

DOSSIER DE DEMANDE D'AUTORISATION ENVIRONNEMENTALE

Ferme éolienne de La Grande Plaine

Communes de Linthelles et Pleurs



5 - ETUDE DE DANGERS

Août 2021

Développeur éolien :

ABO
WIND

Bureau d'études :



DOSSIER DE DEMANDE D'AUTORISATION ENVIRONNEMENTALE

Ferme éolienne de La Grande Plaine

Communes de Linthelles et Pleurs

Département de la Marne (51)

5 - ETUDE DE DANGERS

Août 2021

Développeur éolien :

ABO
WIND

2 rue du Libre Echange
CS 95893
31506 Toulouse CEDEX 5
France
Tél. : +33 (0) 5 34 31 16 76
Fax : +33 (0) 5 34 31 63 76
Site : www.abo-wind.fr

Bureau d'études :



102 rue du Bois Tison
76160 ST JACQUES-SUR-DARNETAL
Tél : 02 35 61 30 19
Fax : 02 35 66 30 47
Site : www.alise-environnement.fr

SOMMAIRE

1 - INTRODUCTION.....	9	4.3.4 - Stockage et flux de produits dangereux.....	42
1.1 - OBJET DE L'ETUDE DE DANGERS.....	9	4.4 - FONCTIONNEMENT DES RESEAUX DE L'INSTALLATION	42
1.2 - CONTEXTE LEGISLATIF ET REGLEMENTAIRE	9	4.4.1 - Réseaux électriques.....	42
1.3 - REFERENCE NOMENCLATURE ICPE	9	4.4.2 - Autres réseaux.....	43
1.4 - RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS.....	10	5 - INDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION	44
2 - LOCALISATION DU SITE.....	11	5.1 - POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX PRODUITS.....	44
2.1 - SITUATION ADMINISTRATIVE.....	11	5.1.1 - Inventaire des produits	44
2.2 - SITUATION CADASTRALE	11	5.1.2 - Danger des produits	44
2.3 - COORDONNEES DES EOLIENNES ET Des POSTEs DE LIVRAISON	12	5.1.3 - Conclusion	44
2.4 - DEFINITION DES AIRES D'ETUDE.....	12	5.2 - POTENTIELS DE DANGERS LIES AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION.....	44
3 - ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION	16	5.3 - REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGER A LA SOURCE	45
3.1 - ENVIRONNEMENT NATUREL	16	5.3.1 - Principales actions préventives	45
3.1.1 - Contexte climatique	16	5.3.2 - Utilisation des meilleures techniques disponibles	46
3.1.2 - Risques majeurs.....	20	6 - ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE.....	47
3.2 - ENVIRONNEMENT LIE A L'ACTIVITE HUMAINE.....	25	6.1 - INTRODUCTION.....	47
3.2.1 - Zones urbanisées et urbanisables	25	6.2 - INVENTAIRE ET DESCRIPTION DES ACCIDENTS ET INCIDENTS EN FRANCE	47
3.2.2 - Documents d'urbanisme	25	6.2.1 - Bases de données consultées.....	47
3.2.3 - Les établissements sensibles et les établissements recevant du public au niveau de l'aire d'étude rapprochée	25	6.2.2 - Inventaires des accidents en France.....	47
3.2.4 - Activités	26	6.3 - INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS A L'INTERNATIONAL	49
3.2.5 - Réseaux de transports	26	6.4 - INVENTAIRE DES ACCIDENTS MAJEURS SURVENUS SUR LES SITES DE L'EXPLOITANT	50
3.2.6 - Réseaux.....	27	6.5 - SYNTHESE DES PHENOMENES DANGEREUX REDOUTES ISSUS DU RETOUR D'EXPERIENCE	50
3.2.7 - Servitudes	27	6.5.1 - Analyse de l'évolution des accidents en France	50
3.2.8 - Risques technologiques	29	6.5.2 - Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents.....	50
3.3 - CARTOGRAPHIE DE SYNTHESE.....	32	6.6 - LIMITES D'UTILISATION DE L'ACCIDENTOLOGIE	50
3.3.1 - Nombre d'équivalent personnes permanentes.....	32	7 - ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES (APR)	51
3.3.2 - Cartographie.....	32	7.1 - OBJECTIFS DE L'APR.....	51
4 - ACTIVITE DE L'INSTALLATION	34	7.2 - RECENSEMENT DES EVENEMENTS INITIATEURS EXCLUS DE L'ANALYSE DES RISQUES	51
4.1 - NATURE DES ACTIVITES	34	7.3 - RECENSEMENT DES AGRESSIONS EXTERNES POTENTIELLES	51
4.2 - CARACTERISTIQUES DE L'INSTALLATION.....	34	7.3.1 - Agressions externes liées aux activités humaines.....	51
4.2.1 - Caractéristiques générales d'un parc éolien	34	7.3.2 - Agressions externes liées aux phénomènes naturels.....	57
4.2.2 - Eléments constitutifs d'un aérogénérateur.....	34	7.4 - SCENARIOS ETUDIES DANS L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES.....	57
4.2.3 - Activité de l'installation	35	7.5 - EFFETS DOMINOS.....	60
4.2.4 - Composition de l'installation.....	36	7.6 - MISE EN PLACE DES MESURES DE SECURITE	60
4.3 - FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION	39	7.7 - CONCLUSION DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES.....	65
4.3.1 - Principe de fonctionnement d'un aérogénérateur.....	39	8 - ETUDE DETAILLEE DES RISQUES.....	66
4.3.2 - Sécurité des installations.....	40	8.1 - RAPPEL DES DEFINITIONS	66
4.3.3 - Opérations de maintenance de l'installation	42	8.1.1 - Cinétique	66
		8.1.2 - Intensité.....	66
		8.1.3 - Gravité.....	66
		8.1.4 - Probabilité	67

8.1.5 - Acceptabilité.....	68
8.2 - CARACTERISATION DES SCENARIOS RETENUS.....	69
8.2.1 - Effondrement de l'éolienne.....	69
8.2.2 - Chute de glace.....	71
8.2.3 - Chute d'éléments des éoliennes.....	72
8.2.4 - Projection de pales ou de fragments de pales.....	75
8.2.5 - Projection de glace.....	77
8.3 - SYNTHESE DE L'ETUDE DETAILLEE DES RISQUES.....	79
8.3.1 - Tableaux de synthèse des scénarios étudiés.....	79
8.3.2 - Synthèse de l'acceptabilité des risques.....	79
9 - MOYENS D'INTERVENTIONS ET DE LIMITATION DES CONSEQUENCES DES DANGERS.....	90
9.1 - MOYENS INTERNES.....	90
9.1.1 - Organisation en cas de dysfonctionnement.....	90
9.1.2 - Moyens matériels.....	90
9.1.3 - Moyens humains.....	90
9.2 - MOYENS EXTERNES.....	90
10 - CONCLUSION.....	92
11 - ANNEXES A L'ETUDE DE DANGER.....	94
11.1 - ANNEXE 1 – METHODE DE COMPTAGE DES PERSONNES POUR LA DETERMINATION DE LA GRAVITE POTENTIELLE D'UN ACCIDENT A PROXIMITE D'UNE EOLIENNE.....	95
11.1.1 - Terrains non bâtis.....	95
11.1.2 - Voies de circulation.....	95
11.1.3 - Logements.....	95
11.1.4 - Etablissements recevant du public (ERP).....	95
11.1.5 - Zones d'activité.....	96
11.2 - ANNEXE 2 – SCENARIOS GENERIQUES ISSUS DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES.....	97
11.2.1 - Scénarios relatifs aux risques liés à la glace (G01 et G02).....	97
11.2.2 - Scénarios relatifs aux risques d'incendie (I01 à I07).....	97
11.2.3 - Scénarios relatifs aux risques de fuites (F01 à F02).....	98
11.2.4 - Scénarios relatifs aux risques de chute d'éléments (C01 à C03).....	98
11.2.5 - Scénarios relatifs aux risques de projection de pales ou de fragments de pales (P01 à P06).....	98
11.2.6 - Scénarios relatifs aux risques d'effondrement des éoliennes (E01 à E10).....	98
11.3 - ANNEXE 3 – PROBABILITE D'ATTEINTE ET RISQUE INDIVIDUEL.....	99
11.4 - ANNEXE 4 – ANALYSE DES ACCIDENTS SURVENUS EN FRANCE.....	100
11.5 - ANNEXE 5 –GLOSSAIRE.....	115
11.6 - ANNEXE 6 – BIBLIOGRAPHIE ET REFERENCES UTILISEES.....	117

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Rubriques de la nomenclature des I.C.P.E	9
Tableau 2 : Communes du rayon d'affichage	10
Tableau 3 : Renseignements administratifs du demandeur	10
Tableau 4 : Situation géographique du projet	11
Tableau 5 : Principales villes du secteur par rapport au projet	11
Tableau 6 : Liste des sections cadastrales	12
Tableau 7 : Coordonnées des éoliennes et des postes de livraison	12
Tableau 8 : Températures moyennes à la station d'Esternay (en °C)	16
Tableau 9 : Précipitations moyennes mensuelles de la station d'Esternay (en mm).....	17
Tableau 10 : Nombre de jours de pluie par mois à la station d'Esternay.....	17
Tableau 11 : Records des températures maximales et minimales, nombres de jours de gel et nombres de jours avec T° <= - 5°C à la station d'Esternay (en °C)	17
Tableau 12 : Catastrophes naturelles « mouvements de terrain » sur les communes de Gaye, Linthelles et Pleurs	20
Tableau 13 : Arrêtés de catastrophes naturelles sur Gaye, Linthelles et Pleurs	21
Tableau 14 : Population et densité de population sur les communes de Gaye, Linthelles et Pleurs	25
Tableau 15 : Distance la plus courte entre les éoliennes et les zones d'habitat	25
Tableau 16 : Etablissements sensibles situés sur l'aire d'étude rapprochée	25
Tableau 17 : Comptages routiers.....	26
Tableau 18 : Liste des installations classées dans les communes de la ZIP et les communes limitrophes	29
Tableau 19 : Nombre d'équivalent-personnes permanentes dans l'aire d'étude	32
Tableau 20 : Caractéristiques des éoliennes Vestas V150	35
Tableau 21 : Coordonnées des éoliennes et des postes de livraison	36
Tableau 22 : Caractéristiques de fonctionnement – Eolienne Vestas V150	39
Tableau 23 : Caractéristiques techniques des éléments constituant le parc éolien	39
Tableau 24 : Dangers potentiels liés au fonctionnement de l'installation	45
Tableau 25 : Principales agressions extérieures potentielles	52
Tableau 26 : Distance entre les éoliennes et les routes du secteur	53
Tableau 27 : Distance du mât des éoliennes à la ligne électrique HTA.....	56
Tableau 28 : Principales agressions externes liées aux phénomènes naturels	57
Tableau 29 : Analyse des risques	59
Tableau 30 : Fonction de sécurité	64
Tableau 31 : Scénarios exclus	65
Tableau 32 : Degré d'exposition	66
Tableau 33 : Echelle de gravité des conséquences sur l'homme	67
Tableau 34 : Echelle de gravité des conséquences sur l'environnement	67
Tableau 35 : Intensité du phénomène « Effondrement de l'éolienne » - Eolienne Vestas V150 – 4,2 MW	69
Tableau 36 : Calcul du nombre d'équivalent personnes permanentes dans la zone d'effet « Effondrement de l'éolienne »	69
Tableau 37 : Gravité du phénomène « Effondrement de l'éolienne »	70
Tableau 38 : Probabilité du phénomène « Effondrement de l'éolienne »	70
Tableau 39 : Acceptabilité du phénomène « Effondrement de l'éolienne »	70
Tableau 40 : Intensité du phénomène « Chute de glace » - Eolienne Vestas V150-4,2 MW	71
Tableau 41 : Calcul du nombre d'équivalent personnes permanentes dans la zone d'effet « Chute de glace »	72
Tableau 42 : Gravité du phénomène « Chute de glace »	72
Tableau 43 : Acceptabilité du phénomène « Chute de glace »	72
Tableau 44 : Intensité du phénomène « Chute d'éléments de l'éolienne » - Eolienne Vestas V150 - 4,2 MW	73
Tableau 45 : Calcul du nombre d'équivalent personnes permanentes dans la zone d'effet « Chute d'éléments de l'éolienne »	73
Tableau 46 : Gravité du phénomène « Chute d'éléments de l'éolienne »	74
Tableau 47 : Acceptabilité du phénomène « Chute d'éléments de l'éolienne »	74

Tableau 48 : Intensité du phénomène « Projection de pale ou de fragments de pale » - Eolienne Vestas V150 - 4,2 MW	75
Tableau 49 : Calcul du nombre d'équivalent personnes permanentes dans la zone d'effet « Projection de pale ou de fragments de pale »	75
Tableau 50 : Gravité du phénomène « Projection de pale ou de fragments de pale »	76
Tableau 51 : Probabilité du phénomène « Projection de pale ou de fragments de pale »	76
Tableau 52 : Acceptabilité du phénomène « Projection de pale ou de fragments de pale »	76
Tableau 53 : Intensité du phénomène « Projection de morceaux de glace » - Eolienne Vestas V150 – 4,2 MW	77
Tableau 54 : Calcul du nombre d'équivalent personnes permanentes dans la zone d'effet « Projection de glace ».....	77
Tableau 55 : Gravité du phénomène « Projections de morceaux de glace »	78
Tableau 56 : Acceptabilité du phénomène « Projection de morceaux de glace »	78
Tableau 57 : Synthèse des scénarios étudiés	79
Tableau 58 : Coordonnées des services de sécurité et de secours publics ou privés	91
Tableau 59 : Hiérarchisation des phénomènes dangereux	92
Tableau 60 : Niveau d'acceptabilité des risques	92

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Situation géographique du projet.....	13
Figure 2 : Localisation de la zone d'implantation et des éoliennes	14
Figure 3 : Situation cadastrale du projet.....	15
Figure 4 : Températures moyennes mensuelles à la station d'Esternay	16
Figure 5 : Nombre de jours de neige par an	16
Figure 6 : Précipitations moyennes mensuelles à la station d'Esternay.....	17
Figure 7 : Nombre moyen de jours de gel à la station d'Esternay.....	17
Figure 8 : Rose des vents énergie (KWh/m²/an).....	18
Figure 9 : Nombre d'impact moyen de foudre au sol par km²/an (période 2000-2009).....	18
Figure 10 : Potentiel éolien de la France	19
Figure 11 : Potentiel éolien de Champagne-Ardenne.....	19
Figure 12 : Risque d'inondation par remontée de nappe et implantation des éoliennes.....	22
Figure 13 : Carte des zones sismiques en France métropolitaine	23
Figure 14 : Nombre d'impact moyen de foudre au sol par km²/an (période 2000-2009).....	24
Figure 15 : Réseau viaire à proximité de la ZIP	26
Figure 16 : Localisation de la canalisation de gaz et distance d'éloignement	28
Figure 17 : Carte de synthèse à l'échelle de la ZIP et projet d'implantation	31
Figure 18 : Carte des enjeux dans un rayon de 500 m autour des éoliennes.....	33
Figure 19 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur.....	35
Figure 20 : Illustration des emprises au sol d'une éolienne	35
Figure 21 : Plan détaillé de l'installation (partie nord)	37
Figure 22 : Plan détaillé de l'installation (partie sud)	38
Figure 23 : Composants du parc éolien	42
Figure 24 : Répartition en pourcentage des événements accidentels sur le parc d'aérogénérateurs français entre 2000 et 2011	48
Figure 25 : Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2011	49
Figure 26 : Répartition des causes premières d'effondrement	49
Figure 27 : Répartition des causes premières de rupture de pale.....	49
Figure 28 : Répartition des causes premières d'incendie	49
Figure 29 : Evolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées.....	50
Figure 30 : Distance d'éloignement par rapport aux lignes HTA	56
Figure 31 : Carte de synthèse des enjeux et des zones d'effet du projet de la Ferme éolienne de La Grande Plaine.....	80

Figure 32 : Carte de synthèse des risques et enjeux dans les zones d'effet pour l'éolienne E1 du projet de la Ferme éolienne de La Grande Plaine.....	81
Figure 33 : Carte de synthèse des risques et enjeux dans les zones d'effet pour l'éolienne E2 du projet de la Ferme éolienne de La Grande Plaine.....	82
Figure 34 : Carte de synthèse des risques et enjeux dans les zones d'effet pour l'éolienne E3 du projet de la Ferme éolienne de La Grande Plaine.....	83
Figure 35 : Carte de synthèse des risques et enjeux dans les zones d'effet pour l'éolienne E4 du projet de la Ferme éolienne de La Grande Plaine.....	84
Figure 36 : Carte de synthèse des risques et enjeux dans les zones d'effet pour l'éolienne E5 du projet de la Ferme éolienne de La Grande Plaine.....	85
Figure 37 : Carte de synthèse des risques et enjeux dans les zones d'effet pour l'éolienne E6 du projet de la Ferme éolienne de La Grande Plaine.....	86
Figure 38 : Carte de synthèse des risques et enjeux dans les zones d'effet pour l'éolienne E7 du projet de la Ferme éolienne de La Grande Plaine.....	87
Figure 39 : Carte de synthèse des risques et enjeux dans les zones d'effet pour l'éolienne E8 du projet de la Ferme éolienne de La Grande Plaine.....	88
Figure 40 : Carte de synthèse des risques et enjeux dans les zones d'effet pour l'éolienne E9 du projet de la Ferme éolienne de La Grande Plaine.....	89

1 - INTRODUCTION

1.1 - OBJET DE L'ETUDE DE DANGERS

La présente étude de dangers a pour objet de rendre compte de l'examen effectué par ABO Wind pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques du projet de Ferme éolienne de La Grande Plaine, autant que technologiquement réalisable et économiquement acceptable, que leurs causes soient intrinsèques aux substances ou matières utilisées, liées aux procédés mis en œuvre ou dues à la proximité d'autres risques d'origine interne ou externe à l'installation.

Cette étude est proportionnée aux risques présentés par les éoliennes de la Ferme éolienne de La Grande Plaine. 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 la Ferme éolienne de La Grande Plaine, 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 a été réalisée par M. Thierry Triquet et Mlle Evelyne COULIOU, du bureau d'études ALISE, expérimenté notamment dans les dossiers ICPE de parcs éoliens et d'autres ouvrages, en collaboration avec l'équipe d'ABO-WIND pour les données de calculs. Les méthodes de calcul de danger sont celles du GUIDE TECHNIQUE « Elaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens », validé en juin 2012 par la Direction Générale de Prévention des Risques (DGPR). Les éléments de ce guide ont été pris en compte dans la présente étude.

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 dangers ;
- enseignements tirés du retour d'expérience (des accidents et incidents représentatifs) ;
- analyse préliminaire des risques ;
- étude détaillée de réduction des risques ;
- quantification et hiérarchisation des différents scénarios en terme de gravité, de probabilité et de cinétique de développement en tenant compte de l'efficacité des mesures de prévention et de protection ;
- représentation cartographique ;
- résumé non technique de l'étude des dangers.

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

1.3 - REFERENCE NOMENCLATURE ICPE

Au titre de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement, le projet est concerné par la rubrique suivante :

Rubrique	Désignation de l'activité	Régime	Rayon d'affichage	Caractéristiques de l'installation
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 km	9 éoliennes Vestas V150 de 180 m de hauteur totale, de 105m au moyeu et de 106.8 m au sens ICPE (mât+nacelle))

*A : autorisation D : déclaration

Tableau 1 : Rubriques de la nomenclature des I.C.P.E

La Ferme éolienne de La Grande Plaine comprend au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale 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 unique. Le rayon d'affichage est de 6,0 km. Il permet de définir le périmètre à l'intérieur duquel l'affichage de l'avis d'enquête publique est obligatoire.

Les communes concernées sont situées dans le département de la Marne :

❖ **Zone d'implantation :**

Département	Communes	N°INSEE
Marne (51)	Linhelles	51323
	Pleurs	51432

❖ **Autres communes du rayon d'affichage :**

Département	Communes	N°INSEE
Marne (51)	Gaye	51265
	Chichey	51151
	Broussy-le-Grand	51090
	Vindey	51645
	Villeneuve-Saint-Vistre-et-Villevotte	51628
	Broussy-le-Petit	51091
	Péas	51426
	Angluzelles-Et-Courcelles	51010
	Corroy	51176
	Saint-Rémy-sous-Broyes	51514
	Connantre	51165
	Thaas	51565
	Ognes	51412
	Broyes	51092
	Sézanne	51535
	La Chapelle-Lasson	51127
	Linthes	51324
	Saint-Loup	51495
	Queudes	51451
Allemant	51005	
Marigny	51351	

Tableau 2 : Communes du rayon d'affichage

1.4 - RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS

Identité du demandeur	
Raison sociale de la Société	Ferme éolienne de La Grande Plaine
Forme juridique	Société en Nom Collectif (SNC)
Adresse du siège social	2 rue du Libre Echange, CS 95893, 31506 Toulouse Cedex 5
NOM, Prénom et qualité du signataire de la demande	BESSIERE Patrick, en qualité de gérant de la société ABO Wind SARL, elle-même gérante de la société SNC Ferme éolienne de La Grande Plaine
N°SIRET	818 675 589 00019
N° APE	3511Z / Production d'électricité
Emplacement de l'installation	
Département	Marne (51)
Commune(s)	Linhelles et Pleurs
Lieu de l'établissement actif	Lieu-dit « La Fosse aux Chats » à Pleurs (PDL 1) Lieu-dit « Le Bois Meunier » à Pleurs (PDL 2) Lieu-dit « Entre Chem. Sézanne et de G » à Pleurs (PDL 3)
Nature, volume et classement des installations	
Nature des activités	Installations terrestres de production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent
Volume des activités	Nombre d'aérogénérateurs : 9 Hauteur des mâts au sens ICPE : 106,8 m Hauteur au moyeu : 105 m Hauteur totale en bout de pale : 180 m Puissance unitaire : 4,2 MW Puissance totale installée : 37,8 MW Et trois postes de livraison Emprise au sol : 22,96 m ² x 3 (68,88 m ² au total) Hauteur : 2,64 m
Rubriques de classement ICPE	2980-1 (A, 6 km)

Tableau 3 : Renseignements administratifs du demandeur

2 - LOCALISATION DU SITE

2.1 - SITUATION ADMINISTRATIVE

Le site retenu pour l'implantation de la Ferme éolienne de La Grande Plaine est le suivant :

Région	Alsace-Champagne-Ardenne-Lorraine	
Département	Marne (51)	
Arrondissement	Epernay	
Canton	Sézanne-Brie et Champagne	Vertus-Plaine Champenoise
Communes	Linthelles	Pleurs
Communes voisines	Saint-Loup, Villeneuve-Saint-Vistre-et Villevotte, Saint-Rémy-sous-Broyes, Chichey, Queudes, Linthes, Peas, La Chapelle-Lasson, Connantre, Angluzelles et Courcelles, Marigny, Ognés et Gaye	

Tableau 4 : Situation géographique du projet

Par ailleurs, Linthelles appartient à la **Communauté de communes de Sézanne – Sud-Ouest Marnais** et la commune de Pleurs à la **Communauté de communes du Sud Marnais**. Le tableau suivant présente les distances à vol d'oiseau entre la zone d'implantation, située sur les communes de Linthelles et Pleurs, et les principales villes les plus proches (en termes de population) :

Communes	Distance à vol d'oiseaux
Reims	56 km
Troyes	45 km
Châlons-en-Champagne	43 km

Tableau 5 : Principales villes du secteur par rapport au projet

La Figure 2 page 14 présente la localisation du site du projet sur la carte IGN au 1/25 000.

2.2 - SITUATION CADASTRALE

Les éoliennes sont concernées par les parcelles cadastrales suivantes :

Eolienne	Parcelle cadastrale	Type	Lieu-dit	Commune
E1	YO 2	Eolienne Plateformes Survol de l'éolienne	Les Ardillères	Linthelles
	YO 1	Chemin d'accès		
	YP 12	Survol de l'éolienne	Le Haut du Moulin	
	YP 13	Survol de l'éolienne Chemin d'accès		
	YP 14	Survol de l'éolienne		
	YP 15	Survol de l'éolienne		

Eolienne	Parcelle cadastrale	Type	Lieu-dit	Commune
	ZX 19	Virage d'accès	Les Veilleux	Linthelles
	ZX 21	Chemin d'accès		
	YP 19	Chemin d'accès	Le Haut du Moulin	
E2	YO 28 (YO 9)	Survol de l'éolienne	Les Ardillères	Linthelles
	YO 29 (YO 9)	Survol de l'éolienne		
	YO 10	Survol de l'éolienne Chemin d'accès		
	YO 21	Eolienne Plateformes Survol de l'éolienne Chemin d'accès	Les Monthuillots	
	YO 22	Survol de l'éolienne		
E3	ZK 2	Eolienne Plateformes Survol de l'éolienne Chemin d'accès	La Fosse aux chats	Pleurs
	ZK 19	Plateformes Survol de l'éolienne		
E4	YN 19	Survol de l'éolienne	La Pâtur	Linthelles
	YN 21	Survol de l'éolienne Chemin d'accès		
	YN 22	Eolienne Plateformes Survol de l'éolienne Chemin d'accès		
	YN 23	Chemin d'accès		
	YN 40	Virage d'accès		
	YO 10	Chemin d'accès		
	YO 21	Virage d'accès	Les Monthuillots	
E5	YN 22	Chemin d'accès Survol de l'éolienne	Le Bas du Chemin de Pleurs	Linthelles
	YN 36	Eolienne Plateformes Survol de l'éolienne		
	YN 37	Chemin d'accès Survol de l'éolienne		
	YN 20	Chemin d'accès	La Pâtur	

Eolienne	Parcelle cadastrale	Type	Lieu-dit	Commune
E6	ZL 4	Eolienne Plateformes Survol de l'éolienne Chemin d'accès	Le Bois Meunier	Pleurs
	ZL 5	Survol de l'éolienne		
	ZL 6			
	ZO 4	Chemin d'accès	Les Pierrottes	
E7	YL 11	Survol de l'éolienne	Les Rougemonts	Linthelles
	YL 12	Survol de l'éolienne		
	YL 13	Survol de l'éolienne		
	YL 34	Eolienne Plateformes Survol de l'éolienne Chemin d'accès	Le Buisson l'Alouette	
		YL 33		
E8	ZO 11	Survol de l'éolienne	Les Pierrottes	Pleurs
	ZO 12	Survol de l'éolienne		
	ZO 13	Survol de l'éolienne Chemin d'accès		
	ZO 2	Eolienne Plateformes Survol de l'éolienne Chemin d'accès		
	ZO 10	Chemin d'accès		
E9	ZP 19	Eolienne Plateformes Survol de l'éolienne Chemin d'accès	Entre le Chemin de Sézanne et celui de Gaye	Pleurs
	ZP 7	Plateformes Survol de l'éolienne Chemin d'accès		
	ZO 10	Chemin d'accès	Les Pierrottes	
PDL1	ZK 19	Poste de livraison	La Fosse aux chats	Pleurs
PDL2	ZL 4	Poste de livraison	Le Bois Meunier	
PDL3	ZP 7	Poste de livraison	Entre le Chemin de Sézanne et celui de Gaye	

Tableau 6 : Liste des sections cadastrales

La présente étude de danger est en partie basée sur des éléments issus de l'étude d'impact sur l'environnement. Même si l'implantation finale du projet est située sur les communes de Pleurs et Linthelles, l'étude initiale a été réalisée sur la zone d'étude sur les communes de Gaye, Pleurs et Linthelles.

2.3 - COORDONNEES DES EOLIENNES ET DES POSTES DE LIVRAISON

Eoliennes	Coordonnées						Altitude (en m NGF)	
	Lambert 93		Lambert II étendu		WGS 84		Pied de l'éolienne/PDL	Bout de pale/Sommet PDL
	X	Y	X	Y	Latitude	Longitude		
E1	762102,84	6846538,81	710 983	2414117	48°42'57.5874"N	3°50'38.8640"E	102,43	282,43
E2	762523,10	6846316,62	711 405	2413898	48°42'50.2477"N	3°50'59.3099"E	100,45	280,45
E3	763022,33	6846025,6	711909	2413610	48°42'40.6505"N	3°51'23.5814"E	97,48	277,48
E4	761898,61	6845741,72	710785	2413317	48°42'31.8499"N	3°50'28.4557"E	101,15	281,15
E5	762277	6845518,96	711167	2413097	48°42'24.5066"N	3°50'46.8506"E	99,30	279,30
E6	762733,21	6845253,06	711625	2412836	48°42'15.7385"N	3°51'90.0281"E	97,07	277,07
E7	761682,46	6844936,94	710577	2412509	48°42'5.8673" N	3°50'17.4631"E	98,96	278,96
E8	762122,54	6844679,95	711018	2412257	48°41'57.3947"N	3°50'38.8558"E	102,52	282,52
E9	762563,08	6844407,77	711463	2411987	48°41'48.4289"N	3°51'00.2606"E	101,46	281,46
PDL1	763188,27	6846281,90	712071	2413869	48°42'48.8880"N	3°51'31.8348"E	98,21	100,85
PDL2	762606,08	6845048,70	711499	2412630	48°42'9.1660" N	3°51'20.7014"E	97,78	100,42
PDL3	762598,26	6844552,17	711496	2412133	48°41'53.0920"N	3°51'20.0574"E	101,81	104,45

E : éolienne, PDL : Poste de livraison

Tableau 7 : Coordonnées des éoliennes et des postes de livraison

2.4 - DEFINITION DES AIRES D'ETUDE

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

Chaque aire d'étude correspond à l'ensemble des points situés à une distance inférieure ou égale à 500 m à partir de l'emprise du mât de l'aérogénérateur. Cette distance équivaut à la distance d'effet retenue pour les phénomènes de projection, telle que définie au paragraphe 8.2.4 -, page 74. Les éoliennes seront implantées à plus de 1 000 m des habitations.

La zone d'étude n'intègre pas les environs des postes de livraison. Ceux-ci sera néanmoins représentés sur la carte. Les expertises réalisées dans le cadre de la présente étude ont en effet montré l'absence d'effet à l'extérieur des postes de livraison pour chacun des phénomènes dangereux potentiels pouvant les affecter.

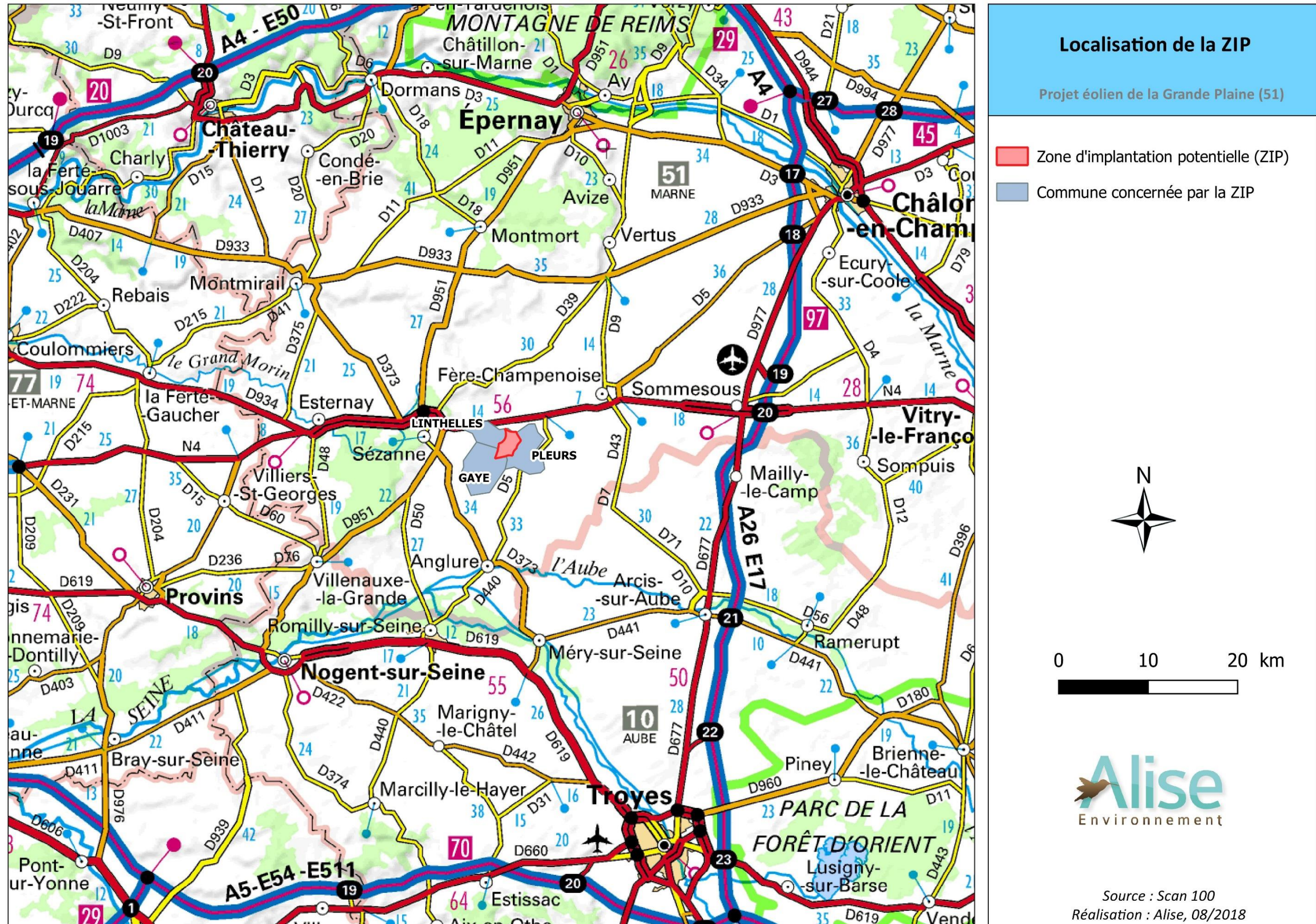
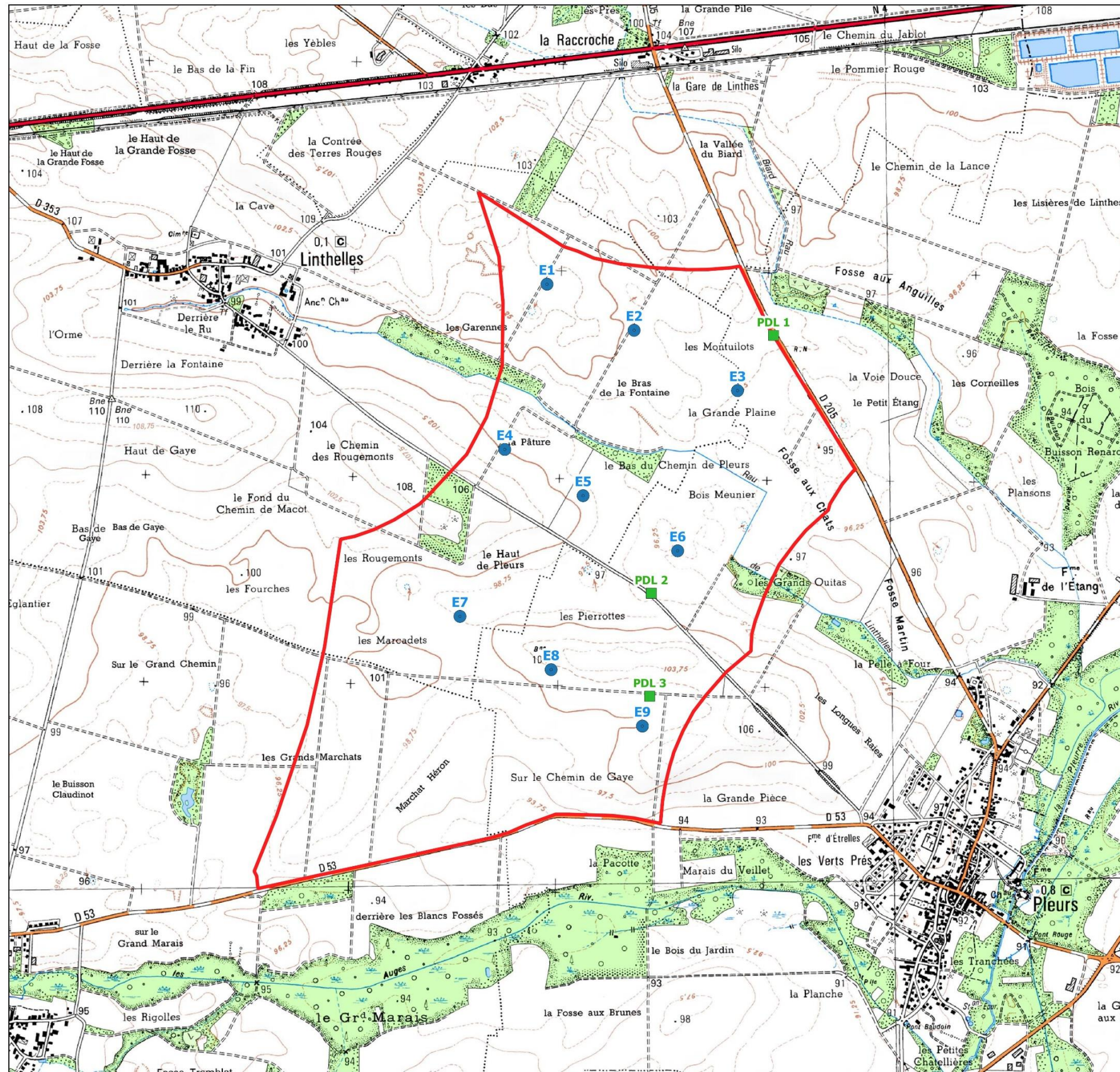


Figure 1 : Situation géographique du projet



Localisation des éoliennes et des postes de livraison

Projet éolien de la Grande Plaine (51)

- Zone d'implantation potentielle (ZIP)
- Eolienne en projet
- Poste de livraison (PDL)

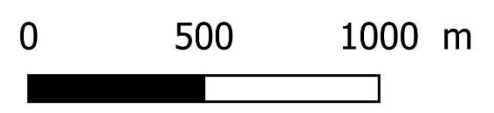


Figure 2 : Localisation de la zone d'implantation et des éoliennes

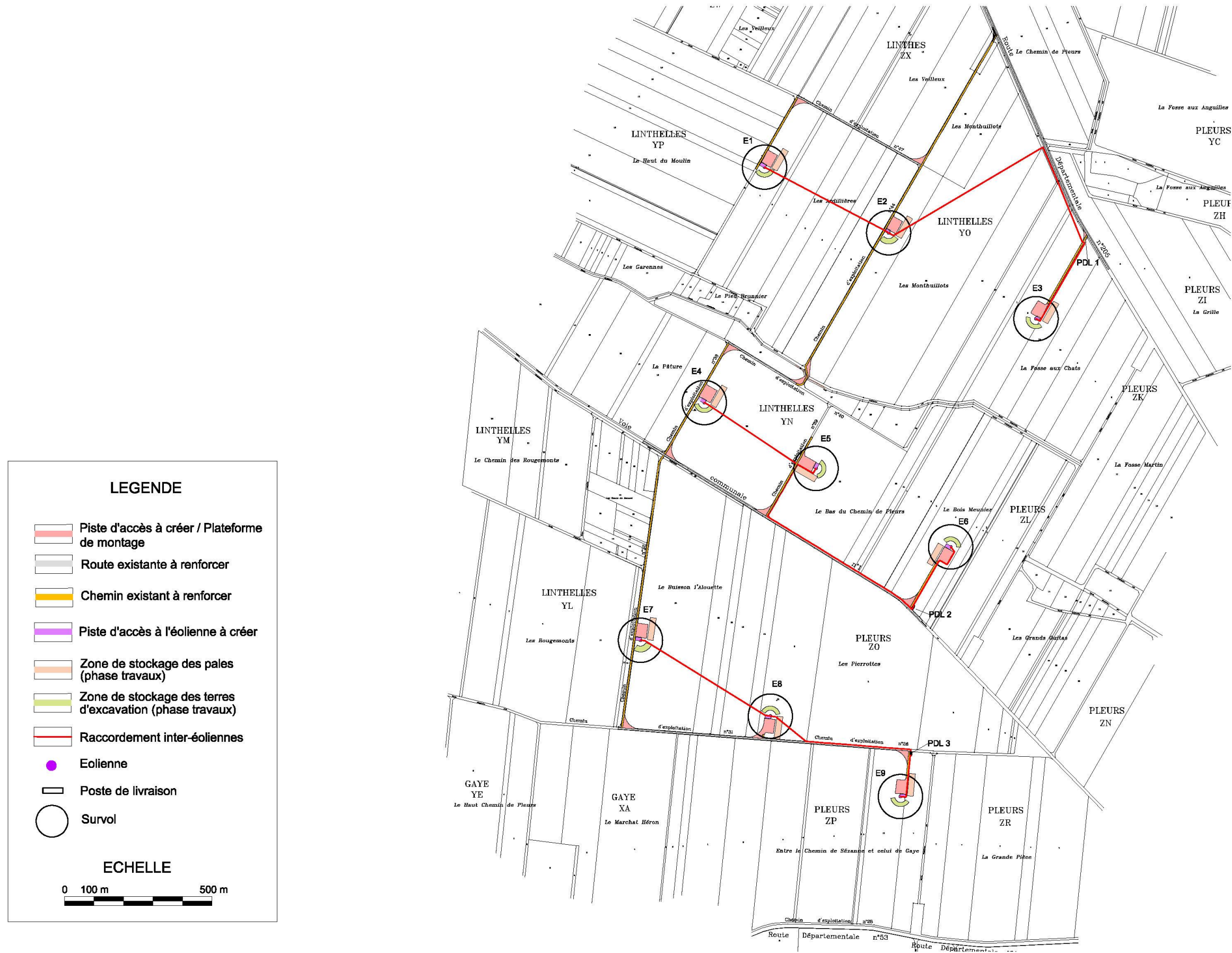


Figure 3 : Situation cadastrale du projet

3 - 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).

La description complète du site du projet et de son environnement est présentée dans la partie « Etat initial » de l'Etude d'impact (chapitre 3 – Analyse de l'état initial du site et de son environnement). Une synthèse de cette partie est proposée dans les paragraphes suivants.

3.1 - ENVIRONNEMENT NATUREL

3.1.1 - CONTEXTE CLIMATIQUE

3.1.1.1 - Climatologie

La région dans laquelle se situent les communes d'implantation bénéficie d'un climat océanique dégradé, caractérisé par une pluviométrie assez importante, mais qui présente toutefois des variantes selon les départements. Les communes de Linthelles, Gaye et Pleurs possèdent par conséquent ces mêmes particularités.

Les données météorologiques proviennent de la station météorologique de Météo France d'Esternay, située à environ 13 km de la ZIP.

a) Températures

Le tableau et le graphique suivants indiquent les moyennes mensuelles des températures minimales, moyennes et maximales relevées à la station d'Esternay :

Température (moyenne en °C)	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moyenne annuelle
Minimum	0,5	1,3	2,6	4,7	8,4	10,9	12,9	13,0	10,0	7,6	4,0	1,1	6,4
Moyenne	3,1	4,5	6,9	9,8	13,7	16,8	19,0	18,9	15,2	11,7	6,8	3,5	10,9
Maximum	5,6	7,7	11,2	14,9	19,0	22,7	25,2	24,8	20,4	15,8	9,6	5,8	15,3

Tableau 8 : Températures moyennes à la station d'Esternay (en °C)

Source : Météo-France

La température moyenne annuelle est de 10,9°C. L'amplitude thermique est de 12,3°C. La température moyenne la plus basse s'observe en janvier (3,1°C) tandis que la température moyenne la plus élevée s'observe en juillet (19,0°C).

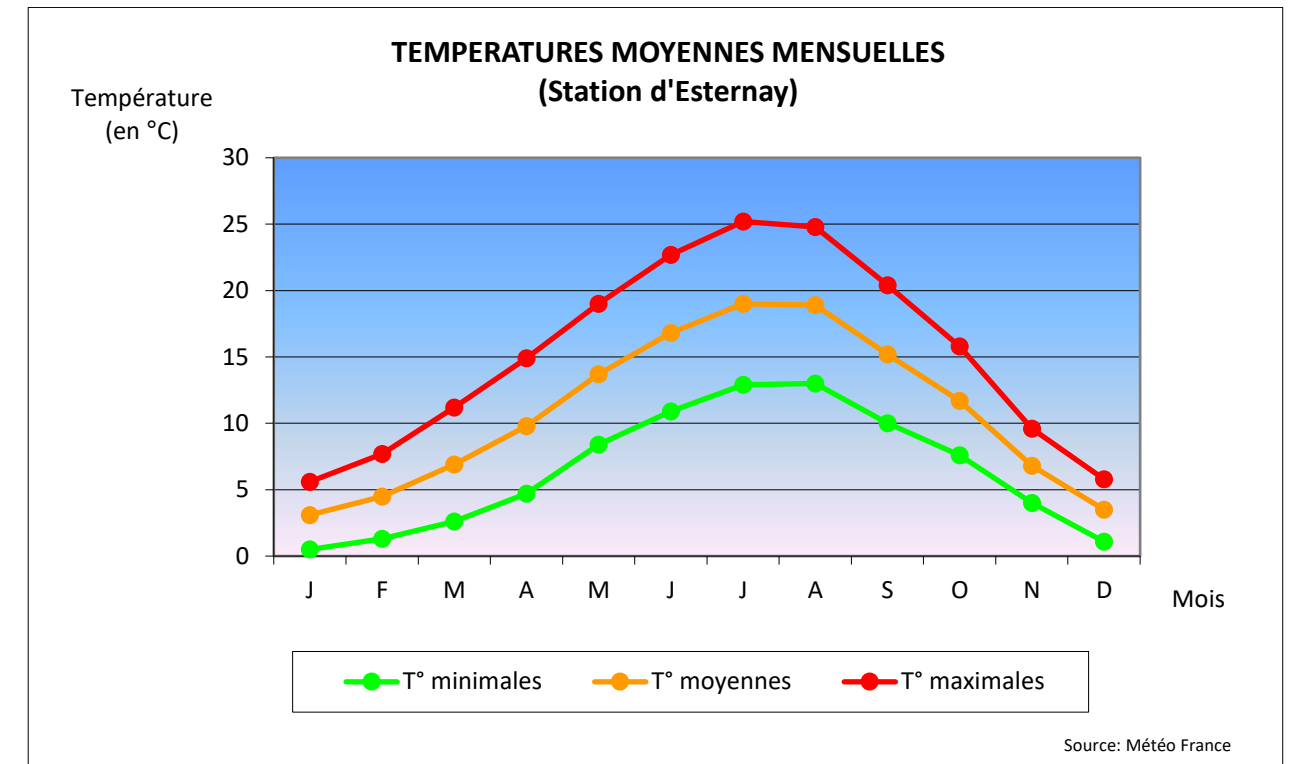


Figure 4 : Températures moyennes mensuelles à la station d'Esternay

Source : Météo-France

b) Neige

Des phénomènes neigeux sont possibles entre octobre et avril. Cependant, le nombre de jours moyen de neige par an est compris entre 10 et 20 d'après la figure suivante :

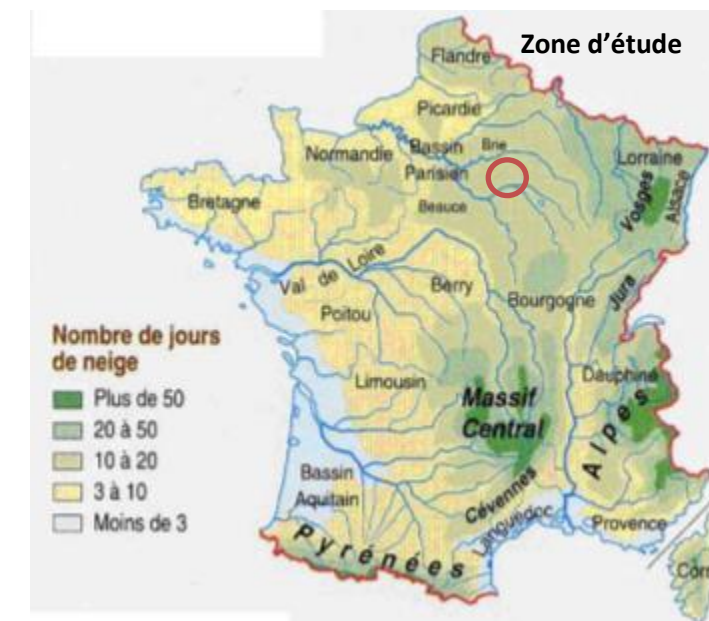


Figure 5 : Nombre de jours de neige par an

Source : alertes-meteo.com

c) Pluviométrie

Le tableau et le graphique suivants indiquent les moyennes mensuelles des précipitations relevées à la station d'Esternay (période : 1994–2010) :

Paramètre	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Précipitations (en mm)	57,6	58,5	50,8	52,7	57,7	41,1	61,0	58,5	51,4	64,9	64,0	71,6

Tableau 9 : Précipitations moyennes mensuelles de la station d'Esternay (en mm)

Source : Météo-France

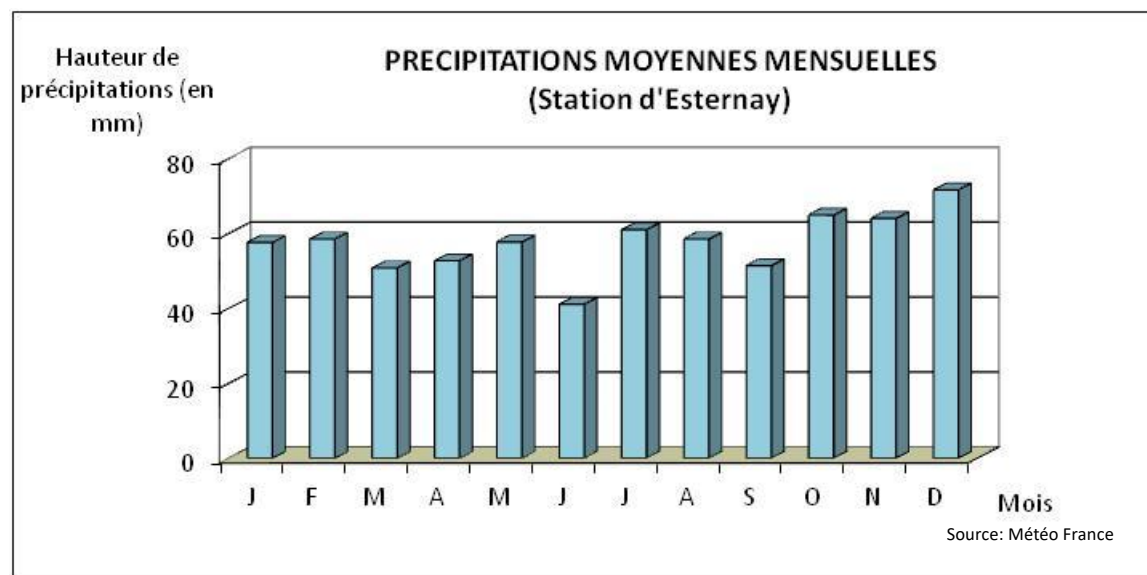


Figure 6 : Précipitations moyennes mensuelles à la station d'Esternay

Source : Météo-France

Ces données montrent que la pluviométrie dans le secteur étudié est importante avec 689,8 mm environ de précipitations en moyenne annuelle à la station d'Esternay.

On observe une période pluvieuse d'octobre à décembre avec plus de 60 mm de pluie par mois. A la station d'Esternay, le minimum est observé en juillet (avec 41,1 mm) et le maximum en décembre (71,6 mm).

Le tableau ci-après présente le nombre de jours de pluie par mois :

Tableau 10 : Nombre de jours de pluie par mois à la station d'Esternay

Source : Météo France

Période 1994-2010	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total année
Nombre de jours de pluie ≥ 1 mm	10,4	11,0	10,4	9,4	9,1	7,8	9,3	8,4	8,2	9,9	11,6	12,8	118,3

Il pleut en moyenne plus de 118 jours par an. En relation avec les hauteurs de précipitations, les mois les plus pluvieux sont les mois d'automne et d'hiver.

d) Gel

Le tableau suivant présente pour chaque mois le nombre de jours de gel (période : 1994–2010) ainsi que les records des températures maximales et minimales relevés à la station d'Esternay (période : 1994–2016) :

Paramètre	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Extrême
Température la plus élevée (°C)	15,8	17,4	22,3	27,2	30,3	36,4	37,3	39,0	31,8	27,2	21,5	16,9	39,0
Température la plus basse (°C)	-16,0	-16,0	-11,3	-4,9	-0,5	1,2	4,8	4,5	1,2	-3,2	-11,1	-15,0	-16,0
Nombre de jours de gel	14,3	11,4	8,7	3,4	0,2	0,1	-	-	-	1,4	5,7	13,4	58,6
Nombre de jours avec $T^{\circ} \leq -5^{\circ}\text{C}$	3,4	1,7	0,5	-	-	-	-	-	-	-	0,7	2,3	8,6

Tableau 11 : Records des températures maximales et minimales, nombres de jours de gel et nombres de jours avec $T^{\circ} \leq -5^{\circ}\text{C}$ à la station d'Esternay (en °C)

Source : Météo-France

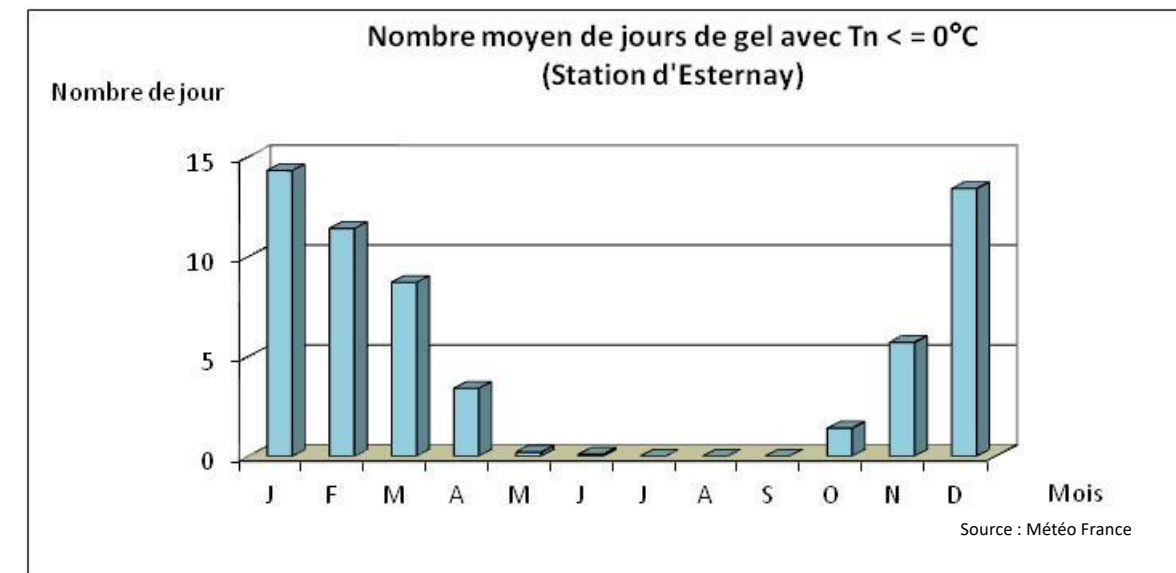


Figure 7 : Nombre moyen de jours de gel à la station d'Esternay

Source : Météo-France

La température maximale relevée à la station d'Esternay est de 39,0°C, en août 2003. La température minimale observée est de -16,0°C relevée en janvier 2010. En moyenne, il y a 58,6 jours de gel par an, mais les jours de gels importants (températures inférieures à -5°C) sont moins nombreux (8,6 jours par an).

e) Vent

La rose des vents présentée ci-dessous résulte de l'analyse des données du mât de mesure installé sur la ZIP.

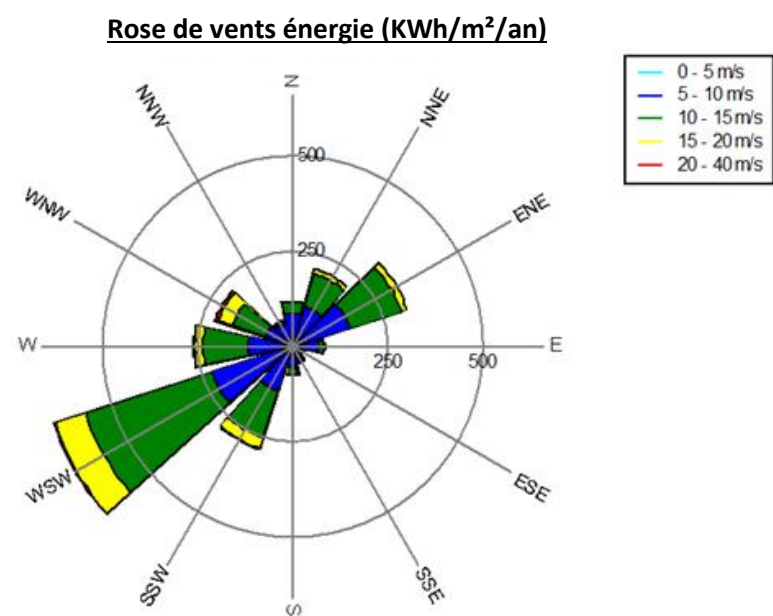


Figure 8 : Rose des vents énergie (KWh/m²/an)

Source : ABO Wind

On constate que les vents dominants sont globalement de secteur sud-ouest (direction comprise entre 220° et 260°).

Sur l'ensemble des directions, les vents avec une vitesse comprise entre 10 et 15 m/s sont plus fréquents. Les vents forts (> 15 m/s) viennent majoritairement du secteur sud-ouest.

f) Orages

L'activité orageuse est appréciée par la densité d'arcs (Da) qui est le nombre d'arcs de foudre par km² et par an. La moyenne française est de 1,54 arc/km²/an.

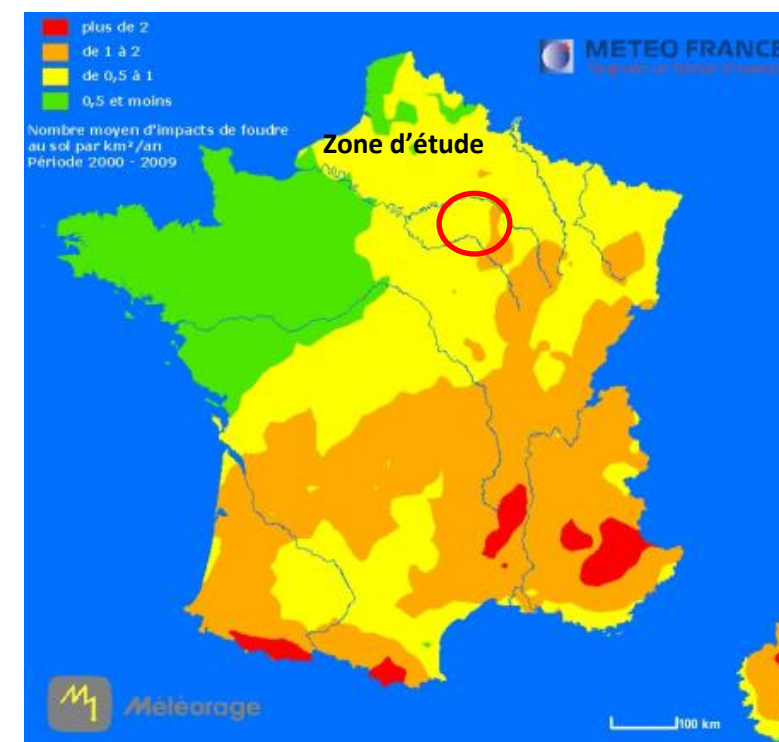


Figure 9 : Nombre d'impact moyen de foudre au sol par km²/an (période 2000-2009)

Source : Météorage

La densité d'arcs du département de la Marne est de 1,34 arc/km²/an (données (2006-2015), ce qui est légèrement inférieur à la moyenne nationale (1,54 arc/km²/an).

g) Conclusion

La région dans laquelle se trouve la zone d'implantation potentielle présente un climat semi-continental dégradé. Le nombre annuel de jours de gel est peu important et les fortes pluies n'y sont pas fréquentes.

3.1.1.2 - Ressource éolienne

a) Généralités

La France bénéficie d'un potentiel éolien remarquable de par son important linéaire côtier. Elle possède en effet le deuxième potentiel éolien en Europe, après celui du Royaume-Uni. Ce potentiel est estimé à 66 TWh/an sur terre et 90TWh/an en mer.

La carte ci-après représente le potentiel éolien français à 50 m du sol et la situation de la zone d'étude.

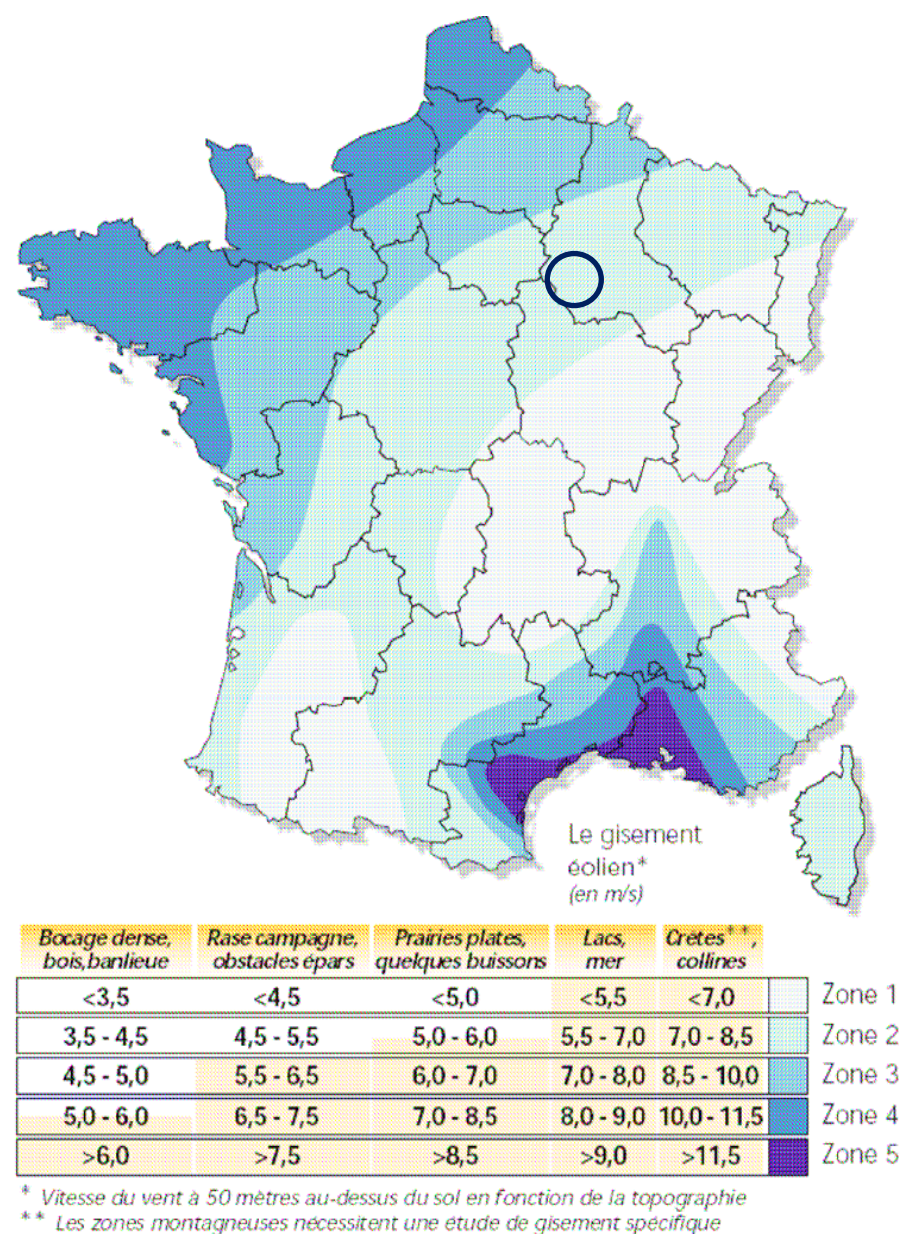


Figure 10 : Potentiel éolien de la France

Source : ADEME

b) Schéma régional éolien

Le potentiel éolien de la Champagne-Ardenne a été cartographié et répertorié dans le Schéma Régional Eolien (SRE) de Champagne-Ardenne réalisé en mai 2012.

La carte ci-contre est tirée de ce schéma et permet d'observer les vitesses moyennes de vent à plusieurs échelles. Le SRE de la région Champagne-Ardenne indique que la zone d'étude se situe dans un secteur où la vitesse moyenne du vent est comprise entre 4,5 et 6 m/s (à 50 m de hauteur).

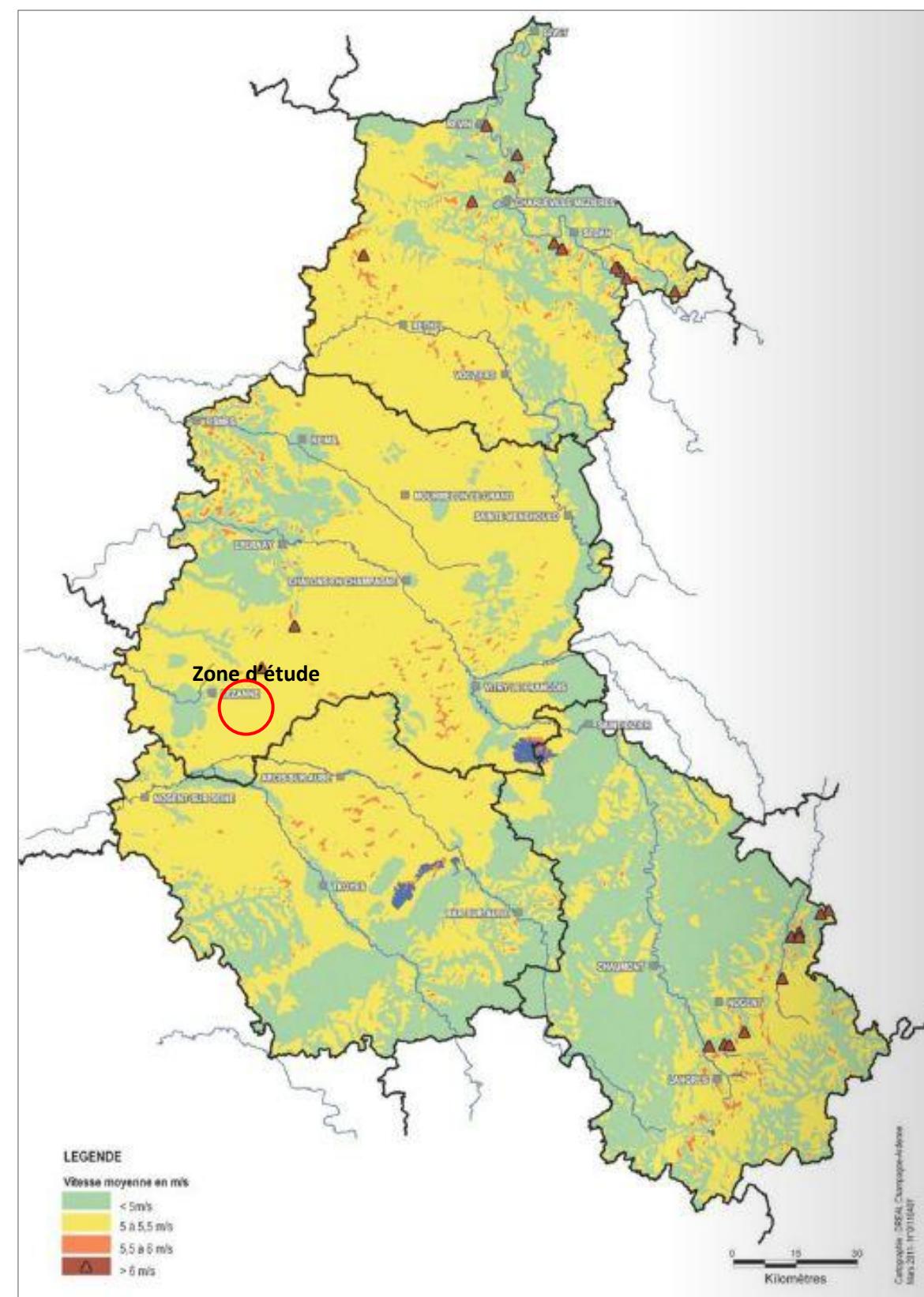


Figure 11 : Potentiel éolien de Champagne-Ardenne

Source : SRE – Conseil Régional Champagne-Ardenne

3.1.2 - RISQUES MAJEURS

3.1.2.1 - Risques liés à la géologie et à la géotechnique

a) Risque de mouvements de terrain / risque lié à la stabilité des sols

Les mouvements de terrain concernent l'ensemble des déplacements du sol ou du sous-sol, qu'ils soient d'origine naturelle ou anthropique (occasionnés par l'homme). Parmi ces différents phénomènes observés, on distingue :

- les affaissements et les effondrements de cavités ;
- les chutes de pierre et éboulements ;
- les glissements de terrain ;
- les avancées de dunes ;
- les modifications des berges de cours d'eau et du littoral ;
- les tassements de terrain provoqués par les alternances de sécheresse et de réhydratation des sols ;
- le retrait-gonflement des argiles.

Une fois déclarés, les mouvements de terrain peuvent être regroupés en deux grandes catégories, selon le mode d'apparition des phénomènes observés. Il existe, d'une part, des processus lents et continus (affaissements, tassements...) et, d'autre part, des événements plus rapides et discontinus, comme les effondrements, les éboulements, les chutes de pierres, etc.

Les risques de glissements de terrains sont liés à la qualité du sol et du sous-sol et à la topographie. Dans le secteur d'étude, compte-tenu de la nature calcaire du sous-sol et de la topographie peu marquée des terrains, les risques de glissements de terrain sont réduits.

Ces événements, lorsqu'ils se produisent, sont recensés par un organisme chargé de mettre à disposition du public toute information sur les risques à l'échelle d'une commune : le BRGM¹, via le portail GEORISQUES². D'après le portail GEORISQUE, deux mouvements de terrain sont recensés sur la commune de Pleurs mais ils ne sont pas situés sur la zone d'implantation.

Cependant, il faut noter que parmi les arrêtés de catastrophe naturelle pris sur les communes, un événement concernant des mouvements de terrain a été déclaré pour chacune d'entre elles.

Commune	Type de catastrophe	Début le	Fin le	Arrêté du
Gaye	Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999
Linthelles	Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999
Pleurs	Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999

Tableau 12 : Catastrophes naturelles « mouvements de terrain » sur les communes de Gaye, Linthelles et Pleurs

Source : Géorisques

Le risque de mouvement de terrain sur la zone d'implantation est considéré comme très faible, mais ne peut jamais être exclu.

b) Retrait / gonflement des argiles

Le retrait-gonflement des argiles est un autre type de risque lié aux mouvements de terrain. Selon le portail du BRGM relative aux risques (GEORISQUES), le retrait-gonflement des argiles est un phénomène lié à la modification de la teneur en eau des sols argileux. Cette modification entraîne un changement de volume de l'argile, et provoque un retrait des sols en cas d'assèchement, ou un gonflement en cas d'apport en eau : ces mouvements de terrain peuvent entraîner des fissurations au niveau du sol, mais aussi sur les constructions. La nature et l'épaisseur du sol, l'intensité des phénomènes climatiques, mais aussi la topographie, la végétation ou encore la présence d'eaux souterraines peuvent influencer ce phénomène.

Les caractéristiques de l'aléa ainsi que les modalités de prise en compte de ce risque sont précisées sur la base de données « Argiles » du BRGM.

D'après les données du BRGM (www.georisques.gouv.fr), les communes d'implantation sont concernées par le risque lié à l'aléa retrait-gonflement des argiles. Au niveau de la zone d'implantation, l'aléa retrait-/ gonflement des argiles est nul à faible.

Ainsi, en l'absence de Plan de Prévention des Risques qui prendrait en compte de façon explicite ce risque, il est préconisé suivant le degré de l'aléa d'ancrer les fondations sur semelle suffisamment en profondeur par rapport à la zone superficielle du sol, afin de s'affranchir de la zone superficielle sensible à l'évaporation.

Aucune précision n'est faite par rapport aux seules éoliennes, mais il est mis en évidence les profondeurs minimales suivantes d'une façon générale :

- minimum de 80 centimètres en zone d'aléa faible à moyen ;
- minimum de 120 centimètres en zone d'aléa fort.

Ces profondeurs d'ancrage s'ajoutent à celles imposées par la mise hors gel.

Les fondations doivent être ancrées de façon homogène sur tout le pourtour de l'édifice, il est important dans le cadre des terrains en pente, d'ancrer à l'aval comme à l'amont de façon aussi importante.

L'identification d'un sol sensible au retrait-gonflement des argiles peut être opérée de différentes façons, par une reconnaissance visuelle, une analyse du contexte géologique et hydrogéologique du terrain, une analyse de la circulation des eaux et une vérification de la capacité « portant du sol » et de l'adéquation du mode de fondation retenu.

Le risque lié au retrait / gonflement des argiles établi par le BRGM est nul à faible sur la zone d'implantation.

c) Karstifications

La karstification est l'ensemble des processus naturels d'érosion et d'altération physicochimiques que subissent les formations carbonatées comme la craie. Ceci s'explique par la capacité des roches calcaires, et plus précisément leurs minéraux (calcite, aragonite, dolomite), d'être solubles dans l'eau. En surface, ce phénomène se traduit par un modelé typique, dit karstique, (bétoire, aven, doline, vallée sèche, perte et exurgence de rivière...) en lien avec un réseau souterrain.

En ce qui concerne la ZIP, les formations crayeuses constituant son sous-sol sont susceptibles d'être karstifiées. Cependant la notice de la carte géologique ne mentionne pas de réseaux karstiques.

¹ BRGM : Bureau de recherche Géologique et Minière

² Adresse du portail GEORISQUES : www.georisques.gouv.fr

Tous les moyens techniques de traitement en cas de suspicion de cavités seront effectués, notamment de la manière suivante :

S'agissant d'un secteur géographique où l'aléa cavité est existant, en accord avec les services de la DDT, un bureau d'étude spécialisé dans la problématique cavité pourrait être présent durant la phase de terrassement des emprises des éoliennes. Ce terrassement permettra de vérifier l'éventuelle présence d'anomalie potentiellement en lien avec des cavités (remblais, puits, etc...).

En cas de découverte d'une cavité au niveau d'une implantation d'éolienne et en fonction de l'expertise de celle-ci (détermination de son état structurel, de sa morphologie et de son cubage), afin de lever tout risque, le choix du comblement par injection de coulis de ciment peut être réalisé. L'éolienne pourra alors être implantée à l'endroit prévu. Toutefois, si ces travaux ne peuvent pas avoir lieu du fait des caractéristiques de la cavité, le déplacement de l'éolienne pourrait être nécessaire.

La zone d'implantation potentielle se situe dans un secteur susceptible d'être soumis au risque karstique. Ce risque pourra être levé par la réalisation d'études géotechniques en amont de la construction.

d) Présence de cavités souterraines

Quelle que soit leur origine, les cavités souterraines sont responsables de deux formes de mouvements de terrain (HUMBERT, 1972) :

- les affaissements consistent en un abaissement lent et continu du niveau du sol sans rupture apparente ;
- les effondrements se manifestent par un mouvement brutal et discontinu du sol en direction de la cavité, laissant apparaître en surface un escarpement plus ou moins vertical.

Parfois, les mouvements affectent des surfaces importantes. Ainsi, l'écrasement de la voûte de la chambre d'exploitation souterraine détermine souvent un vaste entonnoir de plusieurs dizaines de mètres de diamètre et de quelques mètres de profondeur.

D'après les données du BRGM (www.georisques.gouv.fr), aucune cavité n'est recensée sur les communes de Gaye, Linthelles et Pleurs et par conséquent sur la zone d'implantation.

3.1.2.2 - Risques d'inondations

Les inondations constituent un risque majeur sur le territoire national. En France, elles concernent une commune sur trois à des degrés divers selon le ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de la Mer.

L'inondation est une submersion, rapide ou lente, d'une zone habituellement hors d'eau. Les crues des rivières proviennent des fortes pluies. On distingue les crues par débordement direct (le cours d'eau sort de son lit mineur pour occuper son lit majeur) et les crues par débordement indirect (remontée de la nappe alluviale). Elles ont lieu à la suite de longs épisodes pluvieux impliquant l'ensemble du bassin. Elles sont souvent prévisibles. Dans les secteurs où la topographie est marquée, existe également un risque de ruissellement en cas de fortes précipitations pouvant provoquer de graves dégâts.

Parmi les facteurs aggravant le phénomène de pluviosité, du fait de leur incidence sur le régime du cours d'eau, on peut citer :

- les aménagements urbains ;
- l'imperméabilisation des surfaces ;

- la disparition des champs d'expansion des crues ;
- le mauvais entretien d'ouvrages hydrauliques anciens ou de certains cours d'eau ;
- les marées.

a) Arrêtés de catastrophe naturelle

Les communes de Gaye, Linthelles et Pleurs ont fait l'objet d'un arrêté de catastrophes naturelles présenté dans le tableau suivant :

Commune	Type de catastrophe	Début le	Fin le	Arrêté du
Gaye	Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999
Linthelles	Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999
Pleurs	Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999

Tableau 13 : Arrêtés de catastrophes naturelles sur Gaye, Linthelles et Pleurs

Source : Géorisques

b) Risque d'inondations par débordement de cours d'eau sur Gaye, Linthelles et Pleurs

Les zones inondables du département de la Marne ont été cartographiées dans un Atlas des Zones Inondables (AZI) régional : la cartographie des zones inondables a été mise à jour le 17/01/2008. Les communes de Gaye, Linthelles et Pleurs n'apparaissent pas soumises au risque d'inondation par débordement de cours d'eau.

La zone d'implantation n'est pas située dans une zone considérée comme inondable par débordement de cours d'eau.

c) Risque d'inondation par remontée de nappes sur Gaye, Linthelles et Pleurs

D'après les données Géorisques, la carte des remontées de nappes repose principalement sur l'exploitation de données piézométriques et de leurs conditions aux limites d'origines diverses (BSS, ADES, déclarations CATNAT, résultats de modèles hydrodynamiques, isopièzes, etc.) qui, après avoir été validées ont permis par interpolation de définir les isopièzes des cotes maximales probables.

Au regard des incertitudes liées aux cotes altimétriques, il a été décidé de proposer une représentation en trois classes qui sont :

- « **zones potentiellement sujettes aux débordements de nappe** » : lorsque la différence entre la cote altimétrique du MNT et la cote du niveau maximal interpolée est négative ;
- « **zones potentiellement sujettes aux inondations de cave** » : lorsque la différence entre la cote altimétrique du MNT et la cote du niveau maximal interpolée est comprise entre 0 et 5 m ;
- « **pas de débordement de nappe ni d'inondation de cave** » : lorsque la différence entre la cote altimétrique du MNT et la cote du niveau maximal interpolée est supérieure à 5 m

De plus, le site Géorisques précise que cette analyse, par interpolation de données souvent très imprécises et provenant parfois de points éloignés les uns des autres, apporte des indications sur des tendances mais ne peut être utilisée localement à des fins de réglementation. Pour ce faire, des études ponctuelles détaillées doivent être menées.

La Figure 12 ci-après présente la cartographie du phénomène de remontée de nappes sur Gaye, Linthelles et Pleurs. Les communes sont concernées par le risque de remontée de nappe au niveau des vallées.

Pour rappel, cette cartographie apporte seulement des indications sur les tendances à proximité de la Z.I.P. mais elle ne permet pas d'affirmer la présence ou l'absence d'un risque d'inondation par remontée de nappes à l'échelle la Z.I.P.

D'après les tendances de cette carte, il semblerait que les éoliennes soient localisées dans des zones potentiellement sujettes aux débordements de nappes et aux inondations de cave. Cependant, à ce jour, d'après les données de Géorisques, aucun arrêté d'inondations par remontées de nappe phréatique n'a été recensé sur les communes de la zone d'implantation potentielle.

Il semblerait que les éoliennes soient localisées dans des zones potentiellement sujettes aux débordements de nappes et aux inondations de cave. Comme précisé par le site Géorisques, ces données ne peuvent pas être utilisées localement. C'est pourquoi, une étude de sol détaillée sera réalisée afin de caractériser la nature du sol et la présence de la nappe. En cas de présence de nappe, des recommandations seront faites pour la mise en œuvre du chantier (profondeur et caractéristiques des fondations, calibrage des accès et plateforme, etc.). De plus, des mesures seront mises en place en phase travaux et en phase exploitation afin d'éviter tout risque de pollution. Ces mesures sont détaillées dans l'étude d'impact (cf. 2.3 - Protection des eaux, pages 246-247).

d) Risque d'inondation par ruissellement et coulées de boues

Les communes de Gaye, Linthelles et Pleurs ont connu un évènement « ruissellement et coulées de boues » (cf. arrêtés de catastrophes naturelles présentés dans le Tableau 13).

Selon le site Prim.net, les communes d'implantation ne sont pas soumises au risque d'inondation par ruissellement et coulées de boue.

Les communes de Gaye, Linthelles et Pleurs ont eu un arrêté de catastrophe naturel pour « ruissellement et coulées de boue », cependant le risque « ruissellement et coulées de boues » semble être faible.

e) Risque « Rupture de barrage »

Un barrage est un ouvrage artificiel ou naturel (causé par l'accumulation de matériaux à la suite de mouvements de terrain) établi en travers du lit d'un cours d'eau, retenant ou pouvant retenir de l'eau.

La zone d'implantation potentielle est traversée par un ruisseau mais elle n'est pas concernée par le risque « rupture de barrage ».

f) Plan de Prévention des Risques Naturels et Inondation

Le Plan de Prévention des Risques (PPR) est un outil réglementaire, arrêté par l'Etat, afin de garantir la sécurité des biens et des personnes. Le Plan de Prévention des Risques est une servitude d'utilité publique opposable à tous, particuliers, collectivités, Etat qui définit des règles cohérentes dans les domaines de l'urbanisme, la construction, l'agriculture et adaptées aux spécificités du territoire. Les communes de Gaye, Linthelles et Pleurs sont ni concernées par un Plan de Prévention des Risques Naturels (PPRN) ni par un Plan de Prévention des Risques Inondation (PPRI).

La zone d'implantation potentielle n'est pas concernée par un Plan de Prévention des Risques Naturels ni par un Plan de Prévention des Risques Inondation.

g) Synthèse

La zone d'implantation présente un risque faible pour l'aléa retrait et gonflement des argiles et un risque élevé de remontée de nappe principalement sur sa partie sud. Les éoliennes seront préférentiellement implantées en dehors des zones où le risque de remontée de nappe est très important.

La zone d'implantation ne présente pas de risque dû à la rupture de barrage ou d'inondation par débordement de cours d'eau.

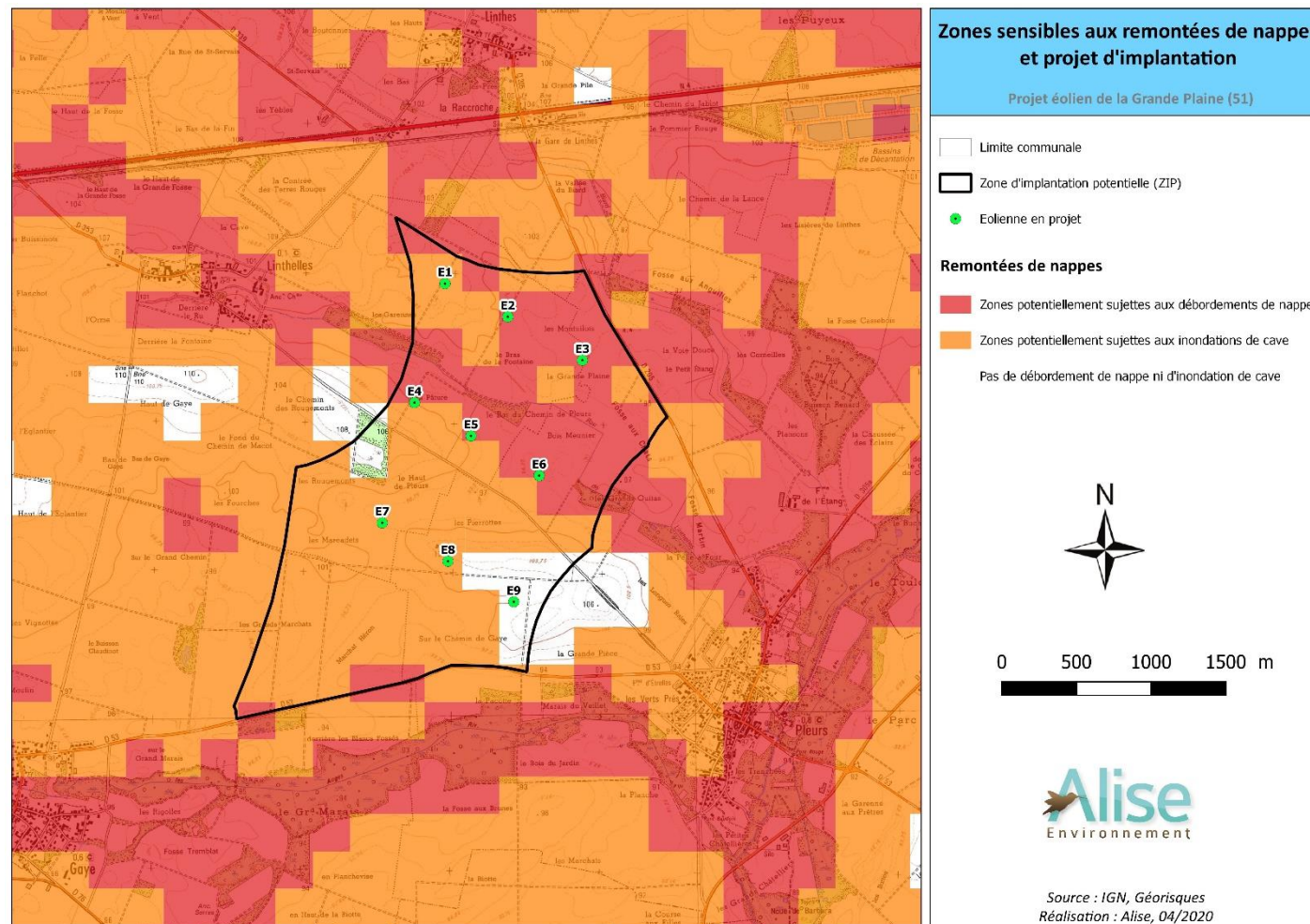


Figure 12 : Risque d'inondation par remontée de nappe et implantation des éoliennes

Source : Georisque

3.1.2.3 - Risques « Engins de Guerre »

On entend par risque « engins de guerre », le risque d'explosion et/ou d'intoxication lié à la manutention après découverte d'une ancienne munition de guerre (bombes, obus, mines, grenades, détonateurs...) ou lié à un choc par exemple lors de travaux de terrassement.

En cas de découverte d'un tel engin, il convient de suivre les recommandations suivantes :

- ne pas y toucher, ne pas le déplacer ;
- ne pas mettre le feu ;
- repérer l'emplacement et le baliser ;
- s'éloigner sans courir ;
- collecter les renseignements (lieu, adresse, dimension de l'objet, forme, habitations à proximité...);
- aviser les autorités compétentes : la mairie, la gendarmerie ou la police, ou la préfecture ;
- empêcher quiconque de s'approcher.

Ce risque est abordé dans le Dossier Départemental sur les Risques Majeurs de la Marne. Une des zones principales d'enlèvements de munitions est située à l'ouest de Sézanne. Ce risque ne peut donc pas être exclu.

Le risque « engins de guerre » est présent sur les communes de Gaye, Linthelles et Pleurs.

3.1.2.4 - Risques sismiques

Un séisme ou tremblement de terre se traduit en surface par des vibrations du sol. Il provient de la fracturation des roches en profondeur ; celle-ci est due à l'accumulation d'une grande énergie qui se libère, créant des failles, au moment où le seuil de rupture mécanique des roches est atteint. Les dégâts observés en surface sont fonction de l'amplitude, la fréquence et la durée des vibrations.

Suite à la publication des nouveaux textes réglementaires en date du 22 octobre 2010 (décrets n°2010-1254 et 2010-1255, 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 », de nouvelles règles de construction parasismique sont à appliquer pour les bâtiments à « risque normal » sur le territoire national depuis le 1^{er} mai 2011.

Pour chaque commune, il est défini cinq zones de sismicité croissante selon l'aléa sismique :

- zone 1 : sismicité très faible ;
- zone 2 : sismicité faible ;
- zone 3 : sismicité modérée ;
- zone 4 : sismicité moyenne ;
- zone 5 : sismicité forte.

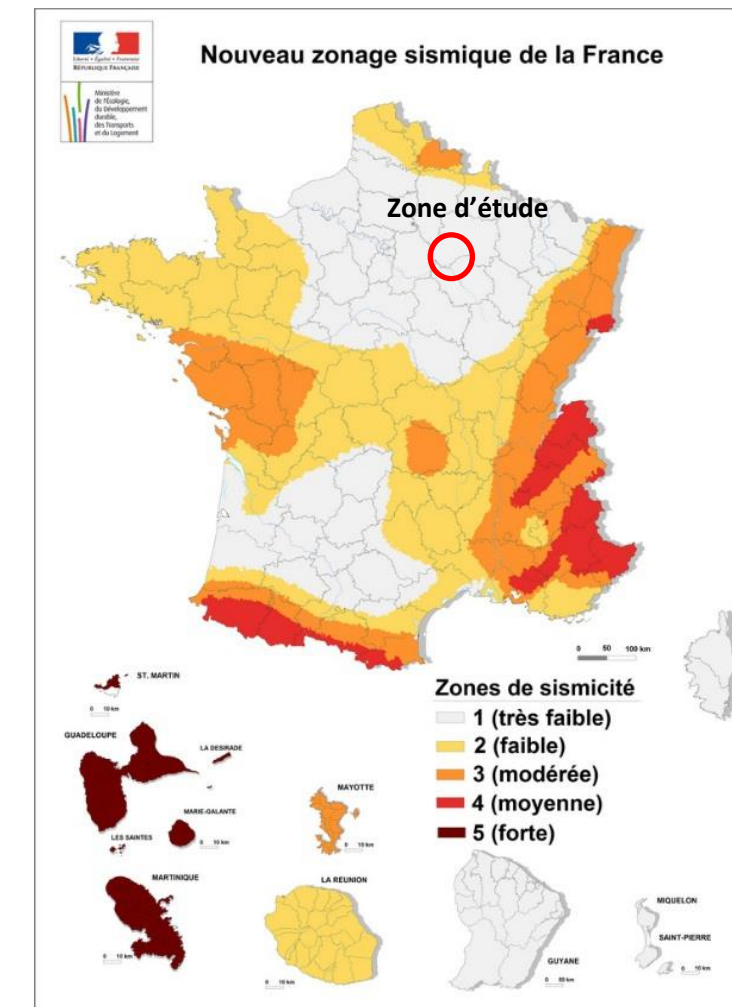


Figure 13 : Carte des zones sismiques en France métropolitaine

Source : www.risquesmajeurs.fr

Selon l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié, les bâtiments de la classe dite à « risque normal » sont répartis en 4 catégories d'importance définies par l'article R. 563-3 du code de l'environnement.

Les bâtiments des centres de production collective d'énergie répondant au moins à l'un des trois critères suivants, quelle que soit leur capacité d'accueil, sont classés en catégorie III :

- la production électrique est supérieure au seuil de 40 MW électrique ;
- la production thermique est supérieure au seuil de 20 MW thermique ;
- le débit d'injection dans le réseau de gaz est supérieur à 2 000 Nm³/h.

Le projet de la Ferme éolienne de La Grande Plaine ayant une puissance totale de 37,80 MW, il n'entre pas dans l'une des trois catégories ci-dessus et n'est donc pas soumis aux règles parasismiques que ce soit pour les éoliennes ou pour les bâtiments techniques associés (3 postes de livraison).

Gaye, Linthelles et Pleurs et les communes de l'aire d'étude rapprochée sont classées en zone de sismicité 1, c'est-à-dire en zone à sismicité très faible.

Selon la réglementation en vigueur, le projet éolien de Gaye, Linthelles et Pleurs n'est pas soumis aux règles parasismiques que ce soit pour les éoliennes ou pour les bâtiments techniques associés. Les éoliennes Vestas V150 respectent les normes de conception exigées par la réglementation ICPE, notamment la norme IEC 61400-1

3.1.2.5 - Risques d'incendie de forêt

Les feux de forêts sont des sinistres qui se déclarent et se propagent dans des formations, d'une surface minimale d'un hectare pouvant être :

- des forêts : formations végétales, organisées ou spontanées, dominées par des arbres et des arbustes, d'essences forestières, d'âges divers et de densité variable ;
- des formations subforestières : formations d'arbres feuillus ou de broussailles appelées maquis (formation végétale basse, fermée et dense, poussant sur des sols siliceux) ou garrigue (formation végétale basse mais plutôt ouverte et poussant sur des sols calcaires).

Selon la base de données www.prim.net, Gaye, Linthelles et Pleurs ne présentent pas de risque d'incendie. Toutefois, compte-tenu de la présence de petits boisements, le risque d'incendie ne peut être totalement exclu même s'il reste très faible dans la région en raison du climat.

Le risque d'incendie sur la zone d'implantation potentielle est très faible mais ne peut être exclu.

Concernant les risques d'incendie d'origine anthropique, il faut signaler qu'actuellement, aucune activité à risque n'est recensée sur les communes d'implantation.

3.1.2.6 - Risques météorologiques

Le territoire de la France est soumis de manière irrégulière à des événements météorologiques dangereux, qualifiés d'exceptionnels, et cela en référence aux moyennes climatologiques.

En raison de leur intensité, de leur durée ou de leur étendue, ces phénomènes peuvent avoir de graves conséquences sur la sécurité des populations et sur l'activité économique. Ils peuvent être de différente nature :

- tempêtes et vents violents ;
- situations orageuses très actives ;
- fortes précipitations pouvant entraîner des crues importantes ;
- chutes de neige et de pluies verglaçantes ;
- vagues brutales de froid intense.

Ces événements peuvent être prévus par Météo-France qui établit des cartes de vigilance à 6h et 16h chaque jour.

Selon le Dossier Départemental des Risques Majeurs (DDRM) du département de la Marne, le département est touché par des tempêtes causées par des dépressions circulant à des basses latitudes. Il n'a pas été précisé si les communes d'implantation sont concernées par le risque tempête.

Sur les communes d'implantation, le risque de tempête et de grain est faible.

3.1.2.7 - Risque foudre

La foudre est liée à l'orage, qui est un phénomène naturel d'origine climatique. Les orages naissent du recouvrement d'un air anormalement chaud par un air anormalement froid. Cette anomalie génère des courants d'air verticaux qui entraînent avec eux des fragments de glace et gouttelettes d'eau. Les frottements produits entre l'air et l'eau créent un déséquilibre entre les charges électriques ; déséquilibre qui provoque une décharge électrique et l'éclatement d'un

orage lorsqu'il est trop important. La foudre, puissant courant électrique, présente des dangers à la fois directs pour l'Homme et l'Environnement (incendie, électrocution,...) et indirects sur certains biens matériels notamment électriques les rendant défectueux.

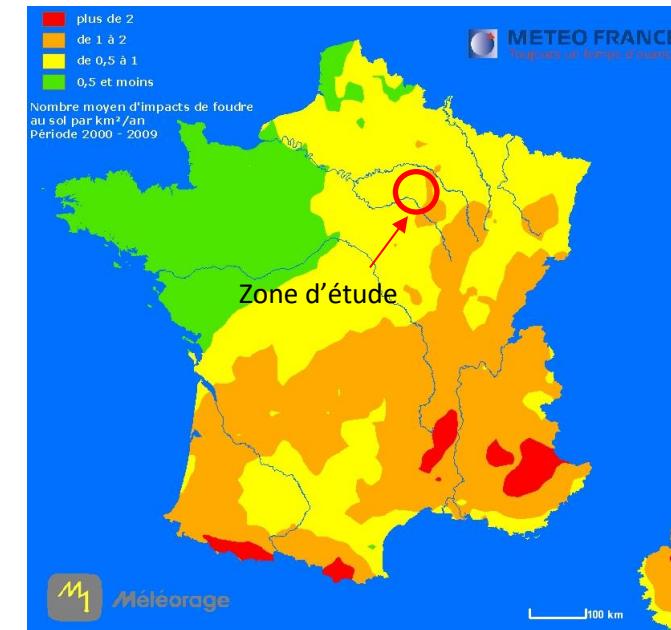


Figure 14 : Nombre d'impact moyen de foudre au sol par km²/an (période 2000-2009)

Source : Météo-France

Selon la carte présentée par Météo France sur le nombre d'impacts moyens de foudre au sol par km²/an (pour la période 2000-2009), le département de la Marne ne présente pas de risque majeur concernant la foudre.

La densité d'arcs du département de la Marne est de 1,34 arc/km²/an (sur la période 2006-2015), ce qui est légèrement inférieur à la moyenne nationale qui est de 1,54 arc/km²/an

Gaye, Linthelles et Pleurs ne sont pas situées dans une zone à risque sur le plan de la foudre.

3.1.2.8 - Synthèse

En résumé, au niveau de la zone d'implantation potentielle, on peut noter :

- un risque de mouvement de terrain faible ;
- un risque lié au retrait-gonflement des argiles faible ;
- l'absence de cavités souterraines recensées ;
- l'absence de risque inondation sur la zone d'implantation sauf au nord et au sud (sensibilité forte au risque d'inondation par remonté de nappes) ;
- un risque d'incendie de forêt considéré comme très faible ;
- un risque sismique très faible (zone 1) ;
- un faible risque lié à la foudre ;
- un risque concernant les phénomènes de tempête et grains (comme pour tout territoire de la Marne).

3.2 - ENVIRONNEMENT LIE A L'ACTIVITE HUMAINE

3.2.1 - ZONES URBANISEES ET URBANISABLES

3.2.1.1 - Population / habitat

D'après les données du dernier recensement de la population de 2012 (source : INSEE), **les communes de Gaye, Linthelles et Pleurs ont une densité de population** inférieure à la moyenne départementale (69,7 habitants au km² en 2012) et à la moyenne nationale (116,5 habitants au km² en 2012 en France métropolitaine). Les données sur la population et la densité de celle-ci sont présentées dans le tableau suivant :

Communes	Population	Superficie	Densité de population
Gaye	577	21,1 km ²	27,3 hab/km ²
Linthelles	109	11,0 km ²	9,9 hab/km ²
Pleurs	903	16,7 km ²	54,0 hab/km ²

Tableau 14 : Population et densité de population sur les communes de Gaye, Linthelles et Pleurs

Source : INSEE

Aucune habitation n'est présente sur la zone d'implantation potentielle. L'habitation la plus proche est située sur la commune de Gaye à plus de 1 000 m au nord des limites de la zone d'implantation potentielle.

Le tableau suivant présente les distances les plus courtes entre les éoliennes et les zones d'habitat des communes du secteur :

Eolienne	Distance	Commune
E1	1,2 km	Linthelles
E2	1,5 km	Linthelles
E3	1,7 km	Pleurs
E4	1,1 km	Linthelles
E5	1,5 km	Linthelles
E6	1,6 km	Pleurs
E7	2,2 km	Pleurs
E8	1,7 km	Pleurs
E9	1,2 km	Pleurs

Tableau 15 : Distance la plus courte entre les éoliennes et les zones d'habitat

Il n'y a aucune habitation à moins de 1,1 km des éoliennes du projet.

3.2.2 - DOCUMENTS D'URBANISME

La commune de **Linthelles** ne dispose pas de document d'urbanisme, les aménagements sont de ce fait soumis au Règlement National d'Urbanisme (RNU). Sur les parcelles agricoles, le RNU autorise l'installation d'équipements d'intérêt collectif. A ce titre, les éoliennes sont donc autorisées.

Le Conseil Municipal ayant délibéré favorablement au projet éolien le 29 juin 2016, M. DUPONT, Maire de Linthelles a attesté le 17 novembre 2018 la conformité du projet avec les règles d'urbanisme en vigueur sur sa commune.

La commune de **Pleurs** a élaboré son PLU et l'a approuvé par délibération le 15 juin 2018. La zone d'implantation potentielle se trouve en **zone A (Agricole)** du zonage du PLU de Pleurs. Le règlement du PLU de Pleurs autorise sous condition (au Titre IV, Chapitre 1, Article A1) l'implantation de « tout ou partie d'un parc éolien et les aérogénérateurs liés » en zone agricole.

Les documents d'urbanisme sont explicités dans le cahier n° « 4 – Dossier de conformité aux documents d'urbanisme. »

Ainsi, il n'y a pas de restriction à ce jour au niveau du règlement d'urbanisme de Linthelles et du PLU de Pleurs pour l'implantation du parc éolien de La Grande Plaine.

3.2.3 - LES ETABLISSEMENTS SENSIBLES ET LES ETABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC AU NIVEAU DE L'AIRE D'ETUDE RAPPROCHEE

3.2.3.1 - Etablissements sensibles

Le Plan National Santé-Environnement (PNSE) établit une liste des établissements dits « sensibles », il s'agit :

- des crèches ;
- des écoles maternelles et élémentaires ;
- des établissements hébergeant des enfants handicapés ;
- des collèges et lycées ;
- des établissements de formation professionnelle des jeunes du secteur public ou privé ;
- des aires de jeux et des espaces verts.

Les établissements sensibles les plus proches de la zone d'implantation sont présentés dans le tableau suivant :

Commune	Code école	Type de l'établissement	Distance par rapport à la zone d'implantation	Nombre d'élèves
Pleurs	0510205W	Ecole primaire publique	1,4 km	129
Gaye	0511908X	Ecole maternelle publique	1,7 km	21
	0510165C	Ecole élémentaire publique	1,6 km	31
Connantre	0511796A	Ecole maternelle publique	4,6 km	62
	0511579P	Ecole élémentaire publique	4,6 km	112

Tableau 16 : Etablissements sensibles situés sur l'aire d'étude rapprochée

Sources : Académie de Reims

Il n'y a pas d'établissement sensible à moins de 1,4 km de la zone d'implantation potentielle.

3.2.3.2 - Etablissements Recevant du Public (ERP) au niveau de l'aire d'étude rapprochée

Selon l'article R 123-2 du Code de la construction et de l'habitation, « *constituent des Etablissements Recevant du Public, tous bâtiments, locaux et enceintes dans lesquels des personnes sont admises soit librement, soit moyennant une participation quelconque, ou dans lesquels sont tenues des réunions ouvertes à tout venant ou sur invitations, payantes ou non* ».

Ces établissements sont classifiés selon leur type. Il peut s'agir d'établissements installés dans un bâtiment (structures d'accueil pour personnes âgées ou handicapées, salles d'audition, de conférences, de réunions, de spectacles, salles de danse et salles de jeux, bibliothèques, établissement de soins, de culture, administrations, ...), d'établissements spéciaux (parcs de stationnement couverts, gares accessibles au public, ...) ou d'immeuble de grande hauteur (bureaux, enseignement, dépôt d'archives, ...).

Dans le cadre de l'état initial, les données relatives aux ERP ont été demandées aux mairies de Gaye, Linthelles et Pleurs.

Il a été mis en évidence qu'au niveau des communes de Gaye, Linthelles et Pleurs, l'essentiel de ces ERP est constitué des mairies, d'établissements d'enseignement, de restaurants, de magasins et de lieux de culte.

Les ERP les plus proches de la ZIP sont les suivants :

- Le restaurant de Gaye à environ 1,5 km de la ZIP ;
- L'église de Linthelles à environ 1,3 km de la ZIP ;
- Vente directe à la ferme de Pleurs : l'escargotière champenoise à environ 1,0 km de la ZIP.

L'établissement recevant du public le plus proche est l'escargotière champenoise (vente directe) situé sur la commune de Pleurs à une distance d'environ 1 km.

3.2.4 - ACTIVITES

Les principales activités économiques des communes de Gaye, Linthelles et Pleurs sont l'agriculture d'une part et le commerce, transport et service divers d'autre part.

La seule activité recensée dans le rayon de 500 m autour des éoliennes est l'agriculture.

3.2.5 - RESEAUX DE TRANSPORTS

3.2.5.1 - Réseaux routiers

a) Principales routes

Les communes de Gaye, Linthelles et Pleurs sont desservies par les routes suivantes :

- Gaye :
 - Routes départementales RD 53 et RD 76,
 - Plusieurs voies communales.
- Linthelles :
 - Route nationale RN 4,
 - Routes départementales RD 353 et RD 205,
 - Plusieurs voies communales.
- Pleurs :
 - Routes départementales RD53, RD205, RD305A et RD5,
 - Plusieurs voies communales.

La zone d'implantation est traversée par une route communale, la RC n°1.

La zone d'implantation potentielle est accessible par la route communale RC n°1 et les routes départementales RD 53 et RD 205.

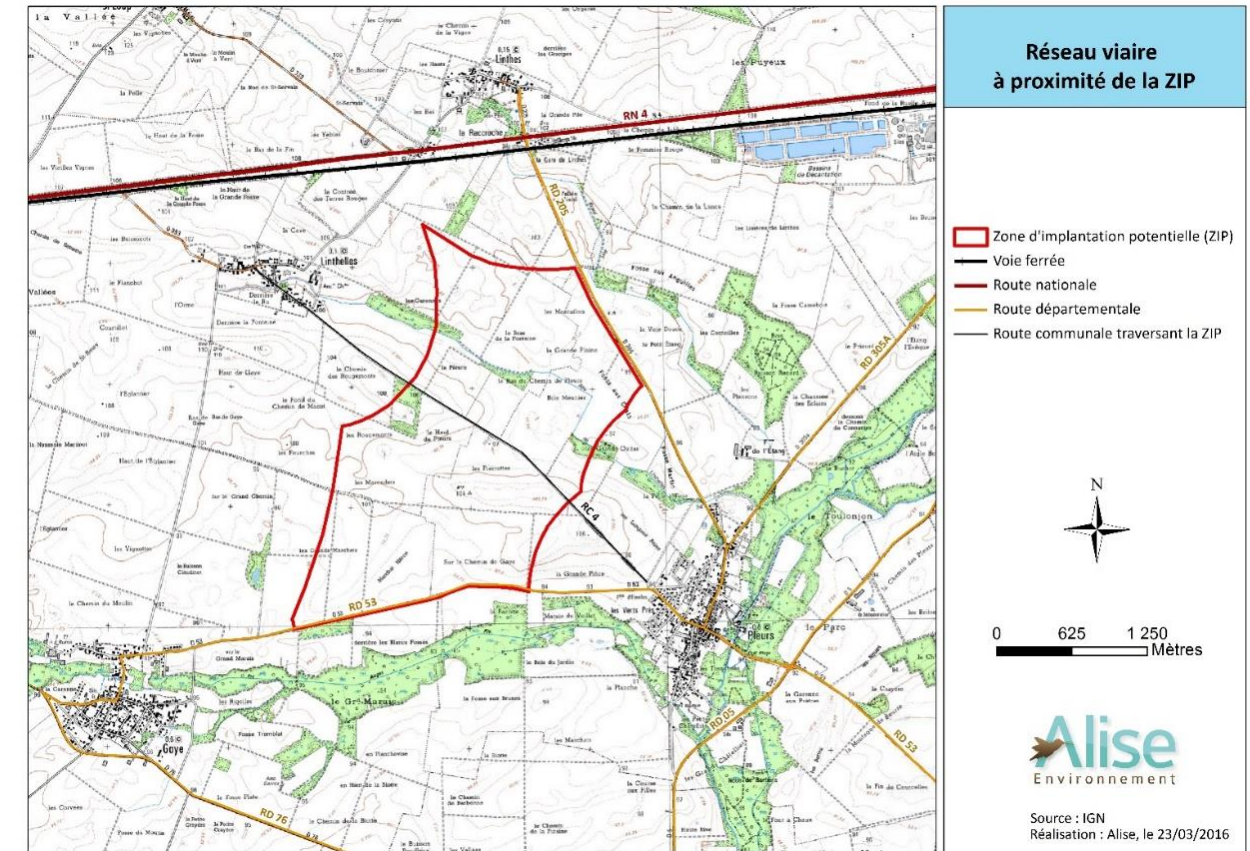


Figure 15 : Réseau viaire à proximité de la ZIP

Source : IGN

b) Comptages routiers

Les données de la Direction Générale des Services du département de la Marne pour le trafic suivi sur les routes sont fournies dans le tableau ci-après :

Route	Circulation	Nombre total de véhicules par jour (en MJATV)	Dont poids lourds	Date des mesures
RD 205	Pleurs – Linthes – Pleurs	224	19	14/04/2011 au 20/04/2011
RD 53	Gaye – Limite départementale – Gaye	242	26	17/04/2013 au 23/04/2013
RD 53	RD 951 – Gaye – RD 951	1957	70	06/06/2012 au 12/06/2012
RD 5	RN 4 – Connantre – RN 4	2633	715	01/01/2014 au 31/12/2014
RD 76	Chichey – Marigny – Chichey	498	53	03/07/2012 au 09/07/2012
RD 305A	RD 205 – RD 53 – RD 205	216	11	17/08/2011 au 23/08/2011

Tableau 17 : Comptages routiers

Source : Direction Générale des Services du Département de la Marne

D'après les données de la Direction Départementale des Territoires de la Marne, la RN 4 présente un trafic moyen journalier annuel de 9 200 véhicules/jour (données 2013) dont 39% de poids lourds. Cette route nationale est située à plus de 500 m de la zone d'implantation.

Il n'y a pas de voies routières structurantes (trafic supérieur à 2 000 véhicules par jour) au niveau de la zone d'implantation ou à proximité.

3.2.5.2 - Autres réseaux de transport

**Il n'existe pas de voie ferrée sur Gaye, Linthelles et Pleurs. La voie ferrée la plus proche se situe sur la commune de Linthes, le long de la RN 4 à plus de 500 m au nord de la ZIP.
Il n'y a pas d'autre infrastructure de transport (port, aéroport) sur le territoire de Gaye, Linthelles et Pleurs.**

3.2.6 - RESEAUX

3.2.6.1 - Réseau d'alimentation en eau potable

Les canalisations d'alimentation en eau potable de Gaye et de la SAUR sont présentes sur la zone d'implantation potentielle.

Une canalisation d'alimentation en eau potable est située au sud de zone d'implantation, le long de la RD 53.

3.2.6.2 - Réseau d'assainissement

Il n'y a pas de réseau d'assainissement collectif sur Gaye et Linthelles. La commune de Pleurs est reliée à la station d'épuration des eaux usées qui se situe au sud du bourg de Pleurs. Par conséquent, aucune canalisation d'assainissement ne traverse la zone d'implantation.

3.2.6.3 - Réseau électrique

Le site internet www.reseaux-et-canalisation.ineris.fr recense les ouvrages électriques souterrains, la zone d'implantation potentielle est traversée par des ouvrages d'électricité souterrains.

La zone d'implantation potentielle est traversée par un ouvrage d'électricité aérien. D'après les renseignements d'ENEDIS, une ligne électrique aérienne d'environ 20 000 volts traverse la ZIP.

L'arrêté interministériel du 17 mai 2001 fixant les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les distributions d'énergie électrique n'envisage pas expressément de distance d'éloignement entre les éoliennes et les ouvrages électriques. Cependant, l'implantation des éoliennes ainsi que les chemins à renforcer et les virages à créer (pour l'acheminement des éoliennes) devront tenir compte de la présence de cette ligne électrique.

D'après les données disponibles, une ligne électrique HTA gérée par ENEDIS est présente sur la zone d'implantation potentielle, le long de la RC n°1.

3.2.6.4 - Lignes téléphoniques

Selon les informations fournies par le site internet www.reseaux-et-canalisation.ineris.fr, des réseaux de télécommunication sont présents sur la ZIP. Ces réseaux sont situés le long des routes départementales RD 205, RD 53 et de la route communale RC 4. D'après le PLU de Pleurs, aucune information n'est précisée sur ces réseaux.

Il existe des lignes téléphoniques situées sur la zone d'implantation potentielle.

3.2.6.5 - Canalisation de gaz et d'hydrocarbures

D'après les données fournies par GRT gaz, une canalisation de gaz est située à l'est de la commune de Pleurs. Selon les recommandations de GRT gaz, la distance minimale à respecter entre leurs ouvrages et une éolienne doit être supérieure ou égale à 4 fois la hauteur bout de pale d'une éolienne. Dans le cas du projet de la Grande Plaine, la distance minimale doit être de 720 m. La canalisation est située à plus de 2,4 km de la ZIP.

D'après les renseignements de GRT gaz, une canalisation de gaz est située à l'est de la commune de Pleurs, à plus de 2,4 km de la ZIP.

3.2.6.6 - Réseau de télécommunication

Selon les informations fournies par Orange, Bouygues Telecom et Free, il n'y a pas de réseau de télécommunication sur la zone d'implantation.

D'après la mairie de Pleurs, un câble de fibre optique Orange et de téléphone souterrain est présent le long de la RD 53.

Selon les données disponibles, il n'y a pas de réseau de télécommunication sur la zone d'étude.

3.2.7 - SERVITUDES

3.2.7.1 - Servitudes relatives aux lignes électriques

Une ligne électrique aérienne traverse la zone d'implantation le long de la route communale n°1. D'après le PLU de Pleurs, il existe une servitude d'ancrage, d'appui, de passage et d'élagage d'arbres relative à cette ligne électrique.

L'arrêté interministériel du 17 mai 2001 fixant les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les distributions d'énergie électrique n'envisage pas expressément de distance d'éloignement entre les éoliennes et les ouvrages électriques. Cependant, l'implantation des éoliennes ainsi que les chemins à renforcer et les virages à créer (pour l'acheminement des éoliennes) devront tenir compte de la présence de cette ligne électrique.

Les mâts des éoliennes seront situés à plus de 228m de cette ligne électrique, soit à une distance supérieure à la hauteur totale des éoliennes. Cependant, le chemin d'accès pour les éoliennes E7, E8 et E9 traverse cette ligne électrique. Pour les travaux à moins de 3 mètres de la ligne électriques, les prescriptions des articles R 4534-107 à R 4534-130 du code du travail seront respectées. De plus, les recommandations techniques et de sécurité prescrites par ENEDIS seront également respectées.

Les éoliennes sont implantées en dehors de toute servitude relative à des lignes électriques à haute tension et à plus de 228 m (du mât) de la ligne électrique de 20 000 volts. Les recommandations techniques et de sécurité seront respectées.

3.2.7.2 - Servitudes relatives aux canalisations de gaz

D'après les données fournies par GRT gaz, une canalisation de gaz est située à l'est de la commune de Pleurs. Selon les recommandations de GRT gaz, la distance minimale à respecter entre leurs ouvrages et une éolienne doit être supérieure ou égale à 4 fois la hauteur bout de pale d'une éolienne. Dans le cas du projet de la Grande Plaine, la distance minimale doit être de 720 m. La canalisation est située à plus de 2,4 km à l'est de la ZIP (cf. Figure 16).

Les éoliennes seront implantées en dehors de toute servitude liée aux canalisations de gaz.

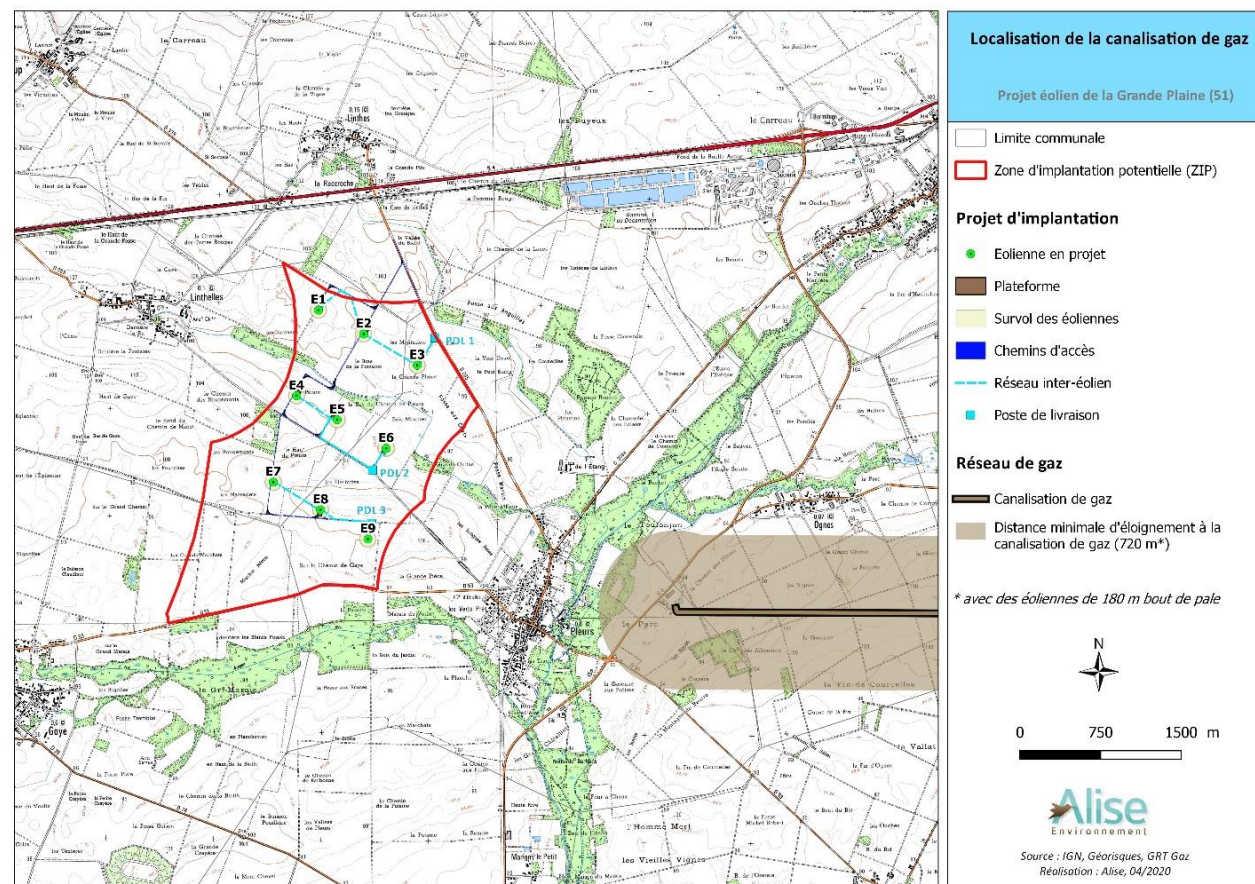


Figure 16 : Localisation de la canalisation de gaz et distance d'éloignement

Source : Géorisques, GRT gaz

3.2.7.3 - Servitudes relatives aux canalisations de Tereos

Il n'y a pas de servitudes liées aux canalisations d'épandage de Tereos. Cependant, le chemin d'accès aux éoliennes E1-E2 et le virage du chemin d'accès à l'éolienne E8 sont situés à proximité d'une canalisation d'épandage de Tereos. De plus, trois regards sont également situés au niveau de ces chemins d'accès. L'exploitant du parc éolien sera particulièrement vigilant et mettra en œuvre les moyens adaptés pour préserver les canalisations et les regards. En effet, ces regards ne seront pas recouverts et toujours accessibles. L'exploitant veillera à ce que ces regards ne supportent pas de charge lourde.

Il n'y a pas de servitudes liées aux canalisations d'épandage de Tereos. Les éoliennes seront implantées à plus de 200 m des canalisations de Tereos. Pour l'élargissement et le renforcement du chemin d'accès d'E1 à E2 et le virage du chemin d'accès à E8, la présence de cette canalisation et les trois regards seront pris en compte. L'exploitant sera particulièrement vigilant et mettra en œuvre les moyens adaptés afin de préserver les canalisations et les regards. Si nécessaire, les bouches seront déplacées de manière à garantir la continuité des servitudes existantes et l'exploitant prendra contact avec le gestionnaire de réseau pour définir ensemble les mesures les mieux appropriées.

3.2.7.4 - Servitudes radioélectriques

D'après l'Agence Nationale des Fréquences (ANFR) et les informations de l'armée, la zone d'implantation potentielle n'est grevée par aucune servitude radioélectrique.

Les éoliennes seront implantées en dehors de toute servitude radioélectrique.

3.2.7.5 - Servitudes relatives aux lignes téléphoniques.

D'après les données disponibles, des réseaux de télécommunication sont présents sur la ZIP. Ces réseaux sont situés le long des routes départementales RD 205, RD 53 et de la route communale RC 1. D'après le PLU de Pleurs, aucune information n'est précisée sur ces réseaux. De plus, l'opérateur d'Orange ne précise pas que le projet doit tenir compte de la servitude protégeant cet ouvrage. Les éoliennes seront implantées à plus de 200 m des routes et donc en dehors de toute servitude liée à des lignes téléphoniques.

Les recommandations techniques générales seront prises en compte lors de la réalisation des travaux et en particulier lors de la création/renforcement des chemins d'accès le long de la route communale n°1 et de la RD 53. Les opérateurs réseaux seront consultés pour la réalisation des travaux afin de connaître la localisation précise de l'ouvrage.

Les éoliennes seront implantées en dehors de toute servitude liée à des lignes téléphoniques. La présence de câbles téléphoniques enterrés le long de la route communale n°1 et de la RD 53 sera prise en compte lors de la réalisation des travaux.

3.2.7.6 - Servitudes aéronautiques

a) Aviation civile

D'après les services de la Direction Générale de l'Aviation Civile (DGAC), l'altitude minimale de secteur de l'aérodrome de Châlons-Vatry est de 635 m NGF, limitant la construction d'obstacles artificiels nouveaux à la cote 335 m NGF. Dans le cas présent, avec des éoliennes de 180 m de hauteur totale (pale à la verticale), l'altitude maximale ne dépasse pas 290 m NGF sur la zone d'implantation. La hauteur totale des éoliennes ne dépassera donc pas les 335 m NGF.

Les éoliennes seront implantées en dehors de toute servitude de l'aviation civile.

b) Aviation militaire

Selon les informations recueillies auprès de la Direction de la Circulation Aérienne Militaire, la zone d'implantation potentielle s'inscrit dans les volumes de protection de la Base aérienne 110 de Creil. Le projet respecte l'altitude sommitale acceptable vis-à-vis des zones de vols de l'Armée de l'air.

Les éoliennes seront implantées en dehors de toute servitude de l'Armée de l'air. Selon l'arrêté et la circulaire du 25 juillet 1990, une publication d'information aéronautique sera imposée (en raison de la hauteur des éoliennes dépassant 50 m). Un balisage lumineux diurne et/ou nocturne sera demandé ainsi qu'un balisage intermédiaire par feux de moyenne intensité pour les éoliennes de plus de 150 mètres. La couleur des éoliennes sera conforme à la réglementation aéronautique.

c) Aviation de loisirs

Selon les services de la DGAC, il existe une zone de protection de 5 km de rayon centrée sur l'aérodrome de Sézanne Saint-Rémy.

Les éoliennes seront implantées à plus de 5 km de l'aérodrome de Sézanne Saint-Rémy.

Les éoliennes seront implantées en dehors de toute servitude liée à l'aviation de loisirs.

3.2.7.7 - Servitudes de protection de captages

D'après les données de l'ARS Grand Est (ex Champagne-Ardenne), la zone d'implantation est en dehors de tout périmètre de protection de captage AEP, à plus de 2 km du périmètre éloigné du captage de Gaye situé à l'ouest du projet.

Les éoliennes seront implantées en dehors de toute servitude de protection de captages pour l'alimentation en eau potable.

3.2.7.8 - Servitudes relatives aux chemins de fer

Les voies de chemin de fer sont concernées par la servitude T1 « Chemins de fer », imposée en application des dispositions de la loi du 15 juillet 1845. D'après les données de la SNCF, une distance de sécurité de la hauteur totale des éoliennes doit être respectée entre les éoliennes et les voies ferrées, augmentée de 20 mètres afin d'éviter tout problème en cas de chute de l'aérogénérateur, soit 200 m pour les éoliennes de la Grande Plaine.

La voie ferrée la plus proche se situe à 500 m au nord de la Z.I.P. L'éolienne la plus proche (E1) se situe à 960 m de la voie ferrée

Les éoliennes seront implantées en dehors de toute servitude relative aux chemins de fer.

3.2.7.9 - Servitudes radar de Météo-France

L'article 4 de l'arrêté du 26 août 2011 prévoit une distance minimale à respecter autour des radars météorologiques en fonction de la bande de fréquence. Selon les renseignements de Météo-France, il n'y a pas de radar hydrométéorologique dans un rayon d'au moins 20 km autour de la zone d'implantation.

La zone d'étude se situerait à une distance de 38 kilomètres environ du radar le plus proche utilisé dans le cadre des missions de sécurité météorologique des personnes et des biens, à savoir le radar d'Arcis-sur-Aube (10).

Les éoliennes seront implantées en dehors des secteurs faisant l'objet d'exclusion ou de coordination autour des radars hydrométéorologiques de Météo-France.

3.2.8 - RISQUES TECHNOLOGIQUES

3.2.8.1 - Etablissements classés SEVESO

La directive européenne du 9 décembre 1996, dite directive SEVESO 2 concerne la prévention des risques d'accidents technologiques majeurs. Elle vise l'intégralité des établissements où sont présentes certaines substances dangereuses. Deux catégories sont distinguées suivant les quantités de substances dangereuses présentes : les établissements dits "seuil haut" et les établissements dits "seuils bas".

La directive SEVESO 2 est traduite en droit Français notamment par l'arrêté ministériel du 10 mai 2000. La liste des installations soumises au "seuil haut" de la directive SEVESO 2 est étendue à certains dépôts de liquides inflammables, et l'ensemble de ces installations est repéré dans la réglementation des installations classées sous la mention "AS" ou "Autorisation avec servitudes d'utilité publique".

La directive SEVESO 3 est rentrée en vigueur le 1^{er} juin 2015. Ce règlement établit de nouvelles méthodes de classification des substances et il crée de nouvelles dénominations de dangers.

D'après les renseignements de la Base des installations classées, il n'y a pas d'installation SEVESO à proximité de la zone d'implantation. L'établissement classé SEVESO le plus proche est situé à Sézanne à plus de 7 km de la zone d'implantation potentielle.

3.2.8.2 - Installations classées pour la protection de l'environnement

Selon le Ministère de l'Ecologie, du Développement durable, des Transports et du Logement, est une installation classée « toute exploitation industrielle ou agricole susceptible de créer des risques ou de provoquer des pollutions ou nuisances, notamment pour la sécurité et la santé des riverains [...] ».

Les ICPE localisées autour de la zone d'implantation sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 18 : Liste des installations classées dans les communes de la ZIP et les communes limitrophes

Source : Base des Installations Classées du Ministère de l'environnement de l'énergie et de la mer

Commune	ICPE	Type d'Installation	Distance par rapport à la zone d'implantation
Pleurs	APM DESHY	Industries alimentaires	2,4 km
Connantre	Tereos France	Sucrierie de betteraves	1,7 km
Chichey	Auto casse Chichey	Dépollution et démontage de véhicules hors d'usage	5,2 km
Angluzelles-et-Courcelles	Ailenergie SA	Installation terrestre de production d'électricité (en construction)	12,1 km

L'ICPE la plus proche de la zone d'implantation est située à plus de 1,7 km.

3.2.8.3 - Risque nucléaire

Le risque nucléaire est celui qui provient du rejet d'éléments radioactifs en dehors des enceintes et conteneurs prévus pour les contenir. Ces accidents peuvent avoir deux origines principales :

- la survenance lors de transport ;
- la survenance en cas de dysfonctionnement grave sur une installation nucléaire industrielle.

Le risque nucléaire concerne les personnes (atteinte à la santé, ...), mais aussi l'environnement (dégradation et destruction des milieux, ...). La distance géographique d'une centrale nucléaire n'est pas un indicateur pertinent de l'exposition au risque. En effet, cette dernière dépend de nombreux autres facteurs comme la topographie, l'orientation des vents dominants, les précipitations, etc. Ainsi, une ville située à 80 km d'un site nucléaire mais dans le sens du vent, est plus exposée qu'une autre située à 30 km de la même installation mais abritée par le relief ou les vents dominants.

Il n'y a pas de centrale nucléaire à proximité de la zone d'implantation. La plus proche est celle de Nogent-sur-Seine à 29,6 km de la ZIP.

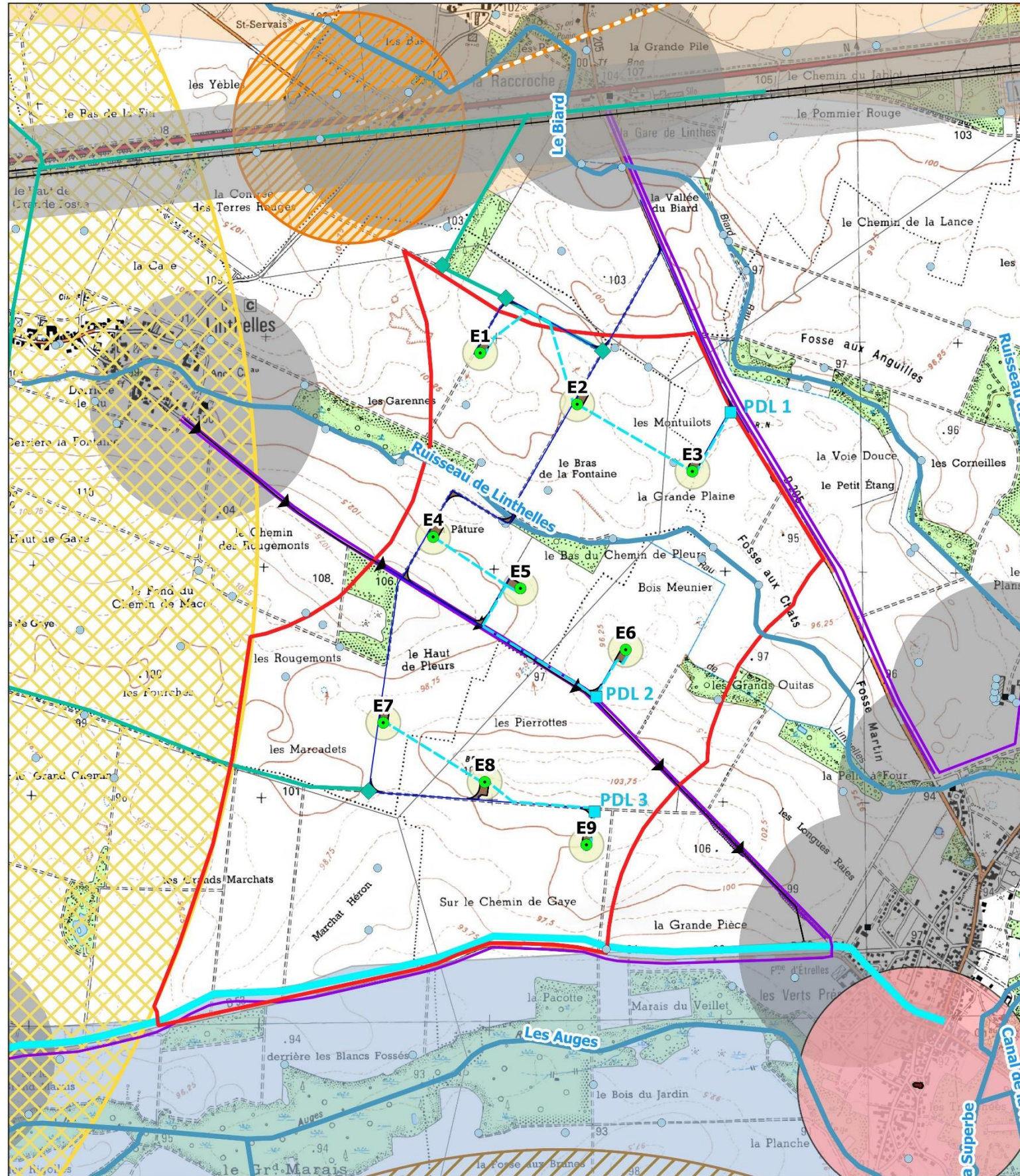
3.2.8.4 - Le transport de matières dangereuses et radioactives

Une matière dangereuse est une substance qui, par ses propriétés physiques ou chimiques, ou bien par la nature des réactions qu'elle est susceptible de mettre en œuvre, peut présenter un danger grave pour l'homme, les biens ou l'environnement. Elle peut être inflammable, toxique, explosive, corrosive ou radioactive.

Le transport de matières dangereuses (TMD) concerne essentiellement les voies routières (2/3 du trafic en tonnes kilomètre) et ferroviaires (1/3 du trafic) ; la voie d'eau (maritime et les réseaux de canalisation) et la voie aérienne participent à moins de 5 % du trafic.

D'après les renseignements du Dossier Départemental sur les Risques Majeurs de la Marne, les communes de Gaye, Linthelles et Pleurs ne sont pas spécifiquement concernées par le risque lié au transport de matières dangereuses.

La Figure 17 page 31 est une carte de synthèse de l'état initial et projet d'implantation à l'échelle de la zone d'implantation potentielle.



Synthèse de l'état initial et projet d'implantation

Projet éolien de la Grande Plaine (51)

<ul style="list-style-type: none"> Limite communale Zone d'implantation potentielle (ZIP) 	<ul style="list-style-type: none"> Zone de protection d'antenne Orange Antenne Orange Faisceau hertzien Orange (FH) Servitude de protection du FH (500m) Ligne de télécommunication
<p>Projet d'implantation</p> <ul style="list-style-type: none"> Eolienne en projet Plateforme Survol des éoliennes Chemins d'accès Réseau inter-éolien Poste de livraison Cours d'eau Habitation Périmètre de 500m aux habitations 	<p>Servitudes aéronautiques</p> <ul style="list-style-type: none"> Zone de protection de la balise de Marigny Servitude de protection de l'aérodrome de Sézanne Saint-Rémy (5km)
<p>Voie ferrée</p> <ul style="list-style-type: none"> Voie ferrée Distance de 200m à la voie ferrée 	<p>Patrimoine culturel</p> <ul style="list-style-type: none"> Eglise de Saint-Martin (MH inscrit) Périmètre de 500m autour de l'église
<p>Réseau d'épandage</p> <ul style="list-style-type: none"> Canalisation d'épandage TEREOS Regard TEREOS 	<p>Patrimoine Naturel</p> <ul style="list-style-type: none"> ZICO
<p>Réseau d'eau</p> <ul style="list-style-type: none"> Canalisation d'eau potable Point d'eau (BSS) 	
<p>Réseau d'électricité</p> <ul style="list-style-type: none"> Ligne électrique aérienne 	

0 500 1000 m

Source : IGN, DREAL Grand-Est, Atlas des monuments historiques, Orange, Armée, SAUR, TEREOS, BSS, DGAC, Mairies de Pleurs et Gaye, Réalisation : Alise, 04/2020

Figure 17 : Carte de synthèse à l'échelle de la ZIP et projet d'implantation

3.3 - CARTOGRAPHIE DE SYNTHÈSE

3.3.1 - NOMBRE D'ÉQUIVALENT PERSONNES PERMANENTES

La détermination du nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) permet d'identifier les enjeux à protéger dans une zone d'étude.

Le Tableau 19 ci-après présente le nombre de personnes permanentes ou équivalent-personnes permanentes dans l'aire d'étude de 500 m autour des éoliennes :

Tableau 19 : Nombre d'équivalent-personnes permanentes dans l'aire d'étude

Secteur ou infrastructure	Type	Nombre d'équivalent-personnes permanentes	Eoliennes concernées (aire d'étude de 500 m)
Route départementale D 205	Voie de circulation automobile non structurante (<2 000 véhicules/jour) → Terrains aménagés mais peu fréquentés	1 personne/10 hectares	Eolienne E3
Route départementale D 53	Voie de circulation automobile non structurante (<2 000 véhicules/jour) → Terrains aménagés mais peu fréquentés	1 personne/10 hectares	Eolienne E9
Route communale n°1	Voie de circulation automobile non structurante (<2 000 véhicules/jour) → Terrains aménagés mais peu fréquentés	1 personne/10 hectares	Eolienne E4 – E5 –E6 – E9
Chemins agricoles	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1 personne/10 hectares	Toutes les éoliennes
Chemins d'accès	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1 personne/10 hectares	Toutes les éoliennes
Plateformes permanentes	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1 personne/10 hectares	Toutes les éoliennes
Champs, prairies, Boisements	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	1 personne/100 hectares	Toutes les éoliennes

La méthode de comptage des enjeux humains dans chaque secteur/infrastructure 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. Pour simplifier l'analyse, nous ne différencierons pas les différents éléments et nous classerons donc les champs et les prairies en terrains aménagés mais peu fréquentés (catégorie la plus majorante quant aux victimes potentielles), donc 1 personne par tranche de 10 ha. Cette hypothèse est majorante vis-à-vis du comptage du nombre de victimes potentielles.

3.3.2 - CARTOGRAPHIE

La Figure 18 page 33 est une carte des enjeux dans un rayon de 500 m autour des éoliennes.

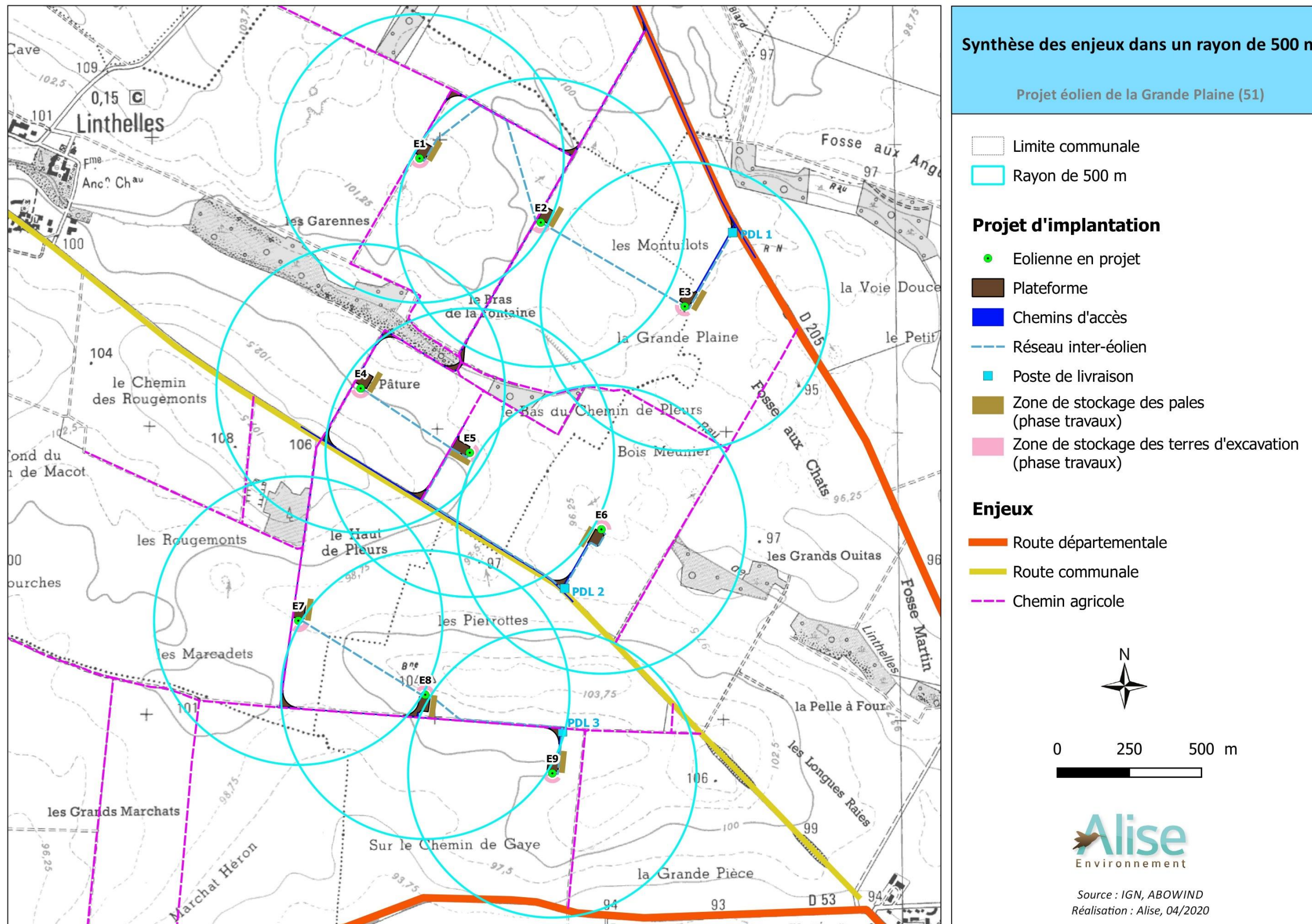


Figure 18 : Carte des enjeux dans un rayon de 500 m autour des éoliennes

4 - ACTIVITE DE L'INSTALLATION

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

La description complète du projet est présentée dans l'étude d'impact (chapitre 2 – Présentation générale du parc éolien). Une synthèse de cette partie est proposée ci-après.

4.1 - NATURE DES ACTIVITES

Le projet retenu consiste en l'implantation d'un parc éolien composé de 9 éoliennes d'une puissance nominale unitaire de 4.2 MW sur les communes de Linthelles et Pleurs, dans le département de la Marne. Les éoliennes présentent une hauteur totale de 180 mètres avec une hauteur au moyeu de 105 mètres de haut et un rotor de 150 mètres de diamètre.

Plusieurs gammes de turbines répondent à ce critère. L'étude de dangers présente les résultats pour un type de turbines ayant les caractéristiques suivantes :

- Hauteur du mât : 102,6 m
- Largeur du mât à la base : 4,3 m
- Longueur des pales : 73,66 m
- Plus grande largeur des pales : 4,2 m
- Diamètre du rotor : 150 m
- Hauteur au moyeu : 105 m

4.2 - CARACTERISTIQUES DE L'INSTALLATION

4.2.1 - 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 :

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

- éventuellement des éléments annexes type mât de mesure de vent, aire d'accueil du public, aire de stationnement, etc.

4.2.2 - ELEMENTS CONSTITUTIFS D'UN AEROGENERATEUR

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

Les aérogénérateurs se composent de trois principaux éléments :

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

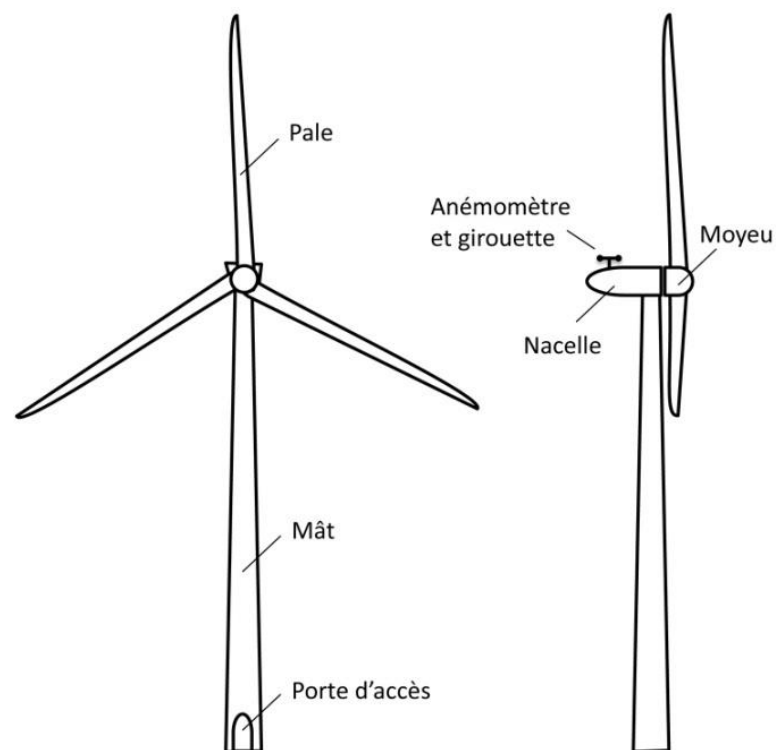


Figure 19 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur

4.2.2.1 - Emprise au sol

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

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

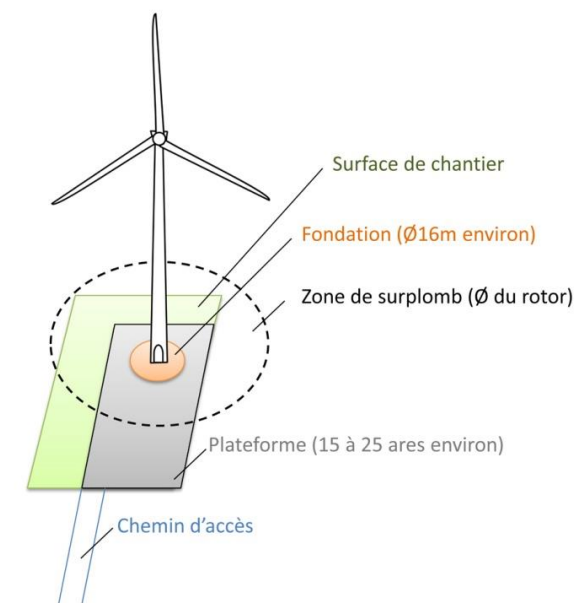


Figure 20 : Illustration des emprises au sol d'une éolienne

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

4.2.2.2 - Chemins d'accès

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

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

Durant la phase de construction et de démantèlement, les engins empruntent ces chemins pour acheminer les éléments constituant les éoliennes et 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 (exemple : changement de pale).

4.2.3 - ACTIVITE DE L'INSTALLATION

L'activité principale de la Ferme éolienne de La Grande Plaine sera la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent avec des éoliennes ayant les caractéristiques suivantes :

Eolienne	Type	Hauteur au moyeu	Hauteur totale (mât + pales)
E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8 et E9	Vestas V150	105 m	180 m

Tableau 20 : Caractéristiques des éoliennes Vestas V150

Cette installation est donc soumise à la rubrique 2980 des installations classées pour la protection de l'environnement.

4.2.4 - COMPOSITION DE L'INSTALLATION

La Ferme éolienne de La Grande Plaine sera composée de 9 aérogénérateurs et de trois postes de livraison. Chaque aérogénérateur a une hauteur totale en bout de pales de 180 m. Le balisage mis en place répondra aux dispositions de l'arrêté du 23 avril 2018 relatif à la réalisation du balisage des obstacles à la navigation aérienne.

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

Eoliennes	Coordonnées						Altitude (en m NGF)	
	Lambert 93		Lambert II étendu		WGS 84		Pied de l'éolienne /PDL	Bout de pale/Sommet PDL
	X	Y	X	Y	Latitude	Longitude		
E1	762102,84	6846538,81	710 983	2414117	48°42'57.5874" N	3°50'38.8640" E	102,43	282,43
E2	762523,10	6846316,62	711 405	2413898	48°42'50.2477" N	3°50'59.3099" E	100,45	280,45
E3	763022,33	6846025,6	711909	2413610	48°42'40.6505" N	3°51'23.5814" E	97,48	277,48
E4	761898,61	6845741,72	710785	2413317	48°42'31.8499" N	3°50'28.4557" E	101,15	281,15
E5	762277	6845518,96	711167	2413097	48°42'24.5066" N	3°50'46.8506" E	99,30	279,30
E6	762733,21	6845253,06	711625	2412836	48°42'15.7385" N	3°51'90.0281" E	97,07	277,07
E7	761682,46	6844936,94	710577	2412509	48°42'50.8673" N	3°50'17.4631" E	98,96	278,96
E8	762122,54	6844679,95	711018	2412257	48°41'57.3947" N	3°50'38.8558" E	102,52	282,52
E9	762563,08	6844407,77	711463	2411987	48°41'48.4289" N	3°51'00.2606" E	101,46	281,46
PDL1	763188,27	6846281,90	712071	2413869	48°42'48.8880" N	3°51'31.8348" E	98,21	100,85
PDL2	762606,08	6845048,70	711499	2412630	48°42'90.1660" N	3°51'20.7014" E	97,78	100,42
PDL3	762598,26	6844552,17	711496	2412133	48°41'53.0920" N	3°51'20.0574" E	101,81	104,45

PDL : poste de livraison

Tableau 21 : Coordonnées des éoliennes et des postes de livraison

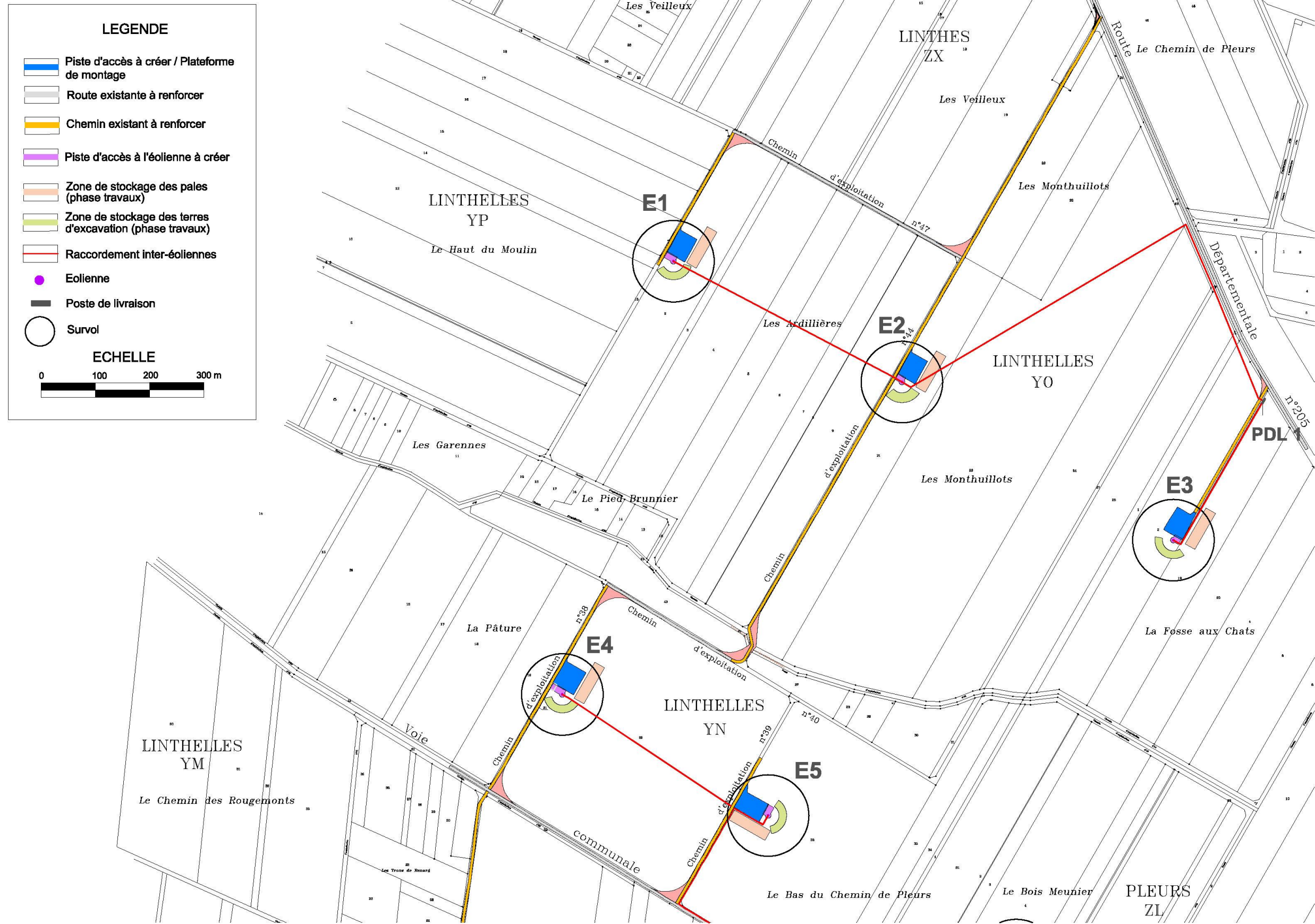


Figure 21 : Plan détaillé de l'installation (partie nord)

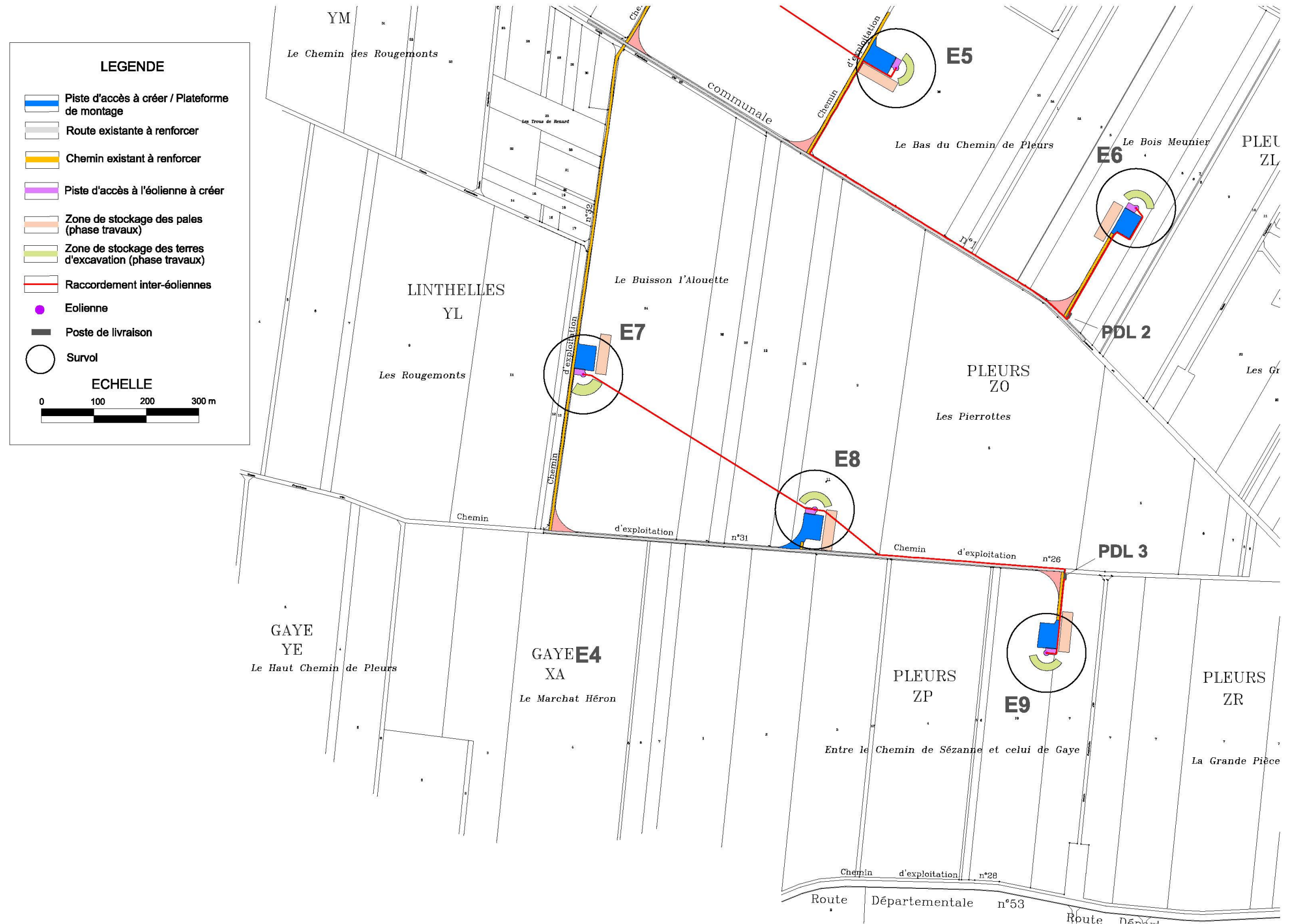


Figure 22 : Plan détaillé de l'installation (partie sud)

4.3 - FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

4.3.1 - 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 2 m/s soit environ 7 km/h et c'est seulement à partir de 3 m/s soit environ 11 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 (7,5 à 13,6 tr/min) aux engrenages du multiplicateur, dont l'arbre dit « rapide » (tourne entre 730 et 1325 tr/min). 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 12 m/s soit environ 41,4 km/h à hauteur de nacelle, l'éolienne fournit sa puissance maximale. Cette puissance est dite « nominale ».

L'électricité produite par la génératrice correspond à un courant alternatif de fréquence 50 Hz avec une tension de 800 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 24,5m/s soit 88,2 km/h (variable selon le type d'éoliennes), l'éolienne cesse de fonctionner pour des raisons de sécurité. Deux systèmes de freinage permettent 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 (utilisé uniquement en cas d'urgence).

Élément de l'installation	Fonction	Caractéristiques
Fondation	Ancrer et stabiliser l'éolienne dans le sol	573 m ²
Mât	Supporter la nacelle et le rotor	Hauteur maxi des parties fixe et mobile : 180 m Hauteur du mât au sens ICPE : 106.8 m Hauteur maxi de l'axe du moyeu : 105 m Diamètre de la base de la tour : 4,3 m
Nacelle	Supporter le rotor Abriter le dispositif de conversion de l'énergie mécanique en électricité (génératrice, etc.) ainsi que les dispositifs de contrôle et de sécurité	Génératrice asynchrone
Rotor / pales	Capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice	Nombre de pales : 3 Diamètre du rotor : 150 m Plage de vitesse de vent : 3 à 24.5 m/s
Transformateur	Elever la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau	Transformateur intégré à la nacelle
Poste de livraison	Adapter les caractéristiques du courant électrique à l'interface entre le réseau privé et le réseau public	Surface : 22.96 m ²

Tableau 22 : Caractéristiques de fonctionnement – Eolienne Vestas V150

Concernant les données techniques liées au montage et à l'exploitation du parc on peut retenir les données suivantes (pour une éolienne) :

Description	Données techniques
Fondations	Environ 600 m ² talus compris
Plate-forme type	Entre 1 662 et 2 011 m ²
Poste de livraison	Longueur : 9,26 m ; largeur : 2,48 m ; hauteur : 2,64 m
Chemin d'accès permanent	Largeur exempte d'obstacle : 4.5 à 5 m
Poids par essieu	13 tonnes

Tableau 23 : Caractéristiques techniques des éléments constituant du parc éolien

4.3.2 - SECURITE DES INSTALLATIONS

4.3.2.1 - Réglementation en matière de sécurité des éoliennes

Concernant la réglementation européenne relative à la sécurité, les exigences essentielles sont fixées par la directive « Machines » n°2006/42/CE du 17 mai 2006.

Selon la réglementation européenne, une éolienne mise sur le marché est soumise à une quadruple obligation :

- satisfaire aux exigences essentielles de sécurité énoncées par la directive ;
- disposer du marquage CE ;
- disposer d'une « auto-certification » (procédure par laquelle le fabricant ou l'importateur déclare, sous sa responsabilité, que la machine soumise à ladite procédure est conforme aux règles techniques qui lui sont applicables) ;
- enfin, le fabricant ou l'opérateur qui met une éolienne sur le marché doit tenir à la disposition des services de contrôle des États membres une documentation prouvant la conformité de la machine aux exigences essentielles de la directive.

Plus particulièrement, les exigences essentielles de sécurité de la réglementation européenne couvrent les risques d'effondrement et d'éjections d'objets susceptibles d'affecter le public et les biens des tiers.

De plus, une éolienne doit également satisfaire aux exigences en matière de sécurité de la directive 73/23/CEE du 19 février 1973 relative aux équipements électriques ainsi que de la directive 89/336/CEE du 3 mai 1989 relative à la compatibilité électromagnétique.

En ce qui concerne la normalisation internationale, une norme relative aux aérogénérateurs a été établie par la CEI (Commission Electrotechnique Internationale – IEC en anglais). Ainsi, la solidité intrinsèque des éoliennes et leur adéquation aux conditions du site du projet sont assurées par la mise en place d'un référentiel de conception défini par la norme IEC 61400-1. Le porteur de projet s'assure que le constructeur fournisse des éoliennes dont toutes les parties sont conformes à cette norme et qu'il délivre un certificat de conformité à la norme IEC 61400-1 adapté aux conditions de vent du site et réalisé suivant les règles et procédures de l'IEC WT 01. La fourniture des certificats est une condition de la réception définitive de l'installation.

De la même façon, au niveau européen, une norme a été établie en tant que norme « harmonisée » afin de satisfaire aux exigences essentielles de sécurité de la réglementation « Machines ». Il s'agit de la norme EN 50308 (homologuée également en France sous la référence NFEN 50308), qui doit être prise en compte pour la conception, le fonctionnement et la maintenance des éoliennes.

La construction des fondations se base sur des études de sol précises réalisées par un bureau d'études géotechniques selon la norme NFP 94-500. D'autre part, le dimensionnement des fondations est effectué par un autre bureau spécialisé suivant les règles du fascicule 62 du cahier des clauses techniques générales (CCTG) « Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages en béton armé suivant la méthode des états limites ». Enfin, les éoliennes dont la hauteur du mât et de la nacelle est supérieure ou égale à 12 mètres sont soumises obligatoirement à un contrôle technique (article R 111-38 du Code de la construction et de l'habitation). Ce contrôle technique obligatoire porte sur la solidité des ouvrages de fondation et des éléments d'équipement qui font indissociablement corps avec ces ouvrages. Il est réalisé par des bureaux de contrôle agréés tels que Veritas, Apave, Dekra, Socotec, etc.

Il est important de noter que l'exploitation et la maintenance des éoliennes sont confiées à du personnel qualifié et formé régulièrement suivant les consignes préalablement définies dans les manuels rédigés par le constructeur lui-même.

Le porteur du projet s'engage à installer des éoliennes strictement conformes aux exigences énoncées plus haut. Dans le cas des éoliennes comme la Vestas V150, l'ensemble des certifications fournies par le constructeur garantit que chacun des composants de l'éolienne est conçu de manière à résister à des conditions bien plus extrêmes que celles qui sont observées sur le site d'implantation concerné par le présent projet.

4.3.2.2 - Principaux systèmes de sécurité

Toutes les éoliennes du gabarit de la Vestas V150 sont équipées des dernières technologies en matière de sécurité.

a) Système de balisage

L'arrêté du 23 avril 2018 relatif à la réalisation du balisage des obstacles à la navigation abroge et remplace :

- Arrêté du 13 novembre 2009 modifié relatif à la réalisation du balisage des éoliennes situées en dehors des zones grevées de servitudes aéronautiques ;
- Arrêté du 8 mars 2010 modifié relatif à la réalisation du balisage des éoliennes situées en dehors des zones grevées de servitudes aéronautiques et installées sur les îles Wallis-et-Futuna, en Polynésie française ou en Nouvelle-Calédonie ;
- Arrêté du 7 décembre 2010 relatif à la réalisation du balisage des obstacles à la navigation aérienne.

Le texte fixe les règles de balisage des parcs éoliens en mer et modifie les règles applicables aux parcs éoliens terrestres. Parmi les différentes dispositions, se trouve notamment la possibilité d'introduire, pour certaines éoliennes au sein d'un parc :

- un balisage fixe ou un balisage à éclat de moindre intensité,
- de baliser uniquement la périphérie des parcs éoliens de jour,
- la synchronisation obligatoire des éclats des feux de balisage,
- Séquençage : 1/3 ON, 2/3 OFF : le rythme des feux à éclats nocturnes est égale à un tiers de la durée totale d'un cycle.

b) Système de sécurité en cas de tempête

Le freinage du rotor est effectué par rotation des pales jusqu'à la position dite en drapeau (90°) (frein aérodynamique principal). Chaque pale possède son propre moteur de calage et son système de secours. Le calage d'une seule pale étant suffisant pour réguler la vitesse de l'éolienne. L'indépendance de chaque pale assure une redondance de trois de la régulation.

Le système est conçu en « fail-safe » c'est à dire que tout dysfonctionnement du système entraîne l'arrêt de l'éolienne.

Ainsi, le contrôle de l'angle de calage des pales a deux finalités : l'optimisation des performances énergétiques de l'éolienne et la mise en sécurité de l'éolienne en la protégeant des rafales de vent ou en l'arrêtant si nécessaire (mise en drapeau).

L'éolienne est équipée d'un système redondant permettant une mise en drapeau des pales si les vitesses du vent dépassent la vitesse maximale admissible.

c) Système de sécurité contre la foudre

L'éolienne est équipée d'un système parafoudre fiable afin d'éviter que l'éolienne ne subisse de dégâts.

Des pastilles métalliques en acier inoxydable sont disposées à intervalles réguliers sur les deux faces des pales reliées entre elles par une tresse en cuivre située à l'intérieur de la pale. La tresse de cuivre est raccordée à la base de la pale et le courant de foudre est dévié vers la terre via la fondation et des prises profondes.

Pour la protection interne de la machine, les composants principaux tels l'armoire de contrôle et la génératrice sont protégés par des parasurtenseurs. Toutes les autres platines possédant leur propre alimentation sont équipées de filtres à hautes absorptions. Aussi, la partie télécom est protégée par des parasurtenseurs de lignes et une protection galvanique. Enfin, une liaison de communication télécom en fibre optique entre les machines permet une insensibilité à ces surtensions atmosphériques ou du réseau.

Le transformateur est protégé par les parafoudres. De même, l'anémomètre est protégé et entouré d'un arceau.

L'éolienne retenue sera équipée d'une installation de protection anti-foudre conforme à la norme internationale IEC 61024-1 II.

d) Système de sécurité contre le gel

Certaines conditions météorologiques peuvent être à l'origine de formations de glace, de givre ou bien de dépôts de neige sur les pales de rotor des éoliennes.

Afin d'éviter la projection de glace et pour garantir un fonctionnement sûr des installations, les constructeurs mettent en place des systèmes de contrôle du givre, et ce, conformément à l'article 25 de l'arrêté du 26 août 2011.

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.

Lorsqu'un référentiel technique permettant de déterminer l'importance de glace formée nécessitant l'arrêt de l'aérogénérateur sera reconnu par le ministre des installations classées, l'exploitant respectera les règles prévues par ce référentiel.

Des panneaux d'informations sur la possibilité de formation de glace sont également implantés sur le chemin d'accès des machines.

L'éolienne retenue permettra de déduire ou de détecter la présence de givre sur les pales et d'arrêter la machine. Des panneaux type « Attention, chute de glace » seront mis en place sur le chemin d'accès de chaque éolienne pour prévenir du danger.

e) Système de sécurité contre les incendies

Les principaux risques d'incendie étaient causés dans le passé par la foudre. Cependant, les éoliennes modernes sont équipées de systèmes parafoudre dont le fonctionnement est très fiable en raison des nombreux progrès technologiques effectués dans ce domaine. Le système de protection de l'éolienne décrit au paragraphe précédent permet ainsi d'éviter tout dommage. La probabilité d'occurrence d'un incendie est donc très faible.

D'autre part, les risques d'incendie sont parfaitement maîtrisés grâce à un suivi permanent et à une maintenance du fonctionnement de toutes les composantes du parc éolien. L'ensemble des capteurs d'incendie est contrôlé par le système général de l'éolienne.

En cas d'incendie d'une des éoliennes, le parc est automatiquement déconnecté du réseau électrique pour éviter toute perturbation. L'opérateur du parc éolien est alors prévenu automatiquement via le SCADA et l'opérateur contacte le SDIS en cas de problème avéré dans un délai de 15 minutes, ce qui permet aux pompiers d'intervenir rapidement sur le site.

D'autre part, des extincteurs à CO₂ (préconisés pour les feux électriques) sont placés au niveau des points sensibles que sont la nacelle et le pied de la tour. Ils peuvent être utilisés par les agents de maintenance lorsque ceux-ci se trouvent dans l'éolienne.

L'éolienne retenue sera équipée de détecteurs permettant de mettre la machine à l'arrêt en cas d'incendie ainsi que d'extincteurs à CO₂ pour faire face à tout début d'incendie lors des visites de contrôle ou de maintenance par les techniciens.

f) Système de freinage

En fonctionnement, les éoliennes sont exclusivement freinées d'une façon aérodynamique par inclinaison des pales en position drapeau. Pour ceci, les trois entraînements de pales indépendants mettent les pales en position de drapeau (c'est-à-dire « les décrochent du vent ») en l'espace de quelques secondes. La vitesse de l'éolienne diminue sans que l'arbre d'entraînement ne soit soumis à des forces additionnelles.

Le rotor n'est pas bloqué même lorsque l'éolienne est à l'arrêt, il peut continuer de tourner librement à très basse vitesse. Le rotor et l'arbre d'entraînement ne sont alors exposés à pratiquement aucune force. En fonctionnement au ralenti, les paliers et engrenages sont moins soumis aux charges que lorsque le rotor est bloqué.

L'arrêt complet du rotor n'a lieu qu'à des fins de maintenance et en appuyant sur le bouton d'arrêt d'urgence. Le dispositif de blocage du rotor ne peut être actionné que manuellement et en dernière sécurité, à des fins de maintenance.

La mise en position drapeau permet le freinage des éoliennes. Il y a également un système d'arrêt d'urgence.

g) Système d'arrêt d'urgence

Si des personnes ou des pièces de l'éolienne sont en danger, l'éolienne peut être stoppée immédiatement grâce à un système d'arrêt d'urgence, qui peut être déclenché 24h/24 et 7j/7 :

- par le système automatique de télésurveillance, qui analyse les données des capteurs de l'éolienne et évalue s'il existe un risque éventuel ;
- par l'opérateur présent dans le centre de surveillance à distance ;
- par un agent de maintenance présent au niveau de l'éolienne.

L'activation de ce système d'arrêt d'urgence entraîne un freinage immédiat du rotor, avec une inclinaison rapide des pales par l'intermédiaire des unités de réglage et de freinage d'urgence. Le frein d'arrêt mécanique est actionné simultanément. L'alimentation électrique de tous les composants reste assurée.

Une fois l'urgence passée, le bouton d'arrêt d'urgence doit être réarmé pour permettre le redémarrage de l'éolienne.

Les éoliennes seront équipées d'un système d'arrêt d'urgence par freinage mécanique qui peut être déclenché 24h/24 et 7j/7.

h) Certification de conformité aux normes européennes

Les éoliennes répondront aux normes européennes de sécurité et un document de conformité sera remis au bureau de contrôle avant l'installation du modèle choisi. La conformité avec le réseau électrique fera aussi l'objet d'une attestation remise au bureau de contrôle lors de la réalisation.

i) Vérification de stabilité des ouvrages

Le projet fera l'objet d'une vérification de stabilité par un bureau d'étude agréé. Un coordonnateur de sécurité produira un Plan général de coordination.

j) Accessibilité

La porte d'accès à l'intérieur de l'éolienne sera fermée à clé en permanence afin d'en interdire l'accès au public. Seules les personnes habilitées auront la clé et pourront intervenir pour effectuer les vérifications et la maintenance.

4.3.3 - OPERATIONS DE MAINTENANCE DE L'INSTALLATION

Conformément à la directive 98/37/CE les machines feront l'objet de contrôles réguliers par des contrôleurs agréés. Le rythme de passage au moins annuel sera fixé et fera l'objet d'un engagement écrit auprès des autorités compétentes. Ce point est repris de manière plus développée et précise au paragraphe 5.3.1 -, page 45.

4.3.4 - 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 de la Ferme éolienne de La Grande Plaine.

4.4 - FONCTIONNEMENT DES RESEAUX DE L'INSTALLATION

4.4.1 - RESEAUX ELECTRIQUES

4.4.1.1 - Réseau inter-éolien

Le schéma ci-dessous présente le principe de raccordement d'un parc éolien au réseau d'électricité. La production des éoliennes est fournie en 800 Volts, **tension relevée en 20 000 Volts par un transformateur intégré à la nacelle**.

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

Une ligne enterrée relie chaque éolienne au(x) poste(s) électrique(s) général de livraison. Les raccordements sont en totalité réalisés au moyen de câbles normalisés enfouis.

Des câbles de télécommunication sont également nécessaires pour l'exploitation et la télésurveillance du parc éolien.

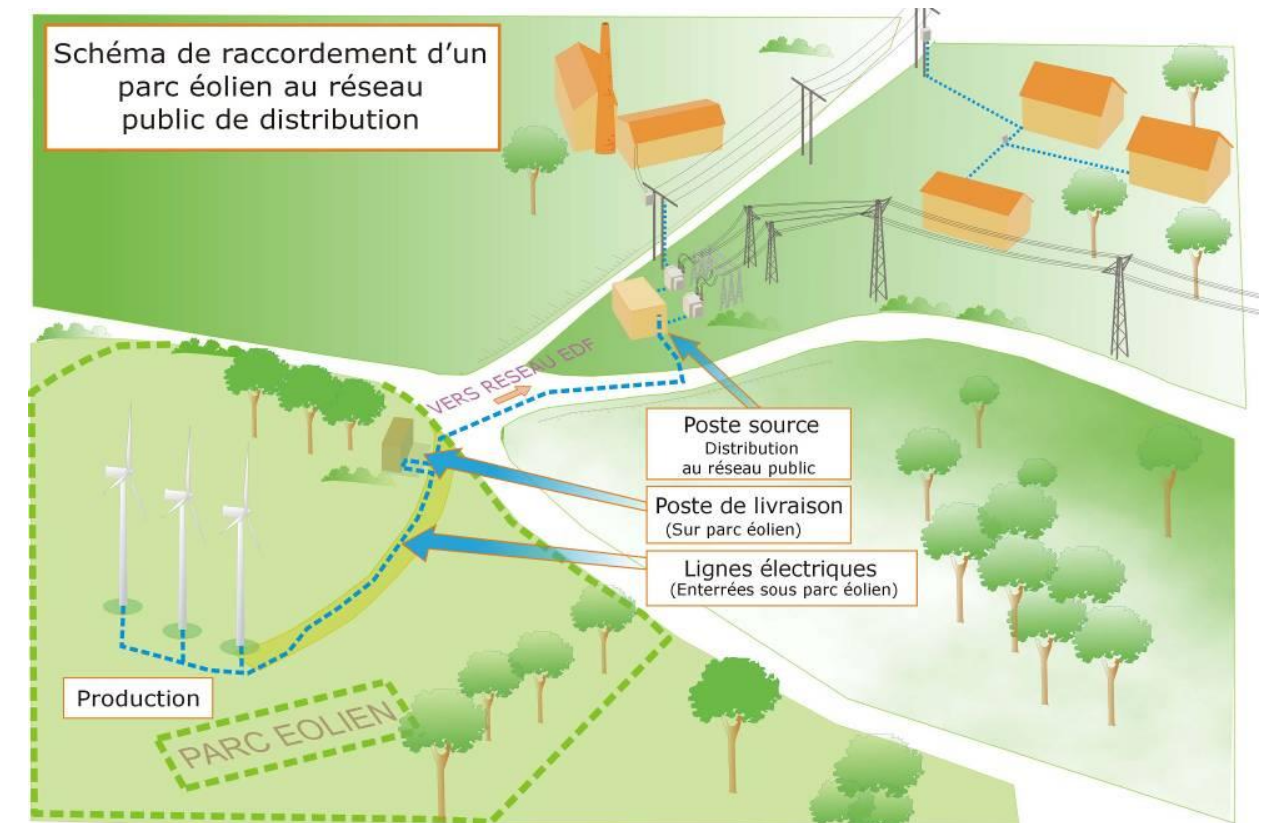


Figure 23 : Composants du parc éolien

Source : ADEME

4.4.1.2 - Poste de livraison

Les postes de livraison sont le nœud de raccordement des 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.

Pour les 9 éoliennes de la Ferme éolienne de La Grande Plaine, trois postes de livraison sont nécessaires. Ils comprendront :

- un compteur électrique ;
- des cellules de protection ;
- des sectionneurs ;
- des filtres électriques.

Les postes de livraison seront fermés à clé en permanence afin d'en interdire l'accès au public. Seules les personnes habilitées auront la clé et pourront intervenir pour effectuer les vérifications et la maintenance.

4.4.1.3 - Réseau électrique externe

Le réseau électrique externe relie le ou les postes de livraison avec le poste source du 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.

Les conditions de raccordement depuis les postes de livraison vers le réseau électrique existant seront conformes au décret n°2015-1823 du 30 décembre 2015 relatif à la codification de la partie réglementaire du code de l'énergie (version consolidée au 1er janvier 2016).

Conformément à la procédure de raccordement en cours, un chiffrage précis (Proposition Technique et Financière de raccordement au réseau électrique) sera effectué par Enedis lorsque l'autorisation préfectorale aura été obtenue. Les dispositions imposées par Enedis seront suivies par le Maître d'Ouvrage et précisées dans le cahier des charges des entreprises missionnées.

Le poste source le plus proche sur lequel pourra être raccordé le projet est le futur poste de Faux-Fresnay situé à 14 km (à vol d'oiseau) du site du projet.

Les trois postes de livraison serviront à relier les 9 éoliennes du projet au futur poste source de Faux-Fresnay par un câble électrique souterrain qui sera installé, notamment le long des routes départementales et des routes communales.

4.4.1.4 - Production estimée

La production annuelle du parc éolien est estimée à 102,99 GWh, soit 15% de la consommation électrique annuelle des habitants du département de la Marne et permettre d'éviter l'émission d'au moins 30 000 tonnes de CO₂ dans l'atmosphère chaque année.

4.4.2 - AUTRES RESEAUX

4.4.2.1 - Réseaux d'eau

D'après les renseignements obtenus auprès des mairies de Gaye et de Pleurs, une canalisation d'alimentation en eau potable est située le long de la route départementale RD 53. L'éolienne la plus proche (E9) se trouve à plus de 450 m de cette canalisation.

Le fonctionnement du parc éolien ne nécessite pas de raccordement au réseau d'eau potable des communes.

4.4.2.2 - Réseaux d'hydrocarbures et de gaz

Il n'y a pas de canalisation d'hydrocarbures sur la zone d'implantation.

Le fonctionnement du parc éolien ne nécessite pas de raccordement à un 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 durant cette phase, cette activité ne génère ni émission atmosphérique, ni effluent potentiellement dangereux pour l'environnement.

Les produits identifiés dans le cadre du projet de parc éolien 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 les postes de livraison.

5.1.1 - INVENTAIRE DES PRODUITS

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

- l'huile hydraulique (circuit haute pression) ;
- l'huile de lubrification du multiplicateur ;
- l'eau glycolée (mélange d'eau et d'éthylène glycol), qui est utilisée comme liquide de refroidissement ;
- les graisses pour les roulements et systèmes d'entrainements ;
- l'hexafluorure de soufre (SF₆), qui est le gaz utilisé comme milieu isolant pour les cellules de protection électrique.

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

5.1.2 - DANGER DES PRODUITS

5.1.2.1 - Inflammabilité et comportement vis à vis de l'incendie

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

Certains produits de maintenance peuvent être inflammables mais ils ne sont amenés dans l'éolienne que pour les interventions et sont repris en fin d'opération. Le SF₆ est pour sa part ininflammable.

5.1.2.2 - Toxicité pour l'homme

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

5.1.2.3 - Dangerosité pour l'environnement

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

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

5.1.3 - CONCLUSION

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

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

Les dangers liés au fonctionnement de la Ferme éolienne de La Grande Plaine sont de cinq types :

- chute d'éléments de l'aérogénérateur (boulons, morceaux d'équipements, etc.) ;
- projection d'éléments (morceaux de pale, brides de fixation, etc.) ;
- effondrement de tout ou partie de l'aérogénérateur ;
- échauffement de pièces mécaniques ;
- court-circuit électrique (aérogénérateur ou poste de livraison).

Ces dangers potentiels sont recensés dans le tableau suivant :

Installation ou système	Fonction	Phénomène redouté	Danger potentiel
Système de transmission	Transmission d'énergie mécanique	Survitesse	Echauffement des pièces mécaniques et flux thermique
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 24 : Dangers potentiels liés au fonctionnement de l'installation

5.3 - REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGER 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.

5.3.1.1 - Choix de l'emplacement des installations

Suite à une première analyse, le site de la Ferme éolienne de la Grande Plaine a été retenu car il offre de nombreux avantages pour l'implantation d'éoliennes (cf. chapitre « Raison du choix » de l'étude d'impact) et notamment :

- l'absence ou la très faible probabilité de risques naturels dans le secteur d'étude (inondation, mouvement de terrain, incendie de forêt, séisme,...) – cf. paragraphe 3.1.2 -, page 20
- un éloignement des aérogénérateurs par rapport aux habitations de plus de 1000 m – cf. paragraphe 3.2 -, page 25,
- des servitudes radioélectriques qui ne compromettent pas l'implantation d'éoliennes.

5.3.1.2 - Réduction des potentiels de dangers liés aux produits

Les produits dangereux présents sur l'éolienne ne peuvent pas être supprimés car ils sont nécessaires au bon fonctionnement du procédé (lubrification).

5.3.1.3 - Réduction des potentiels de dangers liés au fonctionnement

a) Conformité des éoliennes

Une éolienne est une machine au sens de la directive européenne 98/37/CE concernant le rapprochement des législations des Etats membre relatives aux machines et qui est transposée en droit français par les articles L. 233-5 et suivants du code du travail ainsi que par les décrets d'applications de ces textes.

Les éoliennes installées sur le site de la Ferme éolienne de la Grande Plaine seront conformes à la directive 98/37/CE et aux dispositions pertinentes du code du travail.

Ainsi, les éoliennes :

- satisfieront aux exigences essentielles de sécurité de cette directive ou les normes harmonisées traduisant ces exigences ;
- seront revêtues du marquage "CE" ;
- disposeront d'une déclaration de conformité délivrée par le fabricant au titre de l'article R. 233-73 du code du travail, attestant de la conformité de la machine aux prescriptions techniques la concernant.

La directive 98/37/CE sera appliquée par les dispositions suivantes :

- chaque machine portera de manière lisible et indélébile les indications minimales suivantes (point 1.7.3 de l'annexe 1 sous l'article R. 233-84 du Code du Travail) :
 - le nom du fabricant et son adresse
 - le marquage "CE" de conformité constituée des initiales "CE" (art R. 233-73 du Code du Travail)
 - la désignation de la série ou du type
 - le numéro de série (s'il existe)
 - l'année de construction ;
- l'exploitant disposera de la déclaration "CE" de conformité (art R. 233-73 du Code du Travail) établi par le fabricant pour attester la conformité des machines et des composants de sécurité à la directive pour chacune des machines ou chacun des composants de sécurité fabriqués ;
- l'exploitant disposera de la notice d'instructions (point 1.7.4 de l'annexe 1 sous l'article R. 233-84 du Code du Travail) pour chaque machine qui comportera notamment les instructions nécessaires pour que la mise en service, l'utilisation et la maintenance s'effectuent sans risque.

De plus, les éoliennes du parc éolien seront dimensionnées afin de répondre aux exigences de :

- bonne application des principes généraux de prévention (art. L. 230-1 et suivants) ;
- stabilité des machines (point 1.3.1 de l'annexe 1 sous art. R. 233-84 du Code du Travail) ;
- risques de rupture en service (point 1.3.2 de l'annexe 1 sous art. R. 233-84 du Code du Travail) ;
- risques dus aux chutes et projections d'objets (point 1.3.3 de l'annexe 1 sous art. R. 233-84 du Code du Travail) ;
- risques de chutes (point 1.5.15 de l'annexe 1 sous art. R. 233-84 du Code du Travail).

Elles disposeront d'un dossier de maintenance (art. R.235-5) ou d'un dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage. Lorsque les travaux seront réalisés, en fonction de la coordination mise en œuvre :

- soit le plan de prévention sera établi en respect des prescriptions particulières applicables aux travaux réalisés dans des sites en exploitation (art. R. 237-1 et suivants) ;
- soit la mise en œuvre de la coordination s'effectuera en respect des prescriptions particulières applicables aux opérations de bâtiment ou de génie civil (art. R. 238-1 et suivants).

b) Contrôle technique des éoliennes

Le décret n° 2007-1327 du 11 septembre 2007 introduit un contrôle technique obligatoire pour les éoliennes dont la hauteur du mât et de la nacelle est supérieure à 12 mètres.

Ces contrôles seront réalisés durant la phase de construction de l'éolienne. Ils concernent le massif de stabilité (fondation) de l'éolienne ainsi que les liaisons entre ce massif et la machine.

c) Maintenance et entretien du matériel

L'inspection et l'entretien du matériel sont effectués par des opérateurs des constructeurs des éoliennes, formés pour ces interventions.

Tout au long des années de fonctionnement de l'éolienne, des opérations de maintenance programmées vérifient l'état et le fonctionnement des sous-systèmes de l'éolienne :

- à chaque anniversaire de la première mise en route de l'éolienne ;
- tous les 4 ou 5 ans (selon l'élément) après la première mise en route de l'éolienne ;
- tous les 10 ans après la première mise en route de l'éolienne.

d) Autres contrôles réglementaires périodiques

Conformément à la réglementation, un contrôle de l'ensemble des installations électriques sera réalisé tous les ans par un organisme agréé. En cas de besoin, des contrôles complémentaires seront opérés tels que :

- la vérification de l'absence de dommage visible pouvant affecter la sécurité ;
- la résistance d'isolement de l'installation électrique ;
- la séparation électrique des circuits ;
- les conditions de protection par coupure automatique de l'alimentation.

Les équipements et accessoires de levage feront également l'objet de contrôles périodiques par des organismes agréés.

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

Les résultats des contrôles des installations électriques, des équipements de levage et du matériel incendie seront consignés dans des registres tenus à la disposition de l'Inspection des installations classées.

e) Maintenance curative

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

f) Formation du personnel

Le personnel intervenant sur les installations (monteurs, personnel affecté à la maintenance) est formé et encadré. La formation porte notamment sur :

- la présentation générale d'une éolienne et les risques associés à son fonctionnement ;
- les règles de sécurité à respecter ;
- l'utilisation des équipements de protection individuelle, notamment les dispositifs de protection contre les chutes ;
- le travail en hauteur ;
- la lutte contre l'incendie ;
- les habilitations électriques.

Les opérations réalisées tant dans le cadre du montage, de la mise en service que des opérations de maintenance périodique sont effectuées suivant des procédures qui définissent les tâches à réaliser, les équipements d'intervention à utiliser et les mesures à mettre en place pour limiter les risques d'accident. Des check-lists sont établies afin d'assurer la traçabilité des opérations effectuées.

5.3.2 - UTILISATION DES MEILLEURES TECHNIQUES DISPONIBLES

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

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

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

6 - ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE

6.1 - INTRODUCTION

Dans cette partie de l'étude de dangers sont recensés et analysés les accidents survenus sur des installations similaires à l'installation concernée par l'étude de dangers.

Rappelons que l'objectif de l'analyse de l'accidentologie n'est pas de dresser une liste exhaustive de tous les accidents ou incidents survenus, ni d'en tirer des données statistiques. Il s'agit, avant tout, de rechercher les types de sinistres les plus fréquents, leurs causes et leurs effets, ainsi que les mesures prises pour limiter leur occurrence ou leurs conséquences.

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

L'analyse des retours d'expérience vise donc ici à faire émerger des typologies d'accident rencontrés tant au niveau national qu'international. Ces typologies apportent un éclairage sur les scénarios les plus rencontrés. D'autres informations sont également utilisées dans la partie 7 -, page 51.

6.2 - INVENTAIRE ET DESCRIPTION DES ACCIDENTS ET INCIDENTS EN FRANCE

6.2.1 - BASES DE DONNEES CONSULTEES

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

L'accidentologie relatée ci-après résulte de la consultation principalement de :

- La base ARIA (Analyse, Recherche et Information sur les Accidents) du BARPI (Bureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industrielles – Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire) qui recense et analyse les accidents et incidents, survenus en France ou à l'étranger, depuis le 1er janvier 1992 (date de création du BARPI). Les événements les plus graves qui ont pu se produire avant 1992 sont également répertoriés (6% des accidents français ou étrangers recensés dans ARIA sont antérieurs à 1988).

- La note technique accidentologie du SER – FEE³ recense des incidents liés aux parcs éoliens en France, sur la base des informations suivantes :

- rapport du Conseil Général des Mines (juillet 2004) ;
- base de données ARIA ;
- communiqués de presse du SER – FEE et/ou des exploitants éoliens ;
- site Internet de l'association « Vent de Colère » (anti-éolien) ;
- site Internet de l'association « Fédération Environnement Durable » (anti-éolien) ;
- articles de presse divers ;
- données diverses fournies par les exploitants de parcs éoliens en France.

Cette note fournit également, dans sa deuxième partie des indications qualitatives sur les typologies d'accidents ayant affectés des parcs éoliens dans le reste du monde. La note précise qu'il apparaît impossible aujourd'hui d'effectuer un recensement exhaustif à l'échelle internationale, en raison notamment du grand nombre de parcs installés et du manque de retours d'expérience dans certains pays.

6.2.2 - INVENTAIRES DES ACCIDENTS 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 réalisée 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 affectés 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 77 incidents a pu être recensé entre 2000 et fin juillet 2018 (voir tableau détaillé en annexe page 100). 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 sur le parc d'aérogénérateur français entre 2000 et 2011.

³ Note technique accidentologie, SER – FEE, Groupe de Travail Etudes de Dangers, Avril 2011

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

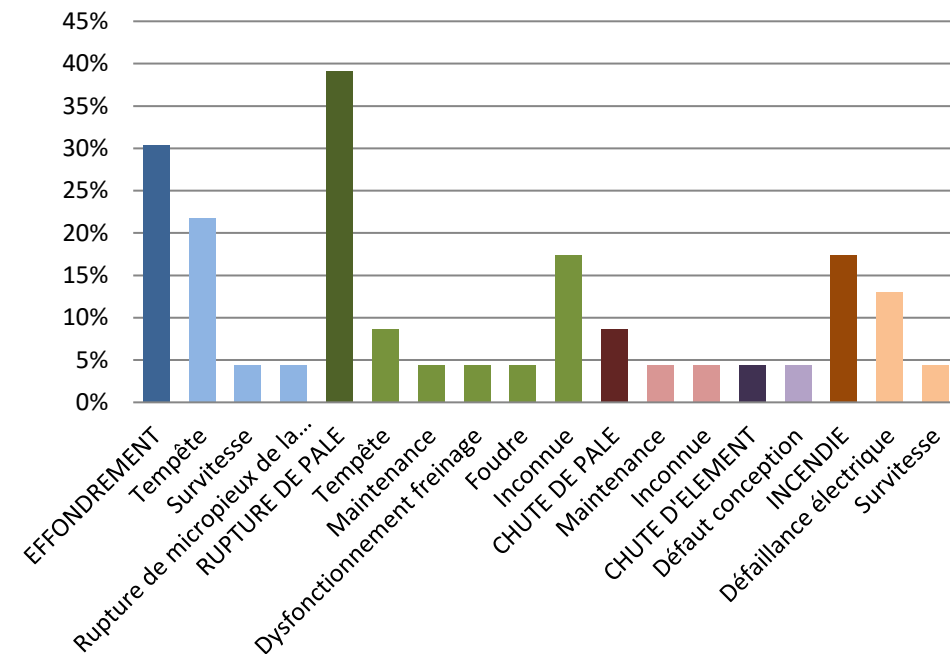


Figure 24 : Répartition en pourcentage des événements accidentels sur le parc d'aérogénérateurs français entre 2000 et 2011

Source : Guide technique de l'élaboration de l'étude de danger – Mai 2012

Par ordre d'importance, les accidents les plus recensés entre 2000 et 2011 sont les ruptures de pale, les effondrements, les incendies, les chutes de pale et les chutes des autres éléments de l'éolienne. Ces accidents ont pour cause principale les tempêtes.

Nous n'avons pas inclus les accidents après 2011 sur ce graphique dû aux catégories qui diffèrent selon les bases consultées. Cependant, l'ensemble des événements accidentels sur les parcs éoliens français ont recensés entre 2000 et fin juillet 2018 (cf. ANNEXE 4 – ANALYSE DES ACCIDENTS SURVENUS EN FRANCE page 100).

D'après le guide de recommandations pour la constitution des dossiers de demande d'autorisation environnementale de projets éoliens, les incidents récents en région Grand-Est sont les suivants :

- le 20 juillet 2008 : rupture d'une pale ayant engendré des débris pouvant atteindre 50 kg – SFE Parc éolien de Viller à Erize-la-Brûlée (55) ;
- le 17 mars 2013 : incendie de la nacelle - parc éolien de «Fère Champenoise» à Fère Champenoise et Euvy (51), exploité par la Société FEREOOL ;
- le 9 janvier 2014 : Incendie de la nacelle -Parc éolien «Vent de Thiérache 2» à Antheny et Champlin (08), exploité par la société QUADRAN ;
- le 10 novembre 2015 : un rotor et les trois pales tombent du mât d'une éolienne – Eoliennes Suroit SNC à Ménil-la-Horgne (55) ;
- le 27 février 2017 : rupture d'une pale – Société du Parc éolien de Nélausa – Lavallée (55).

6.3 - INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS A L'INTERNATIONAL

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

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

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

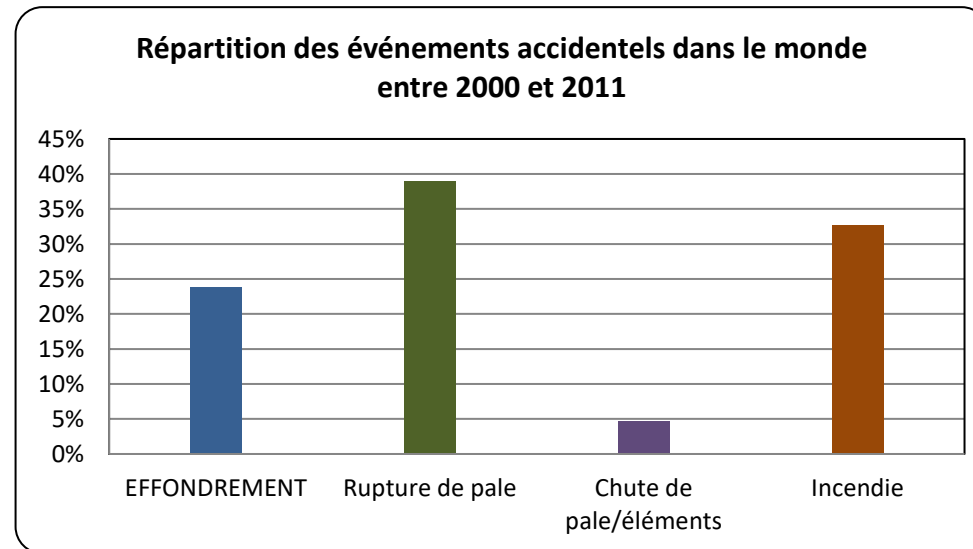


Figure 25 : Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2011

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

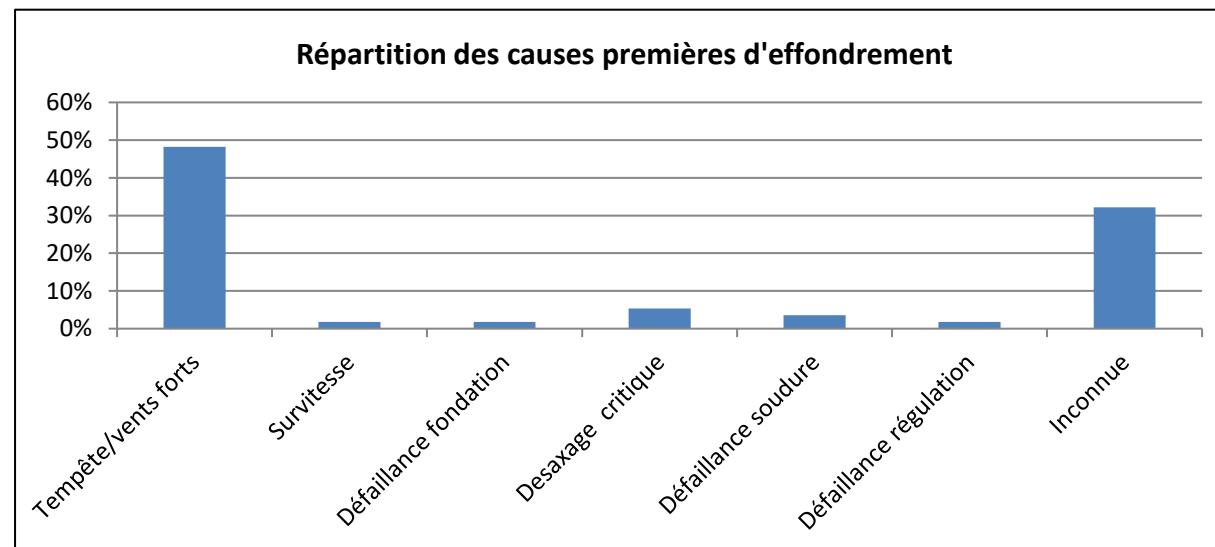


Figure 26 : Répartition des causes premières d'effondrement

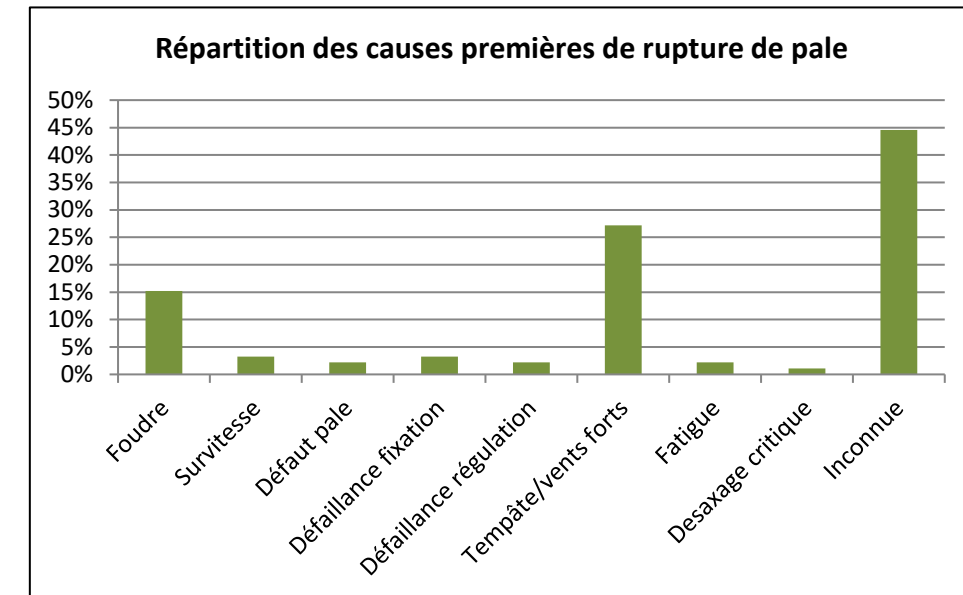


Figure 27 : Répartition des causes premières de rupture de pale

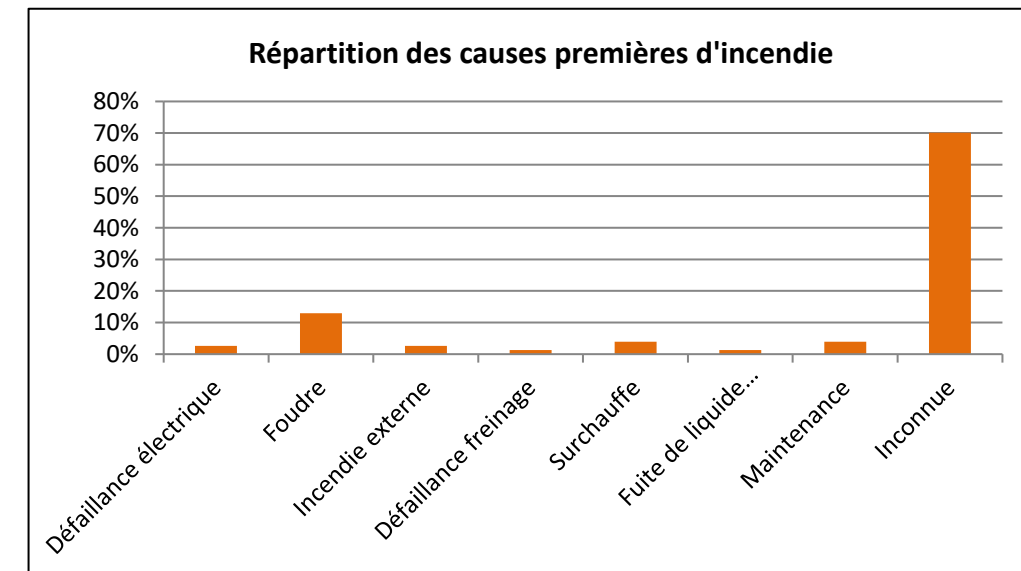


Figure 28 : Répartition des causes premières d'incendie

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.

6.4 - INVENTAIRE DES ACCIDENTS MAJEURS SURVENUS SUR LES SITES DE L'EXPLOITANT

La Société Ferme éolienne de la Grande Plaine n'exploite pas encore de parc éolien.

Parmi les parcs éoliens qui ont été exploités par la société ABO Wind SARL, aucun accident n'est à déplorer.

6.5 - SYNTHÈSE DES PHÉNOMÈNES DANGEREUX REDOUTÉS ISSUS DU RETOUR D'EXPERIENCE

6.5.1 - 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 29 ci-contre montre cette évolution et il apparaît clairement que le nombre d'incidents n'augmente pas proportionnellement au nombre d'éoliennes installées. Depuis 2005, l'énergie éolienne s'est en effet fortement développée en France, mais le nombre d'incidents par an reste relativement constant.

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

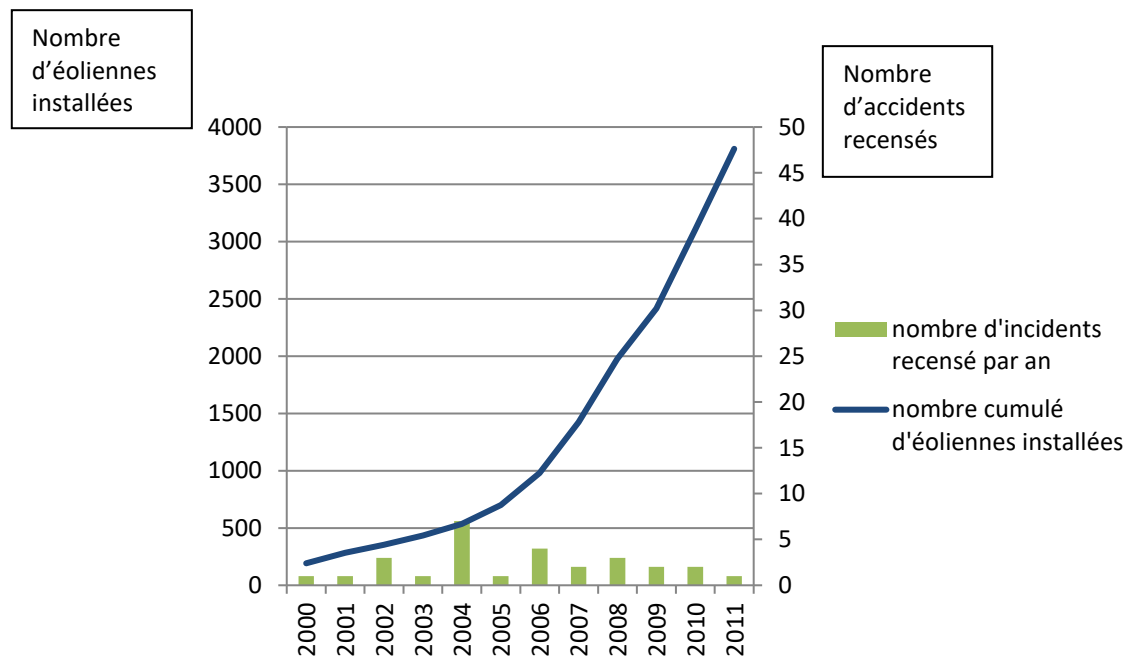


Figure 29 : Evolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées

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

6.5.2 - 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 qui sont les suivants :

- effondrements ;
- ruptures de pales ;
- chutes de pales et d'éléments de l'éolienne ;
- incendie.

6.6 - 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 (APR)

7.1 - OBJECTIFS DE L'APR

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

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

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

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

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

D'autre part, plusieurs autres agressions externes qui ont été détaillées dans l'état initial peuvent être exclues de l'analyse préliminaire des risques. En effet, 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

7.3.1 - AGRESSIONS EXTERNES LIEES AUX ACTIVITES HUMAINES

Le tableau ci-après synthétise les principales agressions externes liées aux activités humaines :

Infrastructure	Fonction	Evénement redouté	Danger potentiel	Périmètre	Distance par rapport au mât des éoliennes								
					E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
Voies de circulation	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Energie cinétique des véhicules et flux thermiques	200 m	Néant	Néant	Néant	Néant	Néant	128 m	Néant	Néant	Néant
Aérodrome	Transport aérien	Chute d'aéronef	Energie cinétique de l'aéronef, flux thermique	5000 m	Néant	Néant	Néant	Néant	Néant	Néant	Néant	Néant	Néant
Ligne THT	Transport d'électricité	Rupture de câble	Arc électrique, surtensions	200 m	Néant	Néant	Néant	Néant	Néant	Néant	Néant	Néant	Néant
Autres aérogénérateurs	Production d'électricité	Accident générant des projections d'éléments	Energie cinétique des éléments projetés	500 m	475 m	475 m	Néant	439 m	439 m	Néant	Néant	Néant	Néant

Tableau 25 : Principales agressions extérieures potentielles

Remarque : Les autres aérogénérateurs situés dans le rayon de 500 m des éoliennes E1, E2, E4 et E5 sont les éoliennes du projet de Ferme éolienne de La Grande Plaine. Il n'y a pas d'éoliennes d'autres parcs situées dans les rayons de 500 m.

a) Danger lié aux voies de circulation

Pour rappel, le tableau suivant indique les plus courtes distances entre les routes du secteur et les éoliennes :

Eolienne	Distance à l'axe de la route la plus proche		
	Route communale n°1	RD 53	RD 205
E1	1003 m	2590 m	900 m
E2	1036 m	2300 m	605 m
E3	1048 m	2070 m	290 m
E4	220 m	1745 m	1410 m
E5	225 m	1505 m	1190 m
E6	250 m	1310 m	935 m
E7	575 m	1025 m	2005 m
E8	565 m	705 m	1755 m
E9	460 m	450 m	1510 m

Tableau 26 : Distance entre les éoliennes et les routes du secteur

Les dangers potentiels liés à la circulation automobile sont :

- l'énergie cinétique des véhicules en cas d'accident ;
- les flux thermiques en cas d'incendie d'un véhicule.

En général, les zones d'effets d'un accident automobile restent localisées sur la route et ses abords immédiats (bas-côté), jusqu'à quelques dizaines de mètres maximum de part et d'autre de la route.

Une portion des routes départementales RD 205 et RD 53 ainsi que la RC n°1 se trouve dans le périmètre de 500 m autour des éoliennes du projet. Rappelons que ces voies sont peu fréquentées, le trafic est inférieur à 500 véhicules par jour.

Le Tableau 26, ci-dessus, présente les distances entre les éoliennes et voies routières les plus proches. Le projet éolien de La Grande Plaine respecte les préconisations du Conseil Départemental énoncées ci-après et seule l'éolienne E3 est située à 290 mètres de la route départementale RD 205, dont le trafic est inférieur à 250 véhicules par jour.

Ce sont le RNU de Linthelles et le PLU de Pleurs qui régissent la route communale RC n°1, et qui autorisent respectivement l'implantation d'éoliennes :

Il résulte d'un arrêt de la CAA de Lyon (Cour Administrative d'Appel de Lyon, 1ère chambre - formation à 3, 12/10/2010, 08LY02786) que l'ancien art. R.111-17 du code de l'urbanisme (actuel article R.111-16) ne s'applique qu'aux projets de « bâtiment », ce qui n'est pas le cas d'un projet d'éolienne qui ne constitue pas un « bâtiment » au sens de l'ancien article R. 111-17 (actuel R. 111-16). Etant donné que les éoliennes ne peuvent pas être considérées comme des bâtiments, les éoliennes peuvent être implantées sans distance de recul par rapport aux voies et emprises publiques.

Le règlement du PLU de la commune de Pleurs indique en page 36 : « 10. Les constructions seront implantées avec un retrait minimum de 3 mètres par rapport à l'alignement des autres voies et emprises publiques. »

Dans le cadre de l'implantation d'éoliennes en bordure du domaine public routier départemental, le Conseil Départemental de la Marne a établi un règlement général sur la conservation et la surveillance des routes départementales.

Ce règlement impose 3 types de distances d'éloignement (extrait du règlement, Annexe 3 : Extrait du procès-verbal des délibérations du 21 octobre 2004, dossier n°II-2, rappelé dans le courrier du Conseil Départemental du 30/08/2018 après une consultation en date du 02/08/2018 :

- « Le périmètre immédiat, égal à la hauteur maximale de l'éolienne... », **soit 180 m, que nous respectons.**
- « Le périmètre rapproché, égal à deux fois la hauteur maximale de l'éolienne. Ce périmètre dans lequel des dérogations devront être appréciées au cas par cas, vise à prévenir tout risque lié à la projection de morceaux de pales... ». Dans le cas présent, deux fois la hauteur maximale de l'éolienne = 360 m. **Les éléments suivants répondent à ce point.**
- « Le périmètre éloigné, égal à quatre fois la hauteur maximale de l'éolienne, à l'intérieur duquel doit être élaborée une étude de sécurité adaptée prenant en compte tous les scénarios d'accident... » **La présente étude de dangers répond à ce point.**

Ce même document poursuit : « doit être produit par un tiers un certificat attestant des résultats d'une étude de solidité qui démontrent que les choix techniques réduisent au maximum les risques d'accident... ».

Ci-dessous, « 3- Conception de l'éolienne » répond à ce point.

Nous justifions, par les points suivants, que la distance séparant l'éolienne E3 de la RD205, à savoir 290 mètres, est suffisante pour prévenir les risques liés à la projection de morceaux de pales au sein du périmètre rapproché. Nous demandons donc de pouvoir déroger à la règle d'éloignement du « règlement général sur la conservation et la surveillance des routes départementales » établi par le Conseil Départemental de la Marne.

1- La loi

La distance réglementaire entre une route et une construction est régie par l'article L111-6 du code de l'urbanisme.

Les parcs éoliens sont donc soumis à cette règle qui exige une distance minimale de 100 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 75 mètres de part et d'autre de l'axe des autres routes classées à grande circulation. Cette interdiction s'applique également dans une bande de 75 mètres de part et d'autre des routes visées à l'article L141-19.

Par ailleurs, la RD205 ne saurait être considérée comme une route express ou une route classée à grande circulation car le comptage routier reçu en août 2018 du Conseil Départemental dénombre un trafic tous véhicules inférieur à 250 Véhicules/Jour sur cette route.

2- Le PLU de Pleurs

L'article L111-8 précise qu'un PLU peut fixer une distance différente de celle définie par l'article L111-6 lorsqu'il comporte une étude justifiant, en fonction des spécificités locales, que ces règles sont compatibles avec la prise en compte des nuisances, de la sécurité, de la qualité architecturale, ainsi que de la qualité de l'urbanisme et des paysages.

La commune de Pleurs qui accueille l'éolienne E3, située à 290 mètres de l'axe de la RD 205, dispose d'un PLU approuvé par le conseil municipal le 15 juin 2018.

Par un courrier du 28 août 2018, la Préfecture de la Marne a émis cinq observations au titre du contrôle des légalités. Le conseil municipal de Pleurs a fait compléter ces points et après avoir délibéré le 09 novembre 2018 a adopté par 14 voix pour le PLU complété.

Le règlement de ce PLU indique en p.36 : « 8. Les constructions seront implantées avec un retrait minimum de **15 mètres** par rapport à l'axe de chaussée des **RD 53, 205 et 305D.** »

3- La conception de l'éolienne

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

- La norme IEC61400-1 intitulée « Exigence pour la conception des aérogénérateurs » fixe les prescriptions propres à fournir « un niveau approprié de protection contre les dommages résultant de tout risque durant la durée de vie » de l'éolienne. Ainsi, la nacelle, le moyeu, les fondations et la tour répondent au standard : IEC61400-1. Les pales respectent le standard IEC61400-1 ; 12 ; 23.
- La protection foudre de l'éolienne répond au standard IEC61400-24 et aux standards non spécifiques aux éoliennes comme IEC62305-1, IEC62305-3 et IEC62305-4.
- Les éoliennes Vestas sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air. Le traitement anticorrosion des éoliennes répond à la norme ISO 12944.

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

- ➔ L'éolienne Vestas V150 respectera les normes constructives listées dans l'arrêté du 26 août 2011, notamment la norme NF EN 61 400-1. **Un bureau d'étude tiers certifiera la conformité des éoliennes à cette norme (la certification est actuellement en cours, voir les documents ci-joints en annexe 4).**

Le chapitre « 5.3.1.3 - Réduction des potentiels de dangers liés au fonctionnement » page 44 de l'étude de dangers détaille la conformité des éoliennes avec les autres textes réglementaires, normes et directives applicables à l'éolien.

Les éoliennes feront également l'objet d'un contrôle technique obligatoire au moment de la construction (voir paragraphe b – page 45) du chapitre 5.3.1.3 de l'étude de dangers.

4- Les contrôles et la maintenance

Les paragraphes « c et d » – page 45, du chapitre 5.3.1.3 de la présente étude de dangers font mention des contrôles réglementaires périodiques auxquels l'exploitant devra se soumettre, conformément à la section 4 de l'arrêté du 26 août 2011, notamment :

- « Trois mois, puis un an après la mise en service industrielle, puis suivant une périodicité qui ne peut excéder trois ans, l'exploitant procède 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 peut excéder un an, l'exploitant procède à un contrôle des systèmes instrumentés de sécurité. Ces contrôles font l'objet d'un rapport tenu à la disposition de l'inspection des installations classées. »
- « L'installation est mise à la terre. Les aérogénérateurs respectent les dispositions de la norme IEC 61 400-24 (version de juin 2010). L'exploitant tient à disposition de l'inspection des installations classées les rapports des organismes compétents attestant de la conformité des aérogénérateurs à la norme précitée. **Les opérations de maintenance incluent un contrôle visuel des pales** et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre. »

Les éoliennes feront également l'objet d'une maintenance préventive réalisée selon les préconisations du constructeur Vestas. La liste des opérations à effectuer sur les diverses machines ainsi que leur périodicité est définie par des procédures. Les principaux contrôles effectués sont présentés ci-après :

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

Inspection après 3 mois de fonctionnement

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

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

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

Les opérations de maintenance supplémentaires sont présentées ci-après.

Composants	Opérations
Moyeu	Vérification de l'état de la fibre de verre Vérification des joints d'étanchéité Vérification de la fonctionnalité des trappes d'accès et de leurs verrous
Pales	Vérification des tubes de graissage et du bloc de distribution de graisse Vérification du niveau de graisse dans les collecteurs de graisse et remplacement s'ils sont pleins Remplissage du distributeur de graisse
Système de transfert de courant foudre Moyeu / nacelle	Vérification du câble connectant les bandes anti-foudres Vérification des amortisseurs d'usure Vérification des bandes anti-foudre
Système d'inclinaison des pales (Vestas Pitch System)	Vérification du bon fonctionnement du système d'inclinaison des pales Vérification de la pression des accumulateurs Vérification de la tension des fixations des accumulateurs Vérification des boulons Vérification des pistons des vérins hydrauliques
Arbre principal	Vérification et lubrification des roulements principaux tous les 5 ans Vérification de l'ajustement des capteurs RPM Lubrification des boulons de blocage du rotor

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

Sécurité générale	Test des boutons d'arrêt d'urgence
	Test d'arrêt en cas de survitesse
	Vérification des équipements de sauvetage
	Vérification de la date d'inspection des extincteurs
	Test des détecteurs de fumée (si installés)
	Vérification du système antichute

5- Etude de dangers

Enfin, dans la présente étude de dangers, le chapitre 8.2.4 page 74 expose l'étude détaillée du scénario de projection de pale ou de fragments de pales. Cette étude a été réalisée conformément au guide de l'INERIS, qui est le reflet de l'état de l'art en matière de maîtrise des risques technologiques pour les parcs éoliens.

La synthèse de l'étude détaillée des risques – présentée en page 78 de la présente étude – indique que **le scénario de projection de pales ou de fragments de pales présente un risque très faible et acceptable pour toutes les éoliennes.**

De plus, il est important de souligner que la route départementale la plus proche du parc éolien (RD 205) est située à une distance de 290 mètres de l'éolienne E3, soit 1,6 fois la hauteur totale de l'éolienne. Le trafic sur cette route sur le tronçon concerné par la zone d'effet du scénario projection de pale ou de fragments de pales est relativement faible (inférieur à 250 véhicules/jour).

Ainsi, au regard de l'ensemble de ces éléments, et en accord avec les textes réglementaires applicables, nous affirmons que la distance séparant l'éolienne E3 de la RD205 est suffisante pour prévenir les risques liés à la projection de morceaux de pales. Nous demandons donc de pouvoir déroger à la règle d'éloignement du « règlement général sur la conservation et la surveillance des routes départementales » établie par le Conseil Départemental de la Marne.

Compte-tenu des distances importantes entre les éoliennes et les routes du secteur, les risques liés à un accident automobile par la Ferme éolienne de la Grande Plaine sont exclus.

b) Danger lié aux lignes électriques

D'après les renseignements d'ENEDIS, une ligne électrique aérienne HTA (moins de 50 000 volts) traverse la zone d'implantation potentielle le long de la route communale RC n°1. L'air est un isolant naturel. En situation normale, la distance entre un être humain au sol et les câbles électriques est suffisamment importante pour écarter tout risque d'arc électrique.

Un phénomène d'arc électrique se forme lorsque la distance entre l'objet et la ligne électrique est trop courte. L'air perd alors son caractère isolant et devient localement conducteur, ce qui permet aux particules électriques de la ligne de se frayer un chemin vers l'objet. Dès lors, un arc électrique se forme.

Pour les lignes électriques aériennes telles que celles gérées par ENEDIS, la distance nécessaire pour observer un phénomène d'arc électrique est de quelques cm ou quelques dizaines de cm tout au plus. A plus de 2 m de distance, il n'y a aucun risque.

En effet, selon les recommandations d'ENEDIS, en cas de travail à proximité d'une ligne électrique, la distance à respecter est de 3 mètres en HTA et de 5 mètres en HTB pour les lignes aériennes. Cette distance entre la ligne électrique et la personne, l'engin ou l'outil garantie la sécurité en écartant le risque d'arc électrique (source : www.sousleslignes-prudence.com).

De plus, ENEDIS recommande également de respecter une distance minimale équivalente à la hauteur des éoliennes +10 % +5m, soit 203 m dans le cadre du projet de la Ferme éolienne de la Grande Plaine. La tableau ci-dessous présente la distance depuis les mâts des éoliennes à la ligne électrique traversant la Z.I.P. :

Tableau 27 : Distance du mât des éoliennes à la ligne électrique HTA

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
Distance mât - ligne 20kV (m)	1064	1058	1062	228	237	264	576	566	467

Dans le cas des éoliennes de la Ferme éolienne de La Grande Plaine, compte-tenu des distances (plus de 228 m) et en raison du pouvoir isolant de l'air, les risques de formation d'un arc électrique entre la ligne et l'extrémité d'une pale des éoliennes sont totalement exclus que ce soit en situation normale ou en situation dégradée.

La rupture d'un câble de la ligne électrique HTA peut survenir suite à un évènement météorologique majeur (accumulation de neige collante, tempête) ou un problème technique (fragilisation des supports des câbles). Dans ce cas, le ou les câble(s) de la ligne électrique peuvent chuter au sol. Le danger est présent au voisinage des câbles pour des personnes car il n'y a plus la protection par le caractère isolant de l'air.

Vis-à-vis des éoliennes du projet, même en situation dégradée, la distance entre la ligne électrique et l'extrémité des pales resterait largement supérieure à plusieurs centaines de mètres, ce qui écarte tout risque de formation d'arc électrique.

A titre d'information, les services d'ENEDIS préconisent une distance d'éloignement de 2 m concernant le mât et éventuels haubanages, et une distance minimale de 3 m concernant les pales et la nacelle par rapport au gabarit cinématique.

Le schéma ci-après présente les distances d'éloignement préconisées par ENEDIS.

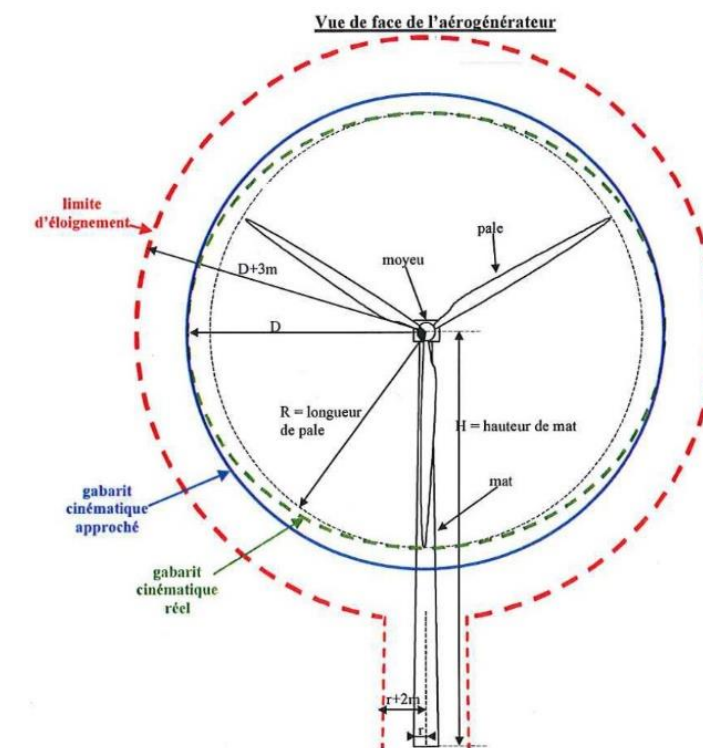


Figure 30 : Distance d'éloignement par rapport aux lignes HTA

Source : ENEDIS

c) Danger lié aux aérodromes

Pour l'aviation civile, la hauteur des éoliennes respecte les altitudes minimales de sécurité radar (AMSR Seine) et de secteur (Châlons-Vatry).

Pour la Direction de la Circulation Aérienne Militaire, le projet s'inscrit dans les volumes de protection de la Base aérienne 110 de Creil et respecte l'altitude sommitale acceptable.

Afin de respecter une distance de sécurité avec l'aérodrome de Sézanne Saint-Rémy, les éoliennes seront situées à plus de 5 km.

Les éoliennes seront en dehors de toute servitude aéronautique de l'Aviation civile ou de l'Armée de l'air.

d) Danger lié aux aérogénérateurs

Il n'y a pas d'autre aérogénérateur dans un rayon de 500 m autour de la zone d'implantation.

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	Le risque de tempête ne peut pas être exclu. Secteur du projet en dehors des zones affectées par des cyclones tropicaux.
Foudre	Faible densité d'arc sur la zone d'étude (inférieure à la moyenne nationale) Les éoliennes respectent la norme IEC 61 400-24 (Juin 2010)
Glissement de sols/ affaissement miniers	Pas de document attestant de la présence de cavité souterraine sur la zone d'implantation

Tableau 28 : Principales agressions externes liées aux phénomènes naturels

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

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

7.4 - SCENARIOS ETUDIES DANS L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

Le tableau ci-après présente l'analyse 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 de l'APR sont regroupés et numérotés par thématique, en fonction des typologies d'événement redoutés centraux identifiés 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°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
G01	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales, le mât et la nacelle	Chute de glace lorsque les éoliennes sont arrêtées	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace (N°2)	Impact de glace sur les enjeux	1
G02	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales	Projection de glace lorsque les éoliennes sont en mouvement	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de la glace (N°1)	Impact de glace sur les enjeux	2
I01	Humidité / Gel	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (N°5)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I02	Dysfonctionnement électrique	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (N°5)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I03	Survitesse	Echauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3) Prévenir la survitesse (N°4)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I04	Désaxage de la génératrice / Pièce défectueuse / Défaut de lubrification	Echauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I05	Conditions climatiques humides	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2
I06	Rongeur	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2

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

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
E01	Effets dominos autres installations	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E02	Glissement de sol	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
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	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (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)	Projection/chute fragments et chute mât	2

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
E09	Fatigue	Défaillance 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) Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°12)	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 29 : Analyse des risques

Ce tableau présentant le résultat d'une analyse des risques peut être considéré comme représentatif des scénarios d'accident pouvant potentiellement se produire sur les éoliennes.

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 génériques présentés 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 ».

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

7.6 - MISE EN PLACE DES MESURES DE SECURITE

Les tableaux suivants ont pour objectif de synthétiser les fonctions de sécurité identifiées et mise en œuvre sur les éoliennes de la Ferme éolienne de La Grande Plaine. Dans le cadre de la présente étude de dangers, les fonctions de sécurité sont détaillées selon les critères suivants :

- **Fonction de sécurité** : il est proposé ci-dessous un tableau par fonction de sécurité. Cet intitulé décrit l'objectif de la ou des mesure(s) de sécurité : il s'agira principalement d'« empêcher, éviter, détecter, contrôler ou limiter » et sera en relation avec un ou plusieurs événements conduisant à un accident majeur identifié dans l'analyse des risques. Plusieurs mesures de sécurité peuvent assurer une même fonction de sécurité.
- **Numéro de la fonction de sécurité** : ce numéro vise à simplifier la lecture de l'étude de dangers en permettant des renvois à l'analyse de risque par exemple.
- **Mesures de sécurité** : cette ligne permet d'identifier les mesures assurant la fonction concernée. Dans le cas de systèmes instrumentés de sécurité, tous les éléments de la chaîne de sécurité sont présentés (détection + traitement de l'information + action).
- **Description** : cette ligne permet de préciser la description de la mesure de maîtrise des risques, lorsque des détails supplémentaires sont nécessaires.
- **Indépendance** (« oui » ou « non ») : cette caractéristique décrit le niveau d'indépendance d'une mesure de maîtrise des risques vis-à-vis des autres systèmes de sécurité et des scénarios d'accident. Cette condition peut être considérée comme remplie (renseigner « oui ») ou non (renseigner « non »).
- **Temps de réponse** (en secondes ou en minutes) : cette caractéristique mesure le temps requis entre la sollicitation et l'exécution de la fonction de sécurité.
- **Efficacité** (100% ou 0%) : l'efficacité mesure la capacité d'une mesure de maîtrise des risques à remplir la fonction de sécurité qui lui est confiée pendant une durée donnée et dans son contexte d'utilisation.

- **Test (fréquence)** : dans ce champ sont rappelés les tests/essais qui seront réalisés sur les mesures de maîtrise des risques. Conformément à la réglementation, un essai d'arrêt, d'arrêt d'urgence et d'arrêt à partir d'une situation de survitesse seront réalisés avant la mise en service de l'aérogénérateur. Dans tous les cas, les tests effectués sur les mesures de maîtrise des risques seront tenus à la disposition de l'inspection des installations classées pendant l'exploitation de l'installation.
- **Maintenance (fréquence)** : ce critère porte sur la périodicité des contrôles qui permettront de vérifier la performance de la mesure de maîtrise des risques dans le temps. Pour rappel, la réglementation demande qu'à minima : un contrôle tous les ans soit réalisé sur la performance des mesures de sécurité permettant de mettre à l'arrêt, à l'arrêt d'urgence et à l'arrêt à partir d'une situation de survitesse et sur tous les systèmes instrumentés de sécurité.

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 ou de déduction de la formation de givre permettant, en cas de détection de glace, une mise en drapeau des pales 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	Ces systèmes s'appuient sur des fonctions et des appareils propres à l'exploitation du parc. Ces données sont cependant analysées par l'automate de sécurité embarqué sur chaque éolienne, dont le rôle est dédié à la sécurité de l'installation. 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 (opérations de maintenance sur les systèmes de contrôle) au bout de 3 mois de fonctionnement puis maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

Fonction de sécurité	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	N° de la fonction de sécurité	2
Mesures de sécurité	Panneautage en pied de machine, sur chaque poste de livraison, ainsi que sur les voies d'accès au parc. 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 Communication continue des paramètres de fonctionnement ainsi que des alarmes au centre de contrôle du fabricant des éoliennes et de l'exploitant du parc éolien. Mise à l'arrêt jusqu'à refroidissement et intervention à distance et sur site pour contrôles et redémarrage.		
Description	En cas de température anormalement haute, une alarme est émise au centre de contrôle du fabricant des éoliennes et de l'exploitant du parc éolien. Si la température dépasse un seuil haut, l'éolienne est mise à l'arrêt et ne peut être relancée qu'après un diagnostic à distance ou une intervention d'un technicien dans l'éolienne le cas échéant, qui procédera à une identification des causes et à des opérations techniques le cas échéant.		
Indépendance	Ces systèmes s'appuient sur des fonctions et des appareils propres à l'exploitation du parc. Ces données sont cependant analysées par l'automate de sécurité embarqué sur chaque éolienne, dont le rôle est dédié à la sécurité de l'installation.		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100%		
Tests	Pas de test. Cependant si le capteur est défectueux, il est systématiquement remis en cause et changé.		
Maintenance	Maintenance préventive annuelle de la génératrice et de son système de refroidissement, ainsi que du multiplicateur (y compris le système de refroidissement de l'huile du multiplicateur). 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 systèmes 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 En cas de coupure électrique, le frein aérodynamique par mise en drapeau des pales et le frein mécanique sont secourus par un système de sécurité.		
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 (avec notamment contrôle de l'usure du frein et de pression du circuit de freinage d'urgence) 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 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. Les systèmes électriques sont équipés de disjoncteurs à tous les niveaux.		
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	<p>Système de protection foudre de l'éolienne dimensionné pour prévenir toute dégradation des pales de l'éolienne conformément à la norme IEC 61400-24.</p> <p>Compte tenu de leur situation et des matériaux de construction, les pales sont les éléments les plus sensibles à la foudre. Des pastilles métalliques en acier inoxydable permettant de capter les courants de foudre sont disposées à intervalles réguliers sur les deux faces des pales. Elles sont reliées entre elles par une tresse en cuivre, interne à la pale. Le pied de pale est muni d'une plaque métallique en acier inoxydable, sur une partie de son pourtour, raccordée à la tresse de cuivre. Un dispositif métallique flexible assure la continuité électrique entre la pale et le châssis métallique de la nacelle (il s'agit d'un système de contact glissant comportant deux points de contact par pale). Ce châssis est relié électriquement à la tour, elle-même reliée au réseau de terre disposé en fond de fouille.</p> <p>En cas de coup de foudre sur une pale, le courant de foudre est ainsi évacué vers la terre via la fondation et des prises profondes.</p> <p>Pour la protection interne de la machine, les composants principaux tels l'armoire de contrôle et la génératrice sont protégés par des parasurtenseurs.</p>		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Immédiat dispositif passif.		
Efficacité	100%		
Tests	Mesure de terre lors des vérifications réglementaires des installations électriques.		
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	<p>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.</p> <p>Système de détection incendie relié au système de transmission qui émet une alarme au centre de contrôle du fabricant des éoliennes et prévient l'exploitant du parc par mail ou SMS.</p> <p>Intervention des services de secours.</p>		
Description	<p>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 du fabricant des éoliennes ainsi qu'à l'exploitant du parc éolien, qui se charge de contacter les services d'urgence compétents. Le système de détection incendie est alimenté par le réseau secours (UPS).</p> <p>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).</p>		
Indépendance	Oui.		
Temps de réponse	<p>< 1 minute pour les détecteurs et l'enclenchement de l'alarme.</p> <p>L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur. Le temps d'intervention des services de secours est quant à lui dépendant de la zone géographique.</p>		
Efficacité	100%		
Tests	Vérification de la plausibilité des mesures de température.		
Maintenance	<p>Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011.</p> <p>Le matériel incendie (type extincteurs) est contrôlé périodiquement par le fabricant du matériel ou un organisme extérieur.</p> <p>Maintenance curative suite à une défaillance du matériel.</p>		

Fonction de sécurité	Prévention et rétention des fuites	N° de la fonction de sécurité	8
Mesures de sécurité	Détecteurs de niveau d'huiles et capteurs de pression Procédure d'urgence. Kit antipollution. Bacs de rétention Systèmes d'étanchéité et dispositifs de collecte / récupération.		
Description	De nombreux détecteurs de niveau de lubrifiant permettent de détecter les éventuelles fuites et d'arrêter l'éolienne en cas d'urgence. Le circuit hydraulique (servant à piloter l'inclinaison des pales) est équipé de capteurs de pression et le circuit de refroidissement est équipé d'un capteur de niveau bas. Présence de bacs de rétention empêchant l'huile ou la graisse de couler le long du mât et de s'infiltrer dans le sol. Les principaux bacs de rétention sont équipés de capteurs de niveau d'huile afin d'informer les équipes de maintenance via les alertes cas de fuite importante. De plus, la plateforme supérieure de la tour a les bords relevés et a les jointures étanches entre plaques d'acier. Cette plateforme fait office de bac de rétention de secours en cas de fuite importante dans la nacelle. Les opérations de remplacement des bacs de graisse vides font l'objet de procédures spécifiques. Dans tous les cas, le transfert des huiles s'effectue de manière sécurisée et encadrée par les procédures de maintenance. La propreté des rétentions est vérifiée lors de chaque inspection de la nacelle. Des kits de dépollution d'urgence composés de grandes feuilles de textile absorbant pourront être utilisés afin : - de contenir et arrêter la propagation de la pollution ; - d'absorber jusqu'à 20 litres de déversements accidentels de liquides (huile, eau, alcools ...) et produits chimiques (acides, bases, solvants ...) ; - de récupérer les déchets absorbés. Si ces kits de dépollution s'avèrent insuffisants, une société spécialisée récupérera et traitera le gravier souillé via les filières adéquates, puis le remplacera par un nouveau revêtement.		
Indépendance	Oui.		
Temps de réponse	Temps de détection de l'ordre de la seconde Mise en pause de la turbine inférieure à une minute		
Efficacité	100%		
Tests	/		
Maintenance	Inspection des niveaux d'huile et de l'état des rétentions 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		
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 moyeu, 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 équipées de capteurs de vibration, qui entraînent l'arrêt en cas de dépassement des seuils définis. 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	Déclenchement manuel des capteurs de vibration et vérification de la réponse du système.		
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 Yaw Gear (moteur d'orientation de la nacelle), 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 de manière à prévenir les erreurs de maintenance.		
Indépendance	Oui.		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100%		
Tests	Traçabilité : rapport de service		
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 pales) 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	Test des programmes de freinage lors de la mise en service de l'éolienne. Test automatique du système de freinage mécanique et du fonctionnement de chaque système pitch (freinage aérodynamique) lors de la séquence de démarrage de l'éolienne.		
Maintenance	Maintenance annuelle du système pitch Maintenance annuelle du frein mécanique		

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.

Fonction de sécurité	Prévenir la dégradation de l'état des équipements	N° de la fonction de sécurité	12
Mesures de sécurité	Inspection des équipements lors des maintenances planifiées Suivi de données mesurées par les capteurs et sondes présentes dans les éoliennes		
Description	L'intégralité des données mesurées par les capteurs et sondes présentes dans les éoliennes Vestas est suivie et enregistrée dans une base de données unique. Ces données sont traitées par des algorithmes en permanence afin de détecter, au plus tôt, les dégradations des équipements. Lorsqu'elle est nécessaire, une inspection de l'équipement soupçonné de se dégrader est planifiée. Les algorithmes de détection et de génération d'alarmes sont en amélioration continue.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Entre 12h et 6mois selon le type de dégradation		
Efficacité	100%		
Tests	Traçabilité : rapport de service		
Maintenance	Contrôle et entretien des équipements		

Tableau 30 : Fonction de sécurité

7.7 - CONCLUSION DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

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

Nom du scénario exclu	Justification
Incendie de l'éolienne (effets thermiques)	En cas d'incendie de nacelle, et en raison de la hauteur des nacelles, les effets thermiques ressentis au sol seront mineurs. Par exemple, dans le cas d'un incendie de nacelle située à 50 mètres de hauteur, la valeur seuil de 3 kW/m ² n'est pas atteinte. Dans le cas d'un incendie au niveau du mât les effets sont également mineurs et l'arrêté du 26 août 2011 encadre déjà largement la sécurité des installations. Ces effets ne sont donc pas étudiés dans l'étude détaillée des risques. Néanmoins il peut être redouté que des chutes d'éléments (ou des projections) interviennent lors d'un incendie. Ces effets sont étudiés avec les projections et les chutes d'éléments.
Incendie du poste de livraison ou du transformateur	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)
Chute et projection de glace dans les cas particuliers où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0°C	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. Des éléments de preuves doivent être apportés pour identifier les implantations où de telles conditions climatiques sont applicables.
Infiltration d'huile dans le sol	En cas d'infiltration d'huiles dans le sol, les volumes de substances libérées dans le sol restent mineurs. 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.

Tableau 31 : Scénarios exclus

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

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

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

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 de toxique.

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

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

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

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

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

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 – indice [13] en Annexe 6).

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 (cf. indice [13] en Annexe 6 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, selon le *Guide technique pour l'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre de parcs éoliens de l'INERIS* (mai 2012) :

- 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 %

Tableau 32 : Degré d'exposition

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.

L'échelle de gravité des conséquences sur l'homme définie dans l'arrêté PCIG du 29 septembre 2005 est la suivante :

Niveau de gravité	Zone délimitée par le seuil des effets létaux significatifs	Zone délimitée par le seuil des effets létaux	Zone délimitée par le seuil des effets irréversibles sur la vie humaine
H5. Désastreux	Plus de 10 personnes exposées	Plus de 100 personnes exposées	Plus de 1 000 personnes exposées
H4. Catastrophique	Moins de 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées	Entre 100 et 1 000 personnes exposées
H3. Important	Au plus 1 personne exposée	Entre 1 et 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées
H2. Sérieux	Aucune personne exposée	Au plus 1 personne exposée	Moins de 10 personnes exposées
H1. Modéré	Pas de zone de létalité hors établissement		Présence humaine exposée à des effets irréversibles inférieure à « une personne »

Tableau 33 : Echelle de gravité des conséquences sur l'homme

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 34 : Echelle de gravité des conséquences sur l'environnement

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.

Légende de la matrice :

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

8.1.5 - ACCEPTABILITE

Pour chacun des phénomènes dangereux étudiés, l'acceptabilité des accidents potentiels est déterminée en croisant la gravité des conséquences avec la classe de probabilité selon la matrice de criticité ci-dessous, adaptée de la circulaire du 29 septembre 2005 reprise dans la circulaire du 10 mai 2010 :

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

8.2 - CARACTERISATION DES SCENARIOS RETENUS

8.2.1 - EFFONDREMENT DE L'ÉOLIENNE

8.2.1.1 - Zone d'effet

La **zone d'effet de l'effondrement d'une éolienne** correspond à une surface circulaire de rayon égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale, **soit 180 m** dans le cas de la Ferme éolienne de La Grande Plaine.

Cette méthodologie se rapproche de celles utilisées dans la bibliographie (cf. références [5] et [6] en Annexe 6, page 99). 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.

8.2.1.2 - 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 type Vestas V150 – 4,2 MW dans le cas de la Ferme éolienne de La Grande Plaine, avec :

- R est le rayon du rotor (R = 75 m)
- H la hauteur du mât (H = 105 m)
- L la largeur du mât à la base (L = 4,3 m)
- LB la largeur de la base de la pale (LB = 4,2 m)

Effondrement de l'éolienne – Eolienne Vestas V150-4,2 MW (dans un rayon ≤ à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = H \times L + 3 \times R \times LB/2$ $Z_I = 924 \text{ m}^2$	$Z_E = \pi \times (H+R)^2$ $Z_E = 101\,788 \text{ m}^2$	$d = Z_I/Z_E$ $d = 0,91 \%$ (< 1%)	Exposition modérée

Tableau 35 : Intensité du phénomène « Effondrement de l'éolienne » - Eolienne Vestas V150 – 4,2 MW

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

La zone d'impact est de 924 m² et la zone d'effet du phénomène étudié est de 101 788 m² **soit 10,2 ha**.

8.2.1.3 - Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 8.1.3 -, page 65 et paragraphe 8.1.3 -, pages 65 et 66), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène d'effondrement, dans le rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne :

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

Le tableau suivant indique le type d'occupation des sols et le nombre d'équivalent personnes permanentes dans la zone d'effet du phénomène « Effondrement de l'éolienne » :

Eolienne	Occupation du sol	Surface (ha) de la zone d'effet	Calcul du nombre d'équivalent personnes permanentes	Total équivalent personnes permanentes
E1	Zone agricole + Chemin d'exploitation + Chemin d'accès + Plateformes permanentes	10,2 ha	$10,2 \times 1/10 = 1,02$	1,02
E2	Zone agricole + Chemin d'exploitation + Chemin d'accès + Plateformes permanentes	10,2 ha	$10,2 \times 1/10 = 1,02$	1,02
E3	Zone agricole + Chemin d'accès + Plateformes permanentes	10,2 ha	$10,2 \times 1/10 = 1,02$	1,02
E4	Zone agricole + Chemin d'exploitation + Chemin d'accès + Plateformes permanentes	10,2 ha	$10,2 \times 1/10 = 1,02$	1,02
E5	Zone agricole + Chemin d'exploitation + Chemin d'accès + Plateformes permanentes	10,2 ha	$10,2 \times 1/10 = 1,02$	1,02
E6	Zone agricole + Chemin d'accès + Plateformes permanentes	10,2 ha	$10,2 \times 1/10 = 1,02$	1,02
E7	Zone agricole + Chemin d'exploitation + Chemin d'accès + Plateformes permanentes	10,2 ha	$10,2 \times 1/10 = 1,02$	1,02
E8	Zone agricole + Chemin d'exploitation + Chemin d'accès + Plateformes permanentes	10,2 ha	$10,2 \times 1/10 = 1,02$	1,02
E9	Zone agricole + Chemin d'exploitation + Chemin d'accès + Plateformes permanentes	10,2 ha	$10,2 \times 1/10 = 1,02$	1,02

* 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.

Tableau 36 : Calcul du nombre d'équivalent personnes permanentes dans la zone d'effet « Effondrement de l'éolienne »

Rappel de la méthode de comptage des enjeux humains :

- Zone agricole (terrains non aménagés et très peu fréquentés) : 1 personne par tranche de 100 ha ;
- Chemin d'exploitation (terrains aménagés mais peu fréquentés) : 1 personne par tranche de 10 ha ;
- Chemin d'exploitation et chemin d'accès (terrains aménagés mais peu fréquentés) : 1 personne par tranche de 10 ha ;
- Plateformes permanentes (terrains aménagés mais peu fréquentés) : 1 personne par tranche de 10 ha.

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

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon \leq à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)*	Gravité
E1	1,02	Sérieux
E2	1,02	Sérieux
E3	1,02	Sérieux
E4	1,02	Sérieux
E5	1,02	Sérieux
E6	1,02	Sérieux
E7	1,02	Sérieux
E8	1,02	Sérieux
E9	1,02	Sérieux

Tableau 37 : Gravité du phénomène « Effondrement de l'éolienne »

La gravité du phénomène « Effondrement de l'éolienne » est qualifiée de « Sérieux » pour l'ensemble des éoliennes de La Grande plaine.

8.2.1.4 - 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.

Tableau 38 : Probabilité du phénomène « Effondrement de l'éolienne »

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'expérience⁴, 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 ».

⁴ 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.

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

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

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

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 ».

8.2.1.5 - Acceptabilité

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

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon \leq à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Sérieux	Acceptable
E2	Sérieux	Acceptable
E3	Sérieux	Acceptable
E4	Sérieux	Acceptable
E5	Sérieux	Acceptable
E6	Sérieux	Acceptable
E7	Sérieux	Acceptable
E8	Sérieux	Acceptable
E9	Sérieux	Acceptable

Tableau 39 : Acceptabilité du phénomène « Effondrement de l'éolienne »

Ainsi, pour la Ferme éolienne de La Grande Plaine, le phénomène d'effondrement des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

8.2.2 - CHUTE DE GLACE

8.2.2.1 - 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 (cf. référence [15] en Annexe 6), 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.

8.2.2.2 - Zone d'effet

Le risque de chute de glace est cantonné à la zone de survol des pales, soit un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor autour du mât de l'éolienne. Pour la Ferme éolienne de La Grande Plaine, la **zone d'effet est donc un disque de rayon de 75 m** autour des éoliennes.

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

8.2.2.3 - 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-contre permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute de glace pour l'éolienne type Vestas V150 – 4,2 MW dans le cas de la Ferme éolienne de La Grande Plaine, avec :

- d : le degré d'exposition
- ZI est la zone d'impact
- ZE est la zone d'effet
- R est le rayon du rotor (R= 75 m)
- SG est la surface du morceau de glace majorant (SG= 1 m²)

Chute de glace – Vestas V150-4,2 MW (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = 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
ZI = SG ZI = 1 m ²	Z _E = π x (R) ² Z _E = 17 671 m ²	D = Z _I /Z _E d = 0,01 (< 1 %)	Exposition modérée

Tableau 40 : Intensité du phénomène « Chute de glace » - Eolienne Vestas V150-4,2 MW

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

Pour l'éolienne Vestas V150, la zone d'impact est de 1 m² et la zone d'effet du phénomène étudié est de 17 671 m² soit **1,8 ha**.

8.2.2.4 - Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 8.1.3 -, page 65 et paragraphe 8.1.3 -, pages 65 et 66), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute de glace, dans la zone de survol de l'éolienne :

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

Le tableau suivant indique le type d'occupation des sols et le nombre d'équivalent personnes permanentes dans la zone d'effet du phénomène « Chute de glace » :

Eolienne	Occupation du sol	Surface (ha) de la zone d'effet	Calcul du nombre d'équivalent personnes permanentes	Total équivalent personnes permanentes
E1	Zone agricole + Chemin d'exploitation + Chemin d'accès + Plateformes permanentes	1,8 ha	1,8 x 1/10 = 0,18	0,18
E2	Zone agricole + Chemin d'exploitation + Chemin d'accès + Plateformes permanentes	1,8 ha	1,8 x 1/10 = 0,18	0,18
E3	Zone agricole + Chemin d'accès + Plateformes permanentes	1,8 ha	1,8 x 1/10 = 0,18	0,18
E4	Zone agricole + Chemin d'exploitation + Chemin d'accès + Plateformes permanentes	1,8 ha	1,8 x 1/10 = 0,18	0,18
E5	Zone agricole + Chemin d'exploitation + Chemin d'accès + Plateformes permanentes	1,8 ha	1,8 x 1/10 = 0,18	0,18
E6	Zone agricole + Chemin d'accès + Plateformes permanentes	1,8 ha	1,8 x 1/10 = 0,18	0,18

Eolienne	Occupation du sol	Surface (ha) de la zone d'effet	Calcul du nombre d'équivalent personnes permanentes	Total équivalent personnes permanentes
E7	Zone agricole + Chemin d'exploitation + Chemin d'accès + Plateformes permanentes	1,8 ha	1,8 x 1/10 = 0,18	0,18
E8	Zone agricole + Chemin d'accès + Plateformes permanentes	1,8 ha	1,8 x 1/10 = 0,18	0,18
E9	Zone agricole + Chemin d'accès + Plateformes permanentes	1,8 ha	1,8 x 1/10 = 0,18	0,18

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

Tableau 41 : Calcul du nombre d'équivalent personnes permanentes dans la zone d'effet « Chute de glace »

Rappel de la méthode de comptage des enjeux humains :

- Zone agricole (terrains non aménagés et très peu fréquentés) : 1 personne par tranche de 100 ha ;
- Chemin d'exploitation (terrains aménagés mais peu fréquentés) : 1 personne par tranche de 10 ha ;
- Chemin d'exploitation et chemin d'accès (terrains aménagés mais peu fréquentés) : 1 personne par tranche de 10 ha ;
- Plateformes permanentes (terrains aménagés mais peu fréquentés) : 1 personne par tranche de 10 ha.

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

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	0,18	Modéré
E2	0,18	Modéré
E3	0,18	Modéré
E4	0,18	Modéré
E5	0,18	Modéré
E6	0,18	Modéré
E7	0,18	Modéré
E8	0,18	Modéré
E9	0,18	Modéré

Tableau 42 : Gravité du phénomène « Chute de glace »

La gravité du phénomène « Chute de glace » est qualifiée de « Modéré » pour l'ensemble de la Ferme éolienne de la Grande plaine.

8.2.2.5 - Probabilité

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

8.2.2.6 - Acceptabilité

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

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Modéré	Acceptable
E2	Modéré	Acceptable
E3	Modéré	Acceptable
E4	Modéré	Acceptable
E5	Modéré	Acceptable
E6	Modéré	Acceptable
E7	Modéré	Acceptable
E8	Modéré	Acceptable
E9	Modéré	Acceptable

Tableau 43 : Acceptabilité du phénomène « Chute de glace »

Ainsi, pour la Ferme éolienne de La Grande Plaine, le phénomène de chute de glace des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

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

8.2.3 - CHUTE D'ÉLÉMENTS DES EOLIENNES

8.2.3.1 - Zone d'effet

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

Le risque de chute d'éléments est cantonné à la zone de survol des pales, c'est-à-dire une zone d'effet correspondant à un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor soit 75 m pour l'éolienne Vestas V150 - 4,2 MW.

8.2.3.2 - 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 type Vestas V150 dans le cas de la Ferme éolienne de La Grande Plaine, avec :

- d : le degré d'exposition
- Z_i : la zone d'impact
- Z_E : la zone d'effet
- R : le rayon du rotor (R=75m)
- R_p : la longueur de pale ($R_p=73,66$ m)
- LB : la largeur de la base de la pale (LB= 4,2 m)

Chute d'éléments de l'éolienne – Vestas V150 - 4,2 MW (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = 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
$Z_i = R_p * LB / 2$ $Z_i = 155$ m ²	$Z_E = \pi * (R)^2$ $Z_E = 17\ 671$ m ²	$d = Z_i / Z_E$ $d = 0,88$ % (< 1 %)	Exposition modérée

Tableau 44 : Intensité du phénomène « Chute d'éléments de l'éolienne » - Eolienne Vestas V150 - 4,2 MW

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

Pour l'éolienne Vestas V150, la zone d'impact est de 155 m² et la zone d'effet du phénomène étudié est de 17 671 m² soit 1,8 ha.

8.2.3.3 - Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 8.1.2 -, page 65 et paragraphe 8.1.3 -, pages 65 et 66), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute d'éléments, dans la zone de survol de l'éolienne (le phénomène de chute d'éléments engendrant une zone d'exposition modérée) :

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

Le tableau suivant indique le type d'occupation des sols et le nombre d'équivalent personnes permanentes dans la zone d'effet du phénomène « Chute d'éléments de l'éolienne » :

Eolienne	Occupation du sol	Surface (ha) de la zone d'effet	Calcul du nombre d'équivalent personnes permanentes	Total équivalent personnes permanentes
E1	Zone agricole + Chemin d'exploitation + Chemin d'accès + Plateformes permanentes	1,8 ha	$1,8 \times 1/10 = 0,18$	0,18
E2	Zone agricole + Chemin d'exploitation + Chemin d'accès + Plateformes permanentes	1,8 ha	$1,8 \times 1/10 = 0,18$	0,18
E3	Zone agricole + Chemin d'accès + Plateformes permanentes	1,8 ha	$1,8 \times 1/10 = 0,18$	0,18
E4	Zone agricole + Chemin d'exploitation + Chemin d'accès + Plateformes permanentes	1,8 ha	$1,8 \times 1/10 = 0,18$	0,18
E5	Zone agricole + Chemin d'exploitation + Chemin d'accès + Plateformes permanentes	1,8 ha	$1,8 \times 1/10 = 0,18$	0,18
E6	Zone agricole + Chemin d'accès + Plateformes permanentes	1,8 ha	$1,8 \times 1/10 = 0,18$	0,18
E7	Zone agricole + Chemin d'exploitation + Chemin d'accès + Plateformes permanentes	1,8 ha	$1,8 \times 1/10 = 0,18$	0,18
E8	Zone agricole + Chemin d'accès + Plateformes permanentes	1,8 ha	$1,8 \times 1/10 = 0,18$	0,18
E9	Zone agricole + Chemin d'accès + Plateformes permanentes	1,8 ha	$1,8 \times 1/10 = 0,18$	0,18

* 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.

Tableau 45 : Calcul du nombre d'équivalent personnes permanentes dans la zone d'effet « Chute d'éléments de l'éolienne »

Rappel de la méthode de comptage des enjeux humains :

- Zone agricole (terrains non aménagés et très peu fréquentés) : 1 personne par tranche de 100 ha ;
- Chemin d'exploitation (terrains aménagés mais peu fréquentés) : 1 personne par tranche de 10 ha ;
- Chemin d'exploitation et chemin d'accès (terrains aménagés mais peu fréquentés) : 1 personne par tranche de 10 ha ;
- Plateformes permanentes (terrains aménagés mais peu fréquentés) : 1 personne par tranche de 10 ha.

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

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	0,18	Modéré
E2	0,18	Modéré
E3	0,18	Modéré
E4	0,18	Modéré
E5	0,18	Modéré
E6	0,18	Modéré
E7	0,18	Modéré
E8	0,18	Modéré
E9	0,18	Modéré

Tableau 46 : Gravité du phénomène « Chute d'éléments de l'éolienne »

La gravité du phénomène « Chute d'éléments de l'éolienne » est qualifiée de « Modéré » pour la Ferme éolienne de la Grande Plaine.

8.2.3.4 - Probabilité

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

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} événements 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.

8.2.3.5 - Acceptabilité

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

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Modéré	Acceptable
E2	Modéré	Acceptable
E3	Modéré	Acceptable
E4	Modéré	Acceptable
E5	Modéré	Acceptable
E6	Modéré	Acceptable
E7	Modéré	Acceptable
E8	Modéré	Acceptable
E9	Modéré	Acceptable

Tableau 47 : Acceptabilité du phénomène « Chute d'éléments de l'éolienne »

Ainsi, pour la Ferme éolienne de La Grande Plaine, le phénomène de chute d'éléments des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

8.2.4 - PROJECTION DE PALES OU DE FRAGMENTS DE PALES

8.2.4.1 - 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 fragments de pale est de 380 m 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 (cf. référence [3] en Annexe 6.

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

Sur la base de ces éléments et de façon conservatrice, une **distance d'effet de 500 m** 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.

8.2.4.2 - Intensité

Pour le phénomène de projection de pale ou de fragments 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 de pale ou de fragments de pale de l'éolienne Vestas V150 - 4,2 MW dans le cas de la Ferme éolienne de La Grande Plaine avec :

- d : est le degré d'exposition
- Z_i : la zone d'impact
- ZE : la zone d'effet
- R : le rayon du rotor (R = 75 m)
- LB : la largeur de la base de la pale (LB = 4,2 m)

Projection de pale ou de fragments de pale – VESTAS V150 – 4,2 MW (zone de 500 m autour de chaque éolienne)			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_i = R \times LB/2$ $Z_i = 158 \text{ m}^2$	$Z_E = \pi \times 500^2$ $Z_E = 785\,398 \text{ m}^2$	$d = (Z_i / Z_E)$ $d = 2,00 \cdot 10^{-2}$ (< 1 %)	Exposition modérée

Tableau 48 : Intensité du phénomène « Projection de pale ou de fragments de pale » - Eolienne Vestas V150 - 4,2 MW

Pour l'éolienne Vestas V150, la zone d'impact est donc de 158 m² et la zone d'effet du phénomène étudié est de 785 398 m² soit 78,5 ha.

8.2.4.3 - Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues du paragraphe 8.1.3 -, page 66, 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 le type d'occupation des sols et le nombre d'équivalent personnes permanentes dans la zone d'effet du phénomène « Projection de pale ou de fragments de pale » :

Eolienne	Occupation du sol	Surface (ha) de la zone d'effet	Calcul du nombre d'équivalent personnes permanentes	Total équivalent personnes permanentes
E1	Zone agricole + Boisement + Chemin d'exploitation + Chemin d'accès + Plateformes permanentes	78,5 ha	$78,5 \times 1/10 = 7,85$	7,85
E2	Zone agricole + Chemin d'exploitation + Chemin d'accès + Plateformes permanentes	78,5 ha	$78,5 \times 1/10 = 7,85$	7,85
E3	Zone agricole + Boisement + Chemin d'accès + Plateformes permanentes + RD 205	78,5 ha	$78,5 \times 1/10 = 7,85$	7,85
E4	Zone agricole + Boisement + Chemin d'exploitation + Chemin d'accès + Plateformes permanentes + RC n°1	78,5 ha	$78,5 \times 1/10 = 7,85$	7,85
E5	Zone agricole + Boisement + Chemin d'exploitation + Chemin d'accès + Plateformes permanentes + RC n°1	78,5 ha	$78,5 \times 1/10 = 7,85$	7,85
E6	Zone agricole + Boisement + Chemin d'exploitation + Chemin d'accès + Plateformes permanentes + RC n°1	78,5 ha	$78,5 \times 1/10 = 7,85$	7,85
E7	Zone agricole + Boisement + Chemin d'exploitation + Chemin d'accès + Plateformes permanentes	78,5 ha	$78,5 \times 1/10 = 7,85$	7,85
E8	Zone agricole + Chemin d'exploitation + Chemin d'accès + Plateformes permanentes	78,5 ha	$78,5 \times 1/10 = 7,85$	7,85
E9	Zone agricole + Chemin d'exploitation + Chemin d'accès + Plateformes permanentes + RC n°1 + RD 53	78,5 ha	$78,5 \times 1/10 = 7,85$	7,85

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

Tableau 49 : Calcul du nombre d'équivalent personnes permanentes dans la zone d'effet « Projection de pale ou de fragments de pale »

Rappel de la méthode de comptage des enjeux humains :

- Zone agricole (terrains non aménagés et très peu fréquentés) : 1 personne par tranche de 100 ha ;
- Boisement (terrains non aménagés et très peu fréquentés) : 1 personne par tranche de 100 ha ;
- Chemin d'exploitation (terrains aménagés mais peu fréquentés) : 1 personne par tranche de 10 ha ;
- Chemin d'exploitation et chemin d'accès (terrains aménagés mais peu fréquentés) : 1 personne par tranche de 10 ha ;
- Plateformes permanentes (terrains aménagés mais peu fréquentés) : 1 personne par tranche de 10 ha ;
- Route communale (terrains aménagés mais peu fréquentés) : 1 personne par tranche de 10 ha ;
- Route départementale < 2000 véhicules/jour (voies de circulation non structurantes) : 1 personne par tranche de 10 ha.

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

Projection de pale ou de fragments de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	7,85	Sérieux
E2	7,85	Sérieux
E3	7,85	Sérieux
E4	7,85	Sérieux
E5	7,85	Sérieux
E6	7,85	Sérieux
E7	7,85	Sérieux
E8	7,85	Sérieux
E9	7,85	Sérieux

Tableau 50 : Gravité du phénomène « Projection de pale ou de fragments de pale »

La gravité du phénomène « Projection de pale ou de fragments de pale » est qualifiée de « Sérieux » pour toutes les éoliennes.

8.2.4.4 - 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 x 10 ⁻⁶	Respect de l'Eurocode EN 1990 – Basis of structural design
Guide for risk based zoning of wind turbines [5]	1, 1 x 10 ⁻³	Retour d'expérience au Danemark (1984-1992) et en Allemagne (1989-2001)
Specification of minimum distances [6]	6,1 x 10 ⁻⁴	Recherche Internet des accidents entre 1996 et 2003

Tableau 51 : Probabilité du phénomène « Projection de pale ou de fragments de pale »

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 x 10⁻⁴ événements 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.

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 ;
- le système de détection des survitesses et un système redondant de freinage ;
- le 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 ;
- l'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* ».

8.2.4.5 - Acceptabilité

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

Projection de pale ou de fragments de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Sérieux	Acceptable
E2	Sérieux	Acceptable
E3	Sérieux	Acceptable
E4	Sérieux	Acceptable
E5	Sérieux	Acceptable
E6	Sérieux	Acceptable
E7	Sérieux	Acceptable
E8	Sérieux	Acceptable
E9	Sérieux	Acceptable

Tableau 52 : Acceptabilité du phénomène « Projection de pale ou de fragments de pale »

Ainsi, pour la Ferme éolienne de La Grande Plaine, le phénomène de projection de tout ou partie de pales des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

8.2.5 - PROJECTION DE GLACE

8.2.5.1 - 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] en Annexe 6 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 :

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

Soit : **382,5 m pour l'éolienne Vestas V150**

Cette distance de projection est jugée conservatrice dans des études postérieures (cf. référence [17] en Annexe 6). 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.

8.2.5.2 - 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 de la Ferme éolienne de La Grande Plaine :

- d : le degré d'exposition
- Z_i : la zone d'impact
- Z_E : la zone d'effet
- R : le rayon du rotor (R = 75 m)
- H : la hauteur au moyeu (H = 105 m)
- SG : la surface majorante d'un morceau de glace

Projection de morceaux de glace – VESTAS V150 – 4,2 MW (dans un rayon de R _{PG} = 1,5 x (H+D) autour de l'éolienne)			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
Z _i = SG Z _i = 1 m ²	Z _E = π x (1,5*(H _{moyeu} +2xR)) ² Z _E = 459 635 m ²	d = (Z _i / Z _E) d = 2,2.10 ⁻⁴ (< 1 %)	Exposition modérée

Tableau 53 : Intensité du phénomène « Projection de morceaux de glace » - Eolienne Vestas V150 – 4,2 MW

La zone d'impact est donc de 1 m² et la zone d'effet du phénomène étudié est de 459 635 m² soit **46,0 ha** pour l'éolienne Vestas V150.

8.2.5.3 - Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues des paragraphes 8.1.2 - , page 65 et paragraphe 8.1.3 - , pages 65 et 66, 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 (cf. référence [17] en Annexe 6) qu'en cas de projection, les morceaux de glace se cassent en petits fragments dès qu'ils se détachent de la pale. La possibilité de l'impact de glace sur des personnes abritées par un bâtiment ou un véhicule est donc négligeable et ces personnes ne doivent pas être comptabilisées pour le calcul de la gravité.

Le tableau suivant indique le type d'occupation des sols et le nombre d'équivalent personnes permanentes dans la zone d'effet du phénomène « Projection de glace ».

Eolienne	Occupation du sol	Surface (ha) de la zone d'effet	Calcul du nombre d'équivalent personnes permanentes	Total équivalent personnes permanentes
E1	Zone agricole + Boisement + Chemin d'exploitation + Chemin d'accès + Plateformes permanentes	46 ha	46 x 1/10 =4,6	4,6
E2	Zone agricole + Chemin d'exploitation + Chemin d'accès + Plateformes permanentes	46 ha	46 x 1/10 =4,6	4,6
E3	Zone agricole + Chemin d'accès + Plateformes permanentes + RD 205	46 ha	46 x 1/10 =4,6	4,6
E4	Zone agricole + Boisement + Chemin d'exploitation + Chemin d'accès + Plateformes permanentes + RC n°1	46 ha	46 x 1/10 =4,6	4,6
E5	Zone agricole + Boisement + Chemin d'exploitation + Chemin d'accès + Plateformes permanentes + RC n°1	46 ha	46 x 1/10 =4,6	4,6
E6	Zone agricole + Boisement + Chemin d'exploitation + Chemin d'accès + Plateformes permanentes + RC n°1	46 ha	46 x 1/10 =4,6	4,6
E7	Zone agricole + Boisement + Chemin d'exploitation + Chemin d'accès + Plateformes permanentes	46 ha	46 x 1/10 =4,6	4,6
E8	Zone agricole + Chemin d'exploitation + Chemin d'accès + Plateformes permanentes	46 ha	46 x 1/10 =4,6	4,6
E9	Zone agricole + Chemin d'exploitation + Chemin d'accès + Plateformes permanentes	46 ha	46 x 1/10 =4,6	4,6

Tableau 54 : Calcul du nombre d'équivalent personnes permanentes dans la zone d'effet « Projection de glace »

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

Rappel de la méthode de comptage des enjeux humains :

- Zone agricole (terrains non aménagés et très peu fréquentés) : 1 personne par tranche de 100 ha ;
- Boisement (terrains non aménagés et très peu fréquentés) : 1 personne par tranche de 100 ha ;
- Chemin d'exploitation (terrains aménagés mais peu fréquentés) : 1 personne par tranche de 10 ha ;
- Chemin d'exploitation et chemin d'accès (terrains aménagés mais peu fréquentés) : 1 personne par tranche de 10 ha ;
- Plateformes permanentes (terrains aménagés mais peu fréquentés) : 1 personne par tranche de 10 ha ;
- Route communale (terrains aménagés mais peu fréquentés) : 1 personne par tranche de 10 ha ;
- Route départementale < 2000 véhicules/jour (voies de circulation non structurantes) : 1 personne par tranche de 10 ha.

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

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de $R_{PG} = 1,5 \times (H+D)$ autour de l'éolienne)		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	4,6	Sérieux
E2	4,6	Sérieux
E3	4,6	Sérieux
E4	4,6	Sérieux
E5	4,6	Sérieux
E6	4,6	Sérieux
E7	4,6	Sérieux
E8	4,6	Sérieux
E9	4,6	Sérieux

Tableau 55 : Gravité du phénomène « Projections de morceaux de glace »

La gravité du phénomène « Projection de morceaux de glace » est qualifiée de « Sérieux » pour la Ferme éolienne de la Grande Plaine.

8.2.5.4 - Probabilité

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

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

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

8.2.5.5 - Acceptabilité

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

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de $R_{PG} = 1,5 \times (H+D)$ autour de l'éolienne)			
Eolienne	Gravité	Présence de système d'arrêt en cas de détection ou déduction de glace et de procédure de redémarrage	Niveau de risque
E1	Sérieux	Oui	Acceptable
E2	Sérieux	Oui	Acceptable
E3	Sérieux	Oui	Acceptable
E4	Sérieux	Oui	Acceptable
E5	Sérieux	Oui	Acceptable
E6	Sérieux	Oui	Acceptable
E7	Sérieux	Oui	Acceptable
E8	Sérieux	Oui	Acceptable
E9	Sérieux	Oui	Acceptable

Tableau 56 : Acceptabilité du phénomène « Projection de morceaux de glace »

Ainsi, pour la Ferme éolienne de La Grande Plaine, le phénomène de projection de glace constitue un risque acceptable pour les personnes.

L'éolienne retenue permettra de détecter ou de déduire la présence de givre sur les pales et d'arrêter la machine. Des panneaux type "Attention, chute de glace" seront mis en place sur le chemin d'accès de chaque éolienne pour prévenir du danger.

8.3 - SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE DÉTAILLÉE DES RISQUES

8.3.1 - TABLEAUX DE SYNTHÈSE DES SCÉNARIOS ÉTUDIÉS

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

Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité	Acceptabilité
Effondrement de l'éolienne	Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale	Rapide	Exposition modérée	D (pour des éoliennes récentes)	Sérieux pour toutes les éoliennes	Acceptable
Chute de glace	Zone de survol	Rapide	Exposition modérée	A sauf si les températures hivernales sont supérieures à 0°C	Modéré pour toutes les éoliennes	Acceptable
Chute d'élément de l'éolienne	Zone de survol	Rapide	Exposition modéré	C	Modéré pour toutes les éoliennes	Acceptable
Projection de pales ou fragments de pales	500 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	D (pour des éoliennes récentes)	Sérieux pour toutes les éoliennes	Acceptable
Projection de glace	1,5 x (H + 2R) autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	B sauf si les températures hivernales sont supérieures à 0°C	Sérieux pour toutes les éoliennes	Acceptable

Tableau 57 : Synthèse des scénarios étudiés

8.3.2 - SYNTHÈSE DE L'ACCEPTABILITÉ DES RISQUES

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

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

GRAVITÉ des Conséquences	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux		Eff PrP		PrG	
Modéré			ChE		ChG

Légende de la matrice :

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

Eff : Effondrement de l'éolienne
ChG : Chute de glace
ChE : Chute d'éléments de l'éolienne
PrP : Projection de pale ou fragments de pale
PrG : Projection de glace

Au regard de la matrice ainsi complétée, aucun accident n'apparaît dans les cases rouges. Tous les accidents figurent en case verte ou jaune, c'est-à-dire que le risque d'accidents présente un niveau acceptable.

Pour les scénarios « Effondrement de l'éolienne », « Chute d'éléments de l'éolienne », « Projection de pale ou fragments de pale », pour l'ensemble des éoliennes, le risque est très faible. Pour les scénarios « Chute de glace » et « Projection de glace » le risque apparaît en jaune dans la matrice de criticité : le risque est faible.

Ces scénarios d'accident doivent faire l'objet d'une démarche d'amélioration continue en vue d'atteindre, dans des conditions économiquement acceptables, un niveau de risque aussi bas que possible.

Ainsi, l'éolienne retenue permettra de détecter ou de déduire la présence de givre sur les pales et d'arrêter la machine.

Les cartes de synthèse ci-après présentent les zones d'effets les plus importants pour les cinq phénomènes étudiés (Effondrement de l'éolienne, Chute de glace, Chute d'éléments de l'éolienne, Projection de pale ou fragments de pale, Projection de glace).

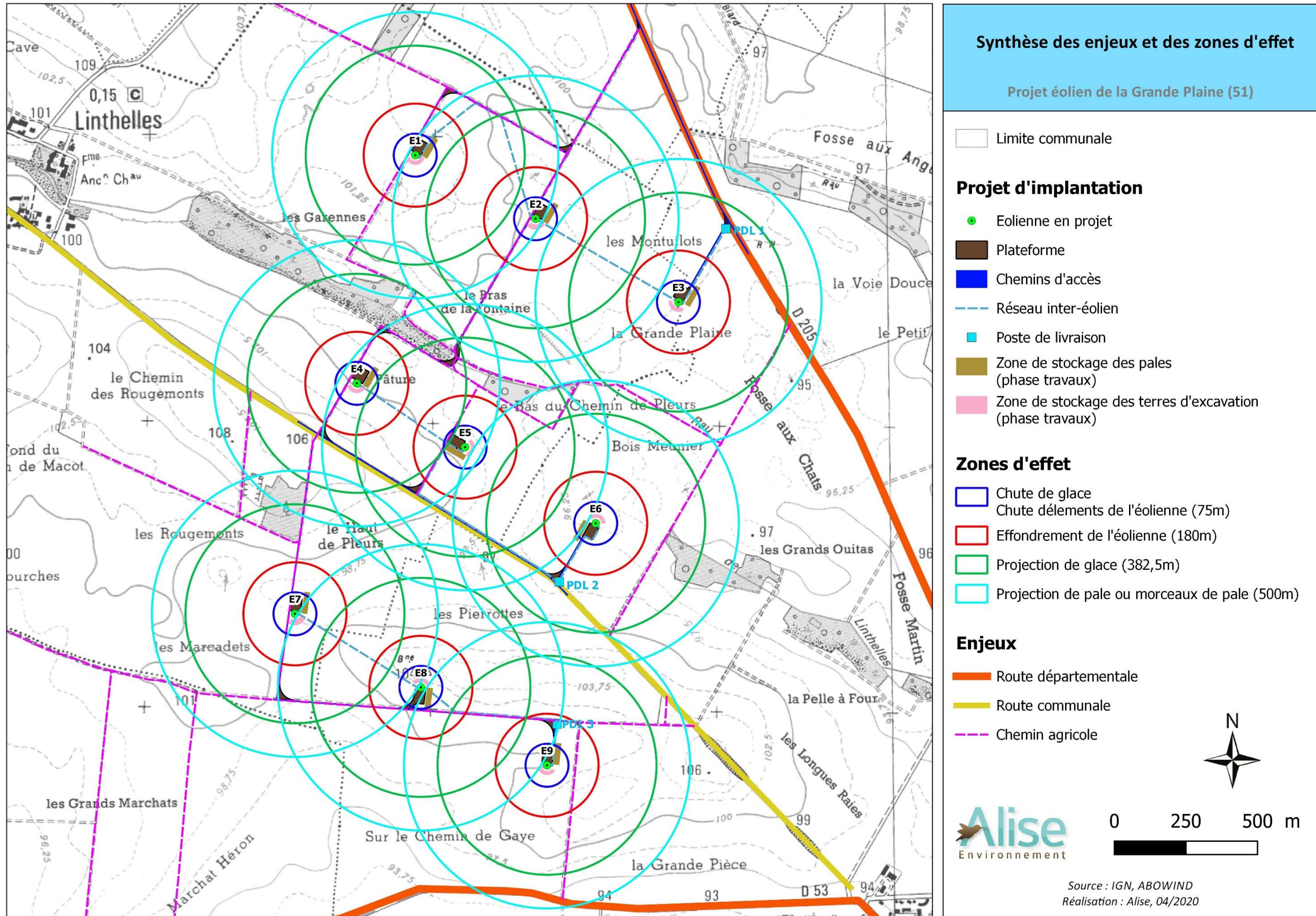


Figure 31 : Carte de synthèse des enjeux et des zones d'effet du projet de la Ferme éolienne de La Grande Plaine

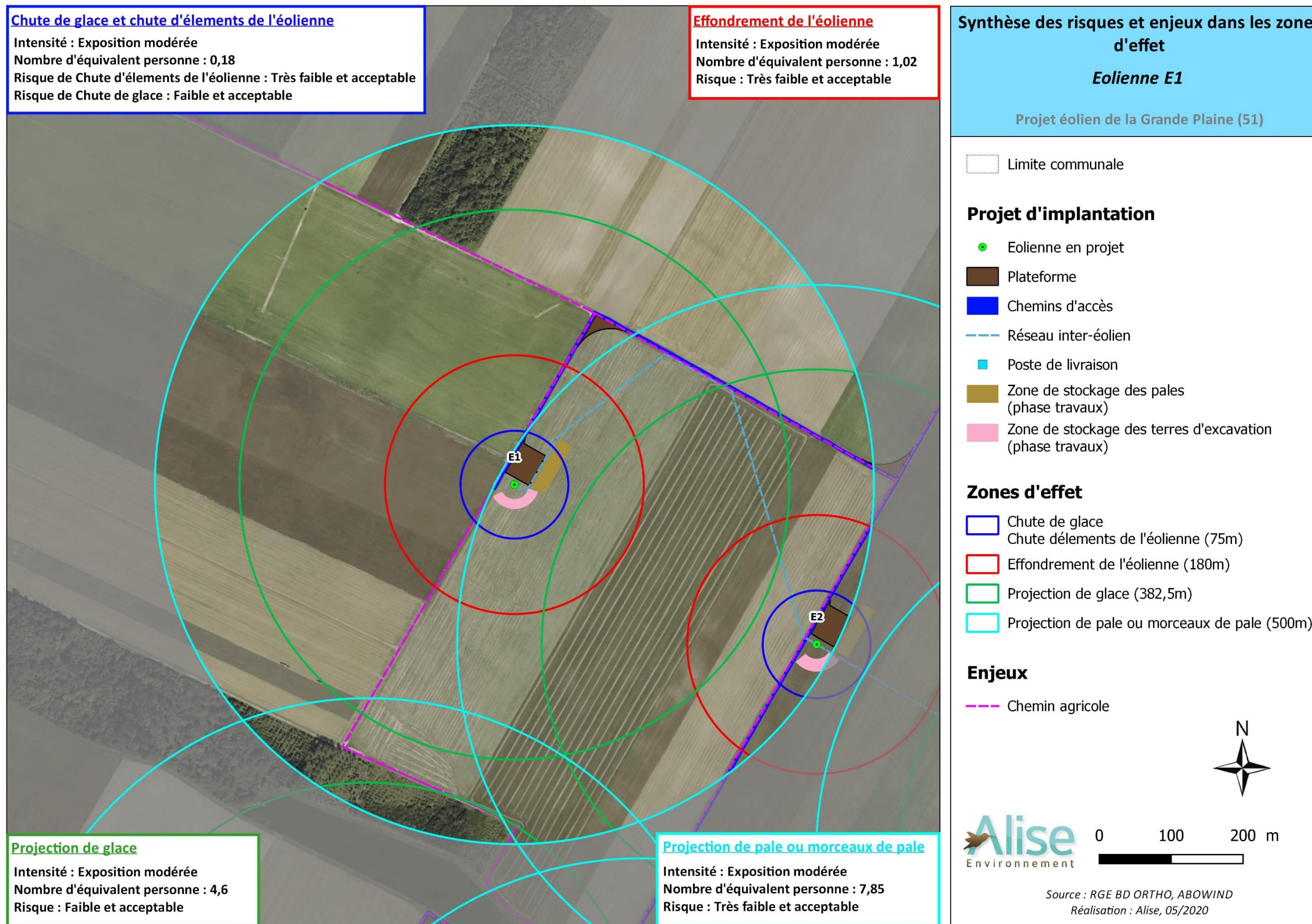


Figure 32 : Carte de synthèse des risques et enjeux dans les zones d'effet pour l'éolienne E1 du projet de la Ferme éolienne de La Grande Plaine

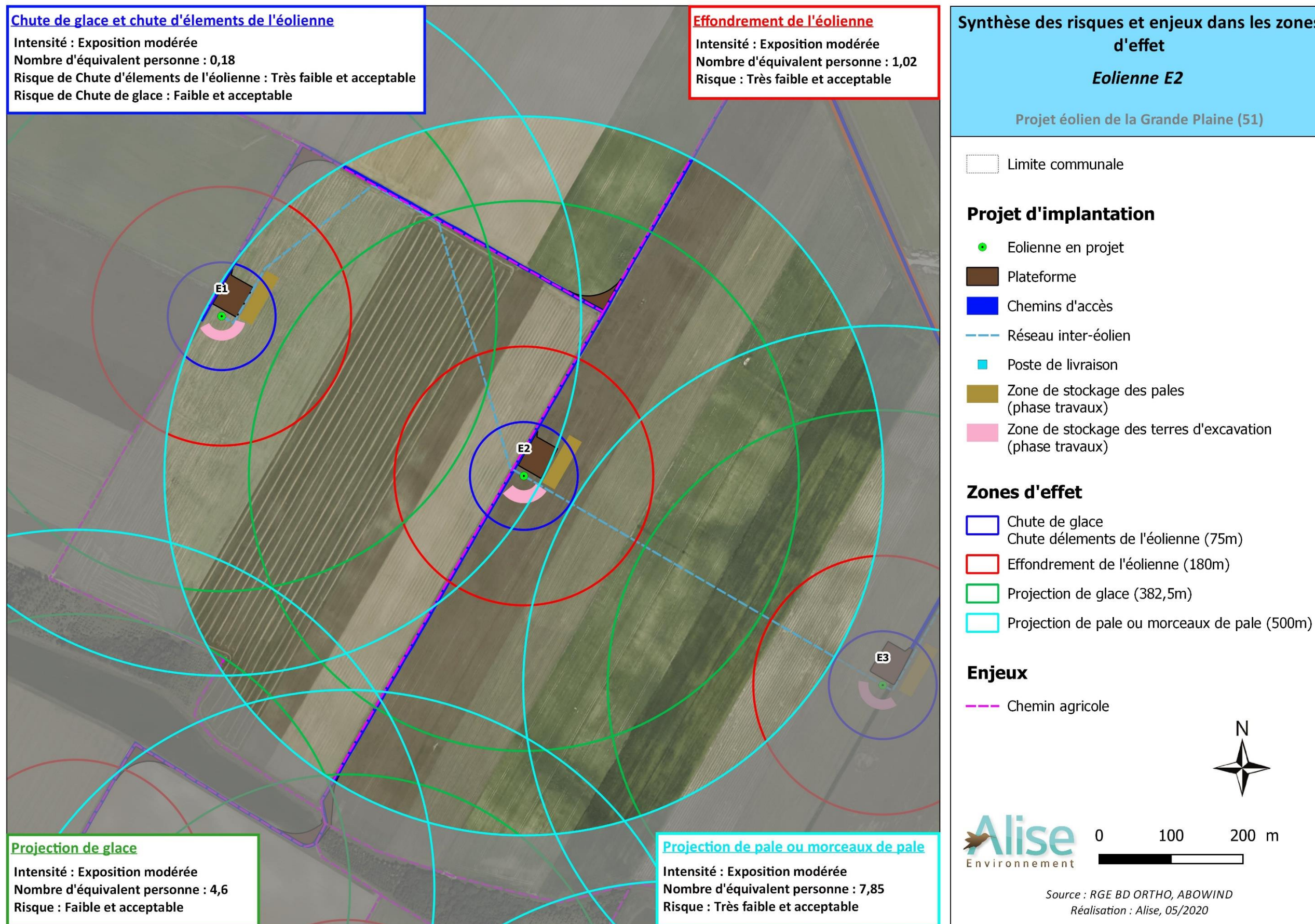


Figure 33 : Carte de synthèse des risques et enjeux dans les zones d'effet pour l'éolienne E2 du projet de la Ferme éolienne de La Grande Plaine

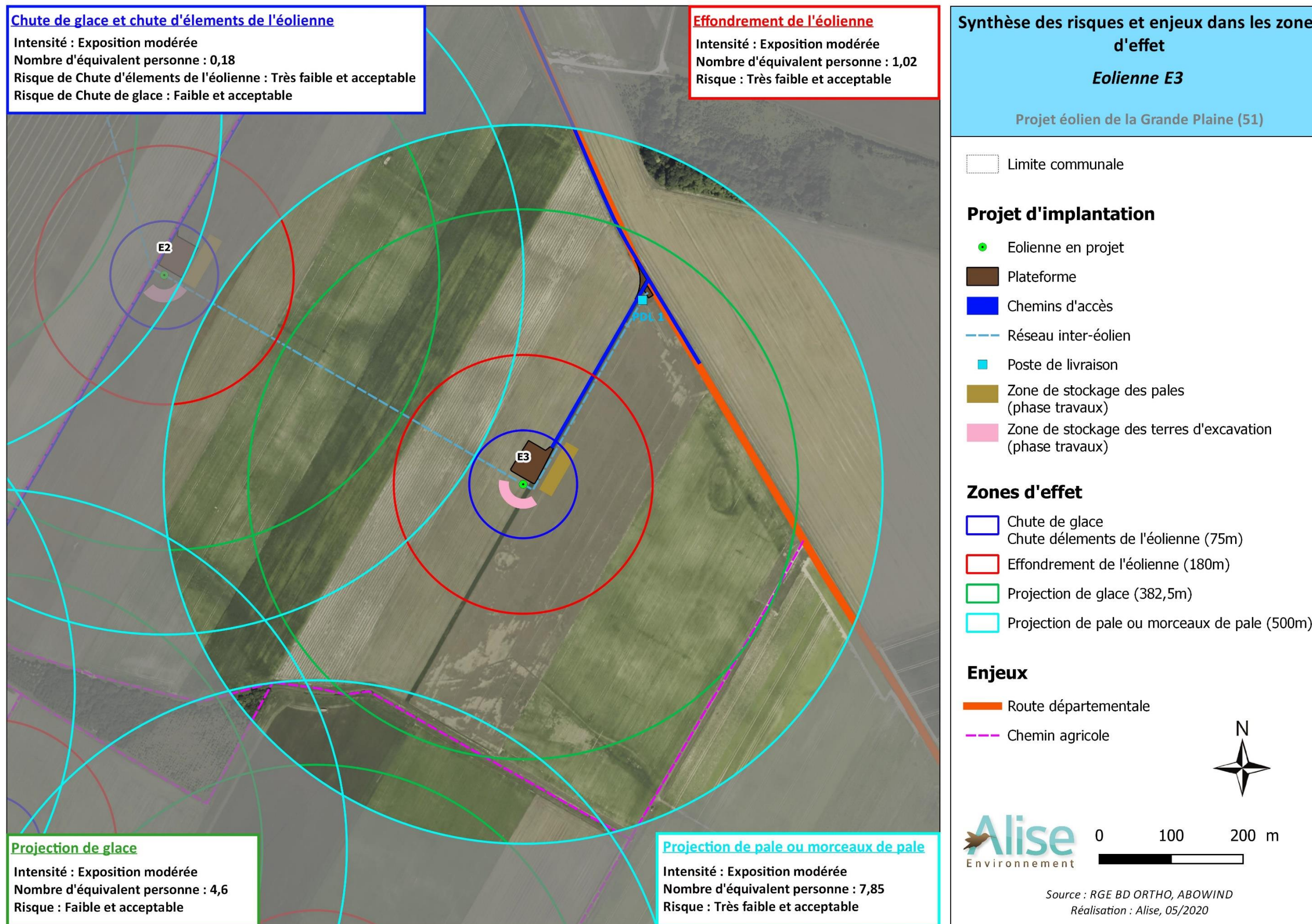


Figure 34 : Carte de synthèse des risques et enjeux dans les zones d'effet pour l'éolienne E3 du projet de la Ferme éolienne de La Grande Plaine

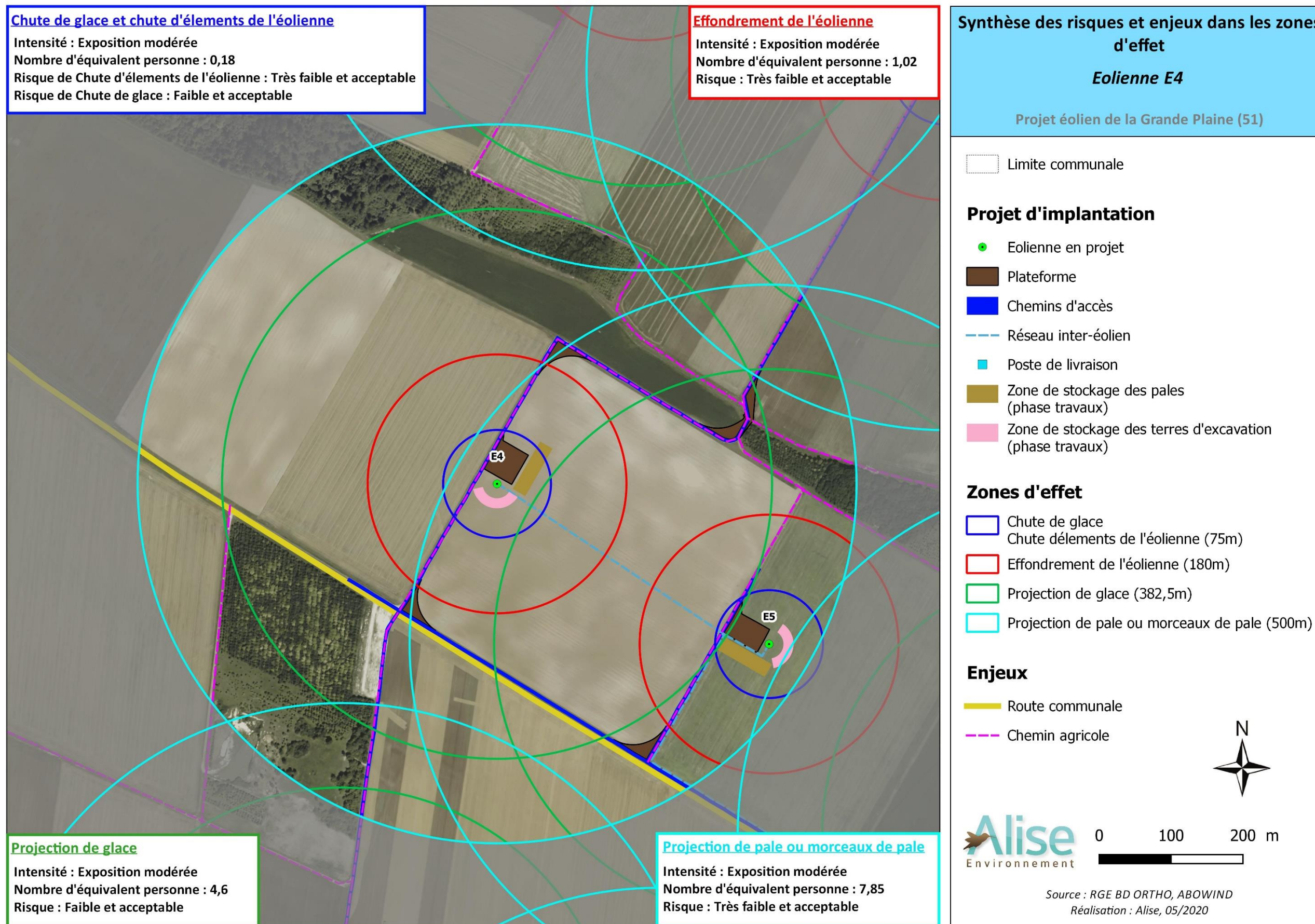


Figure 35 : Carte de synthèse des risques et enjeux dans les zones d'effet pour l'éolienne E4 du projet de la Ferme éolienne de La Grande Plaine

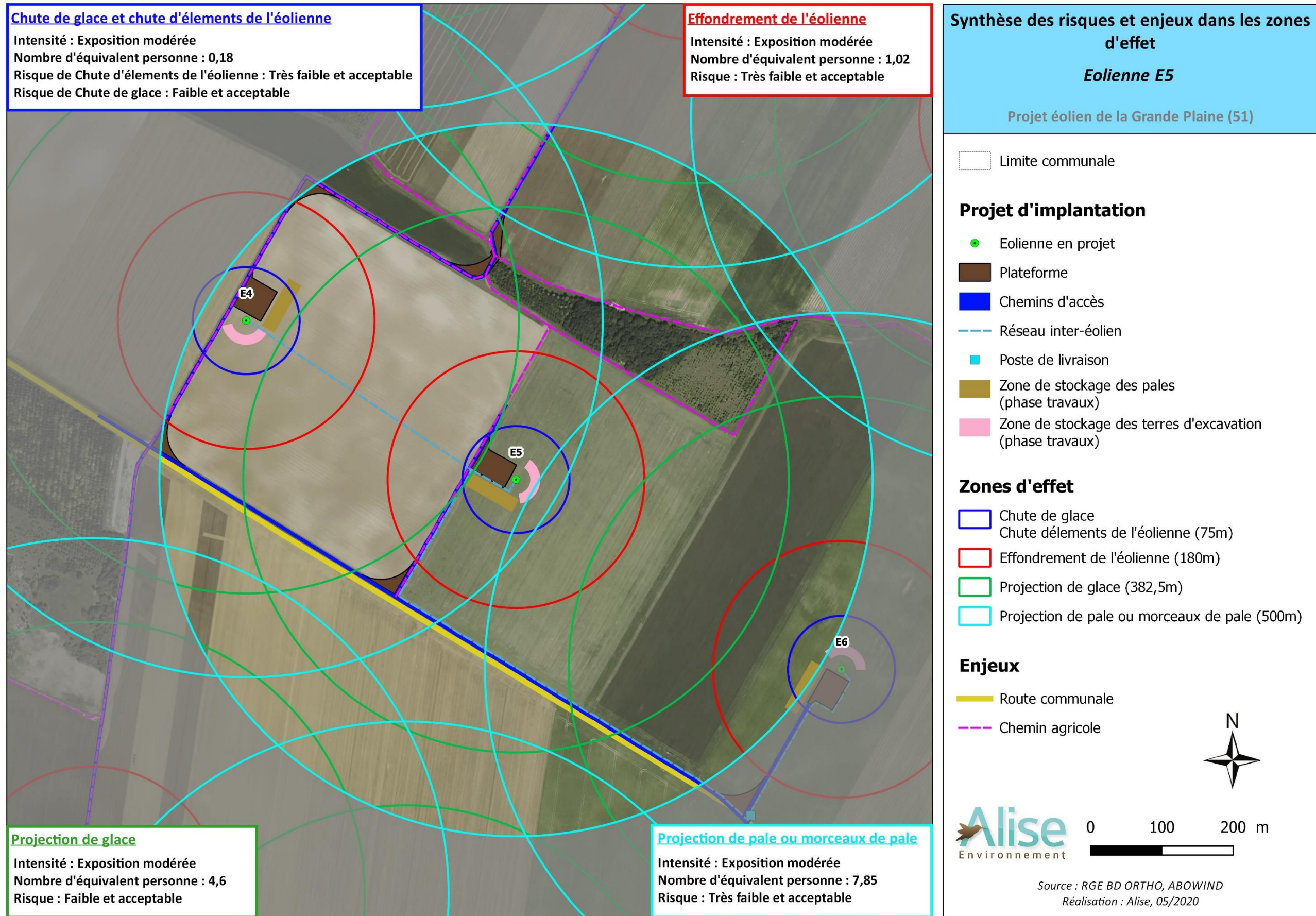


Figure 36 : Carte de synthèse des risques et enjeux dans les zones d'effet pour l'éolienne E5 du projet de la Ferme éolienne de La Grande Plaine

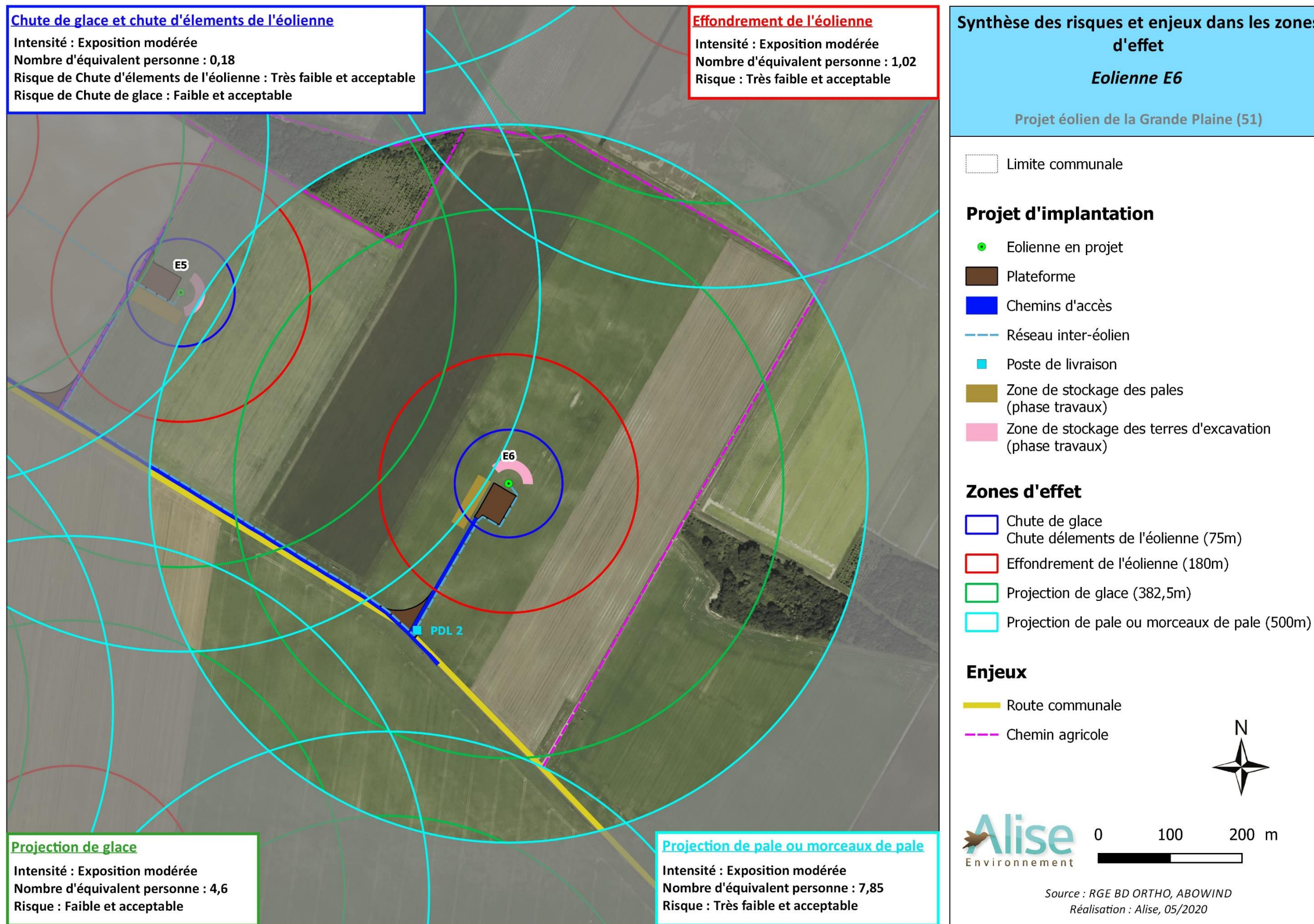


Figure 37 : Carte de synthèse des risques et enjeux dans les zones d'effet pour l'éolienne E6 du projet de la Ferme éolienne de La Grande Plaine

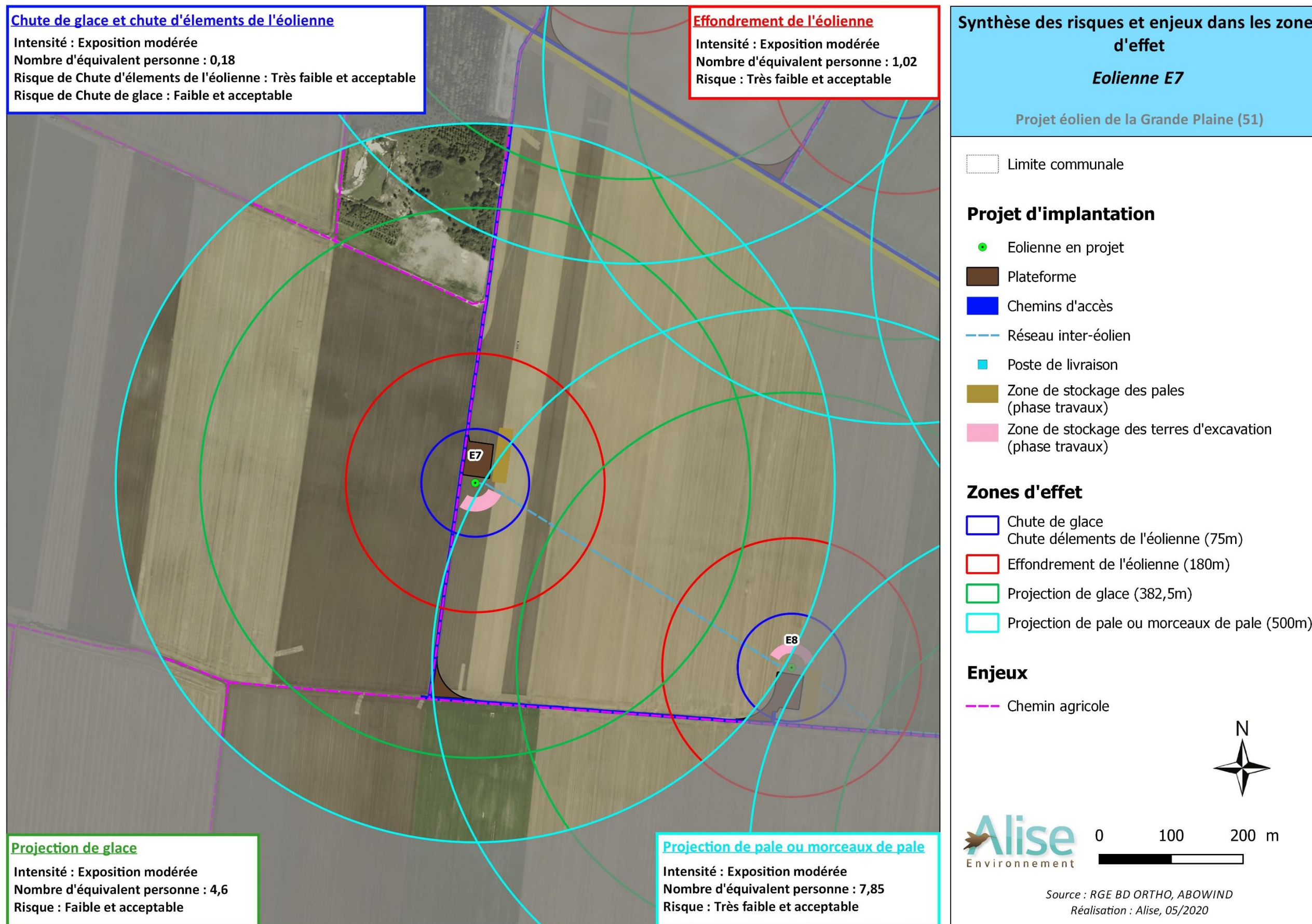


Figure 38 : Carte de synthèse des risques et enjeux dans les zones d'effet pour l'éolienne E7 du projet de la Ferme éolienne de La Grande Plaine

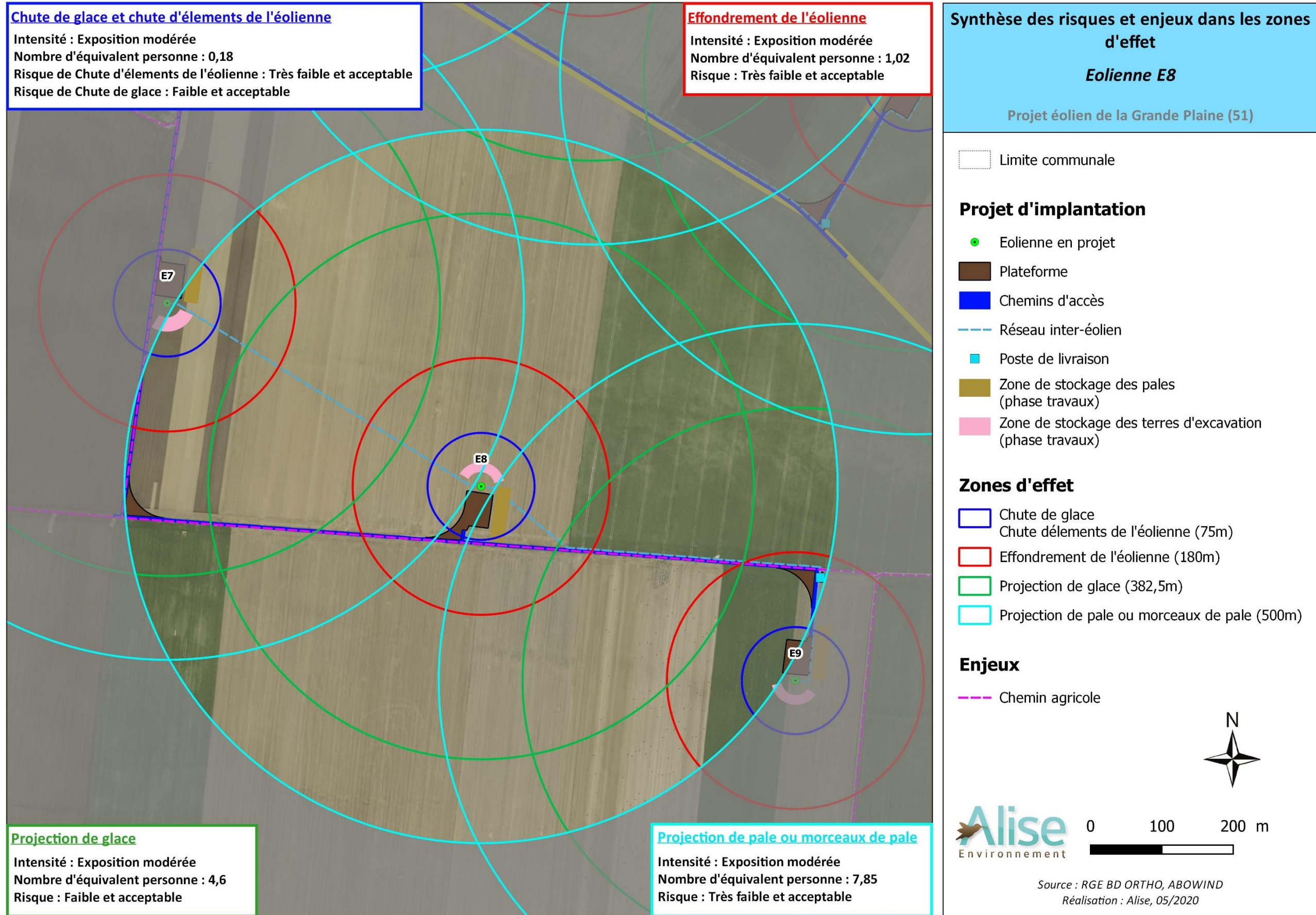


Figure 39 : Carte de synthèse des risques et enjeux dans les zones d'effet pour l'éolienne E8 du projet de la Ferme éolienne de La Grande Plaine

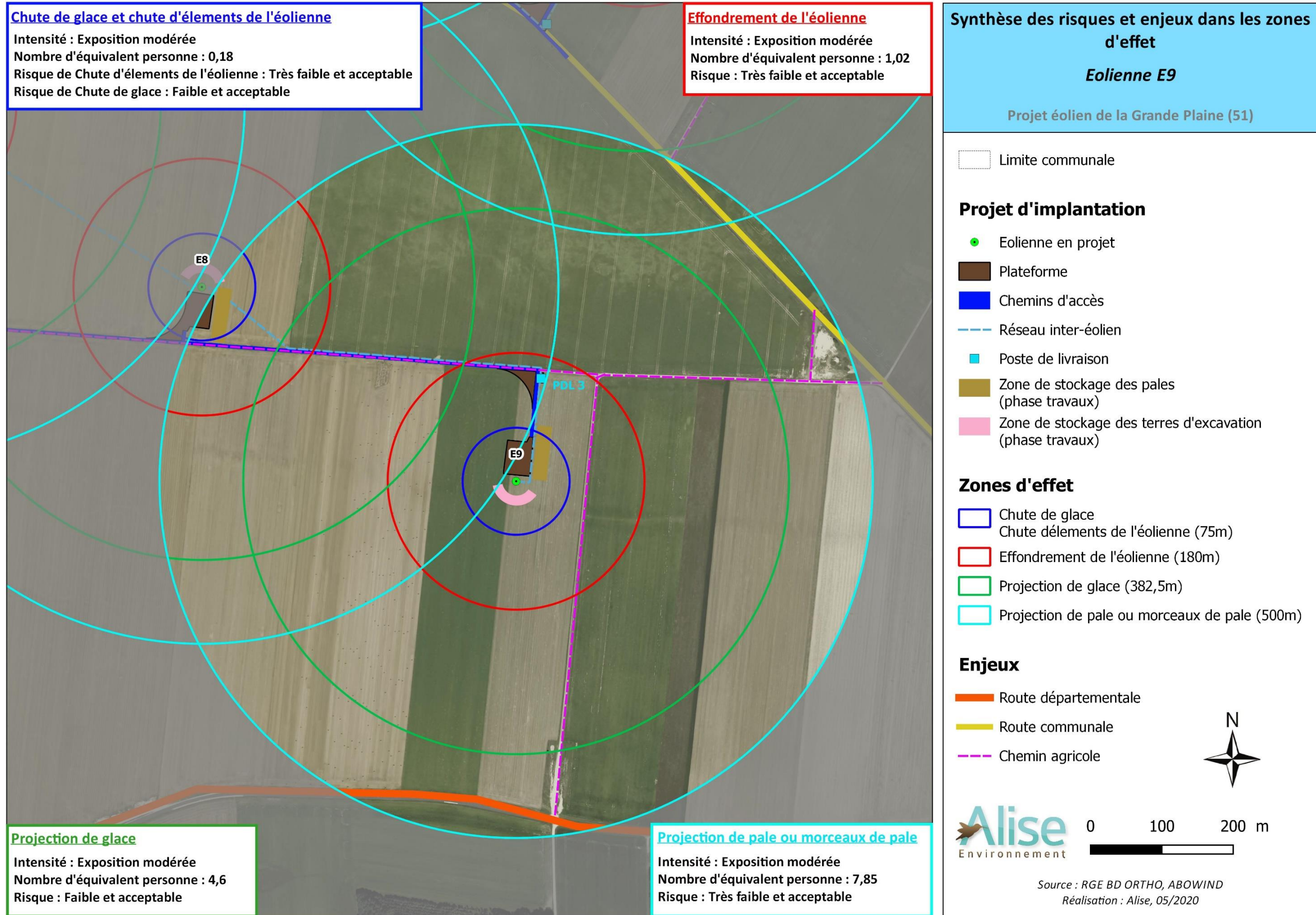


Figure 40 : Carte de synthèse des risques et enjeux dans les zones d'effet pour l'éolienne E9 du projet de la Ferme éolienne de La Grande Plaine

9 - MOYENS D'INTERVENTIONS ET DE LIMITATION DES CONSEQUENCES DES DANGERS

9.1 - MOYENS INTERNES

9.1.1 - ORGANISATION EN CAS DE DYSFONCTIONNEMENT

La surveillance du bon fonctionnement de l'installation est assurée par l'intermédiaire du système de contrôle avec transmission à distance des informations. Les informations issues des capteurs peuvent conduire à une alarme sur les écrans de surveillance mais également, dans certains cas, à la mise à l'arrêt de la turbine. Les unités de surveillance sont opérationnelles 24h/24.

Les personnels de maintenance sont informés par téléphone des anomalies de la machine et peuvent ainsi intervenir afin d'assurer les réparations et remettre celle-ci en service.

Dès que le dysfonctionnement détecté est susceptible d'avoir des conséquences sur la sécurité (mise en arrêt, déclenchement de la détection incendie,...), l'information est immédiate afin que l'intervention se fasse le plus rapidement possible.

Les détecteurs incendie sont placés au voisinage des principaux composants électriques et permettent, en cas de détection :

- d'arrêter l'éolienne,
- d'émettre une alarme sonore afin d'informer les éventuelles équipes de maintenance en cours d'intervention dans l'éolienne,
- d'émettre une alarme informant l'exploitant du parc et le constructeur de l'éolienne de la survenance de l'incendie, ce qui peut lui permettre d'informer les services de secours.

En cas de déclenchement de la détection d'incendie, le responsable régional est informé (hors heures ouvrables, il est informé sur son téléphone mobile) afin de se rendre sur place et de coordonner l'action des équipes d'intervention.

La détection des accidents peut également être faite par des personnels externes (détection visuelle d'un incendie ou de la chute d'une partie de pale par des personnes du public par exemple), le constructeur de l'éolienne (Vestas dans le cas présent) en est informé par l'intermédiaire le plus souvent de l'exploitant du parc. En complément d'une équipe de techniciens en charge d'assurer les interventions, la société dépêche sur site une équipe technique chargée d'analyser les causes de l'accident et éventuellement en première urgence d'assister les secours externes.

Les enseignements retirés des anomalies ou des accidents constatés sont pris en compte pour éviter le renouvellement de ces dysfonctionnements.

9.1.2 - MOYENS MATERIELS

L'accident principal nécessitant une action rapide et immédiate est avant tout l'incendie en nacelle ou en pied de mât.

Vis-à-vis de ce risque, l'installation est équipée de détecteurs d'incendie, de type détecteurs de fumée qui, lors de leur déclenchement, conduisent à la mise en arrêt de la machine. Des détecteurs de température disposés dans la nacelle conduisent à des actions similaires.

L'éolienne est équipée d'extincteurs (1 dans la nacelle et 1 en pied de tour) qui peuvent être utilisés par les personnels d'intervention (cas d'un incendie se produisant en période de maintenance).

Le matériel incendie (type extincteurs) est contrôlé périodiquement par le fabricant du matériel ou un organisme extérieur agréé.

9.1.3 - MOYENS HUMAINS

Les moyens humains en cas d'accident sont constitués des personnels d'intervention (agents de maintenance) renforcés le cas échéant de personnels techniques chargés d'assister les secours externes lors de l'intervention et d'analyser les causes de la défaillance.

9.2 - MOYENS EXTERNES

En cas d'incendie sur le parc éolien, le personnel d'astreinte de l'unité de surveillance est en mesure de transmettre l'alerte au service de secours le plus proche 24h sur 24, 7 jours sur 7.

Le temps de réponse pour l'enclenchement de l'alarme suite à la détection d'un incendie est < 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.

Le temps d'intervention des services de secours quant à lui dépend de la zone géographique. En cas d'incendie, en 1^{er} appel, le Centre d'Incendie et de Secours intervenant est celui de Sézanne qui se trouve à environ 7 km du site du projet par la route nationale N 4 et la route départementale D205 ou la route départementale D 53.

Ce centre de secours dispose des moyens d'assurer les missions d'incendie et de secours d'urgence aux personnes (notamment de fourgons pompe tonne, de véhicules échelle, de dévidoirs auto-mobile). Ils peuvent être renforcés en 2^{ème} appel par d'autres Centres d'Incendie et de Secours (Anglure, Mery-sur-Seine, Tours-sur-Marne, Troyes,...).

En cas d'alerte, la *procédure d'intervention sur Installation Classée pour la Protection de l'Environnement* serait lancée.

Les coordonnées des services de secours les plus proches sont indiquées dans le tableau suivant :

SERVICE	ADRESSE	TELEPHONE
Gendarmerie Nationale	90 Bd Holbeach 51120 SEZANNE	17 03 26 80 50 17
Pompiers	Centre de secours sans permanence Rte Fère Champenoise 51120 SEZANNE	18 03 26 80 55 41
Pompiers	Centre de secours Rte Arcis 10170 MERY SUR SEINE	18 03 25 21 18 81
Ambulances	Ambulances Mouquet 18 r Libération 51230 CONNANTRE	03 26 42 05 14
Centre hospitalier	Hôpital GHAM Rue Recollets 51120 SEZANNE	03 26 81 79 79
Centre hospitalier	Hôpital Maurice Camuset GHAM Rue Paul Vaillant Couturier 10100 ROMILLY SUR SEINE	03 25 21 96 03
Médecin	Debaire Didier 6 r Baudoin 51230 PLEURS	03 26 80 10 22

Tableau 58 : Coordonnées des services de sécurités et de secours publics ou privés

10 - CONCLUSION

La présente étude de dangers a été réalisée dans le cadre du projet de Ferme éolienne de La Grande Plaine situé sur les communes de Linthelles et Pleurs dans le département de la Marne.

Elle a permis de mettre en évidence les dangers que peut présenter l'installation en cas d'accident d'origine externe (risques liés à l'environnement du site du projet) ou interne (dysfonctionnement des machines, problème technique,...).

Même s'ils ne peuvent être totalement écartés, les risques d'origine externe sont minimes car le site du projet ne présente pas de dangers particuliers. Il est en dehors des zones concernées par des risques naturels ou anthropiques majeurs.

Après avoir analysé les risques d'accidents susceptibles de survenir et leurs causes, l'étude de dangers a permis d'évaluer :

- l'intensité de ces accidents exprimée en fonction d'une distance par rapport à l'éolienne et les conséquences possibles dans l'environnement du site ;
- les niveaux de probabilité selon une échelle graduée de E (extrêmement rare) à A (courant).

Chaque phénomène dangereux présenté par le projet de parc éolien a été analysé en croisant son niveau de gravité avec sa probabilité. Il en résulte une représentation graphique qui présente trois parties (cf. figure ci-contre) :

- Zone en rouge : zone de risque important ⇔ accidents « inacceptables » susceptibles d'engendrer des dommages sévères à l'intérieur et hors des limites du site
- Zone en jaune : zone de risque faible. Les accidents situés dans cette zone doivent faire l'objet d'une démarche d'amélioration continue en vue 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 ⇔ zone ALARP (As Low As Reasonably Practicable)
- Zone en vert : zone de risque très faible ⇔ accidents qui ne nécessitent pas de mesures de réduction du risque supplémentaires

Le tableau suivant présente la matrice de criticité adaptée de la circulaire du 29 septembre 2005 reprise dans la circulaire du 10 mai 2010 mentionnée ci-dessus :

GRAVITÉ des Conséquences	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux		Eff PrP		PrG	
Modéré			ChE		ChG

Tableau 59 : Hiérarchisation des phénomènes dangereux

Légende de la matrice :

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

Eff : Effondrement de l'éolienne
ChG : Chute de glace
ChE : Chute d'élément de l'éolienne
PrP : Projection de pales ou fragments de pales
PrG : Projection de glace

Le tableau suivant présente le niveau d'acceptabilité des risques potentiels du projet de Ferme éolienne de La Grande Plaine :

Scénario	Acceptabilité
Effondrement de l'éolienne	Acceptable
Chute de glace	Acceptable
Chute d'élément de l'éolienne	Acceptable
Projection de pales ou fragments de pales	Acceptable
Projection de glace	Acceptable

Tableau 60 : Niveau d'acceptabilité des risques

Au regard de la matrice présentée ci-dessus, aucun accident n'apparaît dans les cases rouges. Autrement-dit, tous les accidents figurent en case verte ou jaune et présentent donc un niveau acceptable.

Le scénario « Chute de glace » pour toutes les éoliennes apparaît en jaune dans la matrice de criticité. Le niveau de risque est faible. Ce scénario d'accident doit faire l'objet d'une démarche d'amélioration continue en vue d'atteindre, dans des conditions économiquement acceptables, un niveau de risque aussi bas que possible.

L'industrie éolienne a connu ces dernières années un fort développement qui a permis d'améliorer les technologies mises en œuvre pour tirer le meilleur parti de la puissance du vent. En parallèle, les constructeurs ont également travaillé sur les dispositifs permettant de limiter les dysfonctionnements des machines et donc les périodes d'arrêt. Ces évolutions ont également concerné le renforcement de la sécurité des machines.

Les éoliennes qui seront installées sur le site du projet bénéficieront des dernières technologies permettant de prévenir les dysfonctionnements et de limiter les risques d'incident ou d'accident.

De plus, les fabricants d'éoliennes ont mis en place une procédure de suivi des incidents et accidents survenant sur leurs machines avec analyse des causes, ce qui permet une amélioration constante de la sécurité des parcs éoliens. L'analyse du retour d'expérience par les fabricants est à l'origine de la généralisation de procédure de sécurité et de nombreuses innovations permettant de réduire la probabilité d'accident ou de prévenir les dangers.

L'éolienne retenue permettra de détecter ou de déduire la présence de givre sur les pales et d'arrêter la machine. Des panneaux type "Attention, chute de glace" seront mis en place sur le chemin d'accès de chaque éolienne pour prévenir du danger.

Annexes à l'étude de dangers :

- Annexe 1 : Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne
- Annexe 2 : Scénarios génériques issus de l'analyse préliminaire des risques
- Annexe 3 : Probabilité d'atteinte et risque individuel
- Annexe 4 : Analyse des accidents survenus en France
- Annexe 5 : Glossaire
- Annexe 6 : Bibliographie et références utilisées

11.1 - 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).

11.1.1 - TERRAINS NON BATIS

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.

11.1.2 - VOIES DE CIRCULATION

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

11.1.2.1 - Voies de circulation automobiles

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

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

11.1.2.2 - 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.

11.1.2.3 - Voies navigables

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

11.1.2.4 - 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.

11.1.3 - LOGEMENTS

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

11.1.4 - 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 8.1.3 -).

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.

11.1.5 - ZONES D'ACTIVITE

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

11.2 - ANNEXE 2 – 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).

11.2.1 - SCENARIOS RELATIFS AUX RISQUES LIES A LA GLACE (G01 ET G02)

11.2.1.1 - Scénario G01

En cas de formation de glace, les systèmes de préventions intégrés mettront les pales en drapeau. 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 ou de déduction de glace
- Arrêt préventif en cas de vibration anormale de la nacelle due à un déséquilibre du rotor
- Arrêt préventif en cas de givrage de l'anémomètre
- Arrêt préventif en cas de déviation de la courbe de puissance

11.2.1.2 - 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.

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.

11.2.2 - SCENARIOS RELATIFS AUX RISQUES D'INCENDIE (I01 A 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'emballlement 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'emballlement 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 dangers une description des protocoles qui seront mis en place en cas de pertes d'utilités.

11.2.3 - SCENARIOS RELATIFS AUX RISQUES DE FUITES (F01 A 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, ...).

11.2.3.1 - Scénario F01

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

11.2.3.2 - 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.

11.2.4 - SCENARIOS RELATIFS AUX RISQUES DE CHUTE D'ÉLÉMENTS (C01 A C03)

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

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

11.2.5 - SCENARIOS RELATIFS AUX RISQUES DE PROJECTION DE PALES OU DE FRAGMENTS DE PALES (P01 A 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'emballlement de l'éolienne constitue un facteur aggravant en cas de projection de tout ou partie d'une pale. Cet emballlement peut notamment être provoqué par la perte d'utilité décrite au 2.2 de la présente partie C (scénarios incendies).

11.2.5.1 - 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.

11.2.5.2 - 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, emballlement de l'éolienne

11.2.5.3 - Scénarios P03

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

11.2.6 - SCENARIOS RELATIFS AUX RISQUES D'EFFONDREMENT DES ÉOLIENNES (E01 A 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, ...

11.3 - ANNEXE 3 – 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.

11.4 - ANNEXE 4 – ANALYSE DES ACCIDENTS SURVENUS EN FRANCE

Type d'accident	Date	Parc	Département	Type d'éolienne	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente ?	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s)	Commentaire sur l'utilisation du REX pour les calculs de probabilités de départ
Effondrement	Novembre 2000	Port la Nouvelle	Aude	VESTAS V39	0,5	1993	N	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	WINDMASTER WM43/750	0,75	1998	N	Bris de pales en bois (avec inserts)	?	Site Vent de Colère	
Effondrement	01/02/2002	Wormhout	Nord	TURBOWINDS T400-34	0,4	1997	N	Bris d'hélice et mât plié	Tempête	Rapport du CGM Site Vent du Bocage	
Maintenance	01/07/2002	Port la Nouvelle - Sigean	Aude	GAMESA G47	0,66	2000	O	Grave électrisation avec brûlures d'un technicien	Lors de mesures pour cartériser la partie haute d'un transformateur 690V/20 kV 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	Non utilisable
Effondrement	28/12/2002	Névian - Grande Garrigue	Aude	GAMESA G52/850	0,85	2002	O	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	WINDMASTER WM43/750	0,75	1998	N	Bris de pale en bois (avec inserts) sur une éolienne bipale	Tempête	Article de presse (La Dépêche du 26/03/2003)	
Rupture de pale	05/11/2003	Sallèles-Limousis	Aude	WINDMASTER WM43/750	0,75	1998	N	Bris de pales en bois (avec inserts) sur trois éoliennes. Morceaux de pales disséminés sur 100m .	Dysfonctionnement du système de freinage	Rapport du CGM Article de presse (Midi Libre du 15/11/2003)	
Effondrement	01/01/2004	Le Portel – Boulogne sur Mer	Pas de Calais	LAGERWEY LW750-52	0,75	2002	N	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	WINDMASTER 300 kW	0,3	1996	N	Couchage du mât d'une des 9 éoliennes suite à l'arrachement de la fondation	Rupture de 3 des 4 micro-pieux 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	WINDMASTER WM28/300	0,3	2001	N	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)	Nota : cet incident s'est produit 2 fois à 15 jours d'intervalle)

Type d'accident	Date	Parc	Département	Type d'éolienne	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente ?	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s)	Commentaire sur l'utilisation du REX pour les calculs de probabilités de départ
Rupture de pale	08/07/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	WINDMASTER WM28/300	0,3	2001	N	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)	Nota : cet incident s'est produit 2 fois à 15 jours d'intervalle)
Rupture de pale	2004	Escales-Conilhac	Aude	JEUMONT J48/750	0,75	2003	N	Bris de trois pales		Site Vent de Colère	
Rupture de pale	22/12/2004	Montjoyer-Rochefort	Drôme	JEUMONT J48/750	0,75	2004	N	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, pb 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	ATTENTION : projection de pale + incendie !
Rupture de pale	2005	Wormhout	Nord	TURBOWINDS T400-34	0,4	1997	N	Bris de pale		Site Vent de Colère	
Rupture de pale	08/10/2006	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	WINDMASTER WM28/300	0,3	2004	N	Chute d'une pale de 20m 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	GAMESA G47	0,66	2001	O	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	LAGERWEY LW80-18	0,08	1993	N	Sectionnement du mât puis effondrement d'une éolienne dans une zone industrielle	Tempête (vents mesurés à 137 Km/h)	Article de presse (La Voix du Nord)	
Rupture de pale	31/12/2006	Ally	Haute-Loire	GE 1.5sl	1,5	2005	O	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	Non utilisable (incident pendant un chantier)
Rupture de pale	03/2007	Clitourps	Marne	VESTAS V47/660	0,66	2005	N	Rupture d'un morceau de pale de 4m et éjection à plus de 200m de distance dans un champ	Cause pas éclaircie	Site FED	Défaut de fabrication. Attention, les bouts de pales ne sont pas partis à plus de 80 m de la turbine
Chute d'élément	11/10/2007	Plouvien	Finistère	SIEMENS SWT 1.3	1,3	2007	N	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	WINDMASTER WM28/300	0,3	2002	N	Emballement de l'éolienne mais pas de bris de pale	Tempête + système de freinage hors service (boulon manquant)	Base de données ARIA	Non utilisable d'un point de vue statistique (événement unique, sans répercussion sur les tiers)

Type d'accident	Date	Parc	Département	Type d'éolienne	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente ?	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s)	Commentaire sur l'utilisation du REX pour les calculs de probabilités de départ
Collision avion	04/2008	Plouguin	Finistère	ENERCON E66/2000	2	2004	O	Léger choc entre l'aile d'un bimoteur Beechcraftch (liaison Ouessan-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)	Non utilisable
Rupture de pale	19/07/2008	Erize-la-Brûlée - Voie Sacrée	Meuse	GAMESA G90	2	2007	O	Chute de pale et projection de morceaux de pale suite à un coup de foudre	Foudre + défaut de pale	Communiqué de presse Française d'Eoliennes - Article de presse (l'Est Républicain 22/07/2008)	
Incendie	28/08/2008	Vauvillers	Somme	GAMESA	2	2006	O	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	GAMESA G90	2	2007	O	Chute de pale		Communiqué de presse Française d'Eoliennes Article de presse (l'Est Républicain)	
Maintenance	26/01/2009	Clastres	Aisne	NEG-MICON NM92	2,75	2004	O	Accident électrique ayant entraîné la brûlure de deux agents de maintenance	Accident électrique (explosion d'un convertisseur)	Base de données ARIA	Non utilisable
Rupture de pale	08/06/2009	Bollène	Vaucluse	NORDEX N90	2,3	2009	O	Bout de pale d'une éolienne ouvert	Coup de foudre sur la pale	Interne exploitant	Non utilisable pour les projections ou les chutes (la pale est restée accrochée)
Incendie	21/10/2009	Froidfond - Espinassière	Vendée	GAMESA G80/2000	2	2006	O	Incendie de la nacelle	Court-circuit dans transformateur sec embarqué en nacelle ?	Article de presse (Ouest-France) Site FED	
Incendie	30/10/2009	Freyssenet	Ardèche	VESTAS V80/2000	2	2005	O	Incendie de la nacelle	Court-circuit faisant suite à une opération de maintenance	Base de données ARIA Site FED Article de presse (Le Dauphiné)	Problème sur armoire électrique
Maintenance	20/04/2010	Toufflers	Nord	Bonus B23 / SIEMENS	0,3	1993	N	Décès d'un technicien au cours d'une opération de maintenance	Crise cardiaque	Article de presse (La Voix du Nord 20/04/2010)	Non utilisable
Effondrement	30/05/2010	Port la Nouvelle	Aude	Vestas V25	0,2	1991	N	Effondrement d'une éolienne	Le rotor avait été endommagé par l'effet d'une survitesse. La dernière pale (entière) a pris le vent créant un balourd. Le sommet de la tour a plié et est venu buter contre la base entraînant la chute de l'ensemble.	Interne exploitant	
Incendie	19/09/2010	Montjoyer-Rochefort	Drôme	JEUMONT J48/750	0,75	2004	N	Emballement de deux éoliennes et incendie des nacelles.	Maintenance en cours, pb de régulation, freinage impossible, évacuation du personnel, survitesse de +/- 60 tpm	Articles de presse Communiqué de presse SER-FEE	

Type d'accident	Date	Parc	Département	Type d'éolienne	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente ?	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s)	Commentaire sur l'utilisation du REX pour les calculs de probabilités de départ
Maintenance	15/12/2010	Pouillé-les-Côteaux	Loire Atlantique	ENERCON E70	2,3	2010	O	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	Non utilisable
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)	Non utilisable
Rupture de pale	14/12/2011			NORDEX N80	2,5	2003	O	Pale endommagée par la foudre. Fragments de pales retrouvés par l'exploitant à une distance n'excédant pas 300 m	Foudre	Constructeur - Mainteneur	Distance évaluée par l'exploitant qui a collecté les fragments. A mesurer plus précisément sur site.
Incendie	03/01/2012			NORDEX N90	2,3	2006	O	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 tenté d'incendier. Le feu ne s'est pas propagé, dégâts très limités et restreints au pied de la tour.	Malveillance / incendie criminel	Constructeur - Mainteneur	Le feu ne s'est pas propagé dans l'éolienne (les pneus introduits dans l'éolienne n'ont pas brûlé)
Rupture de pale	05/01/2012	Widehem	Pas-de-Calais	JEUMONT J48/750	0,75	2000	N	Bris d'une pale, dont des fragments ont pu être projetés jusqu'à 200 m environ.	Tempête + panne d'électricité	Article de presse (La Voix du Nord 06/01/2012) Vidéo DailyMotion Interne exploitant	-
Rupture de pale	11/04/2012	Sigean	Aude	VESTAS V47	0.66	1991	N	Bris d'une pale, dont un fragment a été projeté à 20 m environ.	Impact de foudre	Base de données ARIA	-
Rupture de pale	18/05/2012	Fresnay-L'Evêque	Eure-et-Loir	REPOWER MM92	2	2008	O	Chute de pale au pied de l'éolienne	Corrosion dans les trous d'alésages, qui proviendrait des conditions de production et de stockage des pièces constitutives du roulement.	Base de données ARIA	-
Chute d'une éolienne	30/05/2012	Port la Nouvelle	Aude	-	0.2	1991	N	Chute d'une éolienne	Rafales de vent à 130 km/h	Base de données ARIA	-
Rupture de pale	01/11/2012	Vieillespesse	Cantal	NORDEX N90	2.5	2011	O	Un élément de 400g constitutif d'une pale d'éolienne est projeté à 70 m du mât	-	Base de données ARIA	-
Incendie	05/11/2012	Sigean	Aude	VESTAS V47	0.66	1991	N	Un feu se déclare sur une éolienne. Des projections incandescentes enflamment 80 m ² de garrigue environnante. Une pale chute.	Un feu s'est déclaré dans l'armoire électrique en pied d'éolienne. Un dysfonctionnement de disjoncteur a entraîné la propagation de courants de court circuit.	Base de données ARIA	-
Rupture de pale	6/03/2013	Conilhac-de-la-Montagne	Aude	GAMESA G58	0.85	2008	O	A la suite d'un défaut de vibration, une éolienne se met automatiquement à l'arrêt. Le lendemain, des techniciens du constructeur trouvent au sol l'une des trois pales qui s'est décroché avant de percuter le mât.	Défaut de vibration.	Base de données ARIA	-

Type d'accident	Date	Parc	Département	Type d'éolienne	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente ?	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s)	Commentaire sur l'utilisation du REX pour les calculs de probabilités de départ
Incendie	17/03/2013	Euvy	La Marne	GE Energy GE 100	2,5	2011	O	Un feu s'est déclaré dans la nacelle d'une éolienne. Le sinistre émet une importante fumée. Une des pales tombe au sol, une autre menace de tomber. 450 l d'huile s'écoulent, conduisant l'exploitant à faire réaliser une étude de pollution des sols.	Au moment du départ du feu, le vent soufflait à 11m/s. La puissance de l'éolienne était proche de sa puissance nominale. La gendarmerie évoque une défaillance électrique.	Base de données ARIA	-
Pale et réseau électrique endommagé	20/06/2013	Labastide-sur-Besorgues	Ardèche	ENERCON E44/900	0,9	2009		Un impact de foudre endommage une éolienne : une pale est déchirée sur 6 m de longueur, le boîtier basse tension et le parafoudre en tête d'installation au poste de livraison sont détruits. Des installations du réseau électrique et téléphonique sont également endommagées.	Impact de foudre (impact enregistré le plus proche de l'éolienne au moment de l'orage est donné avec une intensité de 94 kA)	Base de données ARIA	-
Projection d'un équipement	01/07/2013	Cambon-et-Salvergues	Hérault	ENERCON E70	1,3	2006	O	Alors qu'il vient de faire l'appoint en gaz d'un cylindre sous pression faisant partie du dispositif d'arrêt d'urgence des pales d'une éolienne, un technicien de maintenance démonte l'embout d'alimentation vissable. L'ensemble démonté est projeté au visage de l'opérateur et lui brise le nez et plusieurs dents. Le jet de gaz affecte ses voies respiratoires.	Afin d'éviter de tels accidents, la visserie de la vanne présentait une petite perforation destinée à alerter l'opérateur : un sifflement et une formation de glace liée à la détente du gaz se produisent 4 tours et demi avant le dévissage total.	Base de données ARIA	-
Maintenance	03/08/2013	Moréac	Morbihan	GAMESA G90/2000	2,0	2010	O	Une nacelle élévatrice utilisée pour une intervention de maintenance sur une éolienne perd 270 l d'huile hydraulique.	-	Base de données ARIA	-
Incendie	09/01/2014	Antheny	Ardennes	NORDEX N100/2500	2,5	2013	O	Un feu se déclare au niveau de la partie moteur d'une éolienne.	Incident électrique ?	Base de données ARIA	-
Chute de pale	20/01/2014	Sigean	Aude	GAMESA G47/660	0,66	2000	N	Chute d'une pale de 20 m au pied du mât d'une éolienne	Lors de l'accident le vent soufflait entre 18 m/s et 22 m/s. Des fissures sont détectées sur la pièce en aluminium appelée « alu ring », située à la base de la pale.	Base de données ARIA	-
Chute de pale	14/11/2014	St-Cirgues-en-Montagne	Ardèche	SENVION MM8/2050	2,05	2011	O	Chute de pale au pied de l'éolienne lors d'un orage et de vents violent. Des débris sont projetés à 150 m	Lors de l'accident, des rafales de vent atteignaient les 130 km/h.	Base de données ARIA	-
Chute d'un morceau de pale	05/12/2014	Fitou	Aude	NORDEX N60/1300	1,3	2006	O	Chute d'une partie de l'aérofrein à 80 m du mât de l'éolienne	Défaillance matérielle ou décollage sur les plaques en fibre de verre	Base de données ARIA	-
Incendie	29/01/2015	Remigny	Aisne	SIEMENS SWT-2-3-101/2300	2,3	2015	O	A 6h25 un feu se déclare dans une éolienne. Celle-ci est automatiquement mise à l'arrêt sur alarme du détecteur de fumée.	Un défaut d'isolation au niveau des connexions des conducteurs de puissance serait à l'origine du sinistre. Le câble mis en cause assure la jonction entre la base et le haut de la tour. Ce défaut aurait provoqué un arc électrique entre 2 phases ce qui aurait initié l'incendie.	Base de données ARIA	-

Type d'accident	Date	Parc	Département	Type d'éolienne	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente ?	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s)	Commentaire sur l'utilisation du REX pour les calculs de probabilités de départ
Incendie	06/02/2015	Lusseray	Deux-Sèvres	ENERCON E82/2000	2,0	2011	O	Vers 15h30, un feu se déclare dans une éolienne, au niveau d'une armoire électrique où interviennent 2 techniciens. Ces derniers éteignent l'incendie avec 2 extincteurs. L'éolienne est hors service le temps des réparations.	-	Base de données ARIA	-
Incendie	24/08/2015	Santilly	Eure-et-Loir	NORDEX N90/2300	2,3	2005	O	Un feu se déclare vers 13h30 sur le moteur d'une éolienne situé à 90 m de hauteur	Origine accidentelle	Base de données ARIA	-
Chute des pales et du rotor d'une éolienne	10/11/2015	Ménil-la-Horgne	Meuse	REPOWER MD 77	1,5	2007	O	Vers 22h30, les 3 pales et le rotor d'une éolienne, dont la nacelle se situe à 85 m de haut, chutent au sol. Le transformateur électrique, à son pied, est endommagé.	Défaillance de l'arbre lent qui assure la jonction entre le rotor et la multiplicatrice	Base de données ARIA	-
Chute de pale	07/02/2016	Conilhac-Corbières	Aude	ENERCON E70-2300	9,2	2014	O	L'aérovein d'une des 3 pales d'une éolienne se rompt et chute au sol.	Les premières investigations indiqueraient qu'un point d'attache du système mécanique de commande de l'aérovein (système à câble) se serait rompu, ce qui aurait actionné l'ouverture de l'aérovein. Du fait des fortes charges présentes sur le rotor, l'axe en carbone qui maintient l'aérovein à la pale et/ou le point d'ancrage de cet axe, se serait alors rompu.	Chute de pale	07/02/2016
Chute de pale	08/02/2016	Dineault	Finistère	WINDMASTER WM28/300	1,2	2002	N	Lors d'une tempête, des vents à 160 km/h endommagent une éolienne : une pale chute au sol, une autre se déchire	Tempête (vents de 160 km/h)	Chute de pale	08/02/2016
Chute de pale	07/03/2016	La Lande du Vieux Pavé	Côtes-d'Armor	GAMESA G58/850	0,85	2009	N	Vers 18 h, une des pales d'une éolienne se rompt et chute à 5 m du pied du mât. La turbine s'arrête automatiquement. L'exploitant est alerté par un agriculteur. Le mât est endommagé dans sa partie haute, causé par un choc avec la pale, sans présenter de risque de chute. Il balise la zone pour prévenir des chutes possibles d'éléments du rotor. 8 autres turbines du parc sont mises à l'arrêt. Les 2 dernières, ayant fait l'objet d'une révision intégrale récente, sont maintenues en fonctionnement.	L'inspection des éléments mécaniques au sol et du rotor permet d'envisager une défaillance du système d'orientation de la pale. Celle-ci aurait entraîné la rupture de la couronne extérieure du roulement à bille puis la libération de la couronne intérieure solidaire de la pale.	Base de données ARIA	
Fuite d'huile	28/05/2016	Janville	Eure-et-Loir	NORDEX N90/2300	2,3	2005	N	À 15h15, un employé constate un écoulement d'huile sous la nacelle d'une éolienne. Il arrête celle-ci et contacte l'équipe de maintenance. Arrivés à 17 h, les agents mettent en place des absorbants. L'écoulement d'huile est récupéré avant d'avoir atteint le sol. L'installation est réparée 2 jours plus tard. L'exploitant engage une campagne de remplacement des raccords identiques du parc.	La défaillance d'un raccord sur le circuit de refroidissement de l'huile de la boîte de vitesse de l'éolienne est à l'origine de la fuite.	Base de données ARIA	
Incendie	10/08/2016	Hescamps	Somme	WINWIND WWD-1-64	1,0	2008	N	Vers 15 h, un feu se déclare dans la partie haute d'une éolienne, au niveau du rotor. Un technicien maîtrise l'incendie avant l'arrivée des pompiers. Il redescend seul les 70 m de l'échelle intérieure de l'éolienne. Il est légèrement intoxiqué par les fumées. Les pompiers contrôlent l'extinction complète et procèdent à la ventilation.	Une défaillance électrique serait à l'origine du départ de feu.	Base de données ARIA	

Type d'accident	Date	Parc	Département	Type d'éolienne	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente ?	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s)	Commentaire sur l'utilisation du REX pour les calculs de probabilités de départ
Incendie	18/08/2016	Dargies	Oise	ENERCON E82/2000	2,0	2014	O	Un technicien de maintenance d'un parc éolien constate vers 9 h qu'une éolienne ne tourne plus. Il découvre que de la fumée s'échappe de la tête de l'éolienne, à 80 m de haut.	Une défaillance électrique serait à l'origine de l'incendie. L'armoire électrique ou le pupitre de commande en serait le point de départ.	Base de données ARIA	
Maintenance	14/09/2016	Plaine Auboise	Aube	SIEMENS SWT-2.3-93	2,3	2009	N	Un employé est électrisé alors qu'il intervient dans le nez d'une éolienne.	-	Base de données ARIA	
Fissure sur une pale d'éolienne	11/01/2017	Le Quesnoy	Nord	Senvion MM92/2050	2,05	2010	-	Une fissure est constatée sur une pale d'une éolienne. L'exploitant arrête l'installation. L'expertise de la pale conclut que le dommage est suffisamment réduit pour être réparable. Il n'est donc pas nécessaire de procéder à son remplacement. L'exploitant envisage d'effectuer cette réparation au printemps, lorsque les conditions météorologiques permettront d'intervenir sans la déposer. Selon l'exploitant, le défaut ne présente pas de caractère générique.	-	Base de données ARIA	
Rupture des pales	12/01/2017	Tuchan	Aude	N43/600	0,6	2001	-	Vers 4 h, au cours d'un épisode de vents violents, les 3 pales d'une éolienne chutent au sol. L'exploitant collecte les morceaux de fibre de carbone répartis autour du mat de 40 m de l'éolienne. Des impacts sur le mat sont visibles. Il met en place des barrières et un gardiennage pour en sécuriser l'accès.	Après expertise, l'exploitant conclut que la cause la plus probable de la casse de l'arbre lent est un endommagement du roulement avant sur lequel l'arbre est posé. Cette défaillance aurait induite une contrainte importante en flexion sur la partie arrière, à l'entrée dans le multiplicateur, provoquant sa rupture. Aucune faiblesse n'est identifiée dans la structure de la matière de l'arbre. Les contrôles réalisés sur les autres installations de son parc ne détectent pas d'anomalie	Base de données ARIA	
Chute de pale	18/01/2017	Nurlu	Somme	Gamesa G90/2000	2,0	2010	-	Un particulier constate qu'une pale d'éolienne est tombée au sol et s'est brisée en plusieurs morceaux. Il informe l'exploitant qui arrête toutes les machines du parc en activité. Arrivés sur site à 11h30, des agents demandent la mise en sécurité de l'éolienne et mettent en place un périmètre de sécurité autour de la zone.	Selon la presse, la tempête survenue quelques jours auparavant pourrait être à l'origine de la chute.	Base de données ARIA	
Chut d'un élément de pale	27/02/2017	Le Grand Linault	Les Deux-Sèvres	Gamesa G90/2000	2,0	2011	-	Vers 22 h, le système d'exploitation d'un parc éolien émet des alarmes portant sur l'éolienne n°4 : mise à l'arrêt de l'éolienne et incohérence entre les vitesses de rotation du rotor et de l'arbre de la génératrice électrique. Le lendemain matin, l'exploitant constate sur place que les 7 derniers mètres d'une pale de 44 m, se sont désolidarisés. Plusieurs fragments de la pale sont projetés jusqu'à 150 m du mât, haut lui-même de 78 m. L'exploitant place les 4 éoliennes du parc en position de sécurité et initie des expertises. Il collecte les débris et sécurise le site.	L'expertise du fabricant conclut à un défaut de fabrication. Par erreur, les couches de tissu du bord d'attaque ont été coupées, manuellement, niveau de la ligne de jonction des 2 coques lors des opérations de ponçage des excès de colle après démoulage de la pale. Dans cette zone, les coques n'étaient maintenues entre elles que par le mastic et la peinture de finition.	Base de données ARIA	

Type d'accident	Date	Parc	Département	Type d'éolienne	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente ?	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s)	Commentaire sur l'utilisation du REX pour les calculs de probabilités de départ
Rupture de pale	27/02/2017	Belrain	Meuse	Gamesa G90/2000	2,0	2011		Lors d'un orage, la pointe d'une pale d'éolienne se rompt. L'extrémité, de 7 à 10 m, est retrouvée au sol, en 3 morceaux, à 200 m de l'éolienne. L'ensemble du parc éolien, qui compte 4 éoliennes de 2 MW et 80 m de haut, est mis à l'arrêt. Les débris sont ramassés et traités par une société spécialisée, pour expertise.	Le fabricant de l'éolienne réalise l'expertise de la pale. Ses vérifications lui permettent d'exclure un défaut de fabrication et de confirmer le respect des spécifications. L'hypothèse d'un impact de foudre est également écartée : aucune trace d'impact n'est retrouvée. Une rafale de vent extrême ayant été mesurée dans les secondes précédant la rupture, cette origine est privilégiée pour expliquer la casse de la pale. Le contrôle de 2 autres éoliennes du parc ne révèlent pas de défaut.	Base de données ARIA	
Incendie	06/06/2017	Le parc du Moulin d'Emanville	Sarthe	VESTAS V112	3,0	2014	-	Vers 18 h, un feu se déclare dans la nacelle d'une éolienne. L'exploitant met en sécurité les 17 machines du parc éolien. Les secours coupent la circulation sur la N154. L'incendie s'éteint seul, à la fin de la combustion de la nacelle, vers 19h30. La nacelle et le rotor sont totalement calcinés. Une partie des pales ainsi que le haut du mât ont été touchés par l'incendie. Des éléments sont tombés au sol. L'exploitant met en place un gardiennage.	En première hypothèse, l'exploitant indique qu'un défaut des condensateurs du boîtier électrique, situé dans la nacelle, pourrait être à l'origine du sinistre. Il exclut la piste d'un impact de foudre.	Base de données ARIA	
Chute de pale	08/06/2017	Parc éolien d'Aussac-Vadalle	Charente	GAMESA G90/2000	2,0	2010		Durant la nuit lors d'un orage, une partie d'une pale d'une éolienne chute au sol. Le lendemain matin, l'exploitant arrête les 4 éoliennes de son parc. Il collecte les débris tombés dans une zone de 50 à 100 m du mât et met en place un balisage. Il avertit l'exploitant agricole propriétaire du champ où est installée l'éolienne.	L'expertise réalisée par le fabricant de la pale conclut qu'un impact de foudre est à l'origine de sa rupture. Survenu à 35 cm de l'extrémité, il a entraîné la rupture du bord de fuite, puis une déchirure du fragment. Le dispositif de protection contre la foudre ne montre pas de défaut.	Base de données ARIA	
Chute de pale	24/06/2017	Tambours	Pas-de-Calais	ECOTECNIA 80 1.6	1,6	2007		Vers 23h30, une pale d'une éolienne se brise au niveau de sa jonction avec le rotor dans un parc éolien. La pale chute à la verticale, au pied du mât. Les quelques débris projetés sont présents dans un rayon de 20 m. L'exploitant arrête l'installation ainsi que les 4 autres aérogénérateurs du site, du même modèle. Il met en place un périmètre de sécurité et condamne l'accès au site.	-	Base de données ARIA	

Type d'accident	Date	Parc	Département	Type d'éolienne	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente ?	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s)	Commentaire sur l'utilisation du REX pour les calculs de probabilités de départ
Chute d'un aérofrein	17/07/2017	Parc éolien du Cap Fagnet	Seine-Maritime	NEG MICON NM52/900	0,9	2006		Vers 23h30, un aérofrein se détache d'une pale d'éolienne dans un parc éolien. Le lendemain matin, un agent de maintenance découvre l'équipement au pied du mât de 49 m. La clôture du site est endommagée. L'éolienne est arrêtée. Un arrêt pour maintenance étant programmé 6 jours après, les autres aérogénérateurs du site sont maintenus en fonctionnement. Durant cet arrêt, les mécanismes d'aérofreins et les pales de toutes les machines sont inspectées. L'aérofrein défectueux est remplacé. L'installation redémarre le 16/08/17.	L'exploitant conclut que le desserrage d'une vis anti-rotation a provoqué la chute de l'aérofrein. Un problème de montage, ou des vibrations en fonctionnement, en serait à l'origine. Il étudie l'opportunité d'augmenter la fréquence d'inspection des mécanismes de fixation des aérofreins ou leur modification, notamment pour fiabiliser l'action de la vis anti-rotation.	Base de données ARIA	
Fuite d'huile	24/07/2017	Mauron	Morbihan	GAMEASA G90/2000	2,0	2008		Une fuite d'huile est détectée vers 17 h sur une éolienne. La rupture d'un flexible du circuit hydraulique de l'aérogénérateur en est à l'origine. Le rejet, estimé à 5 l, s'est écoulé le long du mât et quelques gouttes sont tombées au sol. L'éolienne est arrêtée et des absorbants sont disposés au sol. Le flexible est remplacé. L'éolienne redémarre le lendemain. Seule une zone de pollution de 2 m ² sur 10 cm de profondeur est identifiée au pied du mât. Une société de traitement évacue ces graviers impactés	La vétusté du flexible serait à l'origine de la fuite	Base de données ARIA	
Rupture de pale	05/08/2017	L'Osière	Aisne	REPOWER MM100 SIEMENS SWT-2,3-108 VESTAS V110	2,3	2009		Vers 3 h une pale d'éolienne se brise en son milieu et tombe au sol. Les débris sont retrouvés par l'exploitant au pied du mât le matin. Il en sécurise l'accès et fait surveiller la zone. L'inspection des installations classées demande la mise à l'arrêt de tous les aérogénérateurs du parc dans l'attente de la compréhension de l'événement.	-	Base de données ARIA	
Chute d'un carénage	08/11/2017	Roman-Blandey	Eure	VESTAS V90/2000	2,0	2010		En fin d'après-midi, le carénage de la pointe de la nacelle d'une éolienne tombe au sol dans un parc éolien. Cette pièce, en matériaux composites, mesure 2 m de diamètre et pèse plusieurs dizaines de kg. Elle supporte une armoire électrique. Les agents de maintenance, avertis par une alarme "arrêt automatique turbine" à 17h30, se rendent sur place le lendemain matin. Ils sécurisent l'accès à la zone et préviennent l'exploitant agricole de la parcelle. L'ensemble du parc éolien est mis à l'arrêt.	L'exploitant conclut que la chute du carénage est due à un défaut d'assemblage de ses boulonnages. La procédure n'aurait pas été respectée lors du montage des turbines. La tête de chaque boulon doit reposer sur 2 rondelles (l'une en vinyle, l'autre métallique) permettant de répartir les efforts. Il s'avère que les rondelles métalliques étaient absentes. Les contraintes étaient donc mal réparties et la fibre de verre s'est arrachée autour des rondelles vinyles.	Base de données ARIA	

Type d'accident	Date	Parc	Département	Type d'éolienne	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente ?	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s)	Commentaire sur l'utilisation du REX pour les calculs de probabilités de départ
Chute d'une éolienne	01/01/2018	Bouin	Vendée	NORDEX N80/2400	2,4	2003		En début de matinée lors d'une tempête, le mât d'une éolienne de 80 m de haut se brise en 2. Les 75 m supérieurs de l'éolienne chutent au sol. Des débris s'éparpillent sur une surface assez importante. Le rotor est enfoncé dans le sol. Les pompiers mettent en place un périmètre de sécurité. Les 2 autres éoliennes du parc sont arrêtées.	Selon les premiers éléments de l'exploitant, une défaillance dans le dispositif de mise en sécurité des pales de l'aérogénérateur pourrait avoir conduit à l'événement	Base de données ARIA	
Chute d'une pale	04/01/2018	Rampont	Meuse	GAMESA G90/2000	2,0	2008		Dans un parc éolien, l'extrémité d'une pale d'une éolienne de 2 MW se rompt, lors d'un épisode venteux. Un morceau de 20 m chute au sol. L'exploitant sécurise la zone. Les morceaux les plus éloignés sont ramassés à 200 m	-	Base de données ARIA	
Chute d'un aérofrein	06/02/2018	Conilhac-Corbières	Aude	ENERCON	2,3	2014		Vers 11h30, l'aérofrein d'une pale d'éolienne chute au sol dans un parc éolien. L'équipe technique présente sur site arrête l'aérogénérateur. La zone est sécurisée, les débris ramassés.	À la suite d'un défaut sur l'électronique de puissance, l'éolienne est passée en arrêt automatique par sollicitation du freinage aérodynamique. Lors de l'ouverture de l'aérofrein en bout de pale, son axe de fixation en carbone s'est rompu provoquant sa chute.	Base de données ARIA	
Chute de pale	04/07/2018	Port-la-Nouvelle	Aude	VESTAS V39	2,0 MW	1993		Vers 18 h, une avarie est constatée sur 2 des pales d'une éolienne : leurs extrémités se sont disloquées. Des éléments ont été projetés à 150 m du mât après s'être décrochées. L'exploitant met en place un périmètre de sécurité. L'aérogénérateur est mis en position de sécurité.	-	Base de données ARIA	
Incendie	28/09/2018	Sauveterre	Tarn	VESTAS V80/2000	2,0 MW	2009		Vers 2h, un feu se déclare au niveau de la nacelle d'une éolienne dans un parc éolien. Un riverain donne l'alerte. L'exploitant arrête les 4 aérogénérateurs du site. Les pompiers interviennent. Ils rencontrent des difficultés d'accès à la zone sinistrée. Des éléments enflammés chutent au sol. Le feu se propage à la végétation voisine. Les pompiers maîtrisent le sinistre à 6h30. Ils maintiennent une surveillance en raison des risques de reprise de feu. L'exploitant met en place un balisage et un gardiennage de la zone.	La présence de 2 foyers et de traces d'effraction sur la porte d'accès les amènent à conclure à un acte de malveillance.	Base de données ARIA	

Type d'accident	Date	Parc	Département	Type d'éolienne	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente ?	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s)	Commentaire sur l'utilisation du REX pour les calculs de probabilités de départ
Fuite d'huile	17/10/2018	Le Quint	Somme	GAMESA G97/2000	2,0 MW	2017		Vers midi, un technicien de maintenance détecte une fuite d'huile hydraulique depuis la nacelle d'une éolienne. L'aérogénérateur est arrêté. Environ 150 l d'huiles sont récupérés. L'exploitant du parc éolien estime que 50 l ont été perdus. Sous l'effet du vent, la zone impactée au pied de l'éolienne est d'environ 2 000 m ² . Une partie des cultures est perdue. Les terres polluées sont décapées sur une dizaine de cm. Elles sont stockées sur une bâche étanche, avant leur retraitement. De la terre végétale est mise en œuvre pour permettre la reprise de l'activité agricole. Un contrôle des prochaines récoltes est planifié.	La mauvaise réalisation d'une activité de maintenance annuelle préventive, la veille de l'événement, en est à l'origine. Selon le prestataire en charge de l'opération, un premier technicien n'a pas suffisamment serré le nouveau filtre hydraulique qu'il venait de mettre en place sur le circuit du multiplicateur de vitesse.	Base de données ARIA	
Effondrement d'une éolienne	06/11/2018	Guigneville	Loiret	Ecotecnia 100	3,0 MW	2010		Vers 6 h, une éolienne, d'une hauteur en bout de pale de 140 m, s'effondre dans un parc éolien composé de 2 aérogénérateurs (3 MW). Des riverains donnent l'alerte. L'exploitant arrête les autres éoliennes de même type, dans 5 parcs éoliens. Un balisage et une surveillance sont mis en place.	L'expertise conclut qu'une survitesse de rotation des pales de l'éolienne a conduit à une surcharge de contraintes sur la structure, provoquant son effondrement.	Base de données ARIA	
Chute de 3 aérofreins	18/11/2018	Conilhac-Corbières	Aude	ENERCON	2,3	2014		Les 3 aérofreins en extrémité des pales d'une éolienne chutent au sol, au pied du mât. L'équipe technique constate l'incident en se rendant sur site le lendemain en raison de l'arrêt de l'aérogénérateur. L'installation est mise en sécurité. Les débris, contenus dans un rayon de 150 m au pied du mât, sont ramassés et stockés avant traitement et recyclage en filaire agréée.		Base de données ARIA	
Incendie sur une éolienne	03/01/2019	La Limouzinière	Loire-Atlantique	SENVION MM92	2,05 MW	2010		Vers minuit, un feu se déclare au niveau de la nacelle d'une éolienne de 78 m de haut. Des riverains donnent l'alerte. L'exploitant arrête les 4 autres éoliennes du parc à 2h05. De nombreux débris enflammés tombent au sol. Un feu se déclare au pied de l'aérogénérateur. Les pompiers mettent en place un périmètre de sécurité de 150 m. Ils quittent le site à l'arrivée des équipes de l'exploitant vers 3h30. Celles-ci mettent en place un kit anti-pollution, des coulures d'huile étant visibles le long du mât. La nacelle de l'éolienne est détruite ainsi que la base des 3 pales.	Avarie sur la génératrice de l'éolienne semble à l'origine de l'incendie. Celle-ci avait été bridée à 50 % de sa puissance depuis une quinzaine de jours à la suite de la détection d'une usure de roulement par le système de surveillance vibratoire. Une intervention de maintenance, effectuée le 28/12, avait mis fin à ces vibrations caractéristiques d'un défaut de roulement. Cependant, des signes de délignage avaient fait leur apparition.	Base de données ARIA	
Chute d'une pale d'éolienne	17/01/2019	BAMBIDERSTROFF	Moselle	GAMESA G80	2,0 MW	2007		Vers 15 h dans un parc éolien, une pale d'éolienne se rompt. 2 morceaux chutent au sol, l'un de 5 m (coque) et l'autre de 28 m (fibre de verre). Ce dernier est projeté à 100 m de l'éolienne. L'exploitant arrête les 5 autres aérogénérateurs du parc à 15h17. Il met en place un périmètre de sécurité et ramasse la totalité des débris.	Selon les premiers éléments d'analyse, un défaut d'adhérence (manque de matière) entre la coque en fibre de verre et le cœur de la pale serait à l'origine de cette rupture.	Base de données ARIA	

Type d'accident	Date	Parc	Département	Type d'éolienne	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente ?	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s)	Commentaire sur l'utilisation du REX pour les calculs de probabilités de départ
Incendies criminels	20/01/2019	ROUSSAS	Drôme	VESTAS V66	1,75 MW	2006		Dans la nuit, un feu se déclare sur 2 éoliennes d'un parc composé de 12 aérogénérateurs. Les éoliennes sont lourdement endommagées.	D'après la presse, il s'agit d'un acte criminel. Un accident similaire était survenu en juin 2018, dans un parc éolien proche appartenant au même exploitant	Base de données ARIA	
Rupture du mât d'une éolienne	23/01/2019	BOUTAVENT	Oise	WINWIND WWD-1-64	1,0 MW	2011		Vers 14h40, le mât de 66 m d'une éolienne se plie en 2 en son milieu. Des débris sont projetés dans un rayon de 300 m. Les pompiers mettent en place un périmètre de sécurité de 500 m. Une coupure de courant impacte vers 13h30 le parc éolien, comptant 2 aérogénérateurs. Les pales de l'éolienne accidentée ne se sont pas mises en drapeau et sont restées en position de production, alors que le générateur était à l'arrêt. La machine est entrée en survitesse jusqu'à la dislocation d'une pale. Le balourd en résultant aurait conduit au pliage du mât. Le fabricant met les 21 autres éoliennes du même modèle à l'arrêt.	Selon l'exploitant, l'absence de passage en position de sécurité des pales est dû à une chute de tension au niveau des batteries pilotant la rotation des pales en cas de coupure de l'alimentation électrique. Il effectue des tests sur toutes les batteries des éoliennes du même constructeur et effectue les remplacements nécessaires. Il modifie également son plan de maintenance : tous les 2 ans, une des 3 pales sera équipée de batteries neuves. Il fixe l'âge maximal d'une batterie en exploitation à 6 ans.	Base de données ARIA	
Chute d'une pale d'éolienne	30/01/2019	ROQUETAILLADE	Aube	GAMESA G47	5,28 MW	2001		Vers 13 h, une pale d'une éolienne se rompt et chute au sol. Un périmètre de sécurité est mis en place autour de l'éolienne. L'exploitant arrête les 27 autres aérogénérateurs du parc. Un arrêté préfectoral d'urgence soumet leur redémarrage à l'accord de l'inspection des installations classées.	Certaines des vis retrouvées au sol présentent des ruptures franches, des éléments distinctifs de fatigue et des traces de corrosion. Cette corrosion pourrait avoir été engendrée par une précharge insuffisante lors du serrage	Base de données ARIA	
Fissurations sur des roulements de pales d'éoliennes	12/02/2019	AUTECHAUX	Doubs	GE Energy	2,75 MW	2016	-	A la suite d'une fissuration constatée sur une bague extérieure de roulement de pale d'une éolienne d'un parc éolien de même technologie hors de France, l'exploitant réalise des inspections de cette pièce sur 3 de ses parcs éoliens comprenant 43 éoliennes. Ces contrôles mettent en évidence 6 fissurations sur des roulements de pale, positionnés entre la base de la pale et le moyeu. Les 6 fissures sont précisément localisées au niveau des goupilles coniques et trous de remplissage du roulement utilisés lors de l'assemblage des billes de roulement pendant la fabrication de la pièce.	L'origine des fissurations serait un défaut d'alésage qui, sous contrainte, conduirait à une fissuration par fatigue de la bague au niveau d'une zone d'amorçage propice constituée par les trous d'introduction des billes dans les roulements.	Base de données ARIA	

Type d'accident	Date	Parc	Département	Type d'éolienne	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente ?	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s)	Commentaire sur l'utilisation du REX pour les calculs de probabilités de départ
Eolienne touchée par la foudre	02/04/2019	EQUANCOURT	Somme	Inconnu	-	-	-	Dans l'après-midi, lors d'un épisode orageux, la foudre touche une des 12 éoliennes d'un parc éolien. Après constat sur place, l'éolienne est arrêtée à distance à 18h30. Un expert de la société de fabrication et maintenance de l'éolienne inspecte l'équipement et la pale endommagée. Il estime qu'il n'y a pas de risque d'aggravation des dégâts ni de chute de composants tant que l'éolienne reste à l'arrêt avec les pales mises en drapeau. Une autre inspection les jours suivants permet de confirmer qu'aucune autre des éoliennes n'a été touchée par la foudre. La pale est déposée pour la réparer.	Foudre	Base de données ARIA	
Électrisation lors de la maintenance d'une éolienne	15/04/2019	CHAILLY-SUR-ARMANCON	Côte-d'Or	Inconnu	-	-	-	Vers 12h15, un sous-traitant est électrisé par un courant de 20 000 V dans une éolienne. Les pompiers interviennent sur les lieux. Un technicien effectue des reconnaissances au sommet de l'éolienne afin de vérifier si celle-ci est endommagée. L'éolienne est sécurisée par le personnel de maintenance. La victime est légèrement blessée.	Electrisation	Base de données ARIA	
Incendie sur une éolienne	18/06/2019	QUESNOY-SUR-AIRAINES	Somme	Inconnu	-	-	-	Vers 17 h, un feu se déclare sur une éolienne située dans un parc éolien qui en compte 5. Les équipes de maintenance du site maîtrisent l'incendie. Les pompiers alertés par le parc éolien réalisent des contrôles thermiques pour confirmer l'extinction.	D'après la presse, un court-circuit sur un condensateur est à l'origine du sinistre.	Base de données ARIA	
Feu de moteur d'éolienne	25/06/2019	AMBON	Morbihan	Ecotecnia 80	1,67 MW	2008	-	Vers 15h45, lors d'une opération de maintenance au niveau du système d'orientation des pales d'une éolienne, un feu se déclare au niveau de la nacelle de cette éolienne dans un parc mis en service en 2008 comportant 6 machines de 120 m pour une puissance totale de 10,02 MW. Voyant des étincelles, les techniciens alertent les secours. Un périmètre de sécurité de 500 m est mis en place. Le parc est mis à l'arrêt. Des éléments structurels de l'éolienne chutent au sol. L'incendie est maîtrisé vers 18h50.	Des fuites d'huile avaient été constatées en 2015 et 2018 sans avoir été nettoyées.	Base de données ARIA	

Type d'accident	Date	Parc	Département	Type d'éolienne	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente ?	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s)	Commentaire sur l'utilisation du REX pour les calculs de probabilités de départ
Chute d'un bout de pale d'une éolienne	27/06/2019	CHARLY-SUR-MARNE	Aisne	Gamesa G90	2,0 MW	2009	-	Vers 9 h, deux techniciens intervenant sur une éolienne pour maintenance constatent qu'une pale d'une autre éolienne présente un angle anormal. Ils demandent au centre de maintenance l'arrêt à distance de cette éolienne. Vers 9h30, lors de la mise à l'arrêt, le bout de la pale abîmée est projeté en 2 morceaux, l'un à 15 m de l'éolienne, l'autre à 100 m dans l'enceinte du parc éolien. Chaque morceau correspond à une face de la pale. À la demande des techniciens, l'éolienne est arrêtée à distance.	Inconnue En septembre 2016, les pales de l'éolienne avaient été inspectées. Des reprises de peinture et la réparation d'une fissure avaient été réalisées. Ces défauts avaient été classés comme mineurs. En octobre 2018, une inspection visuelle n'avait révélé aucun défaut.	Base de données ARIA	
Chute du capot de la nacelle d'une éolienne	28/11/2019	HANGEST-EN-SANTERRE	Somme	-	-	-	-	Dans un parc éolien, le capot se situant à l'extrémité de la nacelle d'une éolienne se décroche et tombe au sol. L'éolienne concernée ainsi que l'ensemble du parc sont mis à l'arrêt.	Inconnue	Base de données ARIA	Chute du capot de la nacelle d'une éolienne
Perte de contrôle d'une éolienne lors d'une mise en service	06/12/2019	AVELANGES	Côte-d'Or	-	3,0 MW	2019	-	Vers 15 h, alors qu'une équipe d'installation réalise un travail d'étiquetage sur une éolienne, cette dernière commence à tourner malgré l'absence de raccordement électrique. L'équipe évacue en urgence par l'échelle. Les secours mettent en place un périmètre de sécurité de 800 m autour de l'équipement. Les gendarmes stoppent la circulation sur la route voisine. Les conditions climatiques, vent violent, empêchent l'équipe d'intervenir pour mettre en sécurité la machine. Le lendemain vers 11 h, l'équipe bloque le rotor et remet les pales en position de sécurité.	L'incident se produit au cours de la préparation à la mise en service de l'éolienne. La mise en mouvement non contrôlée est due à une erreur de positionnement des angles des pales la veille de l'accident à 18 h et à la présence de vent violent.	Base de données ARIA	Autre : Pert de contrôle d'une éolienne lors d'une mise en service
Chute de pale	09/12/2019	LA FORET-DE-TE SSE	Charente	V110	2,0 MW	2016	-	A 18 h, un riverain constate la chute d'un bout de pale d'environ 7 m d'une des 12 éoliennes du parc. L'éolienne concernée s'arrête. L'exploitant met en sécurité les 11 autres éoliennes. Un périmètre de sécurité de 150 m et une surveillance sont mis en place pour interdire l'accès au public. La pale s'est brisée en 3 morceaux principaux (2 points de rupture à environ 16,5 m et 47 m de la racine de la pale). Des débris solides (fibres de verre, fibres de carbone, PVC) ont été projetés sur 2 parcelles agricoles aux alentours. Un morceau de 30 m initialement resté accroché à la racine de la pale tombe 48h plus tard suite aux forts vents. Le ramassage des débris ainsi que le bâchage des 2 plus gros morceaux de pale au sol afin d'éviter l'éparpillement de nouveaux débris sont réalisés.	L'exploitant recherche les causes de cette rupture sachant qu'aucun emballement du rotor n'a été détecté dans les secondes qui ont précédé l'incident. Le lot de fabrication de la pale sinistrée est identifié par le constructeur. Les contrôles réalisés le lendemain du sinistre sur l'ensemble des 11 autres éoliennes n'identifient pas de dommage, d'imperfection ou de trace de foudroiement. La dernière inspection du constructeur réalisée par drone 8 mois plus tôt n'avait révélé aucun défaut.	Base de données ARIA	Chute de pale

Type d'accident	Date	Parc	Département	Type d'éolienne	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente ?	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s)	Commentaire sur l'utilisation du REX pour les calculs de probabilités de départ
Incendie	16/12/2019	POINVILLE	Eure-et-Loir	N90	2,3 MW	2005	-	Vers 12h30, un feu sans flamme se déclare sur une éolienne d'un parc éolien. A 13h10, de la fumée blanche est constatée. Les pompiers mettent en place un périmètre de sécurité et surveillent l'équipement. A 15h54, il n'y a plus de fumée, les pompiers inspectent la machine en pied et quittent le site vers 17 h.	Aucune destruction extérieure, chute d'élément ou fuite de fluide n'est à déplorer. Seules les gaines protectrices des câbles de puissance ont brûlé sur 10 m de long. L'expert en assurance suppose une combustion sans flamme et estime la température atteinte en nacelle en dessous de 100 °C.	Base de données ARIA	Incendie
Incendie	17/12/2019	AMBONVILLE	Haute-Marne	V90	2,0 MW	2010	-	A 14h20, un feu se déclare en partie basse d'une éolienne. Les pompiers interviennent à l'aide d'un extincteur à poudre.	L'origine du départ de feu serait liée à une défaillance électrique	Base de données ARIA	Incendie

Mise à jour : Base Aria consultée en mai 2020 (<https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/le-barpi/la-base-de-donnees-aria/>)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Indépendance d'une mesure de maîtrise des risques : Faculté d'une mesure, de par sa conception, son exploitation et son environnement, à ne pas dépendre du fonctionnement d'autres éléments et notamment d'une part d'autres

mesures de maîtrise des risques, et d'autre part, du système de conduite de l'installation, afin d'éviter les modes communs de défaillance ou de limiter leur fréquence d'occurrence.

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

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

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

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

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

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

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

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

Attention aux confusions possibles :

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

Réduction du risque : Actions entreprises en vue de diminuer la probabilité, les conséquences négatives (ou dommages), associées 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

11.6 - ANNEXE 6 – 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 Gütsch : monitoring of a wind turbine under icing conditions- R. Cattin et al.
- [15] Wind energy production in cold climate (WECO), Final report - Bengt Tammelin et al. – Finnish Meteorological Institute, Helsinki, 2000
- [16] Rapport sur la sécurité des installations éoliennes, Conseil Général des Mines - Guillet R., Leteutrois J.-P. - juillet 2004
- [17] Risk analysis of ice throw from wind turbines, Seifert H., Westerhellweg A., Kröning J. - DEWI, avril 2003
- [18] Wind energy in the BSR: impacts and causes of icing on wind turbines, Narvik University College, novembre 2005