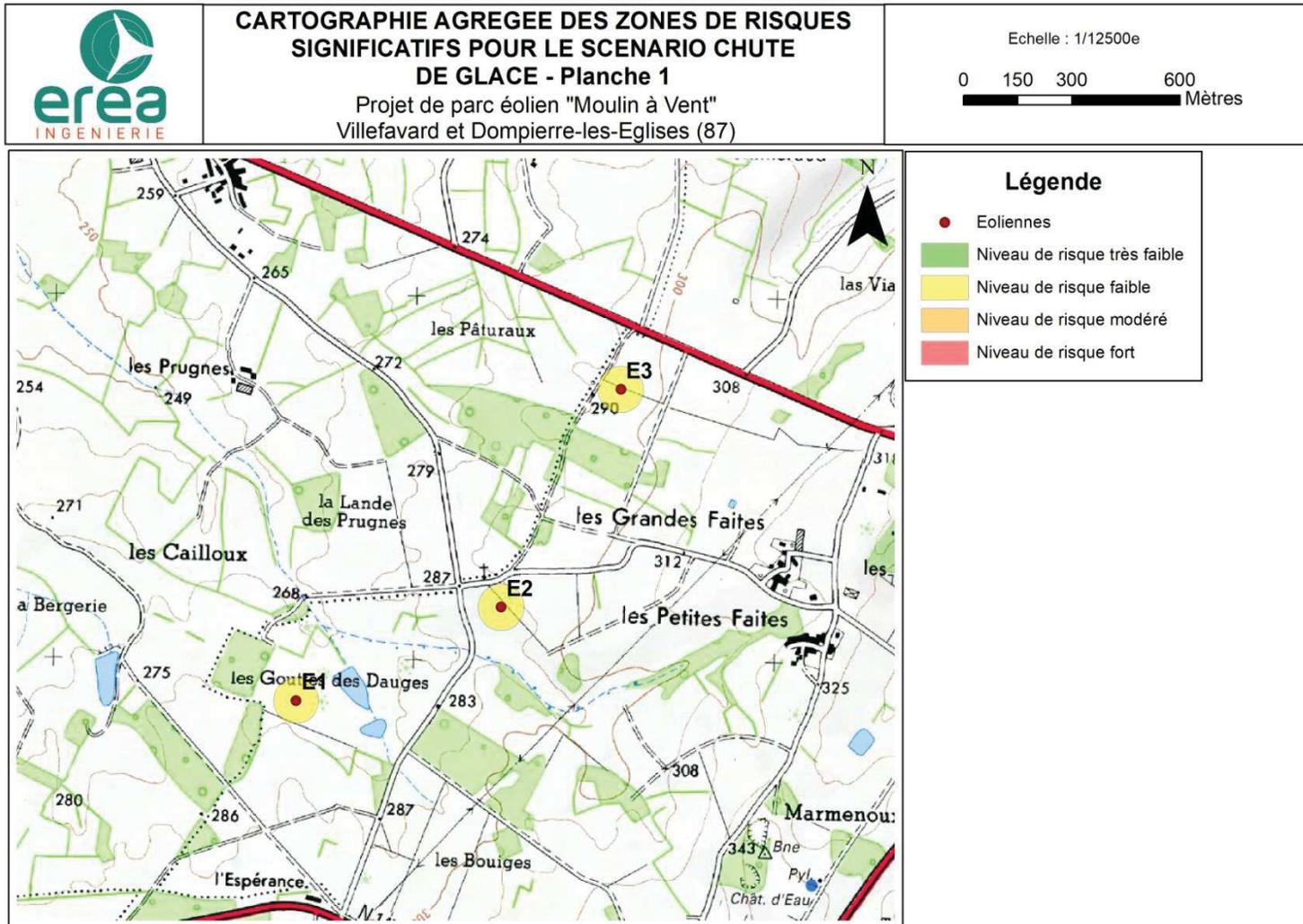
Intensité : modérée / Gravité : modéré / Risque : très faible

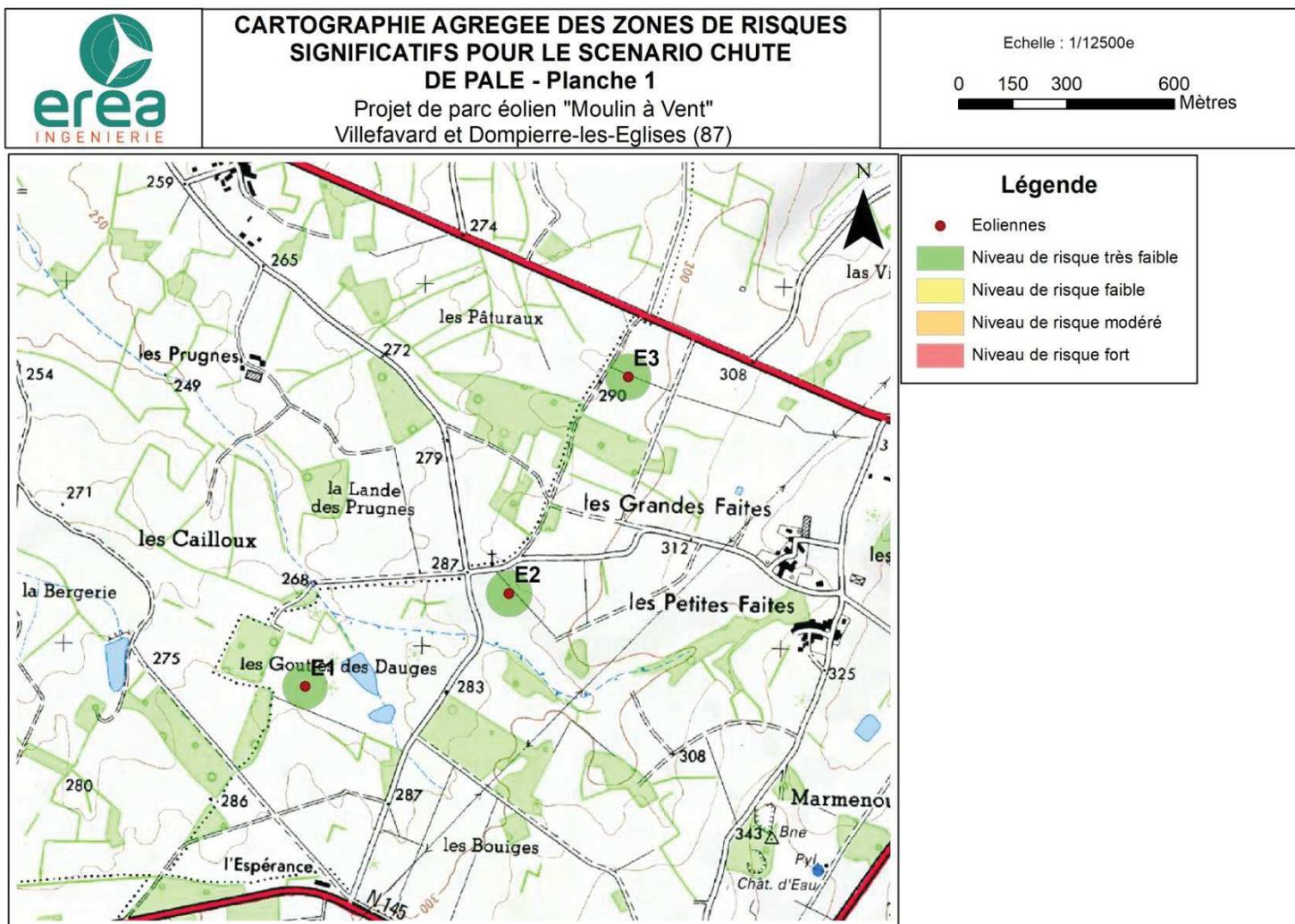


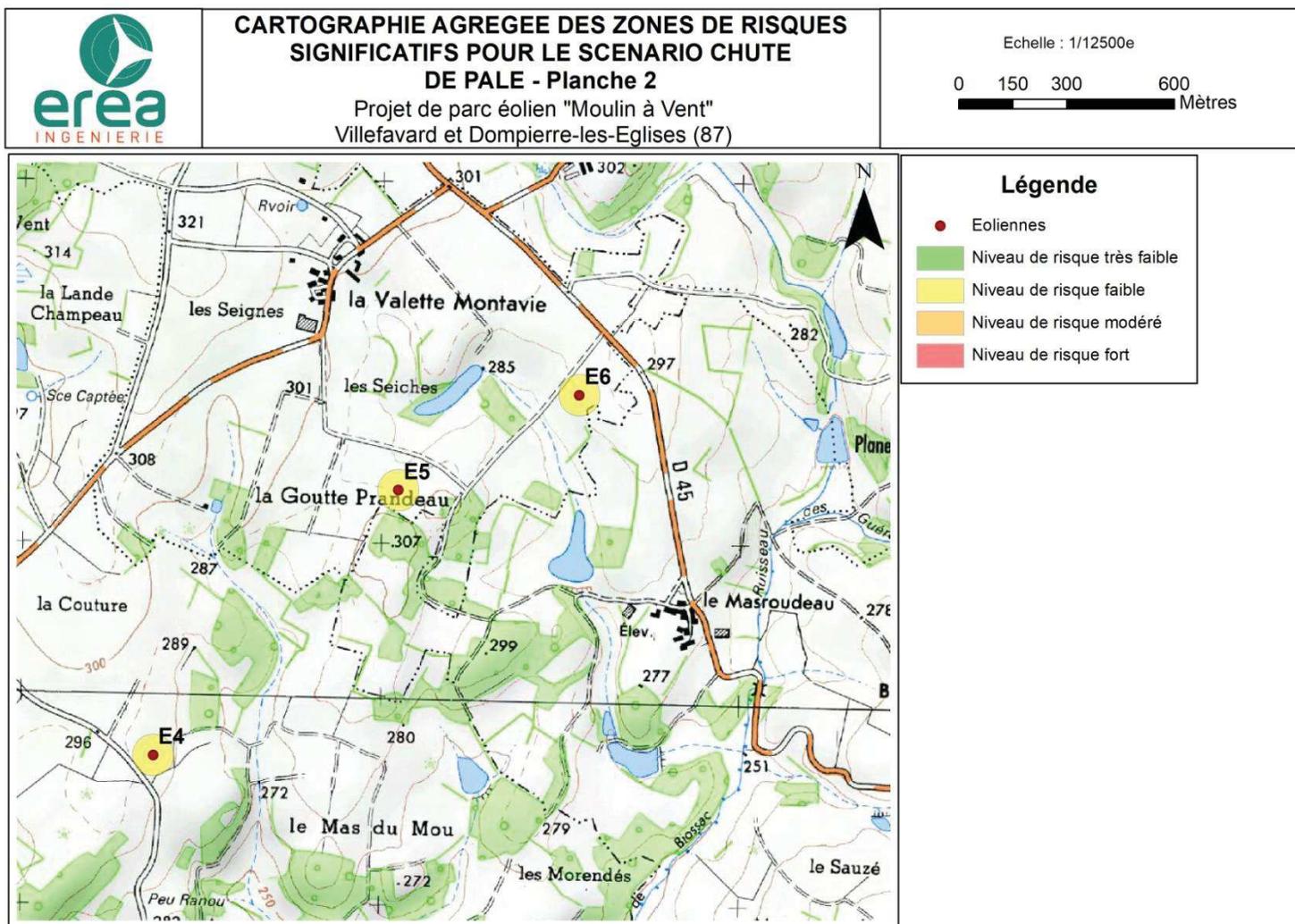
8.3.4. CARTOGRAPHIE AGREGEE PAR TYPE D'EFFET

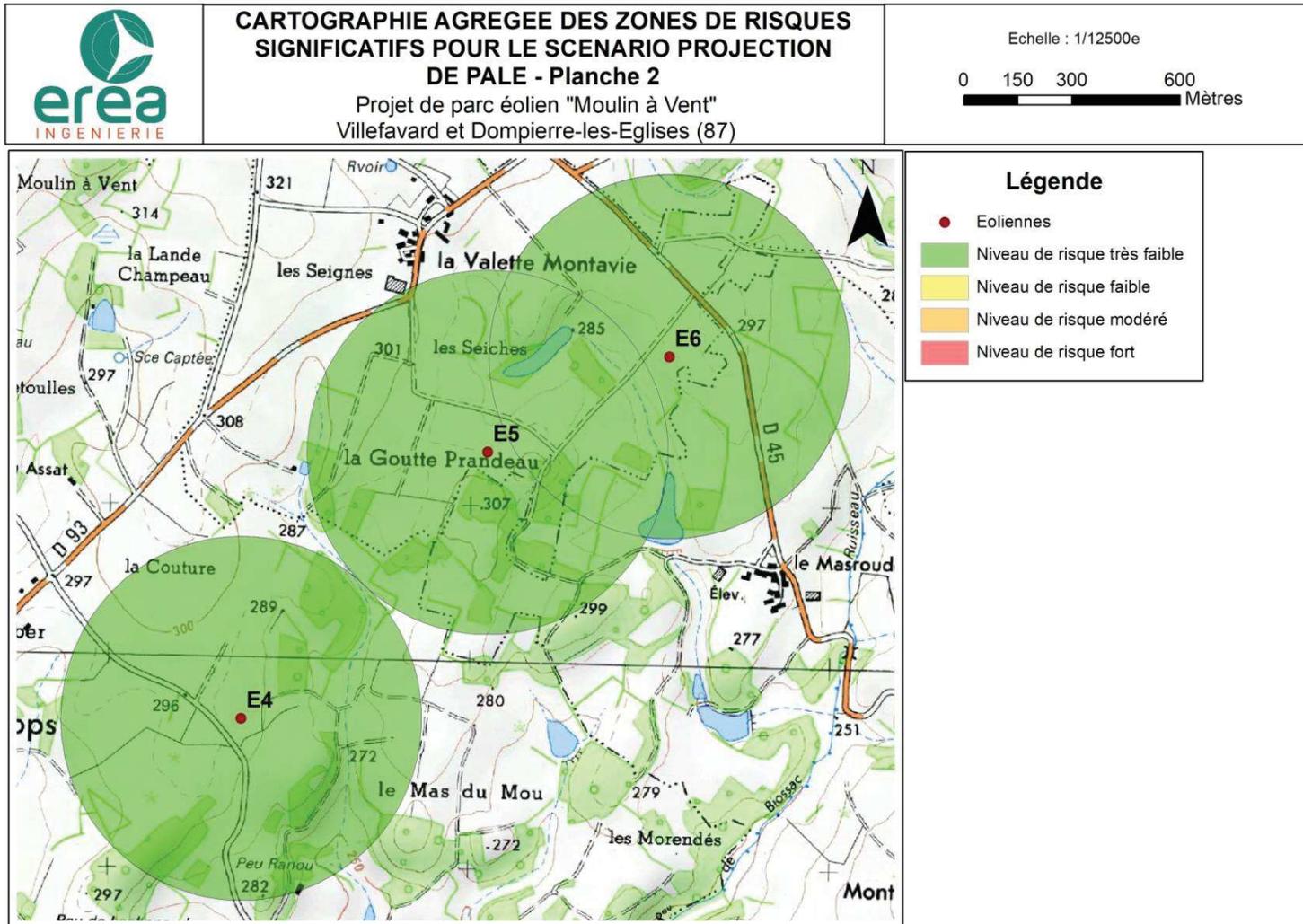
Pour chaque scénario, une carte agrégée des zones de risques significatifs est présentée.

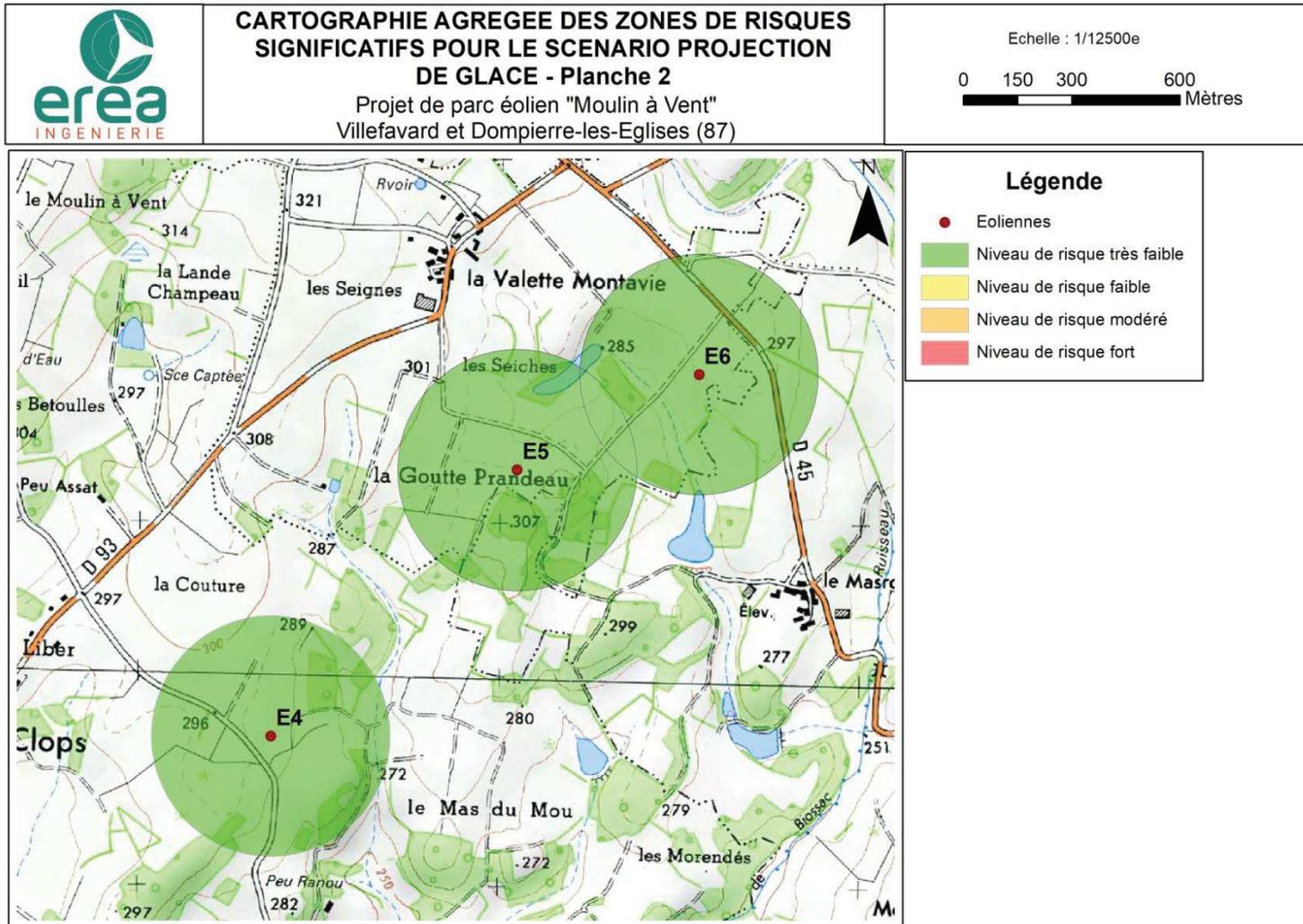












9. CONCLUSION

L'étude de dangers permet de conclure à ***l'acceptabilité de l'ensemble des risques générés par le parc éolien***, car le risque associé à chaque événement redouté central étudié, quelle que soit l'éolienne considérée, est acceptable, et ce malgré une approche probabiliste très conservatrice.

En effet, l'analyse détaillée des risques s'est portée sur un nombre réduit, compte tenu d'une démarche préventive et proportionnée aux enjeux du site et de l'installation considérée.

Cette démarche tient compte de :

- ✓ l'environnement humain, naturel et matériel, qui ici présente des enjeux réduits à l'utilisation des abords de chaque éolienne à des usages agricoles (terrains non aménagés et peu fréquentés) et des voiries secondaires ;
- ✓ la mise en place de mesures de sécurité pour répondre aux différents risques examinés (dispositions constructives et d'exploitation de maintenance et de risques notamment, en conformité avec la réglementation ICPE afférente et notamment l'arrêté du 26 août 2011).

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 cinq catégories de scénario ont été analysées pour chaque éolienne. Le tableau de synthèse suivant rappelle l'acceptabilité du niveau de risque pour chacun des scénarios.

Scénario	Zone d'effet	Intensité	Proba-bilité	Niveau de gravité	Niveau de risque	Accepta-bilité
Effondrement de l'éolienne	165 m (E1 à E3)	Modérée	D	Modéré pour toutes les éoliennes	Très faible	oui
	163 m (E4 à E6)					
Chute de glace	63 m (E1 à E3)	Modérée	A	Modéré pour toutes les éoliennes	Faible	oui
	57 m (E4 à E6)					
Chute d'élément de l'éolienne	63 m (E1 à E3)	Modérée pour E1, E2, E3	C	Modéré pour E1, E2, E3	Très faible pour E1, E2, E3	oui
	57 m (E4 à E6)	Forte pour E4, E5, E6		Sérieux pour E4, E5, E6	Faible pour E4, E5, E6	
Projection de pale ou de fragment de pale	500 m	Modérée	D	Modéré pour E1, E2, E4, E5	Très faible Pour E1, E2, E4, E5, E6	oui
				Sérieux pour E6		
				Important pour E3	Faible pour E3	
Projection de glace	342 m (E1 à E3)	Modérée	B	Modéré pour E1, E2, E4, E5, E6	Très faible pour E1, E2, E4, E5, E6	oui
	330 m (E4 à E6)			Sérieux pour E3	Faible pour E3	

10. LISTE DES ANNEXES

- Annexe 1 :** Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne
- Annexe 2 :** Tableau de l'accidentologie française
- Annexe 3 :** Scénarios génériques issus de l'analyse préliminaire des risques
- Annexe 4 :** Probabilité d'atteinte et Risque individuel
- Annexe 5 :** Glossaire

ANNEXE 1

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).

I. 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.

II. Voies de circulation

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

a. Voies de circulation automobile

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

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

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

b. 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.

c. Voies navigables

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

d. 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.

III. Logements

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

IV. 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.

V. Zones d'activités

Les zones d'activités sont les industries et les autres activités ne recevant pas habituellement de public. Il faut prendre en compte le nombre de salariés (ou le nombre maximal de personnes présentes simultanément dans le cas de travail en équipe) ; le cas échéant sans compter leurs routes d'accès.

ANNEXE 2

TABLEAU DE L'ACCIDENTOLOGIE FRANÇAISE

Le tableau ci-dessous a été établi par le groupe de travail constitué pour la réalisation du présent guide. Il recense l'ensemble des accidents et incidents connus en France concernant la filière éolienne entre 2000 et fin 2011. L'analyse de ces données est présentée dans la partie VI de la trame type de l'étude de dangers. Ces données sont complétées par les relevés de la base Aria du gouvernement pour les années les plus récentes.

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

SAS CENTRALE EOLIENNE DU MOULIN A VENT – COMMUNES DE DOMPIERRE-LES-EGLISES ET VILLEFAVARD (87)
ETUDE DE DANGERS (EDD)

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Effondrement	28/12/2002	Névian - Grande Garrigue	Aude	0,85	2002	Oui	Effondrement d'une éolienne suite au dysfonctionnement du système de freinage	Tempête + dysfonctionnement du système de freinage	Rapport du CGM Site Vent de Colère Article de presse (Midi Libre)	-
Rupture de pale	25/02/2002	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pale en bois (avec inserts) sur une éolienne bipale	Tempête	Article de presse (La Dépêche du 26/03/2003)	Information peu précise
Rupture de pale	05/11/2003	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pales en bois (avec inserts) sur trois éoliennes. Morceaux de pales disséminés sur 100 m.	Dysfonctionnement du système de freinage	Rapport du CGM Article de presse (Midi Libre du 15/11/2003)	-
Effondrement	01/01/2004	Le Portel – Boulogne sur Mer	Pas de Calais	0,75	2002	Non	Cassure d'une pale, chute du mât et destruction totale. Une pale tombe sur la plage et les deux autres dérivent sur 8 km.	Tempête	Base de données ARIA Rapport du CGM Site Vent de Colère Articles de presse (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

SAS CENTRALE EOLIENNE DU MOULIN A VENT – COMMUNES DE DOMPIERRE-LES-EGLISES ET VILLEFAVARD (87)
ETUDE DE DANGERS (EDD)

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

SAS CENTRALE EOLIENNE DU MOULIN A VENT – COMMUNES DE DOMPIERRE-LES-EGLISES ET VILLEFAVARD (87)
ETUDE DE DANGERS (EDD)

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
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 Beechcraftch (liaison Ouessant-Brest) et une pale d'éolienne à l'arrêt. Perte d'une pièce de protection au bout d'aile. Mise à l'arrêt de la machine pour inspection.	Mauvaise météo, conditions de vol difficiles (sous le plafond des 1000m imposé par le survol de la zone) et faute de pilotage (altitude trop basse)	Articles de presse (Le Télégramme, Le Post)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident aéronautique)
Rupture de pale	19/07/2008	Erize-la-Brûlée - Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Oui	Chute de pale et projection de morceaux de pale suite à un coup de foudre	Foudre + défaut de pale	Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain 22/07/2008)	-
Incendie	28/08/2008	Vauvillers	Somme	2	2006	Oui	Incendie de la nacelle	Problème au niveau d'éléments électroniques	Dépêche AFP 28/08/2008	-
Rupture de pale	26/12/2008	Raival - Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Oui	Chute de pale		Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain)	-

SAS CENTRALE EOLIENNE DU MOULIN A VENT – COMMUNES DE DOMPIERRE-LES-EGLISES ET VILLEFAVARD (87)
ETUDE DE DANGERS (EDD)

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Maintenance	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	Freyssenet	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	-

SAS CENTRALE EOLIENNE DU MOULIN A VENT – COMMUNES DE DOMPIERRE-LES-EGLISES ET VILLEFAVARD (87)
ETUDE DE DANGERS (EDD)

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Incendie	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	-
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

SAS CENTRALE EOLIENNE DU MOULIN A VENT – COMMUNES DE DOMPIERRE-LES-EGLISES ET VILLEFAVARD (87)
ETUDE DE DANGERS (EDD)

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Incendie	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	Aisne	2,5	2007	-	Un arc électrique blesse deux sous-traitants (brûlures)	-	www.aria.developpement-durable.gouv.fr	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Chute de pale	11/04/2012	Sigean	Aude	-	-	-	Impact sur le mât et projection à 20 m d'un débris de pale long de 15 m	Impact de foudre	www.aria.developpement-durable.gouv.fr	-
Chute de pale	18/05/2012	Fresnay-l'Evêque	Eure-et-Loir	2	2008	-	Chute d'une pale (9 t, 46 m) au pied de l'installation et rupture du roulement qui raccordait la pale au hub	Traces de corrosion dans les alésages traversant les bagues du roulement	www.aria.developpement-durable.gouv.fr	-

SAS CENTRALE EOLIENNE DU MOULIN A VENT – COMMUNES DE DOMPIERRE-LES-EGLISES ET VILLEFAVARD (87)
ETUDE DE DANGERS (EDD)

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Chute d'éolienne	30/05/2012	Port-la-Nouvelle	Aude	0,2	1991	non	Effondrement de la tour de 30 m de haut	Rafales de vent à 130 km/h ont provoqué	www.aria.developpement-durable.gouv.fr	-
Chute d'un élément	01/11/2012	Vieillespesse	Cantal	2,5	2011	-	Elément de 400 g projet à 70 m du mât	-	www.aria.developpement-durable.gouv.fr	-
Chute de pale	05/11/2012	Sigean	Aude	0,66	-	-	Incendie, projections incandescentes et chute d'une pale	Dysfonctionnement de disjoncteur	www.aria.developpement-durable.gouv.fr	-
Chute de pale	06/03/2013	Conilhac-de-la-Montage	Aude	-	-	-	Décrochage d'une pale et percussions du mât	Problème de fixation déjà connu en 2011	www.aria.developpement-durable.gouv.fr	-
Chute de pale	17/03/2013	Euvy	Marne	-	2011	-	Feu dans la nacelle et chute d'une pale	Défaillance électrique	www.aria.developpement-durable.gouv.fr	-
Bris de pale	20/06/2013	Labastide sur Besorgues	Ardèche	0,9	2009	-	Pale déchirée sur 6 m de longueur. Installations électriques et téléphoniques endommagées	Foudre : impact d'une intensité de 94 kA	www.aria.developpement-durable.gouv.fr	-

SAS CENTRALE EOLIENNE DU MOULIN A VENT – COMMUNES DE DOMPIERRE-LES-EGLISES ET VILLEFAVARD (87)
ETUDE DE DANGERS (EDD)

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Incident sur un accumulateur	01/07/2013	Cambon et Salvergues	Hérault	-	-	-	Opérateur blessé par la projection d'un équipement au cours d'une opération de maintenance dans le hub	Aucune dégradation du matériel. Défaillance organisationnelle	www.aria.developpement-durable.gouv.fr	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Déversement d'huile hydraulique	03/08/2013	Moréac	Morbihan	-	-	-	Nacelle élévatrice perd 270 l d'huile hydraulique pendant une intervention de maintenance	Pollution de 25 t de terres	www.aria.developpement-durable.gouv.fr	-
Incendie	09/01/2014	Antheny	Ardennes	2,5	-	-	Feu dans la partie moteur	Incident électrique	www.aria.developpement-durable.gouv.fr	-
Arrêt automatique et chute de pale	20/01/2014	Sigean	Aude	-	-	-	Arrêt automatique à la suite d'un défaut « vibration » et chute d'une pale de 20 m au pied du mât.	Des fissures sont détectées sur la pièce en aluminium appelée « alu ring » située à la base de la pale	www.aria.developpement-durable.gouv.fr	-
Chute de pale	14/11/2014	Saint-Cirgurd-en-Montagne	Ardèche	-	-	-	Chute de pale lors d'un orage au pied de l'éolienne. Certains débris sont projetés à 150 m.	Rafales de vent à 130 km/h	www.aria.developpement-durable.gouv.fr	-
Chute de pale	05/12/2014	Fitou	Aude	-	-	-	Extrémité d'une pale au sol (aérofrein de 3 m) à 80 m du mât	Défaillance matérielle ou décollage sur les plaques en fibres de verre	www.aria.developpement-durable.gouv.fr	-

SAS CENTRALE EOLIENNE DU MOULIN A VENT – COMMUNES DE DOMPIERRE-LES-EGLISES ET VILLEFAVARD (87)
 ETUDE DE DANGERS (EDD)

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Incendie	29/01/2015	Remigny	Aisne	2,3	2015	-	Feu	Défaut d'isolation au niveau des connexions des conducteurs de puissance	www.aria.developpement-durable.gouv.fr	-
Incendie	06/05/2015	Lusseray	Deux-Sèvres	-	-	-	Feu au niveau de l'armoire électrique	-	www.aria.developpement-durable.gouv.fr	-
Incendie	24/08/2015	Santilly	Eure-et-Loir	-	-	-	Feu dans le moteur	-	www.aria.developpement-durable.gouv.fr	-
Chute des pales et du rotor	10/11/2015	Menil-la-Horgne	Meuse	1,5	2007	-	Chute des pales et du rotor d'une éolienne. Débris sur 4000 m² et fuite d'huile.	Défaillance de l'arbre lent (défaut de fabrication)	www.aria.developpement-durable.gouv.fr	-
Rupture de l'aérovein	07/02/2016	Conilhac-Corbières	Aude	-	-	-	Rupture et chute au sol de l'aérovein d'une pale	Rupture du point d'attache du système mécanique de commande de l'aérovein	www.aria.developpement-durable.gouv.fr	-
Chute d'une pale	08/02/2016	Dineault	Finistère	0,3	1999	non	Chute d'une pale et déchirement d'une pale	Rafale de vent de 160 km/h	www.aria.developpement-durable.gouv.fr	-

SAS CENTRALE EOLIENNE DU MOULIN A VENT – COMMUNES DE DOMPIERRE-LES-EGLISES ET VILLEFAVARD (87)
ETUDE DE DANGERS (EDD)

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Chute de pale	07/03/2016	Calanhel	Côtes-d'Armor	-	-	-	Chute d'une pale à 5 m du pied du mât. Mât endommagé.	Défaillance du système d'orientation de la pale	www.aria.developpement-durable.gouv.fr	-
Fuite d'huile	28/05/2016	Janville	Eure-et-Loir	2,3	2005	-	Ecoulement d'huile sous la nacelle d'une éolienne	Défaillance d'un raccord sur le circuit de refroidissement de l'huile de la boîte de vitesse	www.aria.developpement-durable.gouv.fr	-
Incendie	10/08/2016	Hescamps	Somme	1,0	2008	-	Feu dans la partie haute de l'éolienne au niveau du rotor	Défaillance électrique	www.aria.developpement-durable.gouv.fr	-
Incendie	18/08/2016	Dargies	Oise	2,0	2014	-	Feu dans la tête de l'éolienne	Défaillance électrique	www.aria.developpement-durable.gouv.fr	-
Maintenance	14/09/2016	Les Grandes Chapelles	Aube	-	-	-	Employé électrisé dans le nez de l'éolienne	-	www.aria.developpement-durable.gouv.fr	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Fissure sur une pale	11/01/2017	Le Quesnoy	Nord	2,05	2010	-	Une fissure est constatée sur une pale d'une éolienne	-	www.aria.developpement-durable.gouv.fr	-

SAS CENTRALE EOLIENNE DU MOULIN A VENT – COMMUNES DE DOMPIERRE-LES-EGLISES ET VILLEFAVARD (87)
ETUDE DE DANGERS (EDD)

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Chute de pales	12/01/2017	Tuchan	Aude	0,6	2002	-	Rupture des 3 pales d'une éolienne qui chutent au sol (suite à la casse de son arbre lent et à des vents violents)	Faiblesse de la structure de l'arbre lent ou rotation de celui-ci dans des conditions d'alignement non parfaites	www.aria.developpement-durable.gouv.fr	-
Chute de pale	18/01/2017	Nurlu	Somme	2,0	2010	-	Chute d'une pale d'une éolienne et bris de la pale	Tempête	www.aria.developpement-durable.gouv.fr	-
Chute d'un élément	27/02/2017	Trayes	Deux-Sèvres	-	-	-	Désolidarisation des 7 derniers mètres d'une pale de 44 m	Défaut au niveau du bord d'attaque de la pale	www.aria.developpement-durable.gouv.fr	-
Chute d'un élément	27/02/2017	Lavallée	Meuse	2,0	2011	-	Rupture et chute de la pointe d'une pale d'une éolienne	Rafale de vent extrême	www.aria.developpement-durable.gouv.fr	-
Incendie	06/06/2017	Allones	Eure-et-Loir	3	2014	-	Incendie dans la nacelle d'une éolienne jusqu'à combustion de la nacelle. Éléments tombés au sol.	1 ^{ère} hypothèse : défaut des condensateurs du boîtier électrique, situé dans la nacelle. (impact de foudre exclu)	www.aria.developpement-durable.gouv.fr	-
Chute de pale	08/06/2017	Aussac-Vadalle	Charente	2	2010	-	Chute d'une partie d'une pale d'éolienne.	Impact de foudre	www.aria.developpement-durable.gouv.fr	-

SAS CENTRALE EOLIENNE DU MOULIN A VENT – COMMUNES DE DOMPIERRE-LES-EGLISES ET VILLEFAVARD (87)
 ETUDE DE DANGERS (EDD)

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Chute de pale	24/06/2017	Conchy-sur-Canche	Pas-de-Calais	1,67	2007	-	Une pale d'une éolienne se brise au niveau de sa jonction avec le rotor dans un parc éolien.	- (vent faible au moment de l'événement)	www.aria.developpement-durable.gouv.fr	-
Chute de pale	05/08/2017	Priez	Aisne	2	2017	-	Une pale d'éolienne se brise en son milieu et chute au sol.	-	www.aria.developpement-durable.gouv.fr	-

ANNEXE 3

SCENARIOS GENERIQUES ISSUS DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

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

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

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

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

a. 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.

b. 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.

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

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

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

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

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

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

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

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

III. 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, ...).

a. 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.

b. 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.

IV. 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.

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

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

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

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

L'emballement de l'éolienne constitue un facteur aggravant en cas de projection de tout ou partie d'une pale. Cet emballement peut notamment être provoqué par la perte d'utilité décrite au 2.2 de la présente partie C (scénarios incendies).

a. 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.

b. 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

c. Scénario 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.

VI. 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 4 – PROBABILITE D’ATTEINTE ET RISQUE INDIVIDUEL

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ANNEXE 5 – GLOSSAIRE

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

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

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

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

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

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

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

Fonction de sécurité : Fonction ayant pour but la réduction de la probabilité d'occurrence et/ou des effets et conséquences d'un événement non souhaité dans un système. Les principales actions assurées par les fonctions de sécurité en matière d'accidents majeurs dans les installations classées sont : empêcher, éviter, détecter, contrôler, limiter. Les fonctions de

sécurité identifiées peuvent être assurées à partir d'éléments techniques de sécurité, de procédures organisationnelles (activités humaines), ou plus généralement par la combinaison des deux.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Attention aux confusions possibles :

1. Assimilation entre probabilité d'un accident et celle du phénomène dangereux correspondant, la première intégrant déjà la probabilité conditionnelle d'exposition des enjeux. L'assimilation sous-entend que les enjeux sont effectivement exposés, ce qui n'est pas toujours le cas, notamment si la cinétique permet une mise à l'abri ;

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement

SER : Syndicat des Energies Renouvelables

FEE : France Energie Eolienne (branche éolienne du SER)

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

EDD : Etude de dangers

APR : Analyse Préliminaire des Risques

ERP : Etablissement Recevant du Public

11. 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., Leteurtois J.-P. - juillet 2004
- [17] Risk analysis of ice throw from wind turbines, Seifert H., Westerhellweg A., Kröning J. - DEWI, avril 2003
- [18] Wind energy in the BSR: impacts and causes of icing on wind turbines, Narvik University College, novembre 2005
- [19] Article D181-15-2 du Code de l'Environnement créé par le Décret n°2017-82 du 26 janvier 2017