

RWE

PROJET ÉOLIEN Des Marchellions



Juin 2024 et complété en juin 2025

Etude de dangers

PARC EOLIEN DES MARCHELLIONS

50 rue Madame de Sanzillon
92 110 CLICHY

Communes de
Saint-Maur-sur-le-Loir et Dancy (28)

AUTEURS

Citation recommandée :	Enviroscop, Mai 2024 et complétée en juin 2025. Étude de dangers du Parc éolien des Marchellions. Communes de Saint-Maur-sur-le-Loir et Dancy (28). Dossier de demande d'autorisation environnementale. Parc éolien des Marchellions
Réalisation :	Chargée d'étude : Nathalie BILLER, ingénierie Environnement, SIG et paysage Contrôle qualité : Blandine LETIENNE, ingénieur Environnement et SIG
 	Enviroscop 27 rue André Martin 76710 MONTVILLE Tél. +33 (0)952 081 201 / contact@enviroscop.fr Signataire de la Charte d'engagement des bureaux d'études dans le domaine de l'évaluation environnementale (voir site du Ministère ¹) 

POUR LE COMPTE DE :

Maître d'ouvrage :	Parc éolien des Marchellions 50 rue Madame de Sanzillon 92110 CLICHY
Maîtrise d'ouvrage déléguée / assistance à maîtrise d'ouvrage :	RWE Renouvelables France 50 rue Madame de Sanzillon 92110 CLICHY
	Contrôle qualité et suivi de projet : Yohan DY, Chef de projets éoliens Courriel : yohan.dy@rwe.com . Tél : 06 07 78 21 18.
Éoliennes :	2 éoliennes de 6,6 MW maximum Rotor jusqu'à 155 m de diamètre, pour une hauteur totale maximale de 185 m en bout de pale
Puissance du parc :	13,2 MW maximum
Localisation :	Saint-Maur-sur-le-Loir et Dancy (28)

Le projet éolien est localisé sur les territoires communaux de Saint-Maur-sur-le-Loir et de Dancy. Toutefois, la commune de Dancy n'étant concernée qu'au titre du survol d'une éolienne, il a été convenu, pour des considérations de lisibilité et de cohérence territoriale, que la dénomination retenue dans le présent document soit limitée à la mention suivante : « projet éolien sur la commune de Saint-Maur-sur-le-Loir ».

Rédaction de l'étude sur la base de la « Trame type de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens » de l'Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS), examinée par la Direction Générale de la Prévention des Risques (DGPR).

¹ <http://www.developpement-durable.gouv.fr/La-charte-d-engagement-des-bureaux,43760.html>

Sommaire

Le résumé non technique est joint dans une pièce à part.

A. PREAMBULE	5	G. ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES	28
A.1 Objectif de l'étude de dangers	5	G.1 Objectif de l'analyse préliminaire des risques	28
A.2 Contexte législatif et réglementaire	5	G.2 Recensement des événements initiateurs exclus de l'analyse des risques	28
A.3 Nomenclature des installations classées	6	G.3 Recensement des agressions externes potentielles	28
B. INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION	6	G.4 Scénarios étudiés dans l'analyse préliminaire des risques	29
B.1 Renseignements administratifs	6	G.5 Effets dominos	31
B.2 Localisation du site	6	G.6 Mise en place des mesures de sécurité	31
B.3 Définition de l'aire d'étude	6	G.7 Conclusion de l'analyse préliminaire des risques	34
C. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION	7	H. ÉTUDE DETAILLEE DES RISQUES	35
C.1 Environnement humain	7	H.1 Rappel des définitions	35
C.2 Environnement naturel	11	H.2 Caractérisation des scénarios retenus	37
C.3 Environnement matériel	14	H.3 Synthèse de l'étude détaillée des risques	43
C.4 Cartographie de synthèse	15	I. CONCLUSION	45
D. DESCRIPTION DE L'INSTALLATION	16	J. ANNEXES	46
D.1 Caractéristiques de l'installation	16	J.1 Cadre méthodologique	46
D.2 Fonctionnement de l'installation	18	J.2 Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne	49
E. IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION	23	J.3 Tableau de l'accidentologie française	51
E.1 Potentiels de dangers liés aux produits	23	J.4 Scénarios génériques issus de l'analyse préliminaire des risques	70
E.2 Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation	23	J.5 Probabilité d'atteinte et Risque individuel	72
E.3 Réduction des potentiels de dangers à la source	24	J.6 Glossaire	72
F. ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE	25	J.7 Bibliographie et références utilisées	74
F.1 Limite d'utilisation de l'accidentologie	25		
F.2 Inventaire des accidents et incidents en France	25		
F.3 Inventaire des accidents et incidents à l'international	26		
F.4 Inventaire des accidents majeurs survenus sur les sites de l'exploitant	27		
F.5 Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience	27		
F.6 Limites d'utilisation de l'accidentologie	27		

Liste des illustrations

Carte 1 : Situation du Parc éolien des Marchellions et de l'aire d'étude de dangers	7
Carte 2 : Éloignement des éoliennes aux habitations et aux zones d'habitation	8
Carte 3 : Synthèse des enjeux humains et matériels dans la zone d'étude de dangers	10
Carte 4 : Fréquence des tornades en France	11
Carte 5 : Zonages sismique	12
Carte 6 : Projet éolien liés aux risques naturels	13
Carte 7 : Synthèse de l'environnement dans l'aire d'étude de dangers (500 m) de E1	15
Carte 8 : Synthèse de l'environnement dans l'aire d'étude de dangers (500 m) de E2	16
Carte 12 : Plan simplifié du Parc éolien des Marchellions	18
Carte 13 : Synthèse des risques de l'éolienne E1	44
Carte 14 : Synthèse des risques de l'éolienne E2	44
Figure 1 : Précipitations et températures à Châteaudun	11
Figure 2 : Risques technologiques majeurs dans les communes de l'aire d'étude de dangers	14
Figure 3 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur	17
Figure 4 : Schémas de principe des emprises au sol d'une éolienne	17
Figure 6 : Principe du raccordement électrique des installations	22
Figure 7 : Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateurs français	26
Figure 8 : Répartition des événements accidentels sur le parc d'aérogénérateurs mondial	26
Figure 9 : Répartition des principales causes des événements accidentels sur le parc d'aérogénérateurs mondial	26
Figure 10 : Évolution du nombre d'incidents annuels en France et puissance raccordée	27
Figure 11 : Démarche d'analyse des risques	49
Figure 12 : Nombre de personnes exposées sur les voies de communication structurantes en fonction du linéaire et du trafic	50

Tableau 1 : La nomenclature ICPE pour l'éolien	6
Tableau 2 : État des documents d'urbanisme des communes dans l'aire d'étude de dangers	7
Tableau 3 : Distance d'éloignement aux lieux-dits les plus proches des éoliennes du projet	9
Tableau 4 : Nombre de jours moyen de gels et épisode neigeux	11
Tableau 5 : Nombre de jours moyen de vents violents (rafales)	11
Tableau 6 : Liste des arrêtés de reconnaissance de catastrophe naturelle des communes dans l'aire d'étude de dangers	12
Tableau 7 : Nombre de jours moyen d'orages	13
Tableau 8 : Grille de lecture de l'estimation des enjeux humains	15
Tableau 9 : Coordonnées des éoliennes projetées et poste de livraison	17
Tableau 10 : Caractéristiques du modèle d'éolienne du Parc éolien des Marchellions	17
Tableau 12 : Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation	23
Tableau 13 : Principales agressions externes liées aux activités humaines	28
Tableau 14 : Principales agressions externes liées aux phénomènes naturels	29
Tableau 15 : Analyse préliminaire des risques	30
Tableau 16 : Mesures de sécurité	32
Tableau 17 : Scénarios exclus de l'étude détaillée	34
Tableau 18 : Définition de l'intensité des effets	35
Tableau 19 : Définition des seuils de gravité	36
Tableau 20 : Définition des échelles de probabilité	36
Tableau 21 : Définition des niveaux de risques	37
Tableau 22 : Intensité de l'effondrement d'une éolienne	37
Tableau 23 : Gravité du risque de l'effondrement d'une éolienne	38
Tableau 24 : Fréquence d'effondrement d'une éolienne d'après la littérature	38
Tableau 25 : Niveau de risque et d'acceptabilité de l'effondrement d'une éolienne	38
Tableau 26 : Intensité de chute de glace	39
Tableau 27 : Gravité du risque de chute de glace	39
Tableau 28 : Niveau de risque et d'acceptabilité de chute de glace	39
Tableau 29 : Intensité de chute d'éléments	39
Tableau 30 : Gravité du risque de chute d'éléments de l'éolienne	40
Tableau 31 : Niveau de risque et d'acceptabilité de chute d'éléments	40
Tableau 32 : Intensité de projection de pale ou de fragments de pale	40
Tableau 33 : Gravité de projection de pale ou de fragments de pale	41
Tableau 34 : Fréquence de projection de tout ou partie de pale d'après la littérature	41
Tableau 35 : Niveau de risque et d'acceptabilité de projection de pale ou de fragments de pale	41
Tableau 36 : Intensité de projection de morceaux de glace	42
Tableau 37 : Gravité de projection de morceaux de glace	42
Tableau 38 : Niveau de risque et d'acceptabilité de projection de morceaux de glace	42
Tableau 39 : Synthèse des scénarios étudiés	43
Tableau 40 : Définition des niveaux de risques	43

A. PRÉAMBULE

A.1 OBJECTIF DE L'ETUDE DE DANGERS

La présente étude de dangers a pour objet de rendre compte de l'examen effectué par la société **Parc éolien des Marchellions** pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques du Parc éolien des Marchellions, 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 du Parc éolien des Marchellions. 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 à la complexité des installations et de leurs risques.

Cette étude précise l'ensemble des mesures de maîtrise des risques mises en œuvre sur le Parc éolien des Marchellions, 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.

Nous rappellerons ici les définitions de danger et de risque retenues dans la présente étude :

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 ». (Glossaire des risques technologiques, circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers).

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).

A.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. 181-25, **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 L. 181-25 du Code de l'environnement :

- risques auxquels l'installation peut exposer, directement ou indirectement, les intérêts mentionnés à l'article L. 511-1 en cas d'accident, que la cause soit interne ou externe à l'installation ;
- une analyse de risques qui prend en compte la probabilité d'occurrence, la cinétique et la gravité des accidents potentiels selon une méthodologie qu'elle explicite ;
- les mesures propres à réduire la probabilité et les effets de ces accidents.

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 [11] précise le contenu attendu de l'étude de dangers et apporte des éléments d'appréciation des dangers pour les installations classées soumises à autorisation.

A.3 NOMENCLATURE DES INSTALLATIONS CLASSEES

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

Tableau 1 : La nomenclature ICPE pour l'éolien

N°	A – Nomenclature des installations classées		
	Désignation de la rubrique.	A, E, D, S, C(1)	Rayon (2)
2980	<p>Production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent (ensemble des machines d'un site) :</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Comportant au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m ; ■ Comportant uniquement des aérogénérateurs dont le mât à une hauteur inférieure à 50 m et au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur maximale supérieure ou égale à 12 m et pour une puissance totale installée : <ul style="list-style-type: none"> • supérieure ou égale à 20 MW • inférieure à 20 MW 	<p>A</p> <p>A</p> <p>D</p>	<p>6</p> <p>6</p>

(1) A : autorisation, E : enregistrement, D : déclaration, S : servitude d'utilité publique, C : soumis au contrôle périodique prévu par l'article L. 512-11 du code de l'environnement (2) Rayon d'affichage en kilomètres / Décret n°2011-984 du 23 août 2011

Le Parc éolien des Marchellions comprend au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m (mât + nacelle de 110 m) : **cette installation est donc soumise à autorisation (A)** au titre des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement et doit présenter une étude de dangers au sein de sa demande d'autorisation environnementale.

■ Cas des éoliennes et méthodologie

Le cadre juridique de l'activité de la production d'énergie éolienne a été modifié depuis la loi n°2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement, dite « Loi Grenelle 2 ». En effet, depuis le 14 juillet 2011 les éoliennes sont désormais inscrites à la nomenclature des activités soumises au respect des règles applicables aux **Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE)**.

L'éolien est l'une des branches des énergies renouvelables les plus matures, sa technologie étant désormais bien maîtrisée. Sa croissance dans le monde est considérable depuis une dizaine d'années et la puissance éolienne totale installée s'élevait à 906 GW fin 2022 (source : GWEC). En France, des éoliennes sont opérationnelles depuis 1991 (Port-La-Nouvelle). Au 31 décembre 2022, la France totalisait 20,9 GW de puissance installée sur son territoire (source : SOeS).

Très peu d'accidents majeurs sont recensés du fait d'un retour d'expériences important à travers le monde.

Dans la Circulaire du 29 août 2011, relative aux conséquences et orientations du classement des éoliennes dans le régime des installations classées (DEVP1119997C), le ministre de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement précise que « *les études de dangers, désormais exigibles pour les éoliennes soumises à autorisation, pourront présenter un caractère plus léger que bon nombre d'autres installations classées, bien plus dangereuses, dans un souci de proportionnalité* ».

La présente étude de dangers respecte les prescriptions de l'article R.512-9 du Code de l'environnement et a donc été réalisée sur la base de la « *Trame type de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens* » achevé

par l'INERIS (version de Mars 2012). En effet, le Parc éolien des Marchellions est représentatif au sens où il ne présente aucune particularité ni dans sa taille, ni dans sa conception, ni dans son implantation.

Par ailleurs, ce guide est le **référentiel officiel** pour l'élaboration des études de dangers de parc éolien validé par la Direction Générale de la Prévention de Risques (DGPR) du ministère en charge de l'environnement en 2012 et transmis à toutes les DREAL pour l'instruction des dossiers éoliens.

B. INFORMATIONS GÉNÉRALES CONCERNANT L'INSTALLATION

B.1 RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS

Société porteuse du projet : Parc éolien des Marchellions

- Adresse du siège : 50 rue Madame de Sanzillon 92110 CLICHY
- Forme juridique : Société par actions simplifiée (Société à associé unique)
- Capital social : 37 000,00 Euros
- RCS : 910 521 673 R.C.S. Nanterre
- Activité exercée : 35. 11Z - Production d'énergie

B.2 LOCALISATION DU SITE

Le Parc éolien des Marchellions, composé de **2 aérogénérateurs**, est localisé sur la commune de Saint-Maur-sur-le-Loir en région Centre-Val de Loire. L'éolienne la plus proche des habitations est l'éolienne E2, située à 845 m du hameau de Edeville, sur la commune de Saint-Maur-sur-le-Loir.

Les positions des éoliennes sont présentées dans le Tableau 9 page 17.

B.3 DEFINITION DE L'AIRE D'ETUDE

Compte tenu des spécificités de l'organisation spatiale d'un parc éolien, composé de plusieurs éléments disjoints, la zone sur laquelle porte l'étude de dangers est constituée **d'une aire d'étude pour chaque 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 H.2- 4.

Note. Dans le document, sans mention précisant l'éolienne concernée, le terme « aire d'étude » fera référence aux aires d'étude de toutes les éoliennes du parc (notamment lors de la description de l'environnement de l'installation).

Carte 1 : Situation du Parc éolien des Marchellions et de l'aire d'étude de dangers



L'aire d'étude n'intègre pas les environs du poste de livraison, situé le long du chemin rural n°11 de Marchellions à Lolon. Les modélisations réalisées dans le cadre du [guide de l'INERIS](#) ont en effet démontré l'absence d'effet à l'extérieur d'un poste de livraison pour chacun des phénomènes dangereux potentiels pouvant l'affecter.

L'aire d'étude (périmètre de 500 m de rayon autour des éoliennes) du Parc éolien des Marchellions se situe sur les communes suivantes :

- Saint-Maur-sur-le-Loir, la commune d'implantation ;
- Pré-Saint-Évroult ;
- Dancy.

C. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION

Ce chapitre a pour objectif de décrire l'environnement dans l'aire d'étude de l'installation, afin d'identifier :

- les principaux intérêts à protéger (enjeux humains extérieurs à l'installation)
- et les facteurs de risque que peut représenter l'environnement vis-à-vis de l'installation (agresseurs potentiels : environnement naturel et environnement matériel).

C.1 ENVIRONNEMENT HUMAIN

C.1-1.ZONES URBANISÉES

Dans les communes de l'aire d'étude de dangers, les habitations sont regroupées dans les coeurs de bourgs ainsi que dans plusieurs hameaux voire fermes isolées.

Aucune habitation ne se situe dans le périmètre de l'aire d'étude de dangers, à savoir 500 m autour des éoliennes du Parc éolien des Marchellions.

Tableau 2 : État des documents d'urbanisme des communes dans l'aire d'étude de dangers

PLU : plan local d'urbanisme | RNU : Règlement National d'Urbanisme | Source : Géoportail de l'urbanisme, préfecture d'Eure-et-Loir

Commune	Document en vigueur et date d'approbation	Prescription en cours
Dancy	RNU	-
Pré-Saint-Évroult	RNU	-
Saint-Maur-sur-le-Loir	PLU approuvé le 20 février 2014	-

L'aire de 500 m autour des éoliennes et les éloignements aux habitations et zones définies pour l'habitat les plus proches sont indiqués dans le tableau suivant et en Carte 2 en page 8.

- La commune de Saint-Maur-sur-le-Loir** est couverte par un PLU approuvé le 20 février 2014. La zone à destination d'habitation définie au PLU la plus proche est à 1.72 km de l'éolienne E2. Il s'agit du hameau de Lolon. De plus, quelques habitations à moins de 1 km du projet se situent en dehors des zones destinées à l'habitat. Il s'agit des habitations dans le hameau de Edeville sur la commune de Saint-Maur-sur-le-Loir, situées à plus de 845 m de l'éoliennes E2.
- La commune de Dancy** relève du RNU. L'habitation la plus proche est située dans le hameau de Massuères à 990 m de E2.
- La commune de Pré-Saint-Evroult** relève du RNU. Aucune habitation n'est située à moins de 1,35 km des éoliennes.

Carte 2: Éloignement des éoliennes aux habitations et aux zones d'habitation

Les distances sont approximatives et données à titre indicatif. Pour plus de lisibilité, toutes les distances ne sont pas indiquées.

Source : Fond IGN, Cadastre vecteur Ministère des Finances, habitations à partir de la couche bâtie du cadastre et contrôle par photo aérienne, zones destinées à l'habitation du PLU de Bonneval – Report par Enviroscop.

- Projet
- Eolienne et son survol
- Aires d'étude
- 500 m aux éoliennes
 - 1 km
 - 1,5 km
 - 2 km
- Limite communale
- Ecart aux habitations et zones du PLU
- Habitation
 - Ub
 - Ah
 - Nh
- 500 m des habitations et zones destinées à l'habitat

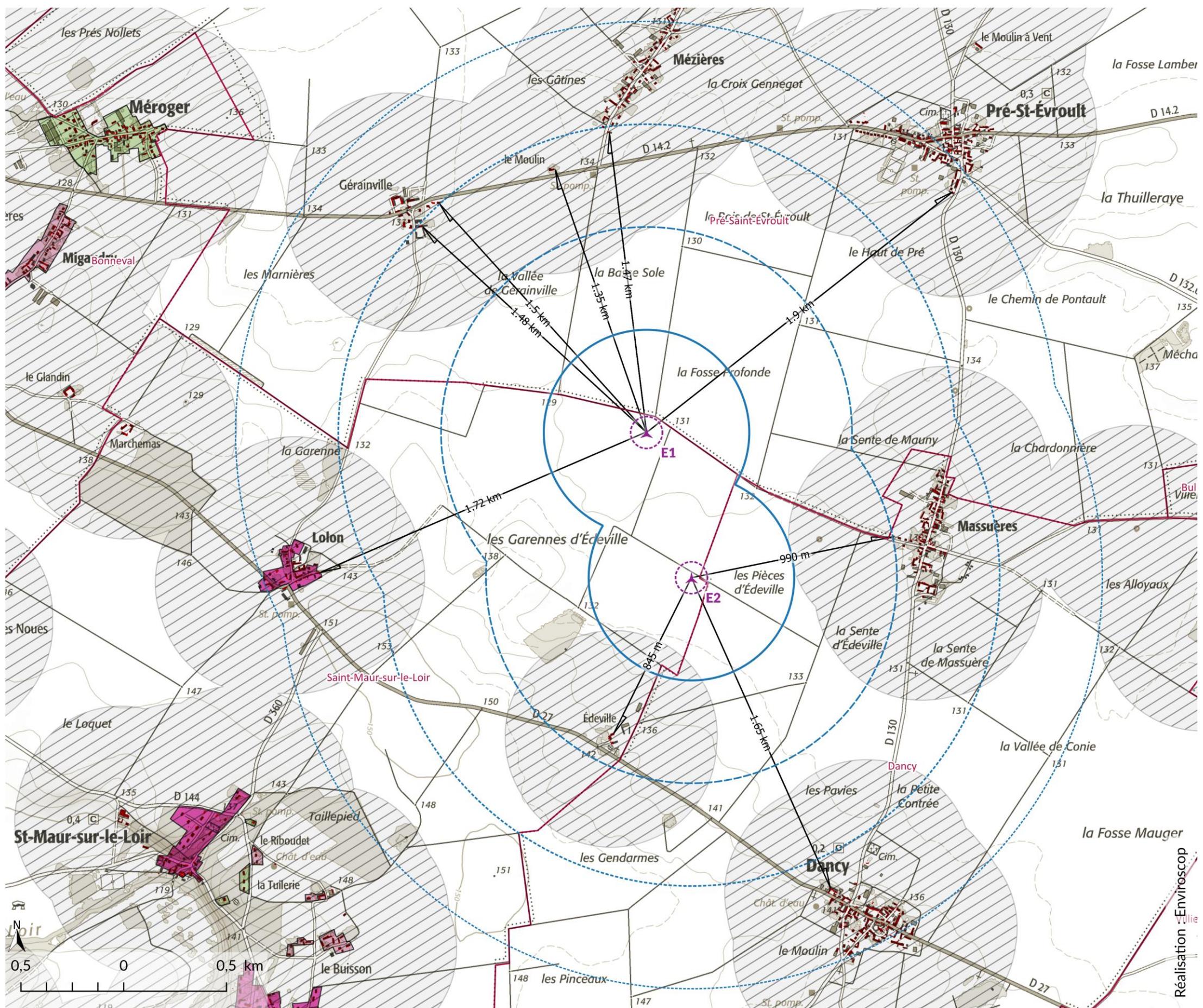


Tableau 3 : Distance d'éloignement aux lieux-dits les plus proches des éoliennes du projet

Les distances sont approximatives et données à titre indicatif. Pour plus de lisibilité, toutes les distances ne sont pas indiquées. Ne sont mentionnées que les distances au bâti le plus proche, tel que figurées dans la Carte 2 en page 8. | Réalisation Enviroskop. | Sources : IGN Scan25, BD Parcellaire ministère des Finances, BD Ortho. | PLU de Saint-Maur-sur-le-Loir, RWE Renouvelables France.

Habitations et zones destinées à l'habitat dans le document d'urbanisme	E1	E2	Ecart minimal
Edeville - SAINT-MAUR-SUR-LE-LOIR	1,47	0,85	0,85 km
Massuères - DANCY	1,30	0,99	0,99 km
Lolon - zone urbaine - SAINT-MAUR-SUR-LE-LOIR	1,72	2,09	1,72 km
Lolon - corps de ferme - SAINT-MAUR-SUR-LE-LOIR	1,80	2,20	1,80 km
Gérainville - PRE-SAINT-EVROULT	1,48	2,15	1,48 km
Le Moulin - PRE-SAINT-EVROULT	1,35	2,19	1,35 km
La sente de la Brière - PRE-SAINT-EVROULT	1,50	1,65	1,50 km
Mézières - PRE-SAINT-EVROULT	1,47	1,80	1,47 km
Bourg - DANCY	2,39	1,90	1,90 km
Village - PRE-SAINT-EVROULT	1,90	2,27	1,90 km
Village - SAINT-MAUR-SUR-LE-LOIR	2,62	2,39	2,39 km
Méroger - BONNEVAL	2,72	3,30	2,72 km
Migaudry - BONNEVAL	2,96	3,46	2,96 km
Ville - BONNEVAL	3,50	3,92	3,50 km
Ecart minimal	1,30 km	0,85 km	0,85 km

Comme l'indique le tableau précédent et la Carte 2 en page 8, les éoliennes du projet sont toutes situées à plus de 845 m des habitations et des zones destinées à l'habitat les plus proches selon les documents d'urbanisme en vigueur. Seuls deux hameaux sont situés à moins de 1 km des éoliennes :

- # le hameau d'Edeville à Saint-Maur-sur-le-Loir, dont l'éolienne E2 est à 845 m ;
- # le hameau de Massuères à Dancy, dont l'éolienne E2 est à 990 m.

Ces distances minimales sont cohérentes avec la réglementation ICPE. Elles permettent en outre de limiter les effets résiduels à un niveau acceptable également pour le cadre de vie (acoustique, perception paysagère).

C.1-2.ETABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC (ERP)

Constituent des ERP, "tous les bâtiments, locaux et enceintes dans lesquels des personnes sont admises, soit librement, soit moyennant une rétribution ou une participation quelconque, ou dans lesquels sont tenues des réunions ouvertes à tout venant ou sur invitation, payantes ou non." Source : Article R 123-2 du code de la construction et de l'habitation. Cela regroupe donc un très grand nombre d'établissements, comme les magasins et centres commerciaux, les cinémas, les théâtres, les hôpitaux, les écoles et universités, les hôtels et restaurants... que ce soient des structures fixes ou provisoires (chapiteaux, tentes, structures gonflables).

Les établissements recevant du public à proximité du site sont de type églises, écoles, mairies, commerces, cimetière, ... Ils sont situés dans les villages ou en limite de zone urbaine dans les hameaux. Dans le cas présent, le plus proche est le cimetière communal de Dancy, situé à 1,5 km de l'éolienne E2.

Aucun établissement recevant du public n'est recensé dans la zone d'étude de 500 m des éoliennes.

C.1-3.INSTALLATIONS CLASSÉES POUR LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT (ICPE) ET INSTALLATIONS NUCLÉAIRES DE BASE

Aucune installation classée pour la protection de l'environnement, ni aucun établissement SEVESO, ni aucune installation nucléaire de base (INB) ne sont présents dans les limites de la zone d'étude de dangers. Voir C.3-1c en page 14)

C.1-4.AUTRES ACTIVITÉS POUVANT PRÉSENTER DES ENJEUX HUMAINS

Activités agricoles, exploitation du parc éolien et autres occupations des sols ponctuelles

Dans l'aire d'étude de dangers, sont recensées l'occupation des sols et les activités suivantes (voir Carte 3 en page 10) :

- des parcelles agricoles cultivées,
- les plateformes du Parc éolien des Marchellions, pouvant constituer une zone de stationnement.

Les principaux usagers du site sont les exploitants agricoles sur les surfaces agricoles et le stationnement éventuel sur les aires de levage des éoliennes.

Conformément à la méthodologie du guide INERIS, les voies de circulation de moins de 2 000 véhicules/jour sont comptées dans la catégorie des terrains aménagés mais peu fréquentés pour l'évaluation des enjeux humains. Celles de plus de 2 000 véhicules/jour sont comptées comme des routes structurantes.

La zone d'étude de dangers n'est traversée par aucune route bitumée, qu'elle soit structurante ou non. Toutefois, on compte plusieurs chemins ruraux ou privés utilisés pour l'exploitation agricole, non revêtus hormis ceux renforcés pour le parc éolien. Voir Carte 3 en page 10.

On retiendra la circulation des véhicules d'exploitation sur les chemins et plateformes au regard de leurs surfaces concernées.

Itinéraire de promenade

Aucun chemin de grande randonnée GR, ni chemin de randonnée de pays n'est recensé dans l'aire d'étude de dangers. Les chemins peuvent entraîner la présence occasionnelle de promeneurs. Toutefois, aucun des chemins de l'aire d'étude de dangers n'est balisé pour la promenade.

Aucune autre activité ou infrastructure nécessitant la présence de personne n'est observée dans la zone d'étude.

C.1-6. SYNTHÈSE DES ENJEUX HUMAINS DANS L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION

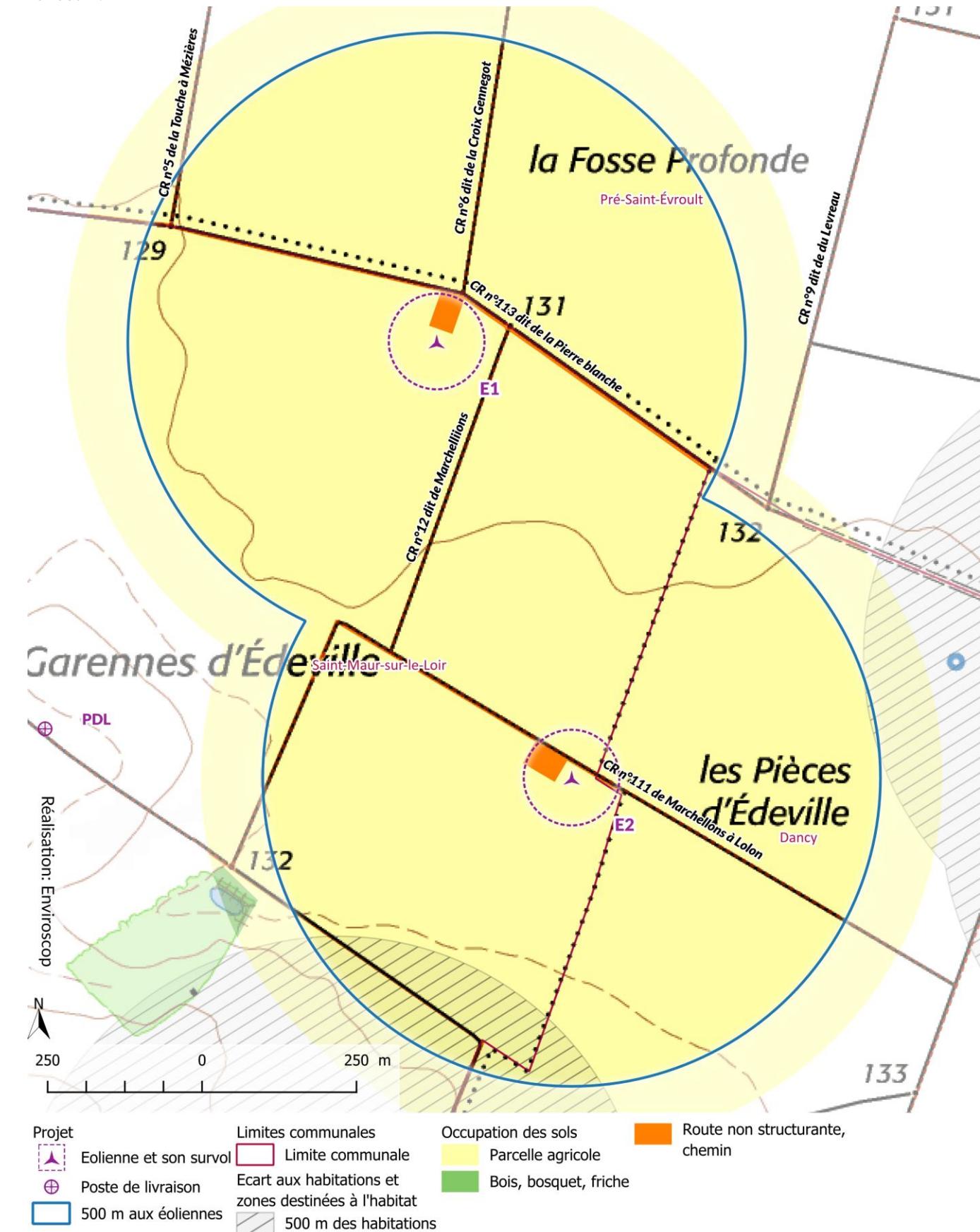
La Carte 3 ci-dessous présente les enjeux humains pour les aires d'étude de dangers de toutes les éoliennes

Dans la zone d'étude de dangers, nous considérons selon une vision majorante que les enjeux humains sont localisés dans :

- les terrains aménagés mais peu fréquentés : chemins dont ceux renforcés pour le parc éolien et les plateformes des éoliennes.
 - les terrains non aménagés et très peu fréquentés : parcelles agricoles

Carte 3 : Synthèse des enjeux humains et matériels dans la zone d'étude de dangers

Réalisation Enviroscop. Source : SCAN IGN, OSM, RWE Renouvelables France, Enviroscop d'après photo aérienne et cadastre.



C.2 ENVIRONNEMENT NATUREL

C.2-1.CONTEXTE CLIMATIQUE

Sources des données : La station de référence complète est celle de Châteaudun (28) - altitude 126 m, située à 17 km - Données Météo-France (période 1991-2020),

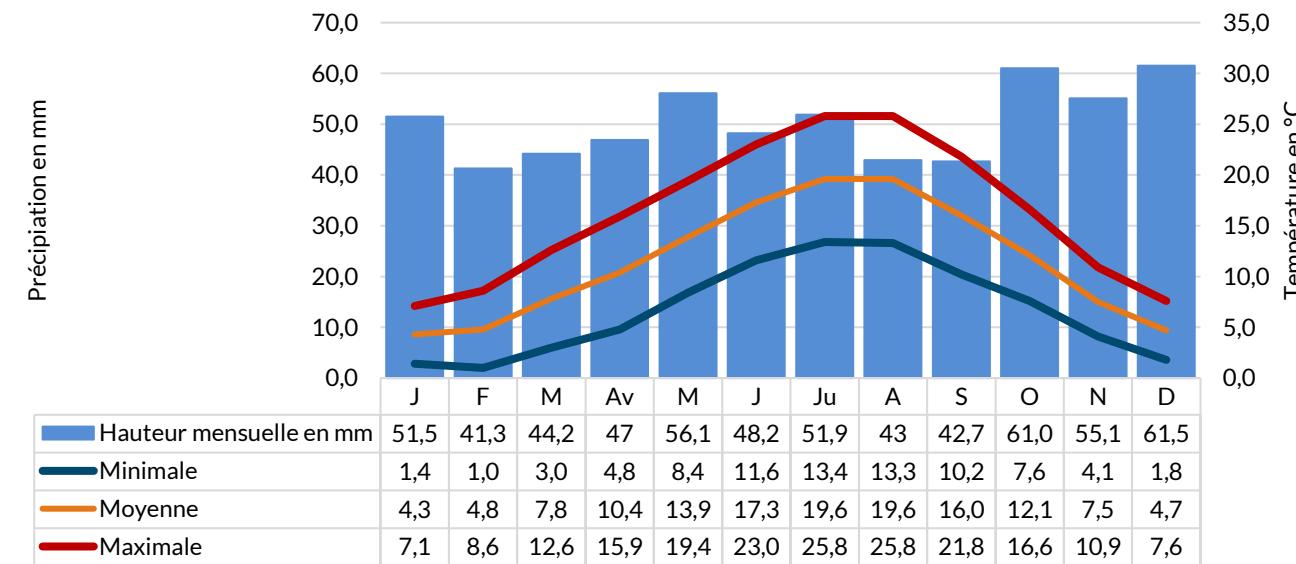
Le climat est à dominante **océanique dégradé des plaines du Centre et du Nord**.

■ Précipitations

Les précipitations sont très faibles avec 603,3 mm de cumul annuel (comparé à 890 mm/an en France), avec un cumul minimum de 41,3 mm en février et un maximum de 61,5 mm en décembre. On observe chaque mois entre 7,0 (août) et 11,3 (décembre) jours de pluie.

Figure 1 : Précipitations et températures à Châteaudun

Source : Météo-France. Station de Châteaudun (28) période 1991-2020



Les précipitations ne sont pas retenues comme source potentielle de dangers pour les installations du Parc éolien des Marchellions.

■ Température, gel

On observe 50,7 jours où la température est inférieure à 0°C répartis d'octobre à mai et 12,6 jours de neige. Les conditions météorologiques liées à une forte humidité et au gel peuvent constituer des facteurs de risque pour le parc éolien par la formation de givre sur les pales. Ces facteurs de risques sont intégrés dans la conception des éoliennes.

Tableau 4 : Nombre de jours moyen de gels et épisode neigeux

Source : Météo-France. Station de Châteaudun (28) période 1981-2010. Données période 1991-2020 non disponibles

Nombre jours	Jan.	Fév.	Mar	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aou	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	An.
Neige	3,0	3,5	2,2	0,8	0,0	0	0	0	0,0	0,0	1	2,1	12,6
Gel	11,4	12,1	7,2	2,8	0,1					1,2	4,8	11,1	50,7

La combinaison de phénomènes neigeux et des périodes de gel est retenue comme source potentielle de dangers pour les installations du Parc éolien des Marchellions.

■ Vents violents : Intensité maximale de vent observée (hauteur 10 m)

Le secteur est hors zone cyclonique. Entre 1981 et 2010, on observe en moyenne 45,8 jours/an avec des vents de plus de 58 km/h (> 16 m/s), dont 0,9 jours avec des vents au-delà de 100 km/h (> 28 m/s).

Tableau 5 : Nombre de jours moyen de vents violents (rafales)

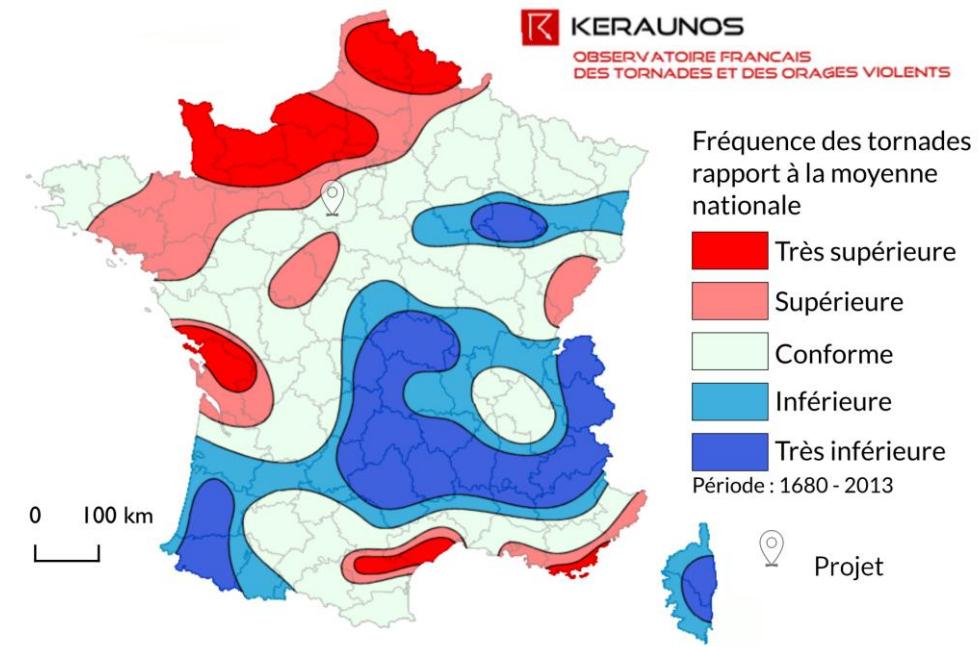
Source : Météo-France. Station de Châteaudun (28) période 1981-2010

Nombre moyen de jours avec	Jan.	Fév.	Mar	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aou	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	An.
Rafales ≥ 16 m/s (58 km/h)	6	5,4	5,1	4,1	2,7	2,3	2,9	2,5	2,2	3,2	3,9	5,6	45,8
Rafales ≥ 28 m/s (100 km/h)	0,2	0,3	0	0	0,1	0	0,1	0	0	0	0,1	0,9	

Selon l'observatoire français des tornades et des orages violents (KERAUNOS), l'aire d'étude connaît une fréquence des épisodes violents conforme à la moyenne nationale.

Carte 4 : Fréquence des tornades en France

Source : Observatoire français des tornades et des orages violents



Le vent est retenu comme source potentielle de dangers pour les installations du Parc éolien des Marchellions.

C.2-2.RISQUES NATURELS

Sources des données : GEORISQUES (Ministère de la Transition Écologique et Solidaire), BRGM.

C.2-2a Inventaire des risques naturels majeurs

Les risques naturels majeurs recensés dans les communes de l'aire d'étude de dangers sont liés aux affaissements miniers, non miniers et effondrements généralisés et aux mouvements de terrain. Les autres aléas liés aux risques naturels sont les risques inondation du fait que certaines communes soient traversées par le Loir.

Saint-Maur-sur-le-Loir est soumise au [Plan de prévention des risques \(PPR\) inondation du Loir](#). Les zonages réglementaires du PPRI sont strictement cantonnés dans le lit majeur du cours d'eau dans la vallée, tous en dehors de l'aire d'étude de dangers.

Tableau 6 : Liste des arrêtés de reconnaissance de catastrophe naturelle des communes dans l'aire d'étude de dangers

Source : GEORISQUES

Type de Risque	Affaissement minier	Effondrements généralisés	Mouvement de terrain	Affaissements et effondrements (cavités souterraines hors mines)
Dancy				
Pré-Saint-Évroult	X	X	X	X
Saint-Maur-sur-le-Loir	X	X	X	X

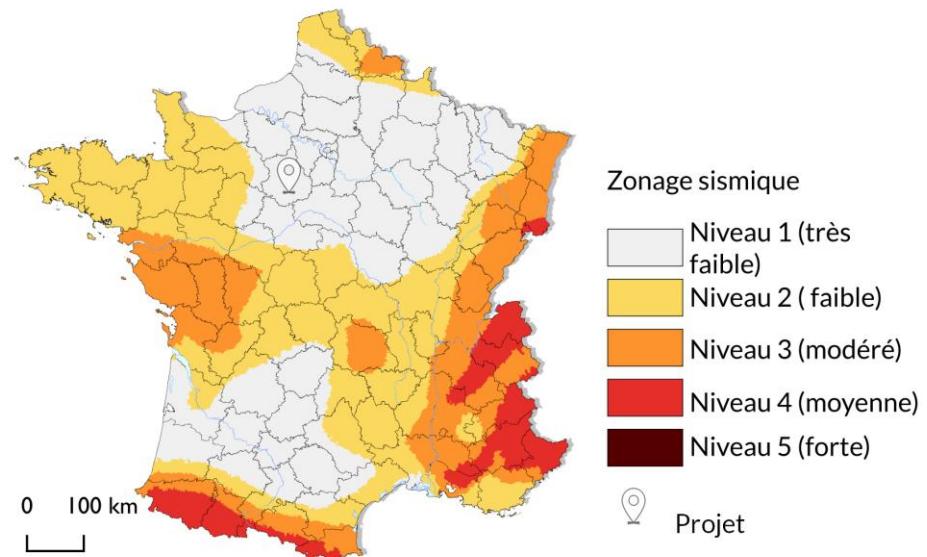
C.2-2b Séisme

La présence d'une grande partie de la masse en haut de la tour rend les éoliennes particulièrement vulnérables aux séismes. Un séisme pourrait conduire à la chute du mât. Les éoliennes doivent être dimensionnées conformément à la réglementation française en vigueur.

L'aire d'étude de dangers est en niveau 1 de sismicité (très faible) où il n'y a pas de prescription parasismique particulière pour les ouvrages « à risque normal ».

Carte 5 : Zonages sismique

Source : GEORISQUES



Il est à préciser que dans le cadre de la construction du parc éolien, une étude géotechnique sera réalisée. Les résultats permettront notamment de dimensionner correctement les fondations.

Le risque sismique est retenu comme source potentielle de dangers pour le Parc éolien des Marchellions.

C.2-2c Inondations

De fortes précipitations peuvent entraîner une inondation ayant pour conséquence une fragilisation des fondations et une détérioration des installations électriques. Un risque d'emballage de l'éolienne, voire la chute de celle-ci, n'est pas à exclure en cas d'endommagement des systèmes de sécurité et de régulation.

Bien que toutes les communes de l'aire d'étude de danger aient connu des épisodes d'inondation, ce risque n'est pas considéré comme majeur d'après Géorisques. Comme vu précédemment, seule la commune de Saint-Maur-sur-le-Loir est concernée par un PPRI pour lequel les zonages n'atteignent pas l'aire d'étude de dangers.

Les éoliennes intègrent dans leur conception le risque d'inondation. Le risque inondation n'est pas retenu comme source potentielle de dangers pour les installations du Parc éolien des Marchellions.

C.2-2d Mouvement de terrain par retrait - gonflement d'argile

Un sol argileux peut présenter des caractéristiques hétérogènes suivant son taux d'hygrométrie. Lorsqu'il est desséché, il devient dur et cassant. À contrario lorsqu'il est humide, il devient plastique et malléable. Ces modifications de consistance sont loin d'être sans conséquence. Les variations de volume, avec des amplitudes parfois très importantes sont constatées en période estivale. En effet, les températures élevées accentuent le phénomène d'évaporation. Par conséquent les sols argileux se rétractent en période de sécheresse, ce qui se traduit par des tassements différentiels qui peuvent occasionner des dégâts parfois importants aux constructions.

L'aire d'étude de dangers est majoritairement concernée par une sensibilité nulle à modérée au risque de mouvements de terrain liés au retrait-gonflement des argiles. L'ensemble des éoliennes sont en zone d'aléa nul. Seuls deux chemins à renforcer sont concernés par un aléa modéré. Aucun plan de prévention de risques naturels Mouvement de terrain ne concerne les communes de l'aire d'étude.

Il est à préciser que dans le cadre de la construction du parc éolien, une étude géotechnique sera réalisée. Les résultats permettront notamment de dimensionner correctement les fondations.

Avec l'étude géotechnique, le risque retrait et gonflement d'argile n'est pas retenu comme source potentielle de dangers pour le Parc éolien des Marchellions.

C.2-2e Mouvement de terrain par effondrement

Le risque de mouvement de terrain pourrait être à l'origine d'une chute d'éolienne.

L'aire d'étude de dangers ne comprend aucun indice connu d'effondrements, le plus proche étant situé à plus de 1,5 km du projet.

Le risque de mouvement de terrain par effondrement n'est pas retenu comme source potentielle de dangers pour le Parc éolien des Marchellions.

C.2-2f Foudre

Une éolienne étant par définition une construction d'une hauteur importante érigée sur une surface dégagée, la possibilité d'un foudroiement n'est pas à exclure au cours de son utilisation. Une telle éventualité est particulièrement sensible lorsque des pales en fibres de carbone sont utilisées, en raison de la forte conductivité électrique de ce matériau.

Aujourd'hui la quasi-totalité des pales d'éoliennes sont constituées de fibres de verre. Les dangers liés à la foudre sont :

- les effets thermiques pouvant être à l'origine :
 - d'un incendie ou d'une explosion, soit au point d'impact, soit par l'énergie véhiculée par les courants de circulation conduits ou induits,
 - de dommages aux structures et constructions,
- les perturbations électromagnétiques pouvant endommager les équipements électroniques, en particulier les équipements de contrôle commande et/ou de sécurité,
- les effets électriques pouvant induire des différences de potentiel.

L'aire d'étude de dangers est concernée par une densité infime à faible de foudroiement [Source : METEORAGE 2023. Carte interactive du foudroiement en France 2013-2022].

Tableau 7 : Nombre de jours moyen d'orages

Source : Météo-France. Station de Châteaudun (28) période 1981-2010. Données période 1991-2020 non disponibles

Nombre jours	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aou	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	An.
Orage	0,1	0,1	0,5	0,9	2,8	2,7	3,0	2,6	1,3	0,6	0,1	0,1	14,8

Malgré une faible sensibilité, la foudre est retenue comme source potentielle de dangers pour les installations du Parc éolien des Marchellions.

C.2-2g Incendie de forêt

Un éventuel incendie de la végétation aux alentours serait susceptible de se propager aux installations. Le risque feu de forêt n'est pas recensé dans les communes de l'aire d'étude de dangers.

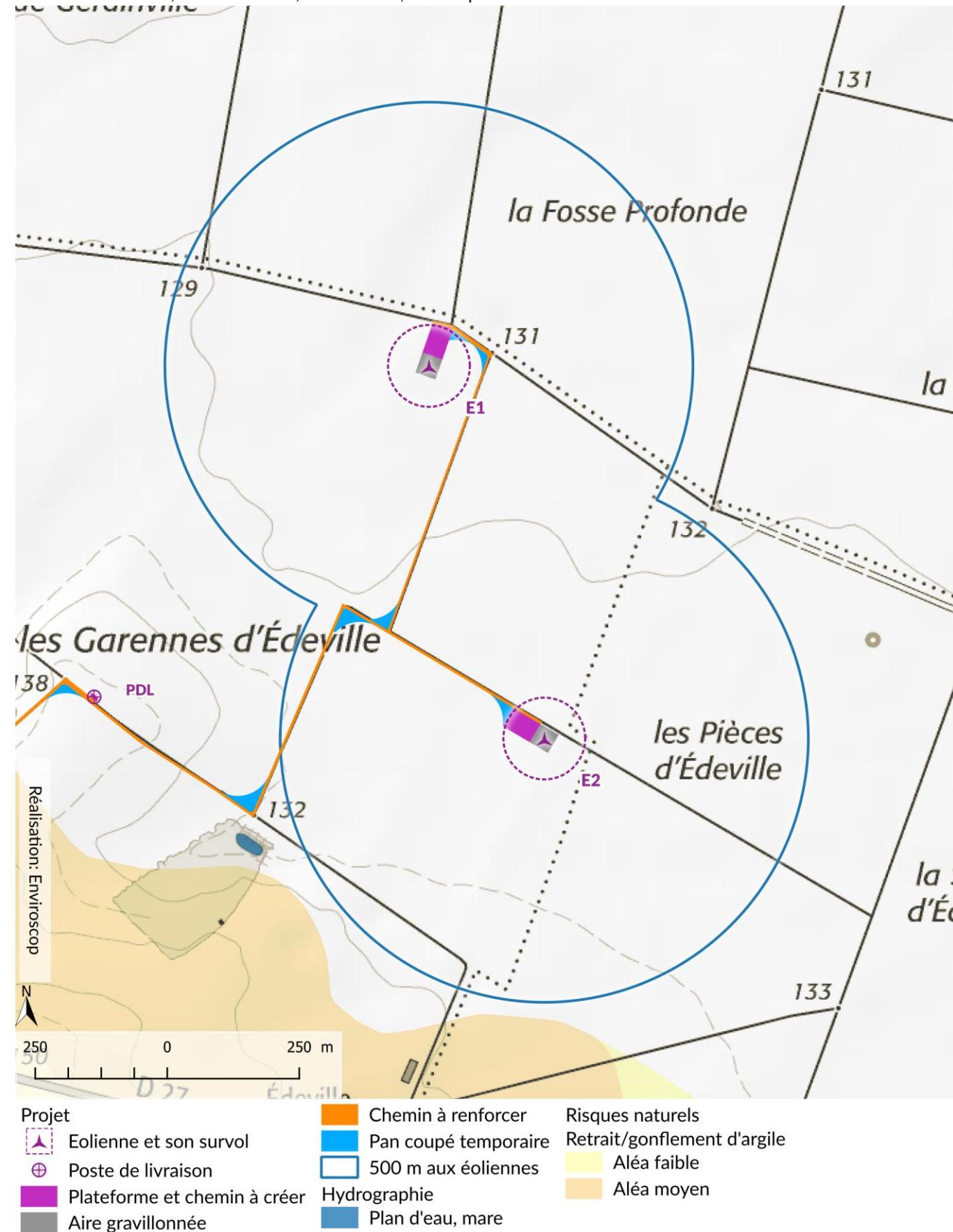
Un seul massif boisé est situé dans l'aire d'étude de dangers mais est éloignée de plus de 550 m des éoliennes.

Les incendies de forêt sont des agressions externes qui peuvent être exclus de l'analyse préliminaire des risques car les conséquences propres de cet événement, 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 feux de forêt n'est pas retenu comme source potentielle de dangers pour le Parc éolien des Marchellions.

Carte 6 : Projet éolien liés aux risques naturels

Sources : Fond IGN, IGN BDAlti 25, EAU France, Géorisques



C.3 ENVIRONNEMENT MATERIEL

C.3-1.RISQUES TECHNOLOGIQUES

Le seul risque technologique recensé dans les communes de l'aire d'étude immédiate concerne le transport de matières dangereuses.

Figure 2 : Risques technologiques majeurs dans les communes de l'aire d'étude de dangers

Source : GEORISQUES

Type de Risque industriel	Transport de marchandises dangereuses
Dancy	X
Pré-St-Évroult	X
St-Maur-sur-le-Loir	X

Aucune de ces communes ne fait l'objet d'un plan de prévention des risques technologiques. L'aire d'étude de dangers ne présente aucune installation industrielle rejetant des polluants (Directive IED).

C.3-1a Transport de matières dangereuses (TMD)

Un accident à proximité du parc éolien (incendie, explosion, projection) pourrait être à l'origine de dégradations des éoliennes et causer des détériorations majeures (chute du mât, incendie, rupture de pales ou de fragments de pales). Si l'expérience montre que les accidents de TMD peuvent se produire en tout point du département, il semble toutefois opportun de destiner l'information préventive en priorité aux communes supportant les plus grands flux de transport de matières dangereuses.

L'aire d'étude de dangers n'est pas concernée par le passage de canalisation de transport de matière dangereuse. La plus proche est identifiée à plus de 2,5 km de l'éolienne E1, sur la commune de Bonneval.

En l'absence de risques dans l'aire d'étude éloignée, le transport de matières dangereuses n'est pas retenu comme source potentielle de dangers pour le Parc éolien des Marchellions.

C.3-1b Rupture de barrage

Les communes de l'aire d'étude de dangers ne sont pas concernées par le risque de rupture de barrage, ce risque n'est donc pas retenu comme source potentielle de dangers pour le Parc éolien des Marchellions.

C.3-1c ICPE et SEVESO

Aucun site SEVESO n'est compris dans l'aire d'étude, le plus proche est à plus de 4,9 km dans la commune de Bonneval. Ce risque est donc absent pour le projet.

Aucune Installation Classée pour la Protection de l'Environnement (ICPE) n'est comprise dans l'aire d'étude de dangers, ni aucune soumise à autorisation en instruction. La plus proche est un élevage de volaille à 1,7 km au sud-ouest de l'éolienne E2.

Le risque lié à une ICPE ou un site SEVESO n'est pas retenu comme source potentielle de dangers.

C.3-2.VOIES DE COMMUNICATION

C.3-2a Transport routier

La zone d'étude de dangers n'est traversée par aucune route bitumée. Les seuls axes de communication concernent des chemins ruraux ou privés utilisés pour la circulation agricole et forestière. Les pistes créées pour le projet sont également prises en compte, tels des chemins privés. Voir Carte 3 en page 10.

Conformément à la méthodologie du guide INERIS, les voies de circulation de moins de 2 000 véhicules/jour sont comptées dans la catégorie des terrains aménagés mais peu fréquentés pour l'évaluation des enjeux humains. Celles de plus de 2 000 véhicules/jour, absentes dans le cas présent, sont comptées comme des routes structurantes.

Au regard de l'activité du site (installation fixe) et de l'éloignement aux voies de trafic > 2000 véhicules/jour, la circulation des véhicules sur une voie principale n'est pas retenue comme source potentielle de dangers pour le Parc éolien des Marchellions.

C.3-2b Transport ferroviaire

Aucune voie ferrée n'est recensée dans l'aire d'étude de dangers.

C.3-2c Transport fluvial

Aucune voie navigable n'est recensée dans l'aire d'étude de dangers.

C.3-2d Transport aérien

Aucune infrastructure aéronautique n'est recensée à proximité du projet. Les éoliennes sont situées à plus de 11 km de l'aéroport de Châteaudun.

C.3-3.RÉSEAU DE TRANSPORT D'ÉLECTRICITÉ

Aucune ligne de transport électrique n'est recensée dans l'aire d'étude de dangers.

Le risque lié au transport d'électricité n'est pas retenu comme source potentielle de dangers pour le Parc éolien des Marchellions.

C.3-4.AUTRES RÉSEAUX PUBLICS ET PRIVÉS

Dans les limites de la zone d'étude, il n'est recensé aucune autre installation publique ou privée, liée aux :

- réseaux d'assainissement (stations d'épuration) ;
- réseaux d'alimentation en eau potable (captages AEP, zones de protection des captages).

Ces contraintes ne constituent pas des sources potentielles de danger pour le Parc éolien des Marchellions.

C.4 CARTOGRAPHIE DE SYNTHESE

L'estimation des enjeux humains est menée selon la démarche retenue par le guide INERIS et plus précisément l'annexe fixant les comptages de personnes en fonction de la surface ou du linéaire concerné (voir J.2 en page 49). Cette méthode se base sur la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers. Elle permet de compter le nombre de personnes exposées selon des règles forfaitaires en fonction de l'occupation des sols selon des ensembles homogènes (zones habitées, ERP, zones industrielles, voies de circulation, terrains non bâties...).

Dans l'aire d'étude de dangers, nous considérons selon une vision majorante que les enjeux humains sont localisés dans :

- les terrains aménagés mais peu fréquentés, sur la base de 1 personne exposée pour 10 ha de façon conservatoire, à savoir : les routes peu fréquentées, les chemins et les plateformes des éoliennes (remarque : absence de route bitumée dans l'étude de dangers) ;
- les parcelles agricoles, bien qu'elles soient non aménagées et très peu fréquentées (1 personne exposée pour 100 ha), sont **surclassées dans cette catégorie de "terrains aménagés mais peu fréquentés"**, sur la base de 1 personne exposée pour 10 ha de façon conservatoire et très majorante ;

Toutes les hypothèses sont ainsi volontairement majorantes vis-à-vis du comptage des personnes exposées en permanence.

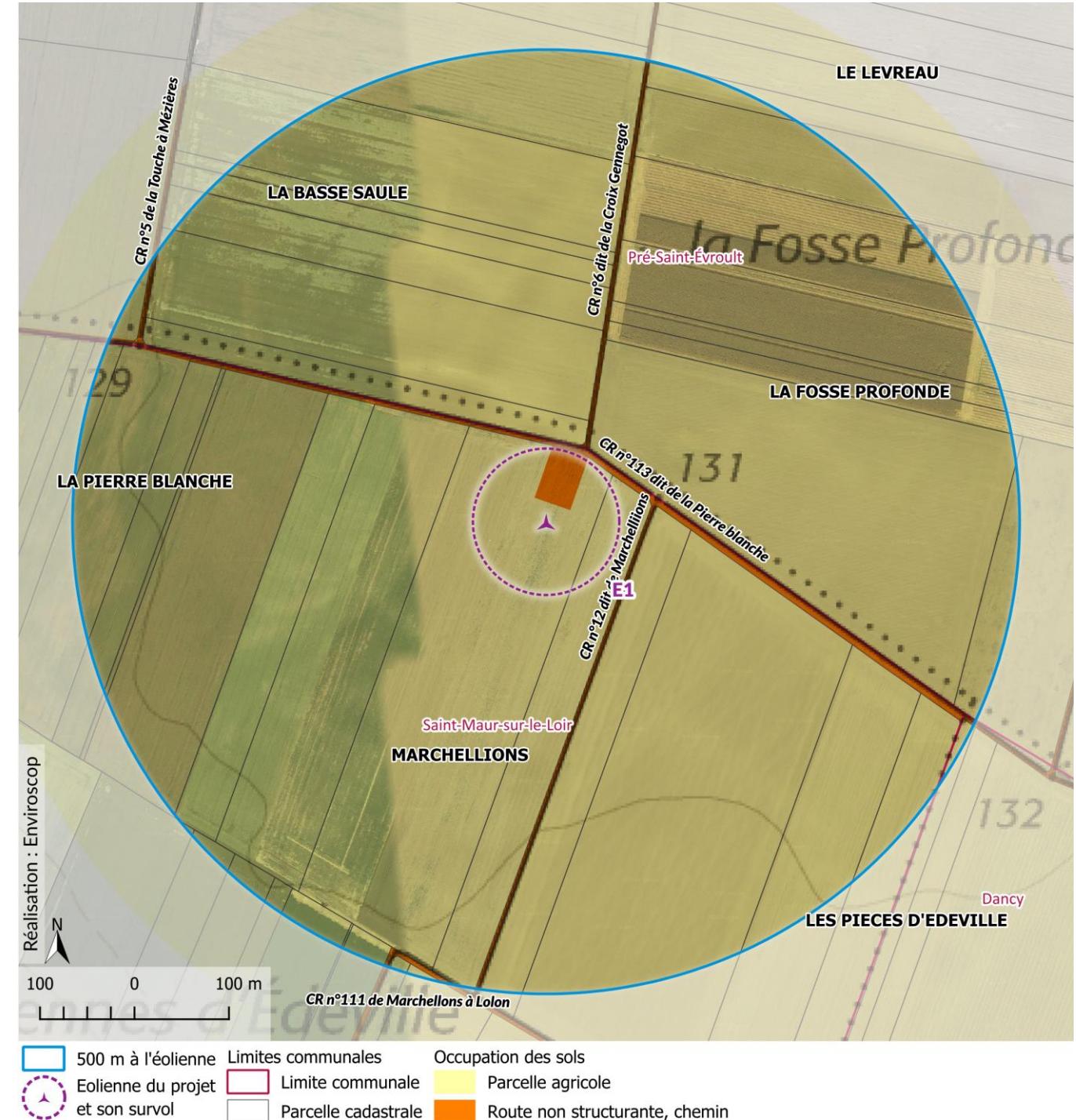
Ainsi, la méthode de comptage des personnes exposées (Annexe 2) permet de retenir :

Tableau 8 : Grille de lecture de l'estimation des enjeux humains

Nature	Catégorie	Unité	Calcul de l'équivalent de personnes présentes exposées en permanence
Parcelle agricole, plateforme éolienne et chemins	Terrains aménagés mais peu fréquentés	ha	1 personne pour 10 ha

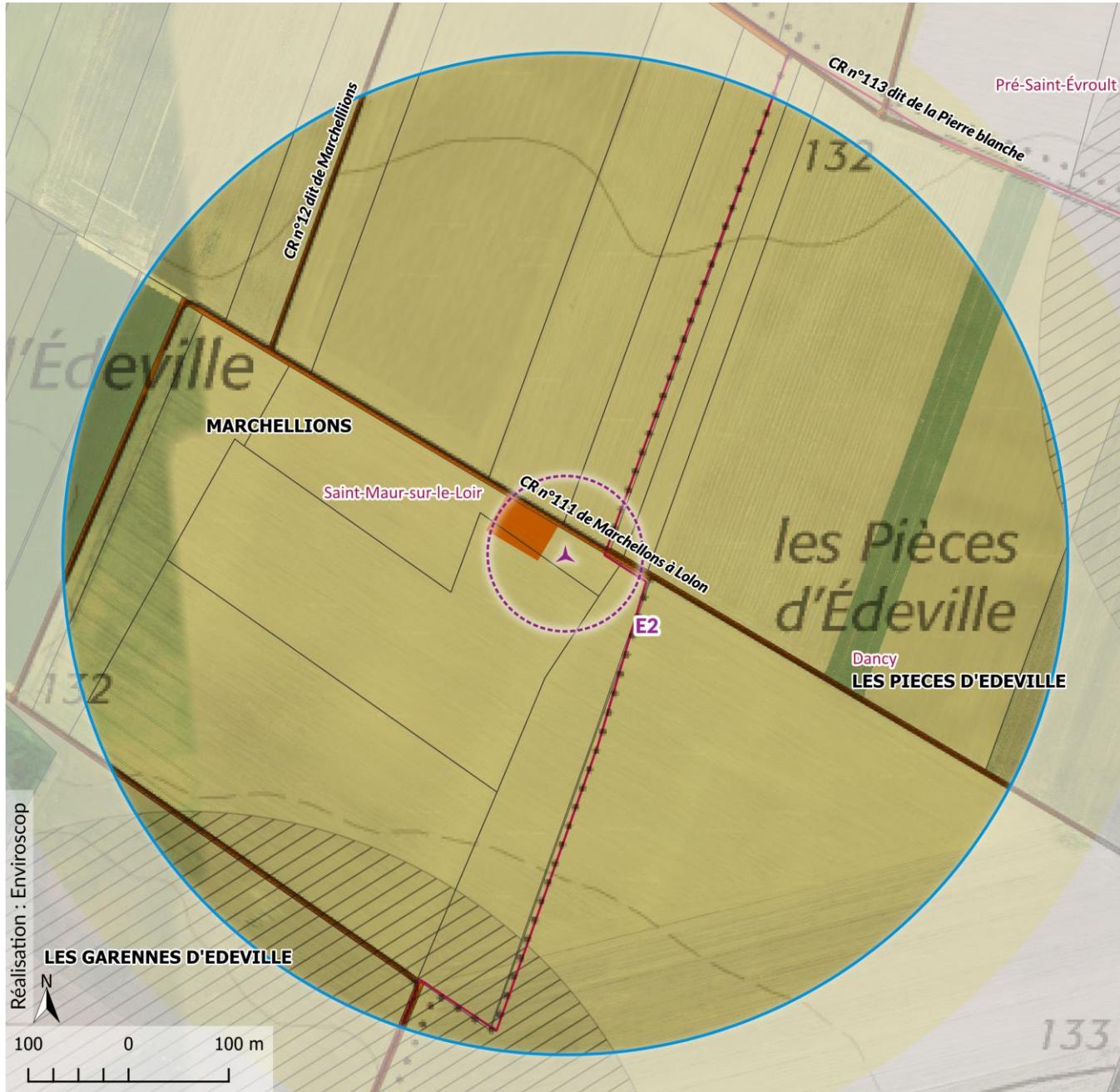
Ci-après les cartes des enjeux humains considérés dans l'aire d'étude de 500 m de chaque éolienne.

Carte 7 : Synthèse de l'environnement dans l'aire d'étude de dangers (500 m) de E1



Occupation du sol		Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	
Nature	Quantité	Catégorie (Calcul)	Total
Zone agricole, chemins agricoles, plateforme et accès aux éoliennes	78,54 ha	Terrains aménagés mais peu fréquentés (1 pers / 10 ha)	7,854 pers.

Carte 8 : Synthèse de l'environnement dans l'aire d'étude de dangers (500 m) de E2



Occupation du sol		Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	
Nature	Quantité	Catégorie (Calcul)	Total
Zone agricole, chemins agricoles, plateforme et accès aux éoliennes	78,54 ha	Terrains aménagés mais peu fréquentés (1 pers / 10 ha)	7,854 pers.

D. DESCRIPTION DE L'INSTALLATION

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

D.1 CARACTÉRISTIQUES DE L'INSTALLATION

D.1-1. CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES D'UN PARC ÉOLIEN

Un parc éolien est une **centrale de production d'électricité** à partir de l'énergie du vent. Il est composé de plusieurs aérogénérateurs et de leurs annexes :

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

D.1-1a Éléments constitutifs d'un aérogénérateur

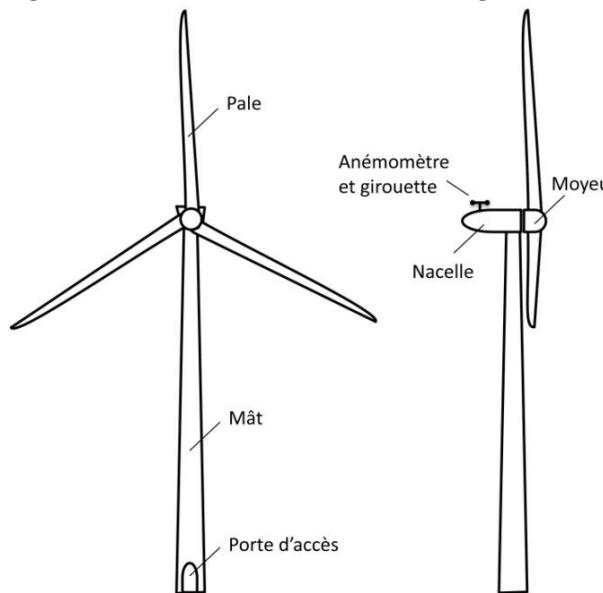
Au sens de l'arrêté du 26 août 2011 modifié au 20 juillet 2023 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de 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** sur lequel se montent les 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.
- **Le mât** est généralement composé de 3 à 5 tronçons en acier ou 15 à 20 anneaux de béton surmontés 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 3 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur



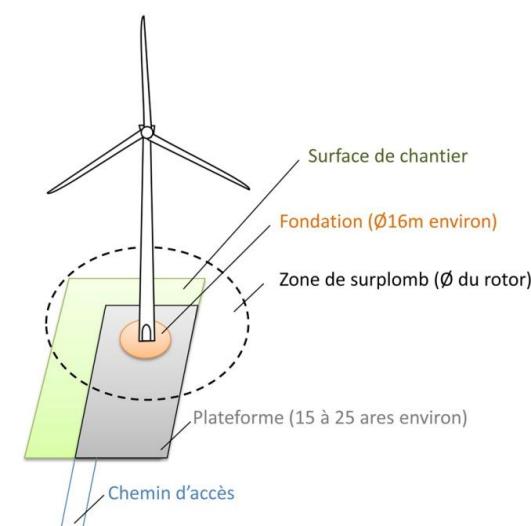
D.1-1b Emprise au sol

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 4 : Schémas de principe des emprises au sol d'une éolienne

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



D.1-1c Chemins d'accès

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

- L'aménagement de ces accès concerne principalement les chemins agricoles ou chemins d'exploitation 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 constituants les éoliennes et leurs annexes.

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

D.1-2. CARACTÉRISTIQUES DU PARC ÉOLIEN DES MARCHELLIONS

D.1-2a Activité de l'installation

L'activité principale du Parc éolien des Marchellions est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent avec une hauteur (mât + nacelle) de plus de 50 m. Cette installation est donc soumise à la rubrique 2980 des installations classées pour la protection de l'environnement.

D.1-2b Composition de l'installation

Le Parc éolien des Marchellions est composé de 2 aérogénérateurs.

Tableau 9 : Coordonnées des éoliennes projetées et poste de livraison

Légende. Ex. numéro de l'éolienne du projet. PdL : poste de livraison | Source : RWE Renouvelables France

Installation	Coordonnées				Altitude en m (NGF)	
	Lambert 93		WGS 84		Z (sol, TN)	Z (bout de pale)
	X	Y	N	W		
E1	584667,8	6786815,9	48°10'17.42"N	1°26'54.41"E	129,3	314,3
E2	584886,3	6786109,6	48°9'54.68"N	1°27'5.66"E	130,5	315,5
PDL	584033,8	6786188,6	48°9'56.70"N	1°26'24.32"E	138,8	/

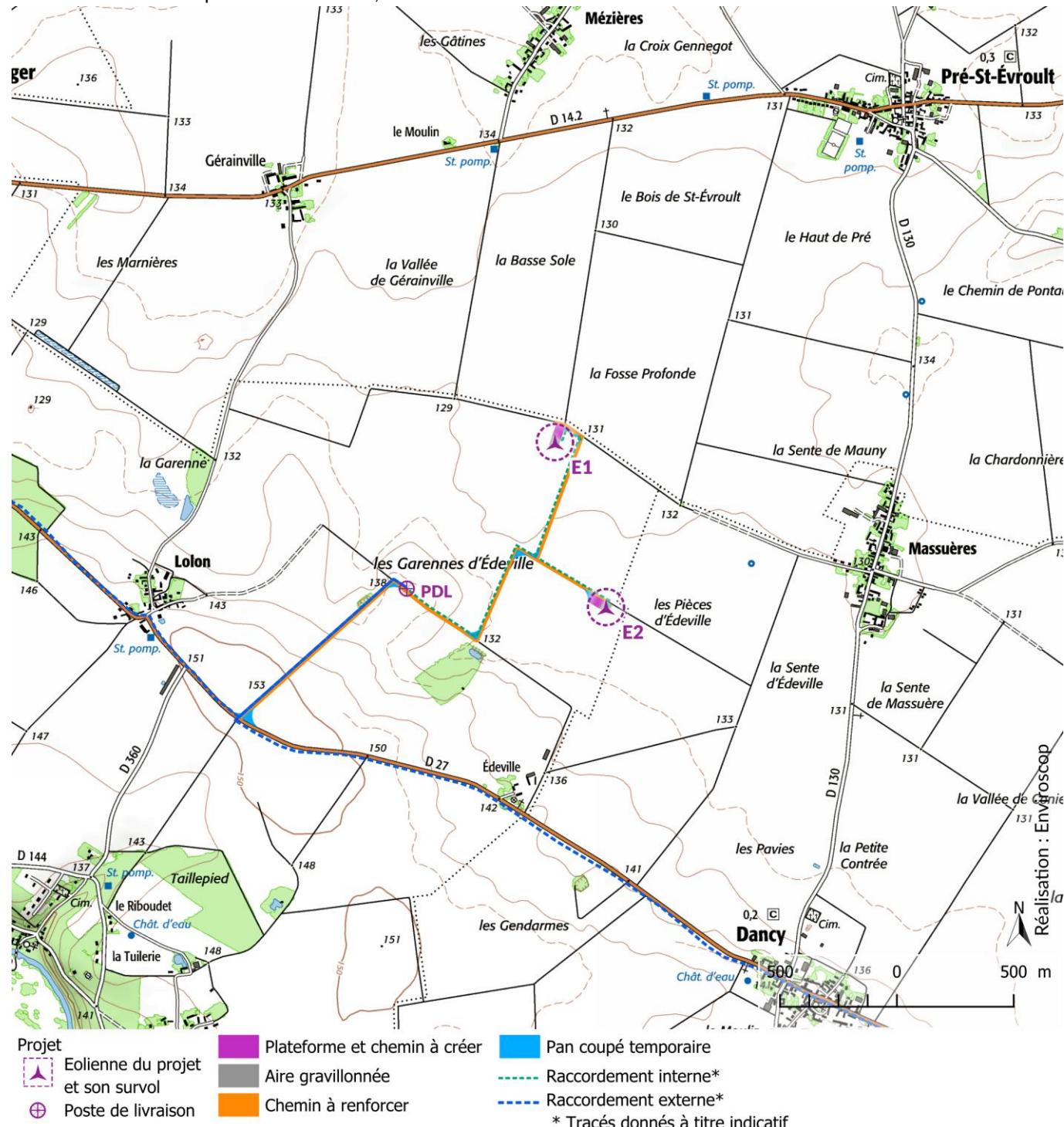
Toutes les éoliennes du projet sont du même gabarit (gabarit maximisant) : une hauteur de moyeu de 107,5 mètre, un diamètre de rotor de 155 m, et une hauteur totale en bout de pale de 185 m.

Tableau 10 : Caractéristiques du modèle d'éolienne du Parc éolien des Marchellions (gabarit maximisant)

Caractéristiques du modèle d'éolienne	Abb.	Dimension (m)
Hauteur totale en bout de pale	Htot	185
Hauteur du moyeu	Hm	107,5
Diamètre du rotor	Drotor	155
Diamètre de survol	Dsurvol	155
Largeur de la base de la pale (correspond à la largeur maximale de la pale)	Lb	3
Diamètre à la base du mât	L	4,8

Carte 9 : Plan simplifié du Parc éolien des Marchellions

Réalisation Enviroscop. Sources. Scan 25, RWE Renouvelables France

**D.2 FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION****D.2-1. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UN AÉROGÉNÉRATEUR**

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

Les pales se mettent en mouvement lorsque **l'anémomètre** (positionné sur la nacelle) indique une vitesse de vent d'environ 10 km/h (env. 3 m/s) et c'est seulement à partir de 12 km/h (3,3 m/s) environ que l'éolienne peut être couplée au réseau électrique. Le rotor et l'arbre dit « lent » transmettent alors l'énergie mécanique à basse vitesse (entre 6,4 et 12,25 tr/min) aux engrenages du multiplicateur, dont l'arbre dit « rapide » tourne environ 100 fois plus vite que l'arbre lent. Certaines éoliennes sont dépourvues de multiplicateur et la génératrice est entraînée directement par l'arbre « lent » lié au rotor. La génératrice transforme l'énergie mécanique captée par les pales en énergie électrique.

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

Pour un aérogénérateur de 6,6 MW par exemple, la production électrique atteint 6 600 kWh dès que le vent atteint environ 50 km/h. L'électricité produite par la génératrice correspond à un courant alternatif de fréquence 50 Hz avec une tension de 400 à 690 V. La tension est ensuite élevée jusqu'à 20 000 V par un transformateur placé dans chaque éolienne pour être ensuite injectée dans le réseau électrique public.

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

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

D.2-2. SÉCURITÉ DE L'INSTALLATION

L'objectif de ce paragraphe est de montrer que l'installation respecte la réglementation en vigueur en matière de sécurité. La description des différents systèmes de sécurité de l'installation sera effectuée au stade de l'analyse préliminaire des risques, dans le chapitre G en page 28 de l'étude de dangers.

D.2-2a Conformité par rapport aux prescriptions de l'arrêté du 26 août 2011 modifié relatif aux installations soumises à autorisations au titre de la rubrique 2980 des ICPE

Seuls les articles en lien direct avec la sécurité sont mentionnés ci-après. Les articles en lien avec les phases de maintenance feront l'objet du paragraphe suivant.

Conformité par rapport à l'article 3 - Distance par rapport aux tiers

Nous avons constaté qu'aucune habitation et qu'aucun établissement susceptible d'accueillir du public ne se trouvait dans le périmètre de 500 mètres autour des éoliennes.

Sans préjudice de la distance minimale d'éloignement imposée par les articles L. 515-44 et le cas échéant L.

515-47 du code de l'environnement, l'installation est implantée à une distance minimale de 300 mètres :

- d'une installation nucléaire de base visée par l'article 28 de la loi n° 2006-686 du 13 juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire ;
- d'une installation classée pour la protection de l'environnement relevant de l'article L. 515-32 du code de l'environnement.

Les distances d'éloignement sont mesurées à partir de la base du mât de chaque aérogénérateur de l'installation.

Lors d'un renouvellement, lorsque les distances d'éloignement au moment du dépôt du porter-à-connaissance sont inférieures à celles mentionnées par l'article L. 515-44 du code de l'environnement, ces distances ne peuvent en aucun cas être diminuées.

■ Conformité par rapport à l'article 4 - Radars et systèmes d'aide à la navigation

Les éoliennes se situent à plus de 30 km d'un radar de base aérienne militaire, rayon en vigueur relatif à l'instruction n°1050 DSAÉ/DIRCAM du 09 juillet 2018 du traitement des dossiers obstacles émise par la direction de la sécurité aéronautique d'État et la direction de la circulation aérienne militaire. Les éoliennes se situent à environ 40 km du radar militaire d'Orléans.

Les éoliennes sont ainsi situées en dehors des zones de protection et de coordination des radars météorologiques, des radars militaires et des radars de l'aviation civile selon la carte officielle de l'OACI.

Enfin, le projet se situe à plus de 15 km d'un VOR, le plus proche étant celui de Nevers à 65 km de l'éolienne la plus proche.

En outre, le projet respecte les distances minimales d'éloignement prévues par le point 12° d de l'article D. 181-15-2 du code de l'environnement concernant les radars météorologiques en étant à plus de :

- 20 km d'un radar de bande de fréquence C,
- 30km d'un radar de bande de fréquence S,
- 10 km d'un radar de bande de fréquence X.

Pour les aspects de la sécurité de la navigation maritime et fluviale, les aérogénérateurs sont implantés dans le respect des distances minimales d'éloignement à savoir à plus de :

- 20 km d'un radar portuaire,
- 10 km d'un radar de centre régional de surveillance et de sauvetage (CROSS).

■ Conformité par rapport à l'article 7 - Accès au site

Les services d'incendies et de secours pourront accéder au site par tout temps via les voies carrossables utilisées pour la maintenance du site.

■ Conformité par rapport à l'article 8 - Normes

L'ensemble nacelle / pales / rotor / mât fourni sera conforme à la norme NF EN 61 400-1 ou IEC 61 400-1, dans leur version en vigueur à la date de dépôt du dossier de demande d'autorisation environnementale prévu par l'article L. 181-8 du code de l'environnement, ou, pour un projet de renouvellement, dans sa version en vigueur à la date du dépôt d'un porter-à-connaissance auprès du préfet, ou le respect de toute norme équivalente en vigueur dans l'Union européenne à l'exception des dispositions contraires aux prescriptions du présent arrêté, permet de répondre à cette exigence.

L'exploitant tiendra à disposition de l'inspection des installations classées les rapports des organismes compétents attestant de la conformité des aérogénérateurs à la norme précitée. En outre l'exploitant tiendra à disposition de l'inspection des installations classées les justificatifs démontrant que chaque aérogénérateur de l'installation a fait l'objet du contrôle prévu à l'article R. 125-17 du code de la

construction et de l'habitation.

■ Conformité par rapport à l'article 9 - Mise à la terre

L'ensemble de l'aérogénérateur est mis à la terre et respecte la norme NF EN IEC 61 400-24 (dans sa version en vigueur à la date de dépôt du dossier de demande d'autorisation environnementale, ou, pour un projet de renouvellement, dans sa version en vigueur à la date du dépôt d'un porter-à-connaissance auprès du préfet permet de répondre à cette exigence). Plusieurs paratonnerres sont installés sur les pales, la nacelle et le mât. Chaque pale est pourvue d'une pointe en aluminium ou d'un récepteur de foudre de chaque côté de la pointe qui dévie le courant de la foudre par un câble en acier vers le moyeu du rotor. Les opérations de maintenance du système de la mise à la terre incluront un contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre.

L'exploitant tiendra à disposition de l'inspection des installations classées les rapports des organismes compétents attestant de la conformité des aérogénérateurs à la norme précitée.

■ Conformité par rapport à l'article 10 - Installations électriques

Les générateurs sont bien conformes à la Directive Machines du 17 mai 2006. Quant aux installations électriques extérieures aux générateurs (réseau inter-éolien, poste de livraison), elles respecteront les normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200 dans leur version en vigueur à la date de dépôt du dossier de demande d'autorisation environnementale. Les installations électriques seront entretenues et maintenues en bon état et seront contrôlées avant la mise en service industrielle puis à une fréquence annuelle, après leur installation ou leur modification par une personne compétente. La périodicité, l'objet et l'étendue des vérifications des installations électriques ainsi que le contenu des rapports relatifs auxdites vérifications sont fixés par l'arrêté du 10 octobre 2000.

■ Conformité par rapport à l'article 11 - Balisage

Le balisage des machines sera bien conforme aux dispositions prises en application des articles L. 6351-6 et L. 6352-1 du code des transports et des articles R. 243-1 et R. 244-1 de l'aviation civile et respectera notamment l'arrêté du 13 novembre 2009 complété par l'arrêté du 7/12/2010 relatif à la réalisation du balisage des éoliennes qui indique que l'ensemble du parc éolien doit être balisé.

Conformément aux exigences de l'Aviation civile (DGAC) et de l'Armée de l'Air, notifiées dans l'arrêté ministériel du 13 novembre 2009, les éoliennes seront équipées de feux de signalisation diurne et nocturne :

- **Le jour :** Chacune des 5 éoliennes est dotée d'un balisage lumineux, assuré par des feux d'obstacle moyenne intensité de type A (feux à éclats blancs de 20 000 candelas [cd]). Ces feux doivent être installés sur le sommet de la nacelle et doivent assurer la visibilité de l'éolienne dans tous les azimuts.
- **La nuit :** les éoliennes E1, E2, E3 et E5 sont dites « principales », chacune dotée d'un balisage lumineux de nuit assuré par des feux d'obstacle moyenne intensité de type B (feux à éclats rouges de 2 000 candelas) ; l'éolienne E4 est dite « secondaire » avec un fu à éclat de 200 cd rouge. Ces feux doivent être installés sur le sommet de la nacelle et doivent assurer une visibilité de l'éolienne dans tous les azimuts.

Ce type de balisage aéronautique présente moins d'impact visuel que de peindre en rouge le bout des pales, comme cela se fait dans d'autres pays européens.

Le balisage du parc éolien fera l'objet d'une concertation ultérieure avec les services aéronautiques. De plus, les feux à éclats seront synchronisés au sein d'un même parc afin de limiter l'effet de « clignotement ».

■ Conformité par rapport à l'article 13 - Accès installation

Les personnes étrangères à l'installation n'auront pas accès à l'intérieur des éoliennes. Ces dernières, tout comme les accès au poste de transformation, de raccordement ou de livraison étant fermées à clefs afin d'empêcher les personnes non autorisées d'accéder aux équipements.

■ Conformité par rapport à l'article 14 - Consignes de sécurité

Les prescriptions à observer par les tiers sont affichées soit en caractères lisibles soit au moyen de pictogrammes sur des panneaux positionnés sur le chemin d'accès de chaque aérogénérateur, sur le poste de livraison et, le cas échéant, sur le poste de raccordement. Elles concernent notamment :

- les consignes de sécurité à suivre en cas de situation anormale ;
- l'interdiction de pénétrer dans l'aérogénérateur ;
- la mise en garde face aux risques d'électrocution ;
- la mise en garde face au risque de chute de glace.

Les consignes de sécurité et autres mises en garde seront affichées sur les chemins d'accès au site et facilement lisibles.

■ Conformité par rapport à l'article 15 - Compétence du personnel

Le personnel amené à travailler sur le site éolien sera formé sur les risques présentés par l'installation (notamment ceux visés à la section 5 de l'arrêté), et sur les moyens mis en œuvre pour les éviter et les procédures d'urgence à appliquer.

La réalisation des exercices d'entraînement, les conditions de réalisations de ceux-ci, et le cas échéant les accidents/incidents survenus dans l'installation, seront consignés dans un registre qui contiendra également l'analyse de retour d'expérience réalisée par l'exploitant et les mesures correctives mises en place.

■ Conformité par rapport à l'article 16 - Matériaux combustibles ou inflammables

L'entreposage de ce type de matériaux est interdit dans les éoliennes.

■ Conformité par rapport à l'article 17 - Phases d'essais

Avant toute mise en service industrielle, l'exploitant réalise des essais sur chaque aérogénérateur permettant de s'assurer du bon fonctionnement de l'ensemble des équipements mobilisés pour mettre chaque aérogénérateur en sécurité.

Ces essais comprennent :

- un arrêt ;
- un arrêt d'urgence ;
- un arrêt depuis un régime de survitesse ou une simulation de ce régime.

Suivant une périodicité qui ne peut excéder un an, l'exploitant réalise des tests pour vérifier 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. Les résultats de ces tests sont consignés dans le registre de maintenance visé à l'article 19.

■ Conformité par rapport aux articles 20 et 21 - Traitement des déchets

Les déchets générés par l'exploitation seront traités et si possible valorisés dans des centres adéquats. Aucun déchet ne sera brûlé à l'air libre.

■ Conformité par rapport à l'article 22 - Consignes de sécurité

Des consignes de sécurité sont déjà établies et portées à connaissance du personnel. Elles indiqueront :

- les procédures d'arrêt d'urgence et de mise en sécurité de l'installation ;
- les limites de sécurité de fonctionnement et d'arrêt ;
- les précautions à prendre avec l'emploi et le stockage de produits incompatibles ;
- les procédures d'alertes avec les numéros de téléphone du responsable d'intervention de l'établissement, des services d'incendie et de secours ;
- le cas échéant, les informations à transmettre aux services de secours externes.

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

Le maître d'ouvrage confiera la maintenance de l'installation aux équipes de techniciens de son service maintenance en lien avec celui du constructeur du modèle retenu. Les procédures d'urgences et les consignes de sécurité seront respectées.

■ Conformité par rapport à l'article 23 - Système de détection contre les incendies

Chaque éolienne sera équipée d'un système de détection permettant d'alerter à tout moment l'exploitant ou un opérateur désigné en cas d'incendie ou d'entrée en survitesse. Ces systèmes de détection fixés dans la partie supérieure des armoires électriques et sur le toit de la nacelle se déclenchent lorsqu'un capteur de fumée détecte de la fumée et/ou lorsque le capteur de température détecte un dépassement de seuil de température défini. Ils feront l'objet de vérifications lors des phases de maintenance notamment.

■ Conformité par rapport à l'article 24 - Moyen de lutte contre l'incendie

Chaque éolienne sera équipée de plusieurs systèmes d'alarmes et d'au moins deux extincteurs. En respect des normes en vigueur, deux extincteurs portatifs à poudre destinés à combattre les débuts d'incendies seront installés respectivement au pied du mât et dans la nacelle. Rappelons en outre que la majeure partie de l'éolienne est constituée de matériaux non inflammables (mât en acier et fondation en béton, machines, freins, génératrice (...) en métal), et que les seuls composants inflammables sont les pales du rotor et la nacelle (matière plastique renforcée de fibres de verre), les câbles et petites pièces électriques, les huiles mécaniques (combustibles mais non inflammables), les tuyaux et autres petites pièces en matière plastique et les transformateurs.

Les centres de maintenance des turbiniers veillent 24/24h et 7/7j. Peu importe le moment où l'incendie est détecté, un technicien sera en mesure d'informer immédiatement les services de secours, si les détecteurs et l'alarme sont enclenchés.

■ Conformité par rapport à l'article 25 - Protection contre les jets de glace

Chaque éolienne sera équipée d'un système de détection de glace. Le système de contrôle procède à un arrêt automatique de l'éolienne s'il relève une inadéquation entre la puissance produite et la vitesse du vent (en cas de présence de glace ou de givre sur les pales, le rendement de la machine se trouve affecté).

■ Normes et certifications applicables à l'installation

Le type d'éolienne implanté sur le site respectera les normes NF EN CEI 61400 et NF EN 61400-1 spécifiant les exigences de conception essentielles pour assurer l'intégralité technique des éoliennes et fournir un niveau de protection approprié contre les dommages causés par tous les risques pendant la durée de vie des aérogénérateurs.

Lors de la future mise en service du parc, les éoliennes installées seront conformes à la norme IEC 61400-1 classe IIA (capable de résister à des vents extrêmes de l'ordre de 52.5 m/s et à des intensités de turbulences élevées).

■ Organisation des services de secours en cas d'accident

En cas d'incident, un système de détection permet d'alerter à tout moment l'opérateur. Ce dernier peut alors transmettre l'information aux services d'urgence compétents les plus proches dans un délai inférieur à 15 minutes. Une voie d'accès donne aux services d'interventions un accès facilité au site du parc éolien. Une boîte à clé sera mise à disposition pour le SDIS selon des modalités à définir avec ses services.

D.2-3. OPÉRATIONS DE MAINTENANCE DE L'INSTALLATION

Une maintenance prédictive et préventive des éoliennes sera mise en place. Celle-ci porte essentiellement sur l'analyse des huiles, l'analyse vibratoire des machines tournantes et l'analyse électrique des éoliennes.

La maintenance préventive des éoliennes a pour but de réduire les coûts d'interventions et d'immobilisation des éoliennes. En effet, grâce à la maintenance préventive, les arrêts de maintenance sont programmés et optimisés afin d'intervenir sur les pièces d'usure avant que n'intervienne une panne.

Les arrêts de production d'énergie éolienne sont anticipés pour réduire leur durée et leurs coûts.

L'Arrêté du 26 Août 2011 modifié indique que le fonctionnement de l'installation est assuré par « un personnel compétent» disposant d'une formation portant sur les risques présentés par l'installation, ainsi que sur les moyens mis en œuvre pour les éviter. Il connaît les procédures à suivre en cas d'urgence et procède à des exercices d'entraînement, le cas échéant, en lien avec les services de secours (Art. 15).

Trois mois, puis un an après leur mise en service industrielle, puis suivant une périodicité qui ne peut excéder trois ans, l'exploitant procède à un contrôle des brides de fixations, des brides de mât, de la fixation des pales et un contrôle visuel du mât de chaque aérogénérateur. Le contrôle de l'ensemble des brides et des fixations de chaque aérogénérateur peut être lissé sur trois ans tant que chaque bride respecte la périodicité de trois ans. (Art. 18).

L'exploitant dispose d'un manuel d'entretien de l'installation dans lequel sont précisées la nature et les fréquences des opérations d'entretien afin d'assurer le bon fonctionnement de l'installation, ainsi que les modalités de réalisation des tests et des contrôles de sécurité, notamment ceux visés par le présent arrêté.

L'exploitant tient à jour pour chaque installation un registre dans lequel sont consignées les opérations de maintenance ou d'entretien, leur nature, les défaillances constatées et les opérations préventives et correctives engagées. » (Art. 19).

Conformément à l'article 18, des contrôles réguliers seront menés afin de s'assurer du bon comportement de l'éolienne.

Un manuel d'entretien sera disponible et des opérations de maintenance régulièrement réalisées et enregistrées.

Les maintenances préventives sont différentes pour chaque type d'éolienne et constructeur. Mais généralement les opérations de maintenance préventives se déroulent après le premier trimestre suivant la mise en service du parc éolien. D'autres opérations ont lieu six mois après, puis un an après.

L'entretien annuel est en règle générale beaucoup plus poussé que l'entretien semestriel.

Ces entretiens périodiques consistent, en résumé, en des opérations de :

- Lubrifications (pales, axe lent, génératrice, réducteurs d'orientation, etc.) ;
- Vérification visuelle des pales ;

- Vérification des boulons (des pales et de la tour), visuelle ou par échantillonnage ;
- Test du groupe hydraulique ;
- Inspection du multiplicateur, de la génératrice, du transformateur, des systèmes de freins, ... ;
- Tests de fonctionnement via l'automate (survitesse, etc).

A ces entretiens, s'ajoutent des entretiens de pales et les contrôles réglementaires (lignes de vie, rail, treuil de levage, monte-personne).

En résumé, un entretien préventif des éoliennes aura lieu tous les six mois.

L'entretien des différents composants de l'installation d'une éolienne s'effectuera à différentes périodes et est d'importance variable. Outre l'entretien prévisionnel, des inspections de l'éolienne dans sa totalité ou de groupes de composants peuvent avoir lieu à tout moment.

Des informations plus détaillées pourront être fournies à l'inspection des installations classées au moment de la mise en service du parc éolien.

D.2-4. MÉTHODE ET MOYEN D'INTERVENTION

D.2-4a Formation des opérateurs

RWE Renouvelables France garantit que les prestations qui lui sont confiées seront effectuées avec professionnalisme, en employant des composants et matériaux de bonne qualité et conformément aux pratiques habituelles au sein du secteur de l'énergie éolienne.

RWE Renouvelables France a défini pour son personnel des exigences minimales pour l'accès aux aérogénérateurs, en termes d'aptitude médicale, de formation et d'EPI :

- Aptitude médicale aux travaux en hauteur (certificat ou attestation en cours de validité) ;
- Formation aux travaux en hauteur, incluant une formation à l'utilisation des EPI contre les chutes de hauteur et à l'utilisation du dispositif de secours et d'évacuation de l'éolienne (attestation de formation en cours de validité et, dans tous les cas, datant de moins de 12 mois) ;
- Formation aux premiers secours (attestation de formation en cours de validité et, dans tous les cas, datant de moins de 2 ans) ;
- Affectation d'un kit d'EPI contre les chutes de hauteur vérifiée depuis moins de 12 mois lors de son utilisation. Ces exigences minimales sont également applicables aux sous-traitants potentiels intervenant dans les aérogénérateurs.

Outre ces exigences minimales, d'autres formations en matière de santé et sécurité sont requises :

- Formation à la sécurité électrique (en France, il s'agit de l'habilitation électrique) ;
- Formation à la manipulation des extincteurs.

Le département HSE de RWE Renouvelables France est par ailleurs en charge du suivi de l'évolution réglementaire et de son application en relation avec l'exploitant.

De plus, de par son implication à l'association France Energie Eolienne, RWE Renouvelables France suit l'évolution de la réglementation au plus près.

D.2-4b Intervention en cas de sinistres

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

Une voie d'accès donne aux services d'interventions un accès facilité au site du parc éolien. Il s'agit précisément des accès mis en œuvre pour la construction, et conserver en l'état durant toute l'exploitation jusqu'à son démantèlement et dont les caractéristiques répondent à celles demandées habituellement par les SDIS pour l'accès aux engins de lutte contre l'incendie et de sauvetage, à savoir :

- largeur utilisable : 3,00 m
- hauteur libre : 3,50 m
- virage rayon intérieur : 1,00 m
- surlargeur S=15/R dans les virages de rayon intérieur inférieur à 50 mètres
- résistance : stationnement de véhicules de 16 T en charge (maximum de 9 T par essieu)
- résistance au poinçonnement : 80 N/cm² sur une surface maximale de 0,20 m²
- pente inférieure : 15 %

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

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

En cohérence avec les recommandations du SDIS, à l'issue des travaux et avant la mise en exploitation de l'installation, seront fournis au groupement Prévention, Prévision, Planification du Service Départemental d'Incendie et de Secours :

- la dénomination ou le numéro, l'adresse avec les coordonnées GPS, ainsi que les précisions d'accès aux différentes éoliennes du parc. Ces renseignements devront être ceux fournis par le requérant lors de l'alerte.
- le nom et les coordonnées téléphoniques de l'exploitant ou d'une astreinte technique joignable par les sapeurs-pompiers en cas de besoin.

Spécifiquement concernant la phase de chantier, seront fournis l'adresse ainsi que les précisions d'accès au(x) point(s) de rencontre des secours (PRS). Ces renseignements devront être ceux fournis par le requérant lors de l'alerte.

D.2-5. STOCKAGE ET FLUX DE PRODUITS DANGEREUX

Conformément à l'article 16 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié, l'intérieur de l'aérogénérateur est maintenu propre et aucun matériaux inflammable ou combustible ne sera entreposé dans les éoliennes du Parc éolien des Marchellions.

D.2-6. FONCTIONNEMENT DES RÉSEAUX DE L'INSTALLATION

■ Réseau inter-éolien

Le réseau inter-éolien permet de relier le transformateur, situé dans la nacelle de chaque éolienne, au point de raccordement avec le réseau public en 20 000 V. Toutes les éoliennes sont raccordées à un poste de livraison électrique par un réseau de câbles électriques triphasés HTA d'une tension de 20 000 V (ou

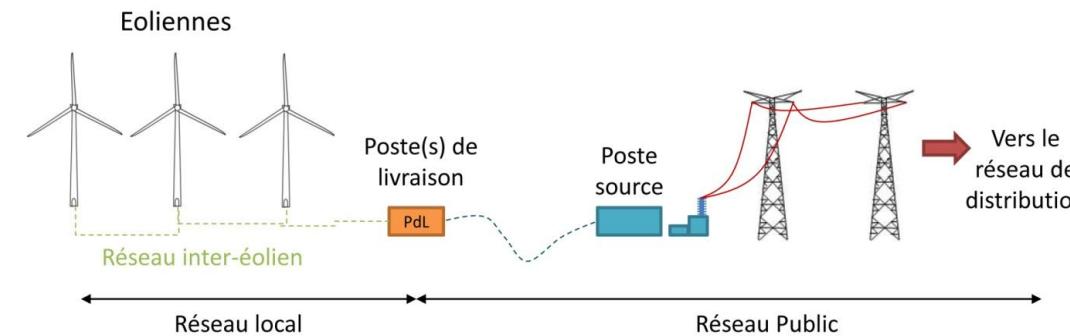
33 000 V).

Les câbles constituent le réseau interne de la centrale éolienne. Ils sont systématiquement enterrés entre 0,80 m et 1,20 m de profondeur. Ces ouvrages sont établis suivant les prescriptions de l'arrêté technique du 17 mai 2001 conformément aux règles de l'art et suivant les publications UTE dont la norme C13-200. Ainsi, ces ouvrages sont conformes à la réglementation technique en vigueur.

Les réseaux internes sont préférentiellement réalisés au droit ou en accotement de chemins, parfois en plein champ.

Une liaison de télécommunication relie chaque éolienne au terminal de télésurveillance, permettant la supervision et le contrôle des éoliennes à distance. Afin d'optimiser les travaux, ce réseau de fibre optique est inséré dans les tranchées réalisées pour les réseaux électriques internes.

Figure 5 : Principe du raccordement électrique des installations



■ Poste de livraison

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

Remarque : 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 d'un poste 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 le Parc éolien des Marchellions, un poste de livraison électrique est prévu. Il est placé sur une plateforme spécifique en bordure du CR n°11 à Saint-Maur-sur-le-Loir.

■ Réseau électrique externe

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

Plusieurs options sont envisagées à ce stade pour le raccordement du Parc éolien des Marchellions, par exemple le raccordement sur le poste source de BONNEVAL, sur le poste à créer de EURE ET LOIR 3, ou sur un autre poste identifié par ENEDIS, par un réseau de câbles électriques triphasés HTA.

■ Autres réseaux

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

E. 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.

E.1 POTENTIELS DE DANGERS LIÉS AUX PRODUITS

L'activité de production d'électricité par les éoliennes ne consomme pas de matières premières, ni de produits pendant la phase d'exploitation. De même, cette activité ne génère pas de déchet, ni d'émission atmosphérique, ni d'effluent potentiellement dangereux pour l'environnement. Les produits identifiés dans le cadre du Parc éolien des Marchellions 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...).

Les substances ou produits chimiques mis en œuvre dans l'installation sont limités. Les seuls produits présents en phase d'exploitation des turbines Vestas sont (Source : Vestas) :

- L'huile hydraulique (circuit haute pression) dont la quantité présente est de l'ordre de 260 litres ;
- L'huile de lubrification du multiplicateur dont la quantité présente est de l'ordre de 400 litres ;
- L'eau glycolée (mélange d'eau et d'éthylène glycol), qui est utilisée comme liquide de refroidissement, dont le volume total de la boucle est d'environ 120 litres ;
- Les graisses pour les roulements et systèmes d'entrainements ;
- L'hexafluorure de soufre (SF_6), qui est le gaz utilisé comme milieu isolant pour les cellules de protection électrique. La quantité présente varie entre 1,5 kg et 2,2 kg suivant le nombre de caissons composant la cellule.

D'autres produits peuvent être utilisés lors des phases de maintenance (lubrifiants, décapants, produits de nettoyage), mais toujours en faibles quantités (quelques litres au maximum). Conformément à l'article 16 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation, aucun produit inflammable ou combustible n'est stocké dans les aérogénérateurs ou le poste de livraison.

Les risques associés aux différents produits concernant le site du Parc éolien des Marchellions sont :

- **L'incendie** : des produits combustibles sont présents sur le site. Ainsi, la présence d'une charge calorifique peut alimenter un incendie en cas de départ de feu.
- **La toxicité** : Ce risque peut survenir suite à un incendie créant certains produits de décomposition nocifs, entraînés dans les fumées de l'incendie.
- **La pollution** : En cas de fuite sur une capacité de stockage, la migration des produits liquides dans le sol peut entraîner une pollution, également en cas d'entraînement dans les eaux d'extinction incendie.

E.2 POTENTIELS DE DANGERS LIÉS AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

Les dangers liés au fonctionnement du Parc éolien des Marchellions 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
- Courts-circuits électriques (aérogénérateur ou poste de livraison).

Ces dangers potentiels sont recensés dans le tableau suivant :

Tableau 11 : Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation

Installation ou système	Fonction	Phénomène redouté	Danger potentiel
Système de transmission	Transmission d'énergie mécanique	Survitesse	Échauffement 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

E.3 REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS A LA SOURCE

E.3-1. PRINCIPALES ACTIONS PRÉVENTIVES

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

E.3-1a Réduction des dangers liés aux produits

Comme précédemment indiqué, les produits présents dans une éolienne sont des lubrifiants. Ils doivent être contrôlés et partiellement renouvelés tous les 6 mois à 5 ans selon leur type.

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

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

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

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

E.3-1b Réduction des dangers liés aux installations

Plusieurs démarches préalables concernant les implantations des éoliennes et le choix de la technologie utilisée ont permis de réduire les potentiels de dangers identifiés sur le site et de garantir une sécurité optimale de l'installation.

Lors de la démarche de conception du projet, le porteur de projet a étudié plusieurs scénarios d'implantation afin de déterminer celui qui minimise les impacts vis-à-vis des intérêts mentionnés par l'article L511-1 du code de l'environnement.

Dans le cadre de l'étude d'impacts, le choix de localisation des éoliennes a fait l'objet d'études spécifiques :

- analyse paysagère,
- analyse de l'environnement naturel,
- analyse de l'environnement humain,
- analyses des contraintes techniques,
- disponibilité foncière,
- volontés politiques locales.

L'exploitant a effectué des choix techniques pour implanter les éoliennes le plus à l'écart des zones à enjeux, le choix même du site correspondant à un **secteur éloigné de toute habitation**. Le respect des prescriptions générales de l'arrêté du 26 août 2011 modifié impose au projet :

- Un éloignement des éoliennes de 500 m des zones dédiées à l'habitation.
- Un choix d'éoliennes respectant les normes de sécurité et disposant d'équipements de prévention des risques.
- La réalisation obligatoire d'un contrôle technique des ouvrages.
- Le projet bénéficie de l'expérience de RWE Renouvelables France dans le développement et l'exploitation de parcs éoliens.

Il apparaît donc que les choix effectués lors de la phase de conception du projet ont permis de proposer une implantation réduisant les potentiels de dangers.

En outre, les mesures générales de prévention limitant les risques d'accident sur le Parc éolien des Marchellions sont les suivantes :

- Le fournisseur des éoliennes et assurant leur maintenance, dispose d'un système de management HSE respecté par tous ses salariés.
- Le respect des règles de conduite et la limitation de la vitesse de circulation des engins et véhicules seront imposés. Un plan de circulation sera établi pour l'accès depuis les routes les plus proches.
- Les interventions se font par du personnel possédant l'habilitation électrique et la législation du travail dans les installations en hauteur, après visite de conformité par un organisme de contrôle agréé. Les techniciens sont formés, entraînés et autorisés. Ils sont équipés de leurs EPI.
- Des procédures d'installation et de maintenance claires et détaillées seront disponibles pour chacun des équipements.
- Le design et l'assemblage des équipements respectent les normes en vigueur et normes constructeur.

E.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 États-membres une autorisation environnementale avant leur mise en service.

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

F. ANALYSE DES RETOURS D'EXPÉRIENCE

L'objectif de ce chapitre de l'étude de dangers est de rappeler les différents incidents et accidents qui sont survenus dans la filière éolienne, afin d'en faire une synthèse en vue de l'analyse des risques pour l'installation et d'en tirer des enseignements pour une meilleure maîtrise du risque dans les parcs éoliens. L'analyse des retours d'expérience vise à faire émerger des typologies d'accidents 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 H. pour l'analyse détaillée des risques.

F.1 LIMITE D'UTILISATION DE L'ACCIDENTOLOGIE

Ces retours d'expérience doivent être pris avec précaution car ils comportent plusieurs biais.

Dans un premier temps, les données sur les événements ne sont pas exhaustives. Les événements pris en compte sont issus de la base ARIA sans classement des incidents par rapport aux scénarios de risques. Le classement selon ces scénarios est donc fait pas nos soins, par report du détail de l'incident. Ce classement est donc susceptible d'être différents en fonction des bureaux d'étude, notamment lors des incidents de ruptures de pales entraînant une chute d'éléments.

Deuxièmement, les données d'accidentologie prennent en compte l'ensemble des incidents sur les aérogénérateurs depuis les années 2000. Ainsi, les technologies, notamment de prévention des risques ont largement évolué depuis et les informations disponibles sur l'accidentologie ne permet pas de distinguer si un incident a eu lieu sur une machine plutôt ancienne ou plutôt récente.

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

Enfin, l'analyse de l'accidentologie ne peut être utilisée pour mettre à jour les probabilités d'occurrences des événements analysés dans l'étude des risques. En effet, les biais présentés ci-dessus mettent en évidence la non-homogénéité des données et des traitements potentiels. Ainsi, les probabilités d'occurrences ne seraient plus communes à l'ensemble des études produites et ne permettraient pas l'appréciation de l'acceptabilité des projets sur des critères communs.

Toutefois, aujourd'hui il est fort probable, vu l'augmentation du nombre de MW installés (et donc de manière empirique celle du nombre de machines) corrélée à un nombre relativement constant d'événements enregistrés chaque année, que les probabilités d'occurrences soient plus faibles que celles du guide « INERIS » de référence. Il serait alors possible de présumer que l'évaluation des risques basées sur les probabilités de l'INERIS soit plutôt majorante au vu des technologies et procédures mises en œuvre aujourd'hui tant dans la construction des aérogénérateurs que leur exploitation.

F.2 INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS EN FRANCE

L'inventaire des incidents et accidents en France permet d'identifier les principaux phénomènes dangereux potentiels pouvant affecter un parc éolien. Cet inventaire se base sur le retour d'expérience de la filière éolienne tel que présenté dans le guide technique de conduite de l'étude de dangers (oct. 2012), et est complété par les données disponibles dans la base de données ARIA (Ministère du Développement Durable) et certains articles de presse divers. Voir le Tableau de l'accidentologie française au J.3 en page 51.

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

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

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

La base de données réalisée par le groupe de travail SER/FEE pour l'édition du « guide technique d'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens » apparaît comme la plus représentative des incidents majeurs ayant affecté le parc éolien français entre 2000 et 2012. Un total de 37 incidents a pu être recensé entre 2000 et début 2012, lors du travail réalisé par les membres du groupe de travail SER/FEE.

On recense 126 accidents enregistrés en France entre 2000 et septembre 2024 par la base de données ARIA. Ce recensement met en évidence que les aérogénérateurs accidentés sont notamment les modèles anciens, qui ne bénéficiaient généralement pas des dernières avancées technologiques.

Le graphique en Figure 6 en page 26 montre la répartition des différentes catégories d'événements accidentels recensés et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateur français entre 2000 et septembre 2024. Cette synthèse exclut les accidents du travail (maintenance, chantier de construction, etc.) et les événements qui n'ont pas conduit à des conséquences sur les zones autour des aérogénérateurs.

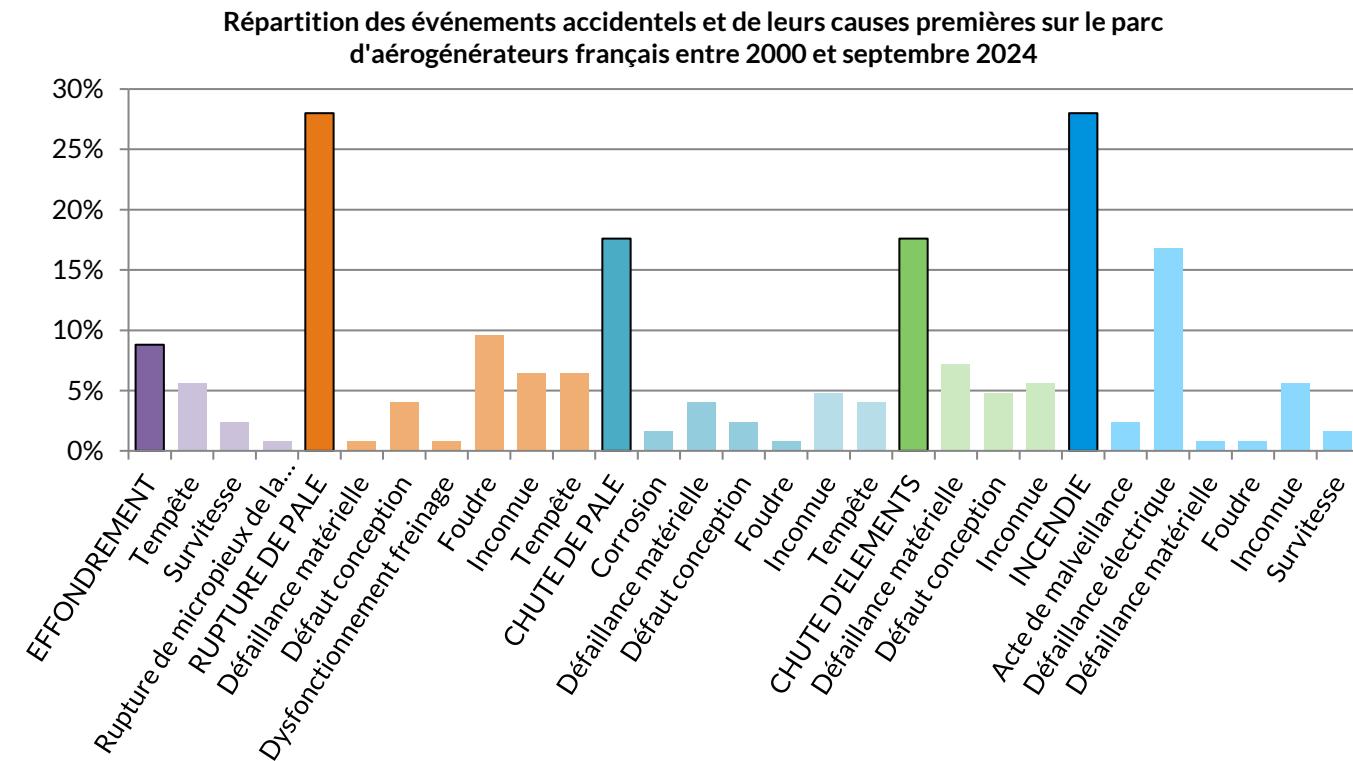
Dans ce graphique, sont présentés :

- La répartition des catégories des événements accidentels par rapport à la totalité des accidents observés en France : effondrement, rupture de pale, chute de pale, chute d'éléments et incendie. Ces catégories sont représentées par des histogrammes de couleur foncée bordés de noir, intitulées en majuscule ;
- La répartition des causes premières pour chacun des événements décrits ci-dessus. Celle-ci est donnée par rapport à la totalité des accidents observés dans une catégorie d'événements accidentels en France. Elles sont représentées par des histogrammes sans bordure, de couleur claire.

Par ordre d'importance, les accidents les plus recensés sont les ruptures de pale et les incendies, puis les chutes de pale et des autres éléments, et dans une moindre mesure l'effondrement de l'éolienne. Les principales causes connues de ces accidents sont liées aux défaillances électriques et matérielles, et aux tempêtes.

Figure 6 : Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateurs français

Réalisation Enviroscop, mise à jour fevr.-25. | Sources : retour d'expérience de la filière éolienne du guide INERIS 2012, complément par Enviroscop d'après consultation base ARIA.



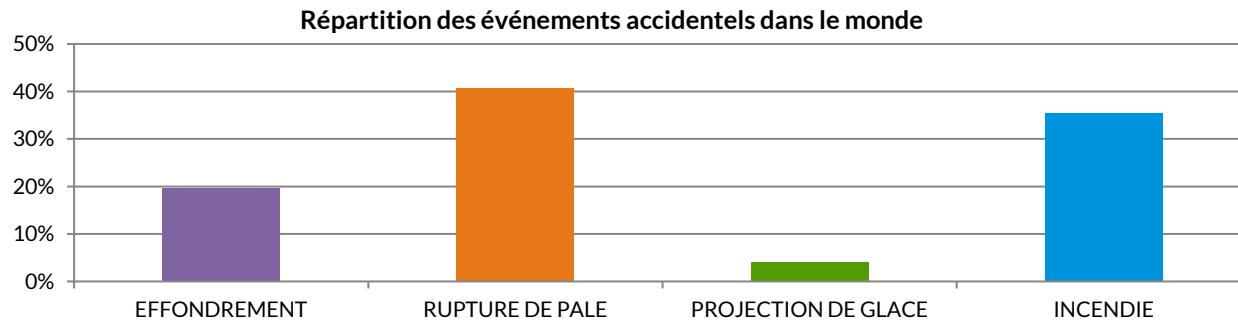
F.3 INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS A L'INTERNATIONAL

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, et actualisé jusqu'à fin décembre 2021. La synthèse ci-dessous provient de l'analyse de la base de données réalisée par l'association Caithness Wind Information Forum (CWIF). Sur les 2 797 accidents décrits dans la base de données, seuls 1 138 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.

Remarque : cette base de données n'est plus suivie par cette ONG depuis 2022.

Figure 7 : Répartition des événements accidentels sur le parc d'aérogénérateurs mondial

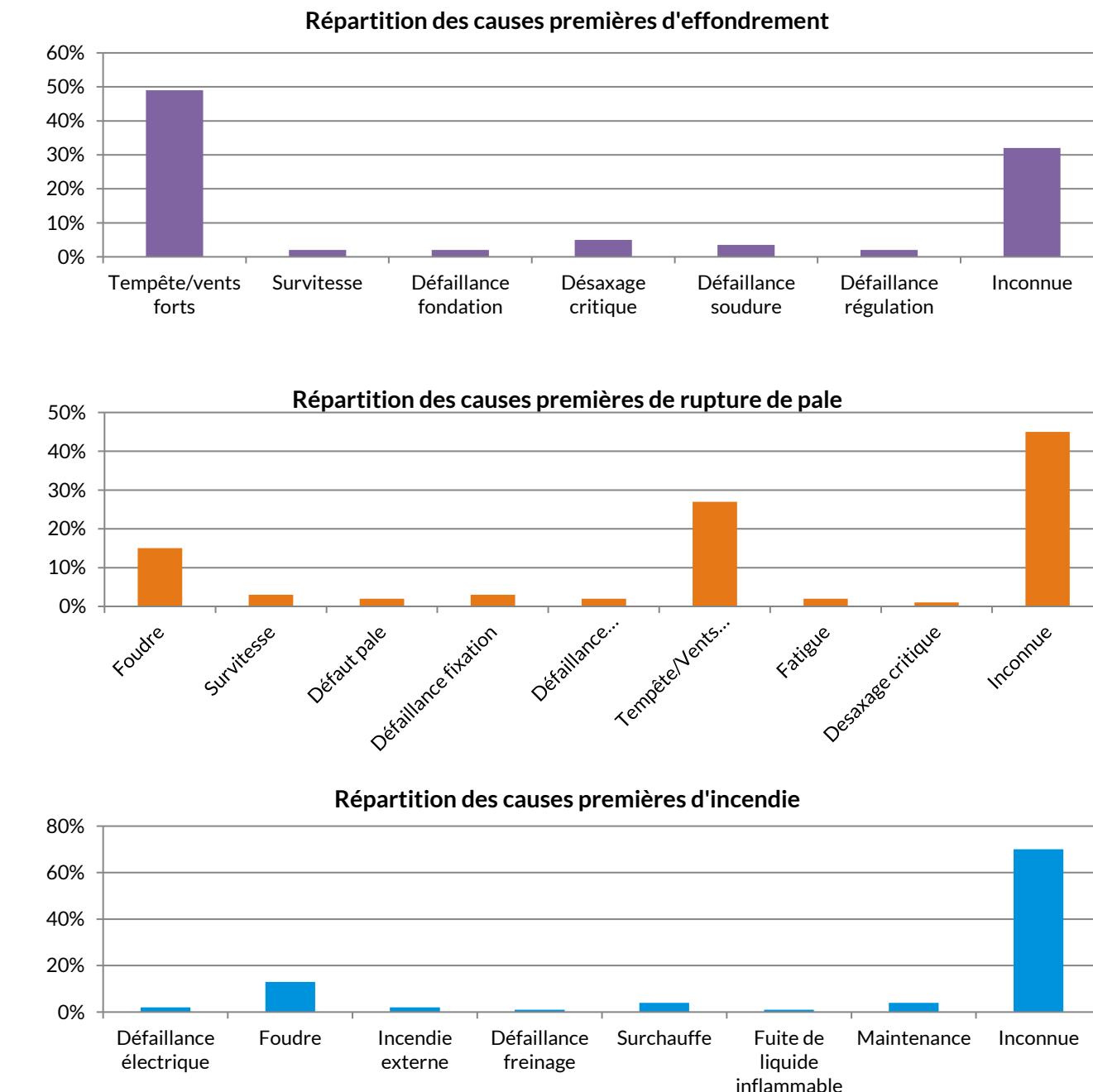
Réalisation Enviroscop, mise à jour 2022. | Sources : retour d'expérience de la filière éolienne du guide INERIS 2012, complément par Enviroscop d'après CWIF. Données d'avant 2000 à fin décembre 2021



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 8 : Répartition des principales causes des événements accidentels sur le parc d'aérogénérateurs mondial

Réalisation Enviroscop, mise à jour mars 2022. | Sources : retour d'expérience de la filière éolienne du guide INERIS 2012, complément par Enviroscop d'après CWIF. Données d'avant 2000 à fin décembre 2021



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.

F.4 INVENTAIRE DES ACCIDENTS MAJEURS SURVENUS SUR LES SITES DE L'EXPLOITANT

RWE Renouvelables France exploite 8 parc éoliens (parc des Pierrots (36), parc de Martinpuch (62), parc Les Hauts Bouleaux (80), l'extension d'Epine Marie-Madeleine (02), Les Nouvions (02), Beg ar C'hra (22), Chemins de Châlons (51) et Allerey (21)) pour lesquels aucun incident n'est à déplorer.

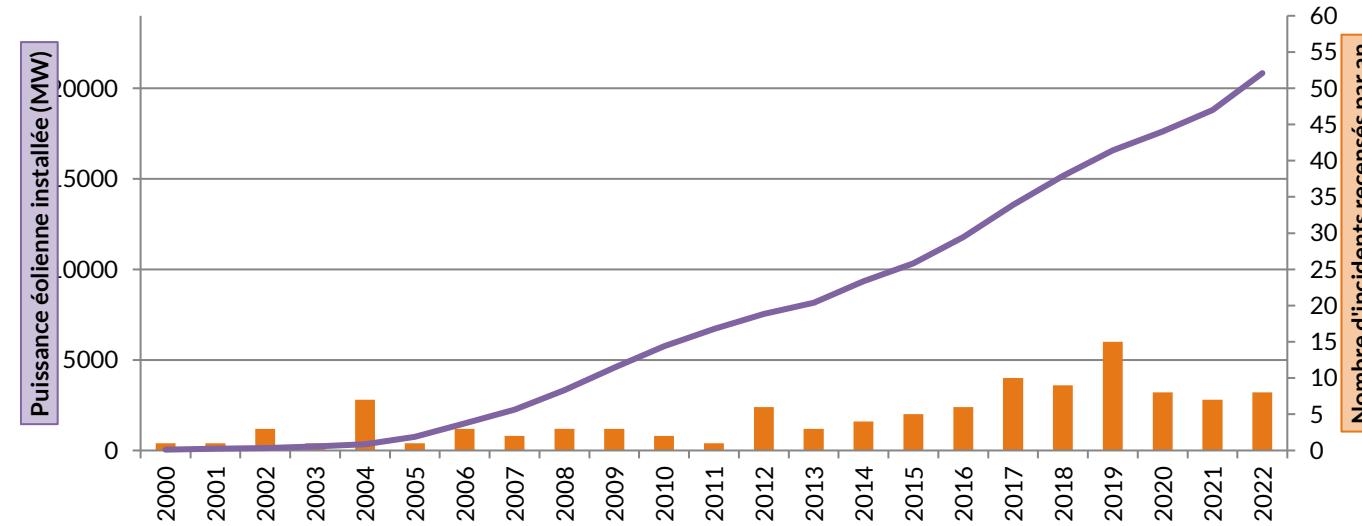
F.5 SYNTHÈSE DES PHENOMENES DANGEREUX REDOUTES ISSUS DU RETOUR D'EXPERIENCE

F.5-1. ANALYSE DE L'ÉVOLUTION DES ACCIDENTS EN FRANCE

À partir de l'ensemble des phénomènes dangereux qui ont été recensés, il est possible d'étudier leur évolution en fonction de la puissance éolienne cumulée installée.

Figure 9 : Évolution du nombre d'incidents annuels en France et puissance raccordée

Réalisation Enviroscop, avril 2023. Sources : retour d'expérience de la filière éolienne du guide INERIS 2012, consultation base ARIA, statistiques du Ministère du Développement Durable.



La figure ci-dessus 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 et est même à la baisse depuis 2019**. 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.

F.5-2. ANALYSE DES TYPOLOGIES D'ACCIDENTS LES PLUS FRÉQUENTS

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

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

F.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 ont 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.

G. ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES

Les outils d'analyse des risques sont nombreux (ex : AMDEC, APR, HAZOP, etc.). La présente analyse utilise la méthode APR qui est souple d'utilisation, adaptée et plus facile à mettre en œuvre et à instruire dans le contexte des éoliennes, comme le conseille le guide de l'INERIS.

G.1 OBJECTIF DE L'ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES

L'analyse des risques a pour objectif principal d'identifier les scénarios d'accidents majeurs et les mesures de sécurité qui empêchent ces scénarios de se produire ou en limitent les effets. Cet objectif est atteint au moyen d'une identification de tous les scénarios d'accident potentiel 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'accidents qui présentent des conséquences limitées et les scénarios d'accidents majeurs – ces derniers pouvant avoir des conséquences sur les personnes.

G.2 RECENSEMENT DES EVENEMENTS INITIATEURS EXCLUS DE L'ANALYSE DES RISQUES

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

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

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

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

G.3 RECENSEMENT DES AGRESSIONS EXTERNES POTENTIELLES

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

Traditionnellement, deux types d'agressions externes sont identifiés :

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

G.3-1. AGRESSIONS EXTERNES LIÉES AUX ACTIVITÉS HUMAINES

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

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

Tableau 12 : Principales agressions externes liées aux activités humaines

Infrastructure	Fonction	Événement redouté	Danger potentiel	Périmètre	Distance par rapport au centre du mât des éoliennes
Voies de circulation	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Energie cinétique des véhicules et flux thermiques	200 m	Aucune voie structurante. Uniquement présence de chemins. Très faible fréquentation et impact nul en termes d'agression externe
Aérodrome	Transport aérien	Chute d'aéronef	Energie cinétique de l'aéronef, flux thermique	2000 m	Aucun aérodrome dans le périmètre de 2 kilomètres autour des éoliennes
Ligne THT	Transport d'électricité	Rupture de câble	Arc électrique, surtensions	200 m	Aucune ligne de haute ou très haute tension dans le périmètre de 200 mètres autour des éoliennes.

Infrastructure	Fonction	Événement redouté	Danger potentiel	Périmètre	Distance par rapport au centre du mât des éoliennes
Autres aérogénérateurs	Production d'électricité	Accident générant des projections d'éléments	Energie cinétique des éléments projetés	500 m	Aucune éolienne d'une autre installation. Au sein du Parc éolien des Marchellions, les éoliennes E1 et E2 sont espacées de 740 m environ.

G.3-2. AGRESSIONS EXTERNES LIÉES AUX PHÉNOMÈNES NATURELS

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

Tableau 13 : Principales agressions externes liées aux phénomènes naturels

Aggression externe	Intensité
Vents et tempête	Le secteur est hors zone cyclonique. Entre 1981 et 2010, on observe 45,8 jours/an avec des vents de plus de 58 km/h (> 16 m/s), dont 0,9 jours avec des vents au-delà de 100 km/h (> 28 m/s). Selon l'observatoire français des tornades et des orages violents, la fréquence des tornades et des orages violents y est conforme à la moyenne nationale.
Foudre	La densité de foudroiement est infime à faible.
Glissement de sols / affaissement miniers	Absence d'aléa de mouvement de terrain par effondrement (absence de cavité naturelle connue). Aléa nul de retrait et gonflement d'argile pour l'ensemble des éoliennes. Dans le cadre de la construction du parc éolien, une étude géotechnique sera réalisée. Les résultats permettront notamment de dimensionner correctement les fondations.

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

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

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

G.4 SCENARIOS ETUDES DANS L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

Après avoir recensé, dans un premier temps, les potentiels de danger des installations, qu'ils soient constitués par des substances dangereuses ou des équipements dangereux (voir paragraphes E.1 et E.2), l'APR doit identifier l'ensemble des séquences accidentelles et phénomènes dangereux associés pouvant déclencher le danger.

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

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

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

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

Les différents scénarios listés dans le tableau générique de l'APR sont regroupés et numérotés par thématique, en fonction des typologies d'événement 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).

Tableau 14 : Analyse préliminaire des risques

Nº	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
« G » les scénarios concernant la glace						
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
« I » les scénarios concernant l'incendie						
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	Échauffement 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	Échauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I05	Conditions climatiques humides	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2
I06	Rongeur	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2
I07	Défaut d'étanchéité	Perte de confinement	Fuites d'huile isolante	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Incendie au poste de transformation Propagation de l'incendie	2
« F » les scénarios concernant les fuites						
F01	Fuite système de lubrification Fuite convertisseur Fuite transformateur	Écoulement 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	Écoulement	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
« C » les scénarios concernant la chute d'éléments de l'éolienne						
C01	Défaut de fixation	Chute de trappe	Chute d'éléments de l'éolienne	Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Impact sur cible	1
C02	Défaillance fixation anémomètre	Chute anémomètre	Chute d'éléments de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	1
C03	Défaut fixation nacelle - pivot central - mât	Chute nacelle	Chute d'éléments de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	1
« P » les scénarios concernant les risques de projection						
P01	Survitesse	Contraintes trop importantes sur les pales	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la survitesse (N°4)	Impact sur cible	2
P02	Fatigue Corrosion	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	Impact sur cible	2
P03	Serrage inappropriate 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
« E » les scénarios concernant les risques d'effondrement						
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

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
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 la dégradation de l'état des équipements (N°11) Dans les zones cycloniques, mettre en place un système de prévision cyclonique et équiper les éoliennes d'un dispositif d'abattage et d'arrimage au sol (N°13)	Projection/chute fragments et chute mât	2
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)	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

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

G.5 EFFETS DOMINOS

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

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

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

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

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

Dans le cadre du projet de Parc éolien des Marchellions, il n'y a aucune installation ICPE à moins de 100 mètres d'une éolienne.

G.6 MISE EN PLACE DES MESURES DE SECURITE

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

Les tableaux suivants ont pour objectif de synthétiser les fonctions de sécurité identifiées et mise en œuvre sur les éoliennes du Parc éolien des Marchellions. Dans le cadre de la présente étude de dangers, les fonctions de sécurité sont détaillées selon les critères suivants :

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

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

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

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

Tableau 15 : Mesures 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 redondant du 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	Non. Les systèmes traditionnels s'appuient généralement sur des fonctions et des appareils propres à l'exploitation du parc. En cas de danger particulièrement élevé sur site (survol d'une zone fréquentée sur site soumis à des conditions de gel importantes), des systèmes additionnels peuvent être envisagés.		
Temps de réponse	Quelques minutes (< 60 min.) conformément à l'article 25 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié		
Efficacité	100 %		
Tests	Tests menés par le concepteur au moment de la construction de l'éolienne		
Maintenance	Vérification des capteurs du système de détection ou de déduction de givre lors des maintenances préventives annuelles.		
Fonction de sécurité	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	N° de la fonction de sécurité	2
Mesures de sécurité	Installation d'un panneau d'affichage sur le chemin d'accès de chaque éolienne. Éloignement des zones habitées et fréquentées		
Description	Mise en place de panneaux informant de la possible formation de glace sur le chemin d'accès de chaque éolienne (conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié).		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %. Nous considérerons que compte tenu de l'implantation des panneaux et de l'entretien prévu, l'information des promeneurs sera systématique.		
Tests	NA		
Maintenance	Vérification de l'état général du panneau, de l'absence de détérioration, entretien de la végétation afin que le panneau reste visible.		

Fonction de sécurité	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	N° de la fonction de sécurité	3
Mesures de sécurité	Capteurs de température des pièces mécaniques. Définition de seuils critiques de température pour chaque type de composant avec alarmes. Mise à l'arrêt ou bridage jusqu'à refroidissement		
Description	/		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	40 ms		
Efficacité	100 %		
Tests	Tests lors des maintenances régulières		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié. Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	4
Mesures de sécurité	Détection de survitesse et système de freinage.		
Description	Systèmes de coupure s'enclenchant en cas de dépassement des seuils de vitesse prédéfinis, indépendamment du système de contrôle commande. NB : Le système de freinage est constitué d'un frein aérodynamique principal (mise en drapeau des pales) et / ou d'un frein mécanique auxiliaire.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection < 1 minute. L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement abnormal de l'aérogénérateur conformément aux dispositions de l'arrêté du 26 août 2011 modifié.		
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 17 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié.		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié (notamment de l'usure du frein et de pression du circuit de freinage d'urgence). Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

Fonction de sécurité	Prévenir les courts-circuits	N° de la fonction de sécurité	5
Mesures de sécurité	Coupure de la transmission électrique en cas de fonctionnement abnormal 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 abnormal des composants électriques est suivi d'une coupure de la transmission électrique et à la transmission d'un signal d'alerte vers l'exploitant qui prend alors les mesures appropriées.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	De l'ordre de la seconde		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	Des vérifications de tous les composants électriques ainsi que des mesures d'isolement et de serrage des câbles sont intégrées dans la plupart des mesures de maintenance préventive mises en œuvre. Les installations électriques sont contrôlées avant la mise en service du parc puis à une fréquence annuelle, conformément aux articles 10 et 17 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié.		

Fonction de sécurité	Prévenir les effets de la foudre	N° de la fonction de sécurité	6
Mesures de sécurité	Mise à la terre et protection des éléments de l'aérogénérateur.		
Description	Respect de la norme IEC 61 400 - 24 (juin 2010). Parafoudres sur la nacelle + récepteurs de foudre sur les 2 faces des pales. Mise à la terre (nacelle/mât, sections de mât, mât/fondation). Parasurtenseurs sur les circuits électriques		
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 18 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié.		

Fonction de sécurité	Protection et intervention incendie	N° de la fonction de sécurité	7
Mesures de sécurité	Capteurs de températures sur les principaux composants de l'éolienne pouvant permettre, en cas de dépassement des seuils, la mise à l'arrêt de la machine. Système de détection incendie relié à une alarme transmise à un poste de contrôle. Intervention des services de secours		
Description	DéTECTEURS de fumée qui lors de leur déclenchement conduisent à la mise en arrêt de la machine et au découplage du réseau électrique. De manière concomitante, un message d'alarme est envoyé au centre de télésurveillance. L'éolienne est également équipée d'extincteurs qui peuvent être utilisés par les personnels d'intervention (cas d'un incendie se produisant en période de maintenance)		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	< 1 minute pour les détecteurs et l'encodement de l'alarme. L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur. Le temps d'intervention des services de secours est quant à lui dépendant de la zone géographique.		
Efficacité	100 %		
Tests	Vérification de la plausibilité des mesures de température		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié. Le matériel incendie (type extincteurs) est contrôlé périodiquement par le fabricant du matériel ou un organisme extérieur. Maintenance curative suite à une défaillance du matériel.		

Fonction de sécurité	Prévention et rétention des fuites	N° de la fonction de sécurité	8
Mesures de sécurité	Détecteurs de niveau d'huiles. Procédure d'urgence. Kit antipollution. Systèmes d'étanchéité et dispositifs de collecte / récupération.		
Description	Nombreux détecteurs de niveau d'huile permettant de détecter les éventuelles fuites d'huile et d'arrêter l'éolienne en cas d'urgence. Présence de plusieurs bacs collecteurs au niveau des principaux composants. Les opérations de vidange font l'objet de procédures spécifiques. Dans tous les cas, le transfert des huiles s'effectue de manière sécurisée via un système de tuyauterie et de pompes directement entre l'élément à vidanger et le camion de vidange. Des kits de dépollution d'urgence composés de grandes feuilles de textile absorbant pourront être utilisés afin : – 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 revêtement souillé via les filières adéquates, puis le remplacera par un nouveau revêtement.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Dépendant du débit de fuite		
Efficacité	100 %		
Tests	/		

Fonction de sécurité	Prévention et rétention des fuites	N° de la fonction de sécurité	8
Maintenance	Inspection des niveaux d'huile plusieurs fois par an		
Fonction de sécurité	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)	N° de la fonction de sécurité	9
Mesures de sécurité	Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints, etc.). Procédures qualité. DéTECTEURS de vibrations		
Description	La norme IEC 61 400-1 « Exigence pour la conception des aérogénérateurs » fixe les prescriptions propres à fournir « un niveau approprié de protection contre les dommages résultant de tout risque durant la durée de vie » de l'éolienne. Ainsi la nacelle, le nez, les fondations et la tour répondent au standard IEC 61 400-1. Les pales respectent le standard IEC 61 400-1 ; 12 ; 23. Les éoliennes sont 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 (peinture et revêtement anti-corrosion).		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %		
Tests	Vérification à réaliser après 1 an de mise en service du parc		
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, boulons de fixation de la nacelle...) sont vérifiés au bout de 3 mois de fonctionnement puis un an après leur mise en service industrielle, puis suivant une périodicité qui ne peut excéder trois ans, conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié.		

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

Fonction de sécurité	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	N° de la fonction de sécurité	11
Mesures de sécurité	Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents. Détection et prévention des vents forts et tempêtes. Arrêt automatique et diminution de la prise au vent de l'éolienne (mise en drapeau progressive des 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 préventive du système pitch, notamment vérification du câblage et du système de lubrification automatique, graissage des roulements de pitch. Maintenance préventive du frein mécanique, notamment inspection visuelle, vérification de l'épaisseur des plaquettes de frein et des capteurs du frein mécanique.		

Fonction de sécurité	Empêcher la perte de contrôle de l'éolienne en cas de défaillance réseau	N° de la fonction de sécurité	12
Mesures de sécurité	Détection des défaillances du réseau électrique. Batteries pour chaque système pitch. Système d'alimentation sans coupure (UPS)		
Description	Surveillance du réseau + surveillance des défaillances réseau par le convertisseur principal qui entraîne la déconnexion de l'éolienne du réseau électrique. Commande de l'éolienne et communication externe assurées pendant environ 10 min, permettant l'arrêt automatique de l'éolienne.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	150 ms pour identifier une défaillance réseau 15 à 60 s pour l'arrêt de l'éolienne selon le programme de freinage		
Efficacité	100%		
Tests	Vérification de la charge des batteries d'alimentation de secours de systèmes pitch lors de la séquence de démarrage de l'éolienne		
Maintenance	Remplacement des batteries du système pitch au cours de la maintenance quinquennal. Maintenance curative suite à une défaillance du matériel.		
Fonction de sécurité	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de cyclones dans les zones cycloniques	N° de la fonction de sécurité	13
	Sans objet		

L'ensemble des procédures de maintenance et des contrôles d'efficacité des systèmes sera conforme à l'arrêté du 26 août 2011 modifié au 10 décembre 2021. 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.

G.7 CONCLUSION DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

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

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

Tableau 16 : Scénarios exclus de l'étude détaillée

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 modifié 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 2011modifié [9] et impose le respect des normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200)
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. Le parc éolien n'étant pas implanté dans un périmètre de protection rapproché d'une nappe phréatique, ce scénario ne sera pas détaillé dans le chapitre de l'étude détaillée des risques.

Remarque. Le guide INERIS de référence indique : « *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.* » Le site présente des températures moyennes hivernales au-dessus de 0°C. Toutefois, considérant le nombre de jours de gel observés, nous intégrerons ces scénarios dans l'analyse détaillée.

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

- Projection de tout ou partie de la 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.

H. ÉTUDE DÉTAILLÉE DES RISQUES

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

H.1 RAPPEL DES DEFINITIONS

Comme la réglementation l'impose aux exploitants, l'étude de dangers doit caractériser chaque scénario d'accident majeur potentiel retenu dans l'étude détaillée des risques en fonction des paramètres suivants :

- cinétique
- intensité
- gravité
- probabilité

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

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

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

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

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

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

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

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

H.1-1. CINÉTIQUE

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

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

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

H.1-2. INTENSITÉ

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

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

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

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

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

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

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

Tableau 17 : Définition de l'intensité des effets

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

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

H.1-3. GRAVITÉ

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

Tableau 18 : Définition des seuils de gravité

Intensité Gravité \	Zone d'effet d'un événement accidentel engendrant une exposition très forte	Zone d'effet d'un événement accidentel engendrant une exposition forte	Zone d'effet d'un événement accidentel engendrant une exposition modérée
« Désastreux »	Plus de 10 personnes exposées	Plus de 100 personnes exposées	Plus de 1 000 personnes exposées
« Catastrophique »	Moins de 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées	Entre 100 et 1 000 personnes exposées
« Important »	Au plus 1 personne exposée	Entre 1 et 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées
« Sérieux »	Aucune personne exposée	Au plus 1 personne exposée	Moins de 10 personnes exposées
« Modéré »	Pas de zone de légalité en dehors de l'établissement	Pas de zone de légalité en dehors de l'établissement	Présence humaine exposée inférieure à « une personne »

H.1-4. PROBABILITÉ

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

Tableau 19 : Définition des échelles de probabilité

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

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

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

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

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

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

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

Où

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.

H.1-5. NIVEAU DE RISQUE

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.

Tableau 20 : Définition des niveaux de risques

GRAVITÉ (conséquences sur les personnes exposées au risque)	Classe de Probabilité				
	E Événement extrêmement rare	D Événement rare	C Événement improbable	B Événement probable	A Événement courant
Désastreux	Risque faible	Risque important	Risque important	Risque important	Risque important
Catastrophique	Risque faible	Risque faible	Risque important	Risque important	Risque important
Important	Risque faible	Risque faible	Risque faible	Risque important	Risque important
Sérieux	Risque très faible	Risque très faible	Risque faible	Risque faible	Risque important
Modéré	Risque très faible	Risque très faible	Risque très faible	Risque très faible	Risque faible

Légende de la matrice :

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

H.2 CARACTERISATION DES SCENARIOS RETENUS

H.2-1. EFFONDREMENT DE L'ÉOLIENNE

■ Zone d'effet

La zone d'effet de l'effondrement d'une éolienne correspond à une surface circulaire de rayon égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale (le périmètre de ruine), soit **185 m dans le cas du Parc éolien des Marchellions**.

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

■ Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène d'effondrement de l'éolienne dans le cas du Parc éolien des Marchellions. R est le rayon du rotor ($R = \text{Drotor}/2 = 155/2 = 77,5 \text{ m}$), LB la largeur de la base de la pale de forme triangulaire ($LB=3,0 \text{ m}$), Hm la hauteur du mât au moyeu ($Hm= 107,5 \text{ m}$), Htot la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale ($Htot=185 \text{ m}$) et L la largeur du mât ($L= 4,80 \text{ m}$).

Tableau 21 : Intensité de l'effondrement d'une éolienne

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)			
Zone d'impact en m^2 $= (Hm \times L) + (3 \times R \times LB)/2$	Zone d'effet du phénomène étudié en m^2 $= \pi \times (Htot)^2$	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité de l'exposition
$= (107,5 \times 4,8) + (3 \times 77,5 \times 3,0) / 2$ $= 865 \text{ m}^2$	$107\ 521 \text{ m}^2$	0,80 %	Exposition modérée

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

■ Gravité

En fonction de l'intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe H.1.3.), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène d'effondrement, dans le rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne :

- Plus de 1 000 personnes exposées → « Désastreux »
- Entre 100 et 1 000 personnes exposées → « Catastrophique »
- Entre 10 et 100 personnes exposées → « Important »
- Moins de 10 personnes exposées → « Sérieux »
- Présence humaine exposée inférieure à « une personne » → « Modéré »

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

Tableau 22 : Gravité du risque de l'effondrement d'une éolienne

Éolienne	Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)				Gravité	
	Occupation du sol		Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)			
	Nature	Quantité	Catégorie (Calcul)	Total		
E1	Zone agricole, chemins, plateforme et accès aux éoliennes	10,75 ha	Terrains aménagés mais peu fréquentés (1 pers / 10 ha)	1,075 pers.	Sérieux	
E2	Zone agricole, chemins, plateforme et accès aux éoliennes	10,75 ha	Terrains aménagés mais peu fréquentés (1 pers / 10 ha)	1,075 pers.	Sérieux	

■ Probabilité

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

Tableau 23 : Fréquence d'effondrement d'une éolienne d'après la littérature

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

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

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

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

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

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

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

On note d'ailleurs, dans le retour d'expérience français, qu'aucun effondrement n'a eu lieu sur les éoliennes mises en service après 2005 sauf pour deux cas : effondrement d'une éolienne à Pithiviers en novembre 2018 (MSI 2010) et à Boutavent en janvier 2019 (MSI 2011) (sources : Aria et articles de presse). De manière générale, le respect des prescriptions de l'arrêté du 26 août 2011 modifié au 10 décembre 2021 relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation permet de s'assurer que les éoliennes font l'objet de mesures réduisant significativement la probabilité d'effondrement. Il est considéré que la classe de probabilité de l'accident est « D », à savoir : « S'est produit mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement la probabilité ».

■ Acceptabilité

Dans le cas d'implantation d'éoliennes équipées des technologies récentes, compte tenu de la classe de probabilité d'un effondrement, on peut conclure à l'acceptabilité de ce phénomène si moins de 1 000 personnes sont exposées. Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du Parc éolien des Marchellions, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Tableau 24 : Niveau de risque et d'acceptabilité de l'effondrement d'une éolienne

Éolienne	Gravité	Niveau de risque		Acceptabilité
		(dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)	Risque très faible	
E1	Sérieux	Risque très faible	Acceptable	
E2	Sérieux	Risque très faible	Acceptable	

Ainsi, pour le Parc éolien des Marchellions, le phénomène d'effondrement des éoliennes constitue un **risque acceptable pour les personnes**.

H.2-2. CHUTE DE GLACE

■ Considérations générales

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

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

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

■ Zone d'effet

Le risque de chute de glace est cantonné à la **zone de survol des pales**, soit un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor autour du mât de l'éolienne (voir Tableau 10 en page 17). Pour le Parc éolien des Marchellions, la zone d'effet a donc un **rayon de survol de 77,5 mètres**. Cependant, il convient de noter que, lorsque l'éolienne est à l'arrêt, les pales n'occupent qu'une faible partie de cette zone.

■ Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute de glace dans le cas du Parc éolien des Marchellions. Z_I est la zone d'impact, Z_E est la zone d'effet, R_{survol} est le rayon de la zone de survol ($R_{survol} = D_{survol} / 2 = 155 / 2 = 77,5 \text{ m}$), SG est la surface du morceau de glace majorant ($SG = 1 \text{ m}^2$).

Tableau 25 : Intensité de chute de glace

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à la zone de survol)			
Zone d'impact en m^2 $Z_I = SG$	Zone d'effet du phénomène étudié en m^2 $Z_E = \pi \times R_{survol}^2$	Degré d'exposition du phénomène étudié en % $d = Z_I / Z_E$	Intensité de l'exposition
1 m^2	18 869 m^2	0,005% (< 1%)	Exposition modérée

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

■ Gravité

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

- Plus de 1 000 personnes exposées → « Désastreux »
- Entre 100 et 1 000 personnes exposées → « Catastrophique »
- Entre 10 et 100 personnes exposées → « Important »
- Moins de 10 personnes exposées → « Sérieux »
- Présence humaine exposée inférieure à « une personne » → « Modéré »

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

Tableau 26 : Gravité du risque de chute de glace

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à la zone de survol)				
Éolienne	Occupation du sol		Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
	Nature	Quantité		
E1	Zone agricole, plateforme de l'éolienne	1,89 ha	Terrains aménagés mais peu fréquentés (1 pers / 10 ha)	Modéré
E2	Zone agricole, chemins, accès et plateforme de l'éolienne	1,89 ha	Terrains aménagés mais peu fréquentés (1 pers / 10 ha)	Modéré

■ Probabilité

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

■ Acceptabilité

Avec une classe de probabilité de A, le risque de chute de glace pour chaque aérogénérateur est évalué

comme acceptable dans le cas d'une gravité « Modérée » qui correspond pour cet événement à un nombre de personnes permanentes (ou équivalent) inférieur à 1. Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du Parc éolien des Marchellions, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Tableau 27 : Niveau de risque et d'acceptabilité de chute de glace

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à la zone de survol)			
Éolienne	Gravité	Niveau de risque	Acceptabilité
E1	Modéré	Risque faible	Acceptable
E2	Modéré	Risque faible	Acceptable

Ainsi, pour le Parc éolien des Marchellions, 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 modifié 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 ou à l'entrée de la plateforme. Cette mesure permettra de réduire les risques pour les personnes potentiellement présentes sur le site lors des épisodes de grand froid.

H.2-3. CHUTE D'ÉLÉMENTS DE L'ÉOLIENNE

■ Zone d'effet

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

Le risque de chute d'élément est cantonné à la zone de survol des pales.

■ Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du Parc éolien des Marchellions. d est le degré d'exposition, Z_I la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, RP la longueur d'une pale ($RP = 76 \text{ m}$), R_{survol} correspond au rayon de la zone de survol ($R_{survol} = D_{survol} / 2 = 155/2 = 77,5 \text{ m}$), et LB la largeur maximale de la pale ($LB= 3 \text{ m}$).

Tableau 28 : Intensité de chute d'éléments

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la zone de survol)			
Zone d'impact en m^2 $Z_I = RP \times LB / 2$	Zone d'effet du phénomène étudié en m^2 $Z_E = \pi \times R_{survol}^2$	Degré d'exposition du phénomène étudié en % $d = Z_I / Z_E$	Intensité de l'exposition
114 m^2	18 869 m^2	0,60%	Exposition modérée

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

■ Gravité

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

- Plus de 1 000 personnes exposées → « Désastreux »
- Entre 100 et 1 000 personnes exposées → « Catastrophique »
- Entre 10 et 100 personnes exposées → « Important »
- Moins de 10 personnes exposées → « Sérieux »
- Présence humaine exposée inférieure à « une personne » → « Modéré »

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

Tableau 29 : Gravité du risque de chute d'éléments de l'éolienne

Éolienne	Occupation du sol		Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)		Gravité
	Nature	Quantité	Catégorie (Calcul)	Total	
E1	Zone agricole, plateforme de l'éolienne	1,89 ha	Terrains aménagés mais peu fréquentés (1 pers / 10 ha)	0,189 pers.	Modéré
E2	Zone agricole, chemins, accès et plateforme de l'éolienne	1,89 ha	Terrains aménagés mais peu fréquentés (1 pers / 10 ha)	0,189 pers	Modéré

■ Probabilité

Peu d'éléments sont disponibles dans la littérature pour évaluer la fréquence des événements de chute de pales ou d'éléments d'éoliennes. Le retour d'expérience connu en France montre que ces événements ont une classe de probabilité « C » (2 chutes et 5 incendies pour 15 667 années d'expérience, soit 4.47×10^{-4} événement par éolienne et par an). Remarque : En l'absence de publication officielle sur le nombre d'éoliennes en exploitation chaque année en France, la fréquence de ces événements ne peut être mise à jour, seule l'accidentologie étant connue.

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

■ Acceptabilité

Avec une classe de probabilité « C », le risque de chute d'éléments pour chaque aérogénérateur est évalué comme acceptable dans le cas d'un nombre de personnes permanentes (ou équivalent) inférieur à 100 dans la zone d'effet. Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du Parc éolien des Marchellions, la gravité associée et le niveau de risque :

Tableau 30 : Niveau de risque et d'acceptabilité de chute d'éléments

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la zone de survol)			
Éolienne	Gravité	Niveau de risque	Acceptabilité
E1	Modéré	Risque très faible	Acceptable
E5	Modéré	Risque très faible	Acceptable

Ainsi, pour le Parc éolien des Marchellions, le phénomène de chute de pales ou d'éléments d'éoliennes constitue un **risque acceptable pour les personnes**.

H.2-4. PROJECTION DE PALES OU DE FRAGMENTS DE PALES

■ Zone d'effet

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

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

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

- 1 300 m rapporté pour un accident à Hundhammerfjellet en Norvège le 20/01/2006
- 1 000 m rapporté pour un accident à Burgos en Espagne le 09/12/2000

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

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

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

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

■ Intensité

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

Tableau 31 : Intensité de projection de pale ou de fragments de pale

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)			
Zone d'impact en m^2 $Z_I = RP \times LB/2$	Zone d'effet du phénomène étudié en m^2 $Z_E = \pi \times 500^2$	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité de l'exposition
116 m^2	785 398 m^2	0,015% (< 1%)	Exposition modérée

Le tableau ci-avant permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du Parc éolien des Marchellions. I est le degré d'exposition, Z_I la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, RP la longueur de pale ($RP = 77,5$ m) et LB la largeur de la base de la pale ($LB= 3$ m). Il faut également noter que la projection peut concerner uniquement des fragments et non la pale entière.

■ Gravité

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

- Plus de 1 000 personnes exposées → « Désastreux »
- Entre 100 et 1 000 personnes exposées → « Catastrophique »
- Entre 10 et 100 personnes exposées → « Important »
- Moins de 10 personnes exposées → « Sérieux »
- Présence humaine exposée inférieure à « une personne » → « Modéré »

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

Tableau 32 : Gravité de projection de pale ou de fragments de pale

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)					
Éolienne	Occupation du sol		Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)		Gravité
	Nature	Quantité	Catégorie (Calcul)	Total	
E1	Zone agricole, chemins, plateforme et accès aux éoliennes	78,54 ha	Terrains aménagés mais peu fréquentés (1 pers / 10 ha)	7,854 pers.	Sérieux
E2	Zone agricole, chemins, plateforme et accès aux éoliennes	78,54 ha	Terrains aménagés mais peu fréquentés (1 pers / 10 ha)	7,854 pers.	Sérieux

■ Probabilité

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

Tableau 33 : Fréquence de projection de tout ou partie de pale d'après la littérature

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

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

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

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

Remarque : En l'absence de publication officielle sur le nombre d'éoliennes en exploitation chaque année en France, la fréquence de ces événements ne peut être mise à jour, seule l'accidentologie étant connue.

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

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

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

De manière générale, le respect des prescriptions de l'arrêté du 26 août 2011 modifié relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation permet de s'assurer que les éoliennes font l'objet de mesures réduisant significativement la probabilité de projection. Il est considéré que la classe de **probabilité de l'accident est « D »** : « *S'est produit mais a fait l'objet de mesures correctrices réduisant significativement la probabilité* ».

■ Acceptabilité

Avec une classe de probabilité de « D », le risque de projection de tout ou partie de pale pour chaque aérogénérateur est évalué comme acceptable dans le cas d'un nombre équivalent de personnes permanentes inférieur à 1 000 dans la zone d'effet.

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

Tableau 34 : Niveau de risque et d'acceptabilité de projection de pale ou de fragments de pale

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)			
Éolienne	Gravité	Niveau de risque	Acceptabilité
E1	Sérieux	Risque très faible	Acceptable
E2	Sérieux	Risque très faible	Acceptable

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

H.2-5. PROJECTION DE MORCEAUX DE GLACE

■ Zone d'effet

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

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

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

$$= 1,5 \times (107,5 + 155) = 393,75 \text{ m dans le cas du Parc éolien des Marchellions.}$$

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

■ Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de glace dans le cas du Parc éolien des Marchellions. d est le degré d'exposition, Z_I la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, R est le rayon du rotor ($R = 77,5$ m), H la hauteur au moyeu ($H = 107,5$ m), et SG la surface majorante d'un morceau de glace.

Tableau 35 : Intensité de projection de morceaux de glace

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de RPG = 1,5 x (H+2R) autour de l'éolienne)			
Zone d'impact en m ² $Z_I = 1$	Zone d'effet du phénomène étudié en m ² $Z_E = \pi \times (1,5^*(H+2*R))^2$	Degré d'exposition du phénomène étudié en % $d = Z_I / Z_E$	Intensité de l'exposition
1 m ²	487 070 m ²	0,0002 % (< 1 %)	Intensité modérée

■ Gravité

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

- Plus de 1 000 personnes exposées → « Désastreux »
- Entre 100 et 1 000 personnes exposées → « Catastrophique »
- Entre 10 et 100 personnes exposées → « Important »
- Moins de 10 personnes exposées → « Sérieux »
- Présence humaine exposée inférieure à « une personne » → « Modéré »

Il a été observé dans la littérature disponible [17] qu'en cas de projection, les morceaux de glace se cassent en petits fragments dès qu'ils se détachent de la pale. La possibilité de l'impact de glace sur des personnes abritées par un bâtiment ou un véhicule est donc négligeable et ces personnes ne doivent pas être comptabilisées pour le calcul de la gravité. Ainsi les personnes circulant dans leur véhicule sur les routes structurantes ne sont pas prises en compte. Aussi, afin de prendre en compte les personnes circulant sans être protégées par des véhicules (cyclistes, piétons...), nous comptabilisons les surfaces occupées par les routes structurantes au même titre que celles occupées par les voies non structurantes telles les voies communales ou chemins. A noter qu'aucune route structurante n'est recensée dans l'aire d'étude de dangers du Parc éolien des Marchellions

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

Tableau 36 : Gravité de projection de morceaux de glace

Éolienne	Occupation du sol		Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
	Nature	Quantité		
E1	Zone agricole, chemins, plateforme et accès aux éoliennes	48,71 ha	Terrains aménagés mais peu fréquentés (1 pers / 10 ha)	4,871 pers. Sérieux
E2	Zone agricole, chemins, plateforme et accès aux éoliennes	48,71 ha	Terrains aménagés mais peu fréquentés (1 pers / 10 ha)	4,871 pers. Sérieux

■ Probabilité

Au regard de la difficulté d'établir un retour d'expérience précis sur ce type d'événement et considérant les éléments suivants :

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

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

■ Acceptabilité

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

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

Tableau 37 : Niveau de risque et d'acceptabilité de projection de morceaux de glace

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de RPG = 1,5 x (H+2R) autour de l'éolienne)				
Éolienne	Gravité	Niveau de risque	Système d'arrêt en cas de détection ou déduction de glace et procédure de redémarrage	Acceptabilité
E1	Sérieux	Risque faible	Oui	Acceptable
E2	Sérieux	Risque faible	Oui	Acceptable

Ainsi, pour le Parc éolien des Marchellions, le phénomène de projection de glace constitue un **risque acceptable pour les personnes**. Bien que la température moyenne annuelle basse soit supérieure à 0°C, un système d'arrêt en cas de détection ou de déduction de glace, avec procédure de redémarrage est engagé pour toutes les éoliennes du Parc éolien des Marchellions.

H.3 SYNTHESE DE L'ETUDE DETAILLEE DES RISQUES

H.3-1. TABLEAUX DE SYNTHÈSE DES SCÉNARIOS ÉTUDIÉS

Les tableaux suivants récapitulent, pour chaque événement redouté central retenu, les paramètres de risques de chaque éolienne : la zone d'effet, la cinétique, l'intensité, la probabilité et la gravité.

Les éoliennes du Parc éolien des Marchellions ayant toutes le même profil de risque hormis l'estimation des enjeux humains dans chaque zone d'effet, un même et seul tableau est présenté ci-après.

Tableau 38 : Synthèse des scénarios étudiés

Scénario	Zone d'effet (rayon)	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité	Niveau de risque
Effondrement de l'éolienne	Périmètre de ruine (185 m)	Rapide	Exposition modérée	D Éoliennes équipées des technologies récentes	Sérieux	Risque très faible pour toutes les éoliennes
Chute de glace	Zone de survol (77,50 m)	Rapide	Exposition modérée	A	Modéré	Risque faible pour toutes les éoliennes
Chute d'éléments de l'éolienne	Zone de survol (77,50 m)	Rapide	Exposition modérée	C	Modéré	Risque très faible pour toutes les éoliennes
Projection de pale ou de fragment de pale	500 m autour de l'éolienne (500 m)	Rapide	Exposition modérée	D Éoliennes équipées des technologies récentes	Sérieux	Risque très faible pour toutes les éoliennes
Projection de glace	1,5 x (H + 2R) m autour de l'éolienne (393,75 m)	Rapide	Exposition modérée	B Système d'arrêt en cas de détection ou déduction de glace et procédure de redémarrage	Sérieux	Risque faible pour toutes les éoliennes

H.3-2. SYNTHESE 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. Selon la matrice de criticité ci-dessous, adaptée de la circulaire du 29 septembre 2005 reprise dans la circulaire du 10 mai 2010, l'étude peut conclure à l'acceptabilité du risque généré par un parc si le risque associé à chaque événement redouté central étudié, quelle que soit l'éolienne considérée, est acceptable.

Tableau 39 : Définition des niveaux de risques

Légende de la matrice	Niveau de risque	Couleur	Acceptabilité	
	Risque très faible	Vert	Acceptable	
	Risque faible	Jaune	Acceptable	
	Risque important	Orange	Non acceptable	
GRAVITÉ des Conséquences		Classe de Probabilité		
E		D	C	B
Désastreux				
Catastrophique				
Important				
Sérieux		Effondrement de l'éolienne Projection de pale ou de fragment de pale		Projection de glace
Modéré			Chute d'éléments de l'éolienne	Chute de glace

Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée que :

- aucun accident n'apparaît dans les cases rouges de la matrice ;
- seuls deux types d'accident figurent en case jaune : chute de glace et projection de glace pour toutes les éoliennes.

Il convient de souligner que les fonctions de sécurité détaillées dans la partie G.6 sont mises en place.

En outre, conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié 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 les chemins d'accès, sur chaque éolienne, sur le poste de livraison et, le cas échéant, sur le poste de raccordement. Cette mesure permettra de réduire les risques pour les personnes potentiellement présentes sur le site lors des épisodes de grand froid.

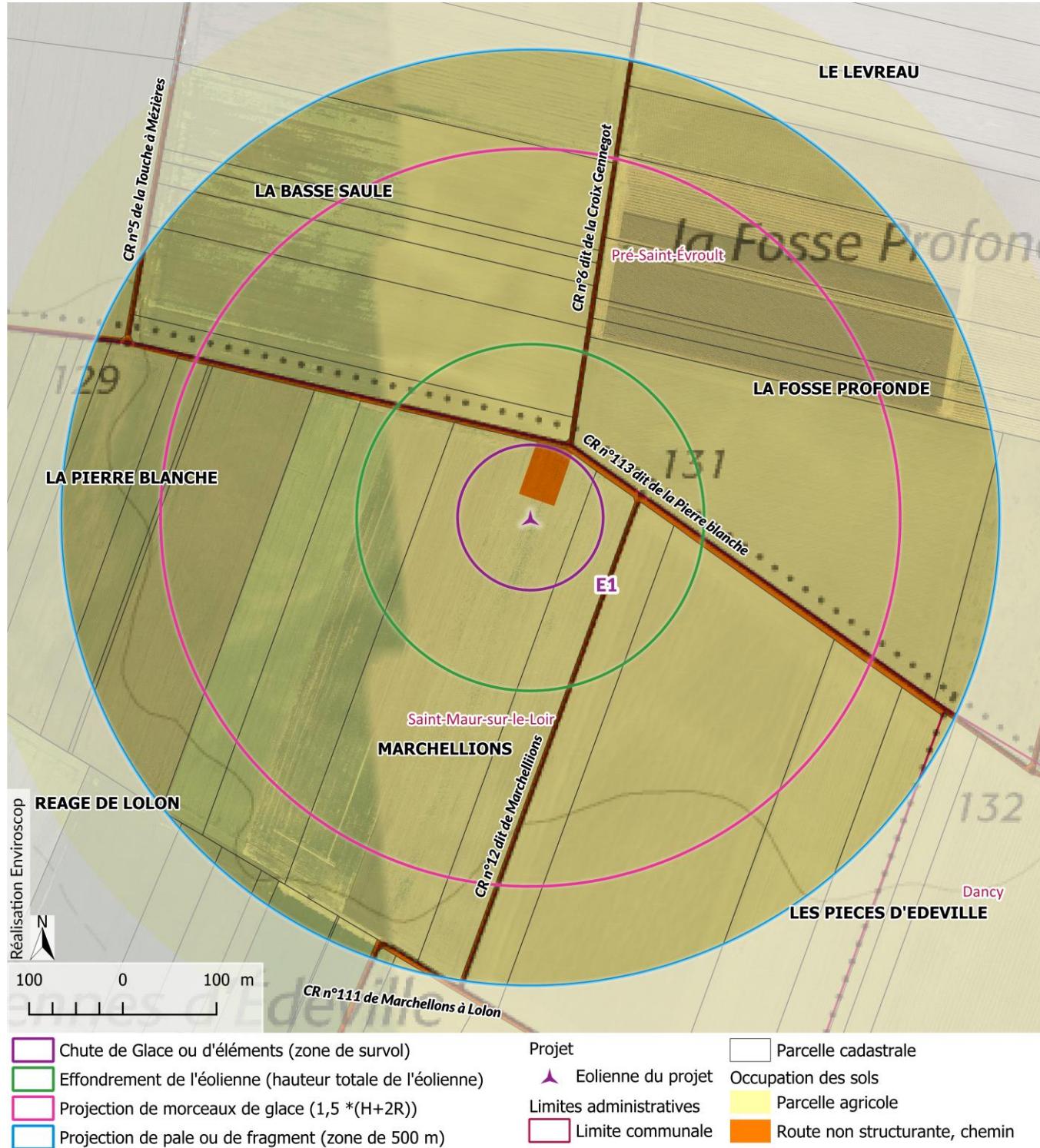
Bien que la température moyenne annuelle minimale soit supérieure à 0°C, un système d'arrêt en cas de détection ou déduction de glace avec procédure de redémarrage est mis en place pour toutes les éoliennes du Parc éolien des Marchellions.

H.3-3. CARTOGRAPHIE DES RISQUES

Les cartes de synthèse des risques sont présentées ci-après pour chaque aérogénérateur. Elle fait apparaître, pour les scénarios détaillés dans le tableau de synthèse :

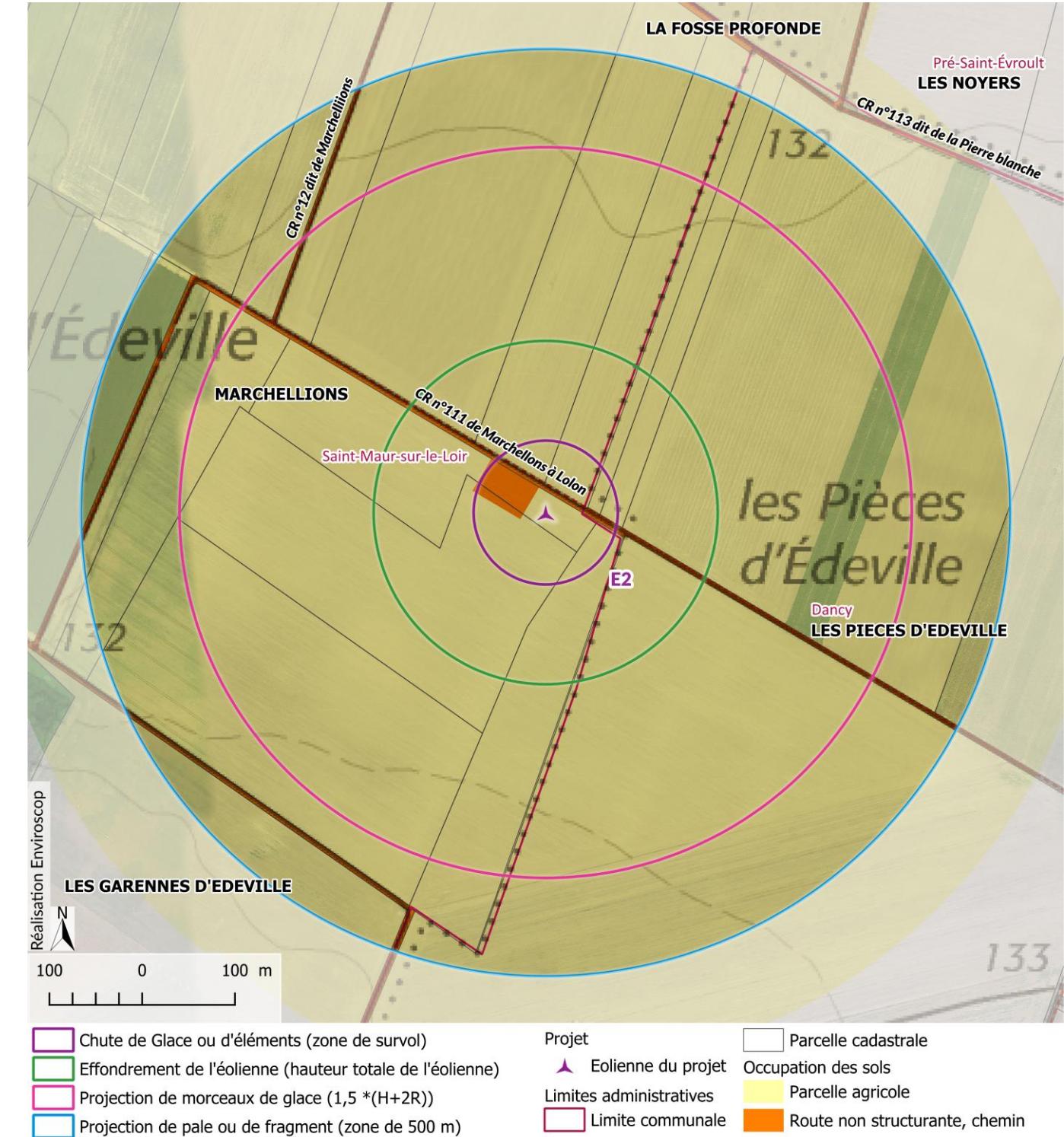
- les enjeux étudiés dans l'étude détaillée des risques,
- l'intensité des différents phénomènes dangereux dans les zones d'effet de chaque phénomène dangereux,
- le nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) exposées par zone d'effet.

Carte 10 : Synthèse des risques de l'éolienne E1



Événement	Effondrement	Chute de glace	Chute d'éléments	Projection de pale ou de fragment	Projection de glace
Zone d'effet	Ruine (185 m)	Survol (77,5 m)	Survol (77,5 m)	500 m	393,75 m
Cinétique	Rapide	Rapide	Rapide	Rapide	Rapide
Probabilité	type "D"	type "A"	type "C"	type "D"	type "B"
Intensité exposition	Modérée	Modérée	Modérée	Modérée	Modérée
Personnes exposées	1,075	0,189	0,189	7,854	4,871
Niveau de gravité	Sérieux	Modéré	Modérée	Sérieux	Sérieux
Niveau de risque	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Acceptable

Carte 11 : Synthèse des risques de l'éolienne E2



Événement	Effondrement	Chute de glace	Chute d'éléments	Projection de pale ou de fragment	Projection de glace
Zone d'effet	Ruine (185 m)	Survol (77,5 m)	Survol (77,5 m)	500 m	393,75 m
Cinétique	Rapide	Rapide	Rapide	Rapide	Rapide
Probabilité	type "D"	type "A"	type "C"	type "D"	type "B"
Intensité exposition	Modérée	Modérée	Modérée	Modérée	Modérée
Personnes exposées	1,075	0,189	0,189	7,854	4,871
Niveau de gravité	Sérieux	Modéré	Modérée	Sérieux	Sérieux
Niveau de risque	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Acceptable

I. CONCLUSION

L'étude de dangers permet de conclure à l'acceptabilité du risque généré par le Parc éolien des Marchellions. En effet, le risque associé à chaque événement redouté central étudié, quelle que soit l'éolienne considérée, est acceptable ; et ce malgré une approche probabiliste très conservatoire.

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

Cette démarche tient compte de :

- l'environnement humain, naturel et matériel, qui ici ne présente que des enjeux réduits à l'utilisation des abords de chaque éolienne et de chemins pour des usages agricoles et l'exploitation du parc éolien ;
- la nature de l'installation et de la réduction des potentiels de dangers à la source (évitement des secteurs à enjeux) ;
- la mise en place de mesures de sécurité pour répondre aux différents risques examinés (dispositions constructives et d'exploitation de maintenance et de risques notamment, en conformité avec la réglementation ICPE afférente et notamment l'arrêté du 26 août 2011 modifié).

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.

Il ressort de cette étude de dangers que les mesures organisationnelles et les moyens de sécurité mis en œuvre dans le cadre du projet de Parc éolien des Marchellions, permettent de maintenir le risque, pour ces 5 phénomènes étudiés, à un niveau acceptable et ce pour chacune des 2 éoliennes, donc pour l'ensemble du parc.

L'étude de dangers décrit aussi les moyens de prévention et les moyens de protection présents sur le site afin soit de réduire la vraisemblance d'occurrence, soit de réduire ou de maîtriser les conséquences d'éventuels accidents. En effet, il est important de noter qu'en cas d'accident (exemple : incendie) ne pouvant être maîtrisé, des moyens de secours et d'alerte spécifiques seraient déclenchés.

J. ANNEXES

J.1 CADRE METHODOLOGIQUE

La présente étude de dangers est basée sur le [guide technique pour l'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre de parc éolien, dans sa version de mai 2012](#).

En effet, ce guide technique a été réalisé par un groupe de travail constitué de l'INERIS et de professionnels du Syndicat des énergies renouvelables : porteurs de projets, exploitants de parcs éoliens et constructeurs d'éoliennes. L'INERIS a validé la méthodologie suivie dans le présent guide, au regard de la réglementation en vigueur et des pratiques actuelles en matière d'étude de dangers dans les autres installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE). Ce guide est le reflet de l'état de l'art en matière de maîtrise des risques technologiques pour les parcs éoliens, en l'état actuel des connaissances des experts ayant participé à son élaboration.

J.1-1. CONTEXTE DE L'ÉOLIEN

À la suite des accords du protocole de Kyoto et conformément à la directive européenne 2001/77/CE relative à la promotion de l'électricité produite à partir de sources d'énergies renouvelables, la France s'est engagée à augmenter la part des énergies renouvelables dans la production d'électricité au niveau national.

En particulier, la loi n°2005-781 du 13 juillet 2005 fixant les orientations de la politique énergétique (loi POPE) a donné un cap à suivre pour les décennies suivantes. Cette loi s'était construite autour de quatre grands objectifs à long terme :

- l'indépendance énergétique du pays ;
- l'assurance de prix compétitifs de l'énergie ;
- la garantie de la cohésion sociale et territoriale par l'accès de tous à l'énergie ;
- la préservation de la santé, notamment en luttant contre l'aggravation de l'effet de serre.

Les objectifs par filière ont été déclinés dans des arrêtés de programmation pluriannuelle des investissements de production d'électricité (arrêtés PPI). L'éolien représente une des technologies les plus prometteuses pour atteindre les objectifs fixés par la France. Ainsi, l'arrêté du 15 décembre 2009 a fixé des objectifs ambitieux pour l'éolien :

- 10 500 MW terrestres et 1 000 MW en mer en 2012,
- 19 000 MW terrestres et 6 000 MW en mer en 2020.

Dans le cadre du Grenelle de l'Environnement, les engagements de la France en matière de production d'énergies renouvelables ont été confirmés, précisés et élargis. La loi n°2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'Environnement (loi Grenelle I) prévoit que la France porte la part des énergies renouvelables à au moins 23 % de sa consommation d'énergie finale d'ici 2020. Dans sa proposition de PPE en 2018, l'objectif est d'installer 24 600 MW d'ici fin 2023, et 34 100 à 35 600 MW en 2028 de puissance éolienne terrestre.

La publication de ces objectifs, dans un contexte mondial favorable au développement des énergies renouvelables, a donc permis un développement technologique spectaculaire. Alors que, dans les années 1980, une éolienne permettait d'alimenter environ 10 personnes en électricité, une éolienne de nouvelle génération fournit en moyenne de l'électricité pour 4 000 (éolienne de 2 MW) à 6 000 personnes (éolienne de 3 MW) hors chauffage (source : SER-FEE, ADEME).

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

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

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

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

La loi n°2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement (loi Grenelle II) réaffirme tout d'abord la nécessité du développement de la filière éolienne pour atteindre les objectifs nationaux fixés dans les PPI. En particulier, l'article 90 fixe l'objectif d'installer au moins 500 aérogénérateurs par an en France.

Cette loi prévoit d'autre part de soumettre les éoliennes au régime d'autorisation au titre de la réglementation des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE). Conformément à cette nouvelle réglementation, les exploitants sont notamment amenés à formaliser leur savoir-faire en matière de maîtrise des risques dans une étude de danger.

J.1-2. APPLICATION DU RÉGIME DES INSTALLATIONS CLASSÉES AUX PARCS ÉOLIENS

En application de la loi n°2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement, dite loi Grenelle II, les éoliennes sont désormais soumises au régime des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE).

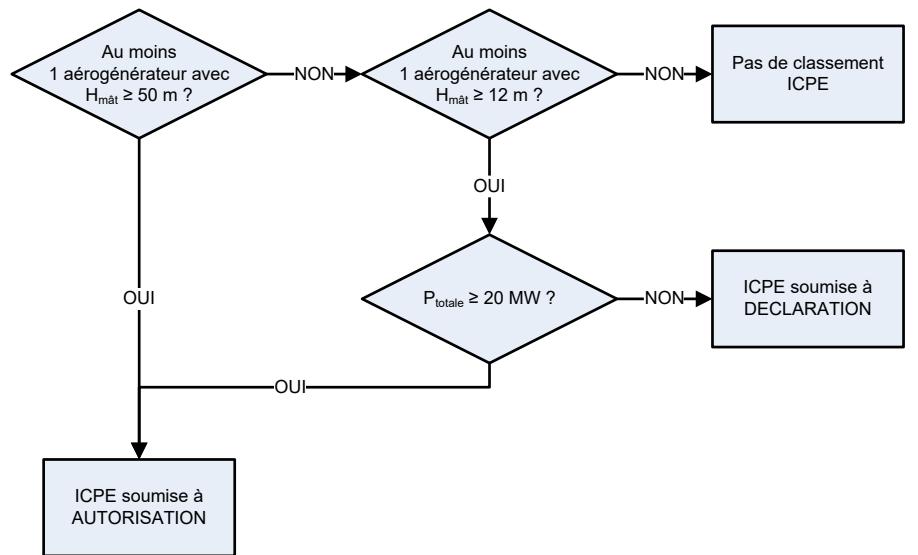
En effet, l'article 90 de ladite loi précise que « les installations terrestres de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent constituant des unités de production telles que définies au 3^e de l'article 10 de la loi n°2000-108 du 10 février 2000 relative à la modernisation et au développement du service public de l'électricité, et dont la hauteur des mâts dépasse 50 mètres sont soumises à autorisation au titre de l'article L. 511-2, au plus tard un an à compter de la date de publication de la loi n°2010-788 du 12 juillet 2010 précédée. »

Le décret n°2011-984 du 23 août 2011, modifiant l'article R. 511-9 du Code de l'environnement, crée la rubrique 2980 pour les installations de production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent et regroupant un ou plusieurs aérogénérateurs. Il prévoit deux régimes d'installations classées pour les parcs éoliens terrestres :

- Le régime d'[autorisation](#) pour les installations comprenant au moins une éolienne dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m et pour les installations comprenant uniquement des

éoliennes dont le mât a une hauteur comprise entre 12 et 50 m et dont la puissance totale est supérieure ou égale à 20 MW

- Le régime de **déclaration** pour les installations comprenant uniquement des éoliennes dont le mât a une hauteur comprise entre 12 et 50 m et dont la puissance totale est inférieure à 20 MW



La réglementation prévoit que, dans le cadre d'une demande d'autorisation d'exploiter, l'exploitant doit réaliser une étude de dangers.

Enfin, l'arrêté du 26 août 2011 modifié 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 prévoit un certain nombre de dispositions par rapport à l'implantation, la construction, l'exploitation et la prévention des risques. Ces prescriptions nationales sont applicables à tous les nouveaux parcs éoliens et, pour partie, aux installations existantes. Elles devront être prises en compte dans le cadre de l'étude de dangers.

J.1-3. RÉGLEMENTATION RELATIVE À L'ÉTUDE DE DANGERS

Selon l'article L. 512-1 du Code de l'environnement, 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. Les impacts de l'installation sur ces intérêts en fonctionnement normal sont traités dans l'étude d'impact sur l'environnement.

■ Article L. 512-1 du Code de l'environnement :

Sont soumises à autorisation préfectorale les installations qui présentent de graves dangers ou inconvenients pour les intérêts visés à l'article L. 511-1.

L'autorisation ne peut être accordée que si ces *dangers* ou inconvenients peuvent être prévenus par des mesures que spécifie l'arrêté préfectoral.

Le demandeur fournit une étude de dangers qui précise les risques auxquels l'installation peut exposer, directement ou indirectement, les intérêts visés à l'article L. 511-1 en cas d'accident, que la cause soit interne ou externe à l'installation.

Le contenu de l'étude de dangers doit être en relation avec l'importance des risques engendrés par l'installation. En tant que de besoin, cette étude donne lieu à une analyse de risques qui prend en compte la

probabilité d'occurrence, la cinétique et la gravité des accidents potentiels selon une méthodologie qu'elle explicite.

Elle définit et justifie les mesures propres à réduire la probabilité et les effets de ces accidents.

La délivrance de l'autorisation, pour ces installations, peut être subordonnée notamment à leur éloignement des habitations, immeubles habituellement occupés par des tiers, établissements recevant du public, cours d'eau, voies de communication, captages d'eau, ou des zones destinées à l'habitation par des documents d'urbanisme opposables aux tiers. Elle prend en compte les capacités techniques et financières dont dispose le demandeur, à même de lui permettre de conduire son projet dans le respect des intérêts visés à l'article L. 511-1 et d'être en mesure de satisfaire aux obligations de l'article L. 512-6-1 lors de la cessation d'activité.

Les intérêts visés à l'article L. 511-1 sont la commodité du voisinage, la santé, la sécurité, la salubrité publiques, l'agriculture, la protection de la nature, de l'environnement et des paysages, l'utilisation rationnelle de l'énergie, la conservation des sites et des monuments ainsi que des éléments du patrimoine archéologique. Cependant, il convient de noter que 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] 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 s'intéressera prioritairement aux dommages sur les personnes. Pour les parcs éoliens, les atteintes à l'environnement (notamment le paysage), 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 donc 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.

■ Article R. 512-9 du Code de l'environnement :

I. - L'étude de dangers mentionnée à l'article R. 512-6 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.

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 la vulnérabilité des intérêts mentionnés aux articles L. 211-1 et L. 511-1.

II. - Cette étude précise, notamment, la nature et l'organisation des moyens de secours dont le demandeur dispose ou dont il s'est assuré le concours en vue de combattre les effets d'un éventuel sinistre. Dans le cas

des installations figurant sur la liste prévue à l'article L. 515-8², le demandeur doit fournir les éléments indispensables pour l'élaboration par les autorités publiques d'un plan particulier d'intervention.

L'étude comporte, notamment, un résumé non technique explicitant la probabilité, la cinétique et les zones d'effets des accidents potentiels, ainsi qu'une cartographie des zones de risques significatifs.

Le ministre chargé des installations classées peut préciser les critères techniques et méthodologiques à prendre en compte pour l'établissement des études de dangers, par arrêté pris dans les formes prévues à l'article L. 512-5. Pour certaines catégories d'installations impliquant l'utilisation, la fabrication ou le stockage de substances dangereuses, le ministre chargé des installations classées peut préciser, par arrêté pris sur le fondement de l'article L. 512-5, le contenu de l'étude de dangers portant, notamment, sur les mesures d'organisation et de gestion propres à réduire la probabilité et les effets d'un accident majeur.

III. - Dans le cas des installations figurant sur la liste prévue à l'article L. 515-8, l'étude de dangers est réexaminée et, si nécessaire, mise à jour au moins tous les cinq ans, sans préjudice de l'application des dispositions de l'article R. 512-31. Cette étude, mise à jour, est transmise au préfet.

Enfin, d'autres textes législatifs et réglementaires, concernant les installations classées soumises à autorisation, s'appliquent aux études de dangers, notamment en ce qui concerne les objectifs et la méthodologie à mettre en œuvre :

- [Loi n°2003-699 du 30 juillet 2003 relative à la prévention des risques technologiques et naturels et à la réparation des dommages](#)
- [Décret n°2005-1170 du 13 septembre 2005](#) modifiant le décret n°77-1133 du 21 septembre 1977 pris pour application de la loi n°76-663 du 19 juillet 1976 relative aux installations classées pour la protection de l'environnement
- [Arrêté du 10 mai 2000](#) relatif à la prévention des accidents majeurs impliquant des substances ou des préparations dangereuses présentes dans certaines catégories d'installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation
- [Arrêté du 29 septembre 2005](#) modifiant l'arrêté du 10 mai 2000 relatif à la prévention des accidents majeurs impliquant des substances ou des préparations dangereuses présentes dans certaines catégories d'installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation
- [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.

J.1-4. DÉMARCHE GÉNÉRALE DE L'ÉTUDE DE DANGERS

L'étude de dangers est élaborée selon une démarche d'analyse des risques, conformément à la réglementation en vigueur et aux recommandations de l'inspection des installations classées. Elles sont énumérées ici dans l'ordre dans lequel elles sont présentées au sein de l'étude de dangers du parc éolien.

- **Identifier les enjeux pour permettre une bonne caractérisation des conséquences des accidents** (présence et vulnérabilité de maisons, infrastructures, etc.). Cette étape s'appuie sur une description et caractérisation de l'environnement.
- **Connaître les équipements étudiés pour permettre une bonne compréhension des dangers potentiels qu'ils génèrent.** Cette étape s'appuie sur une description des installations et de leur fonctionnement.
- **Identifier les potentiels de danger.** Cette étape s'appuie sur une identification des éléments techniques et la recherche de leurs dangers. Suit une étape de réduction / justification des potentiels.
- **Connaître les accidents qui se sont produits sur le même type d'installation pour en tirer des enseignements** (séquences des événements, possibilité de prévenir ces accidents, etc.). Cette étape s'appuie sur un retour d'expérience (des accidents et incidents représentatifs).
- **Analyser les risques inhérents aux installations étudiées en vue d'identifier les scénarios d'accidents possibles** (qui se sont produits et qui pourraient se produire). Cette étape utilise notamment les outils d'analyses de risques classiques (tableaux d'Analyse Préliminaire des Risques par exemple).
- **Caractériser et classer les différents phénomènes et accidents en termes de probabilités, cinétique, intensité et gravité.** C'est l'étape détaillée des risques, avec mise en œuvre des outils de quantification en probabilité et en intensité / gravité.
- **Réduire le risque si nécessaire.** Cette étape s'appuie sur des critères d'acceptabilité du risque : si le risque est jugé inacceptable, des évolutions et mesures d'amélioration sont proposées par l'exploitant.
- **Représenter le risque.** Cette étape s'appuie sur une représentation cartographique.
- **Résumer l'étude de dangers.** Cette étape s'appuie sur un résumé non technique de l'étude des dangers.

² Les installations soumises à la rubrique 2980 des installations classées (parcs éoliens) ne font pas partie de cette liste.

Le graphique ci-dessous synthétise ces différentes étapes et leurs objectifs :

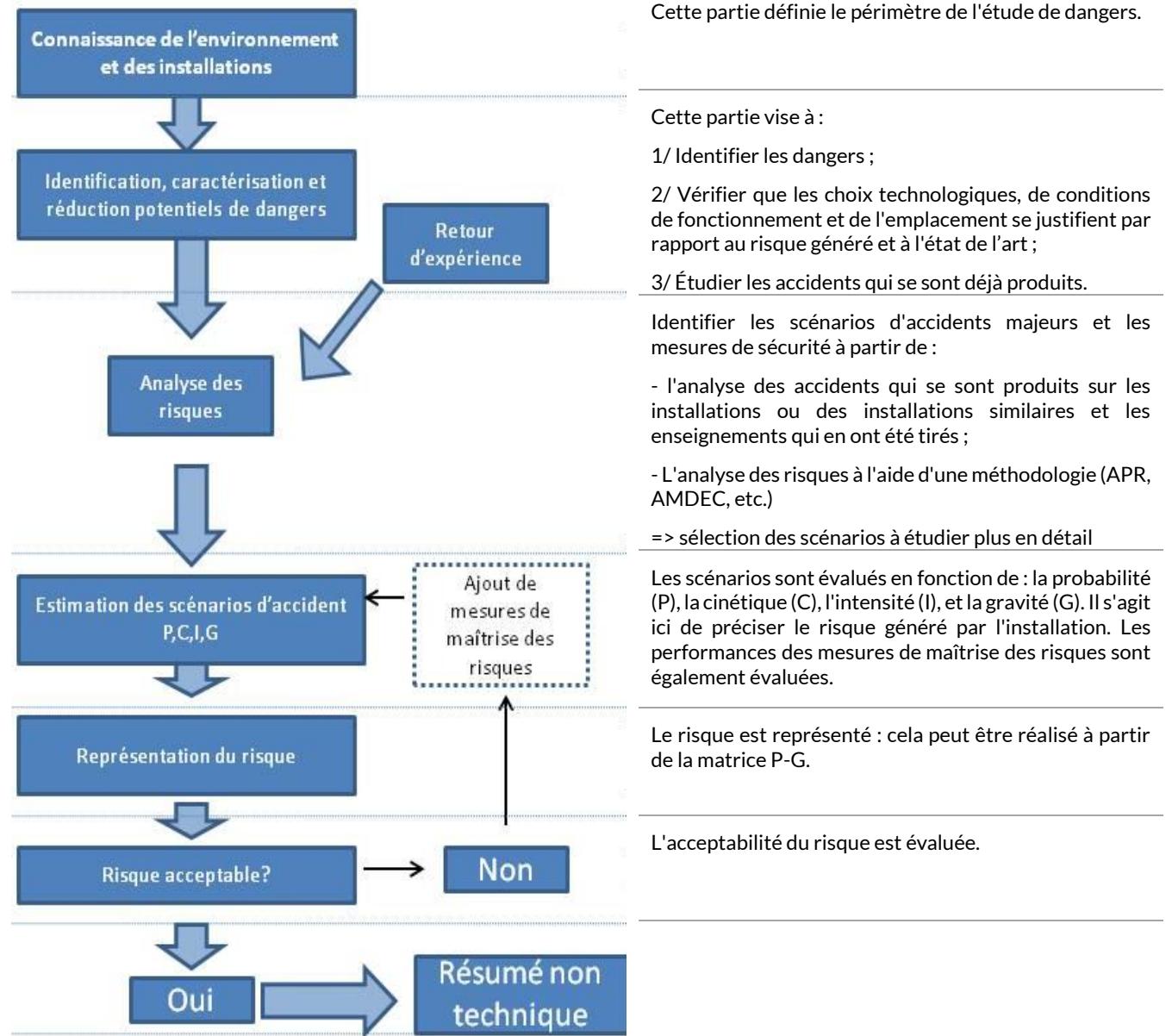


Figure 10 : Démarche d'analyse des risques

Source : Guide technique. Élaboration de l'EDD dans le cadre des parcs éoliens. Mai 2012

Si la démarche de réduction du risque est considérée comme acceptable, une représentation cartographique et un résumé non-technique sont réalisés.

Les définitions des termes utilisés dans le présent guide sont présentées dans le glossaire en annexe. Elles sont notamment issues des arrêtés et circulaires consacrés aux études de dangers et aux installations classées en général.

J.2 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 C.4), de comptabiliser les enjeux humains présents dans les ensembles homogènes (terrains non bâties, 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 H).

J.2-1. TERRAINS NON BÂTIS

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

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

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

J.2-2. 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 véhicules/jour) sont déjà comptées dans la catégorie des terrains aménagés mais peu fréquentés.

J.2-2a Voies de circulation automobiles

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

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

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

Figure 11 : Nombre de personnes exposées sur les voies de communication structurantes en fonction du linéaire et du trafic

Source : Guide technique. Élaboration de l'EDD dans le cadre des parcs éoliens. Mai 2012

J.2-2b 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.

J.2-2c Voies navigables

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

J.2-3. 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.

J.2-4. LOGEMENTS

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

J.2-5. ETABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC (ERP)

Compter les ERP (bâtiments d'enseignement, de service public, de soins, de loisir, religieux, grands centres commerciaux etc.) en fonction de leur capacité d'accueil (au sens des catégories du code de la construction et de l'habitation), le cas échéant sans compter leurs routes d'accès (cf. paragraphe sur les voies de circulation automobile). Les commerces et ERP de catégorie 5 dont la capacité n'est pas définie peuvent être traités de la façon suivante :

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

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

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

J.2-6. ZONES D'ACTIVITÉ

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

J.3 TABLEAU DE L'ACCIDENTOLOGIE FRANÇAISE

Le tableau ci-dessous a été établi par le groupe de travail constitué pour la réalisation du présent guide. Il recense l'ensemble des accidents et incidents connus en France concernant la filière éolienne entre 2000 et octobre 2021. L'analyse de ces données est présentée dans la partie VI. de l'étude de dangers.

Légende. N.c. : Non communiqué

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information
Effondrement	nov-00	Port la Nouvelle	Aude	0,5	1993	Non	Le mât d'une éolienne s'est plié lors d'une tempête suite à la perte d'une pale (coupe courant prolongée pendant 4 jours suite à la tempête)	Tempête avec foudre répétée	Rapport du CGM. Site Vent de Colère
Rupture de pale	2001	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pales en bois (avec inserts)	?	Site Vent de Colère
Effondrement	01/02/2002	Wormhout	Nord	0,4	1997	Non	Bris d'hélice et mât plié	Tempête	Rapport du CGM. Site Vent du Bocage
Rupture de pale	25/02/2002	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pale en bois (avec inserts) sur une éolienne bipale	Tempête	Article de presse (La Dépêche du 26/03/2003)
Maintenance	01/07/2002	Port la Nouvelle - Sigean	Aude	0,66	2000	Oui	Grave électrisation avec brûlures d'un technicien	Lors de mesures pour caractériser la partie haute d'un transformateur 690V/20kV en tension. Le mètre utilisé par la victime, déroulé sur 1,46m, s'est soudainement plié et est entré dans la zone du transformateur, créant un arc électrique.	Rapport du CGM
Effondrement	28/12/2002	Névian - Grande Garrigue	Aude	0,85	2002	Oui	Effondrement d'une éolienne suite au dysfonctionnement du système de freinage	Tempête + dysfonctionnement du système de freinage	Rapport du CGM. Site Vent de Colère Article de presse (Midi Libre)
Rupture de pale	05/11/2003	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pales en bois (avec inserts) sur trois éoliennes. Morceaux de pales disséminés sur 100 m.	Dysfonctionnement du système de freinage	Rapport du CGM. Article de presse (Midi Libre du 15/11/2003)
Rupture de pale	2004	Escales-Conilhac	Aude	0,75	2003	Non	Bris de trois pales		Site Vent de Colère
Effondrement	01/01/2004	Le Portel - Boulogne sur Mer	Pas de Calais	0,75	2002	Non	Cassure d'une pale, chute du mât et destruction totale. Une pale tombe sur la plage et les deux autres dérivent sur 8 km.	Tempête	Base de données ARIA. Rapport du CGM . Site Vent de Colère. Articles de presse (Windpower Monthly May 2004, La Voix du Nord du 02/01/2004)
Effondrement	20/03/2004	Loon Plage - Port de Dunkerque	Nord	0,3	1996	Non	Couchage du mât d'une des 9 éoliennes suite à l'arrachement de la fondation	Rupture de 3 des 4 micropieux de la fondation, erreur de calcul (facteur de 10)	Base de données ARIA. Rapport du CGM. Site Vent de Colère Articles de presse (La Voix du Nord du 20/03/2004 et du 21/03/2004)
Rupture de pale	22/06/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégramme	Finistère	0,3	2001	Non	Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5 m à 50 m, mât intact	Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage)	Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004)
Rupture de pale	08/07/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégramme	Finistère	0,3	2001	Non	Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5m à 50m, mat intact	Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage)	Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004)
Rupture de pale + incendie	22/12/2004	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75	2004	Non	Bris des trois pales et début d'incendie sur une éolienne (survitesse de plus de 60 tr/min)	Survitesse due à une maintenance en cours, problème de régulation, et dysfonctionnement du système de freinage	Base de données ARIA. Article de presse (La Tribune du 30/12/2004). Site Vent de Colère
Rupture de pale	2005	Wormhout	Nord	0,4	1997	Non	Bris de pale		Site Vent de Colère

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information
Rupture de pale	08/10/2006	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2004	Non	Chute d'une pale de 20 m pesant 3 tonnes	Allongement des pales et retrait de sécurité (débridage), pas de REX suite aux précédents accidents sur le même parc	Site FED. Articles de presse (Ouest France). Journal FR3
Incendie	18/11/2006	Roquetaillade	Aude	0,66	2001	Oui	Acte de malveillance: explosion de bonbonne de gaz au pied de 2 éoliennes. L'une d'entre elles a mis le feu en pieds de mat qui s'est propagé jusqu'à la nacelle.	Malveillance / incendie criminel	Communiqués de presse exploitant Articles de presse (La Dépêche, Midi Libre)
Effondrement	03/12/2006	Bondues	Nord	0,08	1993	Non	Sectionnement du mât puis effondrement d'une éolienne dans une zone industrielle	Tempête (vents mesurés à 137Kmh)	Article de presse (La Voix du Nord)
Rupture de pale	31/12/2006	Ally	Haute-Loire	1,5	2005	Oui	Chute de pale lors d'un chantier de maintenance visant à remplacer les rotors	Accident faisant suite à une opération de maintenance	Site Vent de Colère
Rupture de pale	mars-07	Clitourps	Manche	0,66	2005	Oui	Rupture d'un morceau de pale de 4 m et éjection à environ 80 m de distance dans un champ	Cause non éclaircie	Site FED Interne exploitant
Chute d'élément	11/10/2007	Plouvien	Finistère	1,3	2007	Non	Chute d'un élément de la nacelle (trappe de visite de 50 cm de diamètre)	Défaut au niveau des charnières de la trappe de visite. Correctif appliqué et retrofit des boulons de charnières effectué sur toutes les machines en exploitation.	Article de presse (Le Télégramme)
Emballage	mars-08	Dinéault	Finistère	0,3	2002	Non	Emballage de l'éolienne mais pas de bris de pale	Tempête + système de freinage hors service (boulon manquant)	Base de données ARIA
Collision avion	avr-08	Plouguin	Finistère	2	2004	Non	Léger choc entre l'aile d'un bimoteur Beechcraftch (liaison Ouessant-Brest) et une pale d'éolienne à l'arrêt. Perte d'une pièce de protection au bout d'aile. Mise à l'arrêt de la machine pour inspection.	Mauvaise météo, conditions de vol difficiles (sous le plafond des 1000m imposé par le survol de la zone) et faute de pilotage (altitude trop basse)	Articles de presse (Le Télégramme, Le Post)
Rupture de pale	19/07/2008	Erize-la-Brûlée - Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Oui	Chute de pale et projection de morceaux de pale suite à un coup de foudre	Foudre + défaut de pale	Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain 22/07/2008)
Incendie	28/08/2008	Vauvillers	Somme	2	2006	Oui	Incendie de la nacelle	Problème au niveau d'éléments électroniques	Dépêche AFP 28/08/2008
Rupture de pale	26/12/2008	Raival - Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Oui	Chute de pale		Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain)
Maintenance	26/01/2009	Clastres	Aisne	2,75	2004	Oui	Accident électrique ayant entraîné la brûlure de deux agents de maintenance	Accident électrique (explosion d'un convertisseur)	Base de données ARIA
Rupture de pale	08/06/2009	Bollène	Vaucluse	2,3	2009	Oui	Bout de pale d'une éolienne ouvert	Coup de foudre sur la pale	Interne exploitant
Incendie	21/10/2009	Froidfond - Espinassière	Vendée	2	2006	Oui	Incendie de la nacelle	Court-circuit dans transformateur sec embarqué en nacelle ?	Article de presse (Ouest-France)
Incendie	30/10/2009	Freyssenet	Ardèche	2	2005	Oui	Incendie de la nacelle	Court-circuit faisant suite à une opération de maintenance (problème sur une armoire électrique)	Base de données ARIA
Maintenance	20/04/2010	Toufflers	Nord	0,15	1993	Non	Décès d'un technicien au cours d'une opération de maintenance	Crise cardiaque	Site FED Article de presse (Le Dauphiné)
Effondrement	30/05/2010	Port la Nouvelle	Aude	0,2	1991	Non	Effondrement d'une éolienne	Le rotor avait été endommagé par l'effet d'une survitesse. La dernière pale (entièr(e)) a pris le vent créant un balourd. Le sommet de la tour a plié et est venu buter contre la base entrainant la chute de l'ensemble.	Article de presse (La Voix du Nord 20/04/2010) Interne exploitant
Incendie	19/09/2010	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75	2004	Non	Emballage de deux éoliennes et incendie des nacelles.	Maintenance en cours, problème de régulation, freinage impossible, évacuation du personnel, survitesse de +/- 60 tr/min	Articles de presse Communiqué de presse SER-FEE
Maintenance	15/12/2010	Pouillé-les-Côteaux	Loire Atlantique	2,3	2010	Oui	Chute de 3 m d'un technicien de maintenance à l'intérieur de l'éolienne. L'homme de 22 ans a été secouru par le GRIMP de Nantes. Aucune fracture ni blessure grave.		Interne SER-FEE

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information
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)
Rupture de pale	14/12/2011	Non communiqué	N.c.	2,5	2003	Oui	Pale endommagée par la foudre. Fragments retrouvés par l'exploitant agricole à une distance n'excédant pas 300 m.	Foudre	Interne exploitant
Incendie	03/01/2012	Non communiqué	N.c.	2,3	2006	Oui	Départ de feu en pied de tour. Acte de vandalisme : la porte de l'éolienne a été découpée pour y introduire des pneus et de l'huile que l'on a essayé d'incendier. Le feu ne s'est pas propagé, dégâts très limités et restreints au pied de la tour.	Malveillance / incendie criminel	Interne exploitant
Rupture de pale	05/01/2012	Widehem	N.c.	0,75	2000	Non	Bris de pales, dont des fragments ont été projetés jusqu'à 380 m. Aucun blessé et aucun dégât matériel (en dehors de l'éolienne).	Tempête + panne d'électricité	Article de presse (La Voix du Nord 06/01/2012) Vidéo Dailymotion Interne exploitant
Maintenance	06/02/2012	Lehaucourt	Aines	N.c.	N.c.	N.c.	au cours d'une opération de maintenance dans la nacelle d'une éolienne de 100 m de hauteur, un arc électrique (690 V) blesse deux sous-traitants, l'un gravement (brûlures aux mains et au visage) et l'autre légèrement (brûlures aux mains). Les victimes portaient leurs EPI lors des faits. Un accident similaire s'était produit en 2009 (ARIA 35814).	Non communiqué	Base de données ARIA
Rupture de pale	11/04/2012	SIGEAN	Aude	N.c.	N.c.	N.c.	Une éolienne se met en arrêt automatique suite à l'apparition d'un défaut à 10 h. Des agents de maintenance la réarment à 12h14. Un défaut de vibration apparaît 11 minutes plus tard. Sur place, les techniciens constatent la présence d'un impact sur le mât et la projection à 20 m d'un débris de pale long de 15 m.	foudre	Base de données ARIA
Chute de pale	18/05/2012	Chemin d'Ablis	Eure-et-Loir	52	2008	Oui	Chute d'une pale au pied d'une éolienne en plein champ	Corrosion	Base de données ARIA
Effondrement	30/05/2012	PORT-LA-NOUVELLE	Aude	0,2	1991	Non	Les rafales de vent à 130 km/h observées durant la nuit ont provoqué l'effondrement de la tour en treillis de 30 m de haut. Construit en 1991, l'aérogénérateur de 200 kW faisait partie des premières installations de ce type en France. Il était à l'arrêt pour réparations au moment des faits. Le site, ouvert au public, est sécurisé.	Tempête	Base de données ARIA
Projection d'élément	01/11/2012	VIEILLESPESSSE	Cantal	2,5	2011	N.c.	Un élément de 400 g constitutif d'une pale d'éolienne est projeté à 70 m du mât, à l'intérieur de la parcelle clôturée du parc de 4 aérogénérateurs de 2,5 MW mis en service en 2011.	Non communiqué	Base de données ARIA
Incendie	05/11/2012	SIGEAN	Aude	0,66	N.c.	N.c.	Le feu s'est déclaré dans l'armoire électrique en pied d'éolienne. Un dysfonctionnement de disjoncteur situé sur l'éolienne a entraîné la propagation de courants de court-circuit faisant fondre les câbles et entraînant un départ d'incendie dans la nacelle. Un dysfonctionnement du frein de l'éolienne à la suite de la perte des dispositifs de pilotage résultant de l'incendie en pied pourrait avoir agi comme circonstance aggravante.	Défaillance électrique	Base de données ARIA
Chute de pale	06/03/2013	CONILHAC-DE-LA-MONTAGNE	Aude	N.c.	N.c.	N.c.	À la suite d'un défaut de vibration détecté à 19h05, une éolienne se met automatiquement à l'arrêt. Sur place le lendemain à 9 h, des techniciens du constructeur trouvent au sol l'une des 3 pales qui s'est décrochée avant de percuter le mât. L'éolienne est mise en sécurité (2 pales restantes mises en drapeau, blocage du rotor, inspection du moyeu). Un périmètre de sécurité de 30 m est établi au pied de l'éolienne et la municipalité interdit l'accès à la zone. L'accident est déclaré à l'inspection des installations classées 48 h plus tard. L'une des pales de cette éolienne avait déjà connu un problème de fixation en novembre 2011. Les fixations de cette pale au moyeu avaient été remplacées et le serrage des vis des 2 autres avait été contrôlé en avril 2012. La veille du défaut de vibration, la machine s'était arrêtée après la détection d'un échauffement du frein et d'une vitesse de rotation excessive de la génératrice. Un technicien l'avait remise en service le matin même de l'accident sans avoir constaté de défaut.	Non communiqué	Base de données ARIA
Incendie	17/03/2013	EUVY	Marne	N.c.	2011	N.c.	Des usagers de la N4 signalent vers 15h30 un feu dans la nacelle d'une éolienne. L'exploitant arrête 7 des 17 aérogénérateurs du parc. Un périmètre de sécurité de 150 m est mis en place. Le sinistre émet une importante fumée. Une des pales tombe au sol, une autre menace de tomber. Des pompiers spécialisés dans l'intervention en milieux périlleux éteignent le feu en 1 h. 450 l d'huile de boîte de vitesse s'écoulent,	Défaillance électrique	Base de données ARIA

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information
							conduisant l'exploitant à faire réaliser une étude de pollution des sols. Le parc, mis en service en 2011, avait déjà connu un incendie quelques mois plus tôt selon la presse.		
Déchirure de pale	20/06/2013	LABASTIDE-SUR-BESORGUES	Ardèche	N.c.	N.c.	N.c.	Un impact de foudre endommage vers 15h30 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.	Foudre	Base de données ARIA
Maintenance	01/07/2013	CAMBON-ET-SALVERGUES	Hérault	N.c.	N.c.	N.c.	Un opérateur est blessé par la projection d'une partie amovible de l'équipement sur lequel il intervient. L'intervention porte sur l'appoint en azote d'un accumulateur sous pression. Suite à cet accident l'exploitant modifie ses procédures de maintenance et renforce la formation des techniciens sur les aspects risques. Pour l'heure, il suspend les opérations de remplissage des accumulateurs dans les hubs d'éolienne et fait réaliser cette opération en atelier. Une modification des accumulateurs est également envisagée pour utiliser des modèles avec vanne intégrée.	Défaillances organisationnelles	Base de données ARIA
Perte d'huile	03/08/2013	MOREAC	Morbihan	N.c.	N.c.	N.c.	Une nacelle élévatrice utilisée pour une intervention de maintenance sur une éolienne perd 270 l d'huile hydraulique. Le produit pollue le sol sur 80 m ² . 25 t de terres polluées sont excavées et envoyées en filière spécialisée.	Incident de maintenance	Base de données ARIA
Incendie	09/01/2014	ANTHENY	Ardennes	N.c.	N.c.	N.c.	Incendie de la nacelle (rotor intact)	Incident électrique	Base de données ARIA
Chute de pale	20/01/2014	Sigean	Aude	N.c.	N.c.	N.c.	Arrêt automatique à la suite d'un défaut « vibration ». Chute d'une pale de 20 m au pied du mât	Non communiqué	Base de données ARIA
Chute de pale	14/11/2014	SAINT-CIRGUES-EN-MONTAGNE	Ardèche	N.c.	N.c.	N.c.	La pale d'une éolienne chute lors d'un orage. Des rafales de vent atteignent les 130 km/h. L'élément principal chute au pied de l'éolienne, mais certains débris sont projetés à 150 m.	Tempête	Base de données ARIA
Chute de pale	05/12/2014	FITOU	Aude	N.c.	N.c.	N.c.	L'extrémité d'une pale d'une éolienne est au sol. Il s'agit d'une des 2 parties de l'aérofrein de la pale. Cette partie, en fibre de verre, mesure 3 m de long. Elle est retrouvée à 80 m du mât. La seconde partie de l'aérofrein constitue sa partie mécanique interne. Ces éléments-là sont encore en place sur la pale.	Non communiqué En première approche, l'exploitant attribue l'incident à une défaillance matérielle ou à un décollage sur les plaques en fibre de verre.	Base de données ARIA
Incendie	29/01/2015	REMIGNY	Aines	N.c.	N.c.	Oui	À 6h25 un feu se déclare dans une éolienne. Celle-ci est automatiquement mise à l'arrêt sur alarme du détecteur de fumée. Sur place à 7h30, des employés constatent la présence de flammes et de fumée. Les 1 500 l d'eau utilisés pour le nettoyage sont pompés. L'éolienne n'était pas encore en exploitation, mais en phase de test.	Incident électrique. Un défaut d'isolation au niveau des connexions des conducteurs de puissance serait à l'origine du sinistre. Le câble mis en cause assure la jonction entre la base et le haut de la tour. Ce défaut aurait provoqué un arc électrique entre 2 phases ce qui aurait initié l'incendie.	Base de données ARIA
Incendie	06/02/2015	LUSSERAY	Deux-Sèvres	N.c.	N.c.	N.c.	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.	Incident électrique	Base de données ARIA
Incendie	24/08/2015	SANTILLY	Eure-et-Loir	N.c.	N.c.	N.c.	Un feu se déclare vers 13h30 sur le moteur d'une éolienne situé à 90 m de hauteur.	Non communiqué	Base de données ARIA
Chute des pales et du rotor	10/11/2015	MENIL-LA-HORGNE	Meuse	N.c.	N.c.	N.c.	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. De l'huile s'en écoule mais reste confinée dans la rétention. Le centre de supervision à distance du parc constate la perte de communication avec l'éolienne. Il la découple du réseau. Le lendemain, les agents de maintenance constatent sur place la rupture du rotor. Ils sécurisent la zone. Les 6 autres éoliennes du parc sont mises à l'arrêt. Les débris, disséminés sur 4000 m ² , sont ramassés.	Selon l'exploitant, les premières constatations indiquerait une défaillance de l'arbre lent, qui assure la jonction entre le rotor et la multiplicatrice. Elle trouverait son origine dans un défaut de fabrication de la pièce. Une non-conformité dans le processus de moulage de cette pièce de fonderie en acier est suspectée. Un défaut métallurgique, de type inclusion de laitier, aurait fragilisé la pièce et conduit à sa rupture par fatigue. Les contrôles réalisés sur les autres éoliennes du parc ont mis en évidence que ce type de défaut était présent sur un des autres arbres lents, au même niveau que celui accidenté.	Base de données ARIA
Rupture de l'aérofrein d'une pale	07/02/2016	CONILHAC-CORBIERES	Aude	N.c.	N.c.	N.c.	Vers 11h30, l'aérofrein d'une des 3 pales d'une éolienne se rompt et chute au sol. L'exploitant procède à l'arrêt de l'ensemble du parc éolien à distance. Les secours sécurisent les lieux.	Les premières investigations indiquerait qu'un point d'attache du système mécanique de commande de l'aérofrein (système à câble) se serait rompu, ce qui aurait actionné l'ouverture de l'aérofrein. Du fait des fortes charges présentes sur le rotor, l'axe en carbone qui maintient l'aérofrein à la pale et/ou le point d'ancrage de cet axe, se serait	Base de données ARIA

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information
							alors rompu. Une campagne de contrôle des pales, aérofreins et de la chaîne de sécurité de chaque éolienne est réalisée.		
Chute des pales	08/02/2016	DINEAULT	Finistère	0,3	1999	non	Lors d'une tempête, des vents à 160 km/h endommagent une éolienne : une pale chute au sol, une autre se déchire. La pale rompue est retrouvée à 40 m du pied du mât. Dans les 2 cas, les manchons des pales sont restés arrimés au moyeu. L'exploitant met en sécurité les 4 éoliennes du parc. Les secours établissent un périmètre de sécurité de 350 m.	Tempête	Base de données ARIA
Chute des pales	07/03/2016	CALANHEL	Côtes d'Armor	0,8	N.c.	N.c.	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. Le mât est endommagé dans sa partie haute, causé par un choc avec la pale, sans présenter de risque de chute. Les gros débris composés de matériaux composites et d'éléments mécaniques métalliques, ont été projetés sur 50 m,	À l'origine, une rupture du système d'orientation. 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. L'éolienne avait fait l'objet d'une maintenance complète en septembre 2015. Son roulement ne présentait pas d'usure anormale. Cependant, une série d'alarmes était survenue le matin de l'événement. Une panne sur un groupe hydraulique avait nécessité l'intervention des équipes de maintenance. Après réparation, l'éolienne avait été redémarrée vers 14 h.	Base de données ARIA
Incendie	10/08/2016	HESCAMPS	Somme	1	2008	N.c.	Vers 15 h, un feu se déclare dans la partie haute d'une éolienne, au niveau du rotor (70m).	Une défaillance électrique serait à l'origine du départ de feu.	Base de données ARIA
Incendie	18/08/2016	DARGIES	Oise	2	2014	N.c.	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'aérogénérateur, 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
Rupture des pales d'une éolienne	12/01/2017	TUCHAN	Aude	0,6	2002	N.c.	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 mât de 40 m de l'éolienne. Des impacts sur le mât sont visibles. L'éolienne, de 600 kW mise en service en 2002, était à l'arrêt pour maintenance suite à la casse totale de son arbre lent quelques jours auparavant. Cette rupture a eu pour conséquence le désaccouplement du rotor avec le multiplicateur, donc de rendre inopérant le frein mécanique. Bien que mise en position de sécurité (parallèle au vent et aérofrein des pales activé), les vents à 25 m/s ont provoqué la rupture des pales à cause d'une vitesse de rotation excessive.	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 induit 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 d'une pale d'une éolienne	18/01/2017	NURLU	Somme	N.c.	N.c.	N.c.	Une pale d'éolienne est tombée au sol et s'est brisée en plusieurs morceaux. Les 2/3 de la pale sont brisés, mais son armature est toujours en place. L'essentiel des débris se situe à moins de 90 m du mât. Les débris les plus lourds sont à moins de 27 m.	Selon la presse, la tempête survenue quelques jours auparavant pourrait être à l'origine de la chute.	Base de données ARIA
Rupture d'une pale	27/02/2017	LAVALLEE	Meuse	2	2011	N.c.	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. Un orage violent s'est abattu sur la zone de 18 h à 18h30. À 18h07, l'alarme "vent fort" de l'éolienne voisine s'est déclenchée. L'alarme "capteur de vibration" de l'éolienne endommagée s'est déclenchée à la même heure. À 18h10, le réseau électrique a été coupé, provoquant la perte de liaison avec le parc éolien.	Déclenchement d'un violent orage qui, malgré la mise à l'arrêt de la machine, a entraîné la rupture de l'extrémité d'une pale.	Base de données ARIA
Rupture d'une pale et chute de morceaux de pale	27/02/2017	TRAYES	Deux-Sèvres	N.c.	N.c.	N.c.	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 5 éoliennes en position de sécurité et initie des expertises. Il collecte les débris et sécurise le site.	L'exploitant envisage les facteurs suivants, seuls ou combinés, comme cause du bris de pale : défaut au niveau du bord d'attaque de la pale ; impact de la foudre ; fortes rafales de vent. À l'issue des contrôles sur les 4 autres éoliennes du parc, 2 d'entre elles sont remises en service. Des défauts sont découverts sur les 2 autres : les plans de collages entre la poutre structurelle interne (le spar) et les demi-coques aérodynamiques (blade	Base de données ARIA

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information
							shells) présentent par endroits d'importantes zones de décohésion ; des fissurations, portant atteinte aux structures des coques aérodynamiques et des plans de collages des bords d'attaque et bords de fuite des pales, sont présentes ; des collecteurs de foudre (diverter strip) sont manquants ou endommagés à la pointe de certaines pales. L'exploitant s'engage à réaliser les réparations nécessaires avant la remise en service de ces 2 éoliennes.		
Incendie	06/06/2017	ALLONNES	Eure-et-Loir	N.c	2014	N.c	Vers 18 h, un feu se déclare dans la nacelle d'une éolienne. 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. Des coulures d'hydrocarbures sont constatées sur le mât. Les dégâts sont de nature à compromettre la stabilité mécanique du mât, de la nacelle, des pales et du rotor de l'éolienne.	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 d'une pale d'éolienne due à la foudre	08/06/2017	AUSSAC-VADALLE	Charente	N.c	2010	N.c	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 fuit, puis une déchirure du fragment. Le dispositif de protection contre la foudre ne montre pas de défaut.	Base de données ARIA
Chute d'une pale d'éolienne	24/06/2017	CONCHY-SUR-CANCHE	Pas-de-Calais	N.c	N.c	N.c	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. Le vent était faible au moment de l'événement.	Non communiqué	Base de données ARIA
Chute d'un aéofrein d'une éolienne	17/07/2017	FECAMP	Seine-Maritime	N.c	N.c	N.c	Vers 23h30, un aéofrein 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'exploitant conclut que le desserrage d'une vis anti-rotation a provoqué la chute de l'aéofrein. 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 aéofreins ou leur modification, notamment pour fiabiliser l'action de la vis anti-rotation.	Base de données ARIA
Bris d'une pale d'éolienne	05/08/2017	PRIEZ	Aisne	N.c	N.c	N.c	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.	Non communiqué	Base de données ARIA
Chute du carénage d'une éolienne	08/11/2017	ROMAN	Eure	N.c	N.c	N.c	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
Chute d'une éolienne lors d'une tempête	01/01/2018	BOUIN	Vendée	2,5	2003	N.c.	En début de matinée lors d'une tempête, le mât d'une éolienne de 60 m de haut se brise en 2. Les 55 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. L'exploitant arrête les 7 autres éoliennes du parc et met en place un gardiennage.	L'exploitant réalise une expertise de l'éolienne mise en service en 2003, conjointement avec son fabricant. 3 jours avant l'accident, alors que le vent souffle à plus de 40 m/s, le contrôle de l'orientation des 3 pales de l'éolienne est perdu. Le système de contrôle des pales stoppe	Base de données ARIA

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information
							automatiquement la turbine. Les conditions météorologiques ne permettant pas d'intervention directe sur l'aérogénérateur, la situation est diagnostiquée à distance. À la suite d'une erreur d'interprétation des données, un opérateur place l'éolienne dans une position qui entraîne une augmentation rapide de la vitesse du rotor, dépassant la limite de sécurité. Les dispositifs de protection contre la survitesse s'activent, mais la machine ne s'arrête pas à cause d'une usure anormale des blocs de frein du système d'orientation des pales. Les charges mécaniques exercées sur le mât excèdent alors largement les limites de conception de l'éolienne, qui s'effondre. Les investigations de l'exploitant lui permettent de découvrir que le protocole des inspections de maintenance ne couvrait pas la liaison mécanique entre le moteur et les freins. L'usure de cet équipement n'a pas été détectée lors des contrôles annuels.		
							Les autres éoliennes du site redémarrent après des vérifications spécifiques et le remplacement de leurs blocs de frein du système d'orientation des pales.		
Chute d'une pale d'éolienne	04/01/2018	NIXEVILLE-BLERCOURT	Meuse	2	N.c.	N.c.	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. Un gardiennage est mis en place 24 h/24.	Épisode venteux	Base de données ARIA
Chute de l'aérofrein d'une pale d'éolienne	06/02/2018	CONILHAC-CORBIERES	Aude	N.c.	N.c.	N.c.	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
							Un accident similaire est survenu sur ce parc 2 ans auparavant.		
Incendie	01/06/2018	MARSANNE	Drôme	N.c.	N.c.	N.c.	Vers 2h30, un feu se déclare au pied d'une éolienne dans un parc composé de 7 aérogénérateurs. L'incendie se propage jusqu'à sa nacelle. Les pompiers placent des lances en prévention de l'extension du sinistre à la végétation car des morceaux incandescents chutent au sol. Ils maîtrisent l'incendie. La nacelle est entièrement brûlée ainsi que la base des pales mais celles-ci restent en place. Une deuxième éolienne fait également l'objet d'un départ de feu, mais celui-ci est resté confiné à sa base.	La gendarmerie conclut que l'origine de l'événement est criminelle : les portes d'accès aux éoliennes impliquées ont été fracturées et du combustible est découvert. L'exploitant estime les dégâts à 2 M€.	Base de données ARIA
Incendie	05/06/2018	AUMELAS	Hérault	N.c.	N.c.	N.c.	Un feu se déclare vers 18h45 dans la nacelle d'une éolienne de 70 m de haut. 10 minutes plus tard, l'exploitant découpe à distance le parc éolien du réseau électrique. Des éléments de l'éolienne en feu chutent au sol. Les flammes se propagent en partie basse de l'aérogénérateur. Les pompiers laissent l'incendie se terminer sous surveillance mais placent des lances en prévention d'une propagation du sinistre à la végétation. La nacelle de l'aérogénérateur est presque totalement détruite. 50m ² de végétation ont brûlé.	Selon la presse, un dysfonctionnement électrique serait à l'origine de l'incendie.	Base de données ARIA
Chute des extrémités de deux pales d'une éolienne	04/07/2018	PORT-LA-NOUVELLE	Aude	N.c.	N.c.	N.c.	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. Un gardiennage permanent est mis en œuvre le temps de l'évacuation de tous les débris (jusqu'au 08/07 20 h).	Non communiqué	Base de données ARIA
Incendie	28/09/2018	SAUVETERR E	Tarn	N.c.	N.c.	N.c.	Un incendie s'est déclaré au parc éolien situé près du col de Salettes à la limite des départements du Tarn, de l'Aude et de l'Hérault. Dans cette zone difficile d'accès et fortement boisée, les sapeurs-pompiers ont rapidement engagé de nombreux moyens ainsi qu'une cinquantaine de soldats du feu venus des centres de secours de Labastide-Rouairoux,	Selon les premières constatations effectuées par les gendarmes du PSIG de Saint-Amans, de la BR de Castres et de l'identification criminelle, un problème électrique dans le moteur d'une des	Article de presse (La Dépêche du 28/09/2018)

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information
							Mazamet, Castres, Labruguière, Brassac, Sorèze, de l'Aude, de l'Hérault et du PC mobile de Saint-Juéry. Près de trois hectares ont été détruits mais plusieurs sapeurs-pompiers équipés de quatre véhicules étaient toujours sur place en fin d'après-midi et prévoient d'y rester toute la nuit afin d'éviter tout redépart de feu.	éoliennes perchées à 70 mètres de hauteur auraient provoqué cet incendie.	
Effondrement d'une éolienne	6-7/11/2018	LA MARDELLE	Loiret	3	2010	N.c.	Cette éolienne culminant à 90 mètres de hauteur et pesant 50 tonnes s'est effondrée dans la nuit du mardi 6 au mercredi 7 novembre 2018, dans un champ situé entre Guigneville et Charmont-en-Beauce, au nord de Pithiviers (Loiret). Sa chute n'a fait aucun blessé, ni endommagé les 15 autres éoliennes du parc de la Mardelle, exploité par l'entreprise EDP Renewables. Une distance de sécurité de 500 mètres est en effet requise entre chaque éolienne, rappelle la République du Centre, qui précise que l'alerte a été donnée ce mercredi matin par des habitants de Guigneville.	"Le système de freinage aérodynamique de l'éolienne, régulant la rotation du rotor, ne s'est pas enclenché et a ainsi entraîné une rotation trop rapide des pales, explique EDPR dans un communiqué, sans préciser les raisons de cette panne. Ce fonctionnement abnormal a généré une surcharge sur la structure provoquant la chute de la machine". Pour résumer, l'éolienne s'est emballée. Météo France n'avait pourtant relevé aucun épisode de vent violent sur cette zone à ce moment-là.	Articles de presse (France 3 - Centre-Val de Loire du 20/12/2018 et La Nouvelle République du 07/11/2018)
Chute de pale	19/11/2018	OLLEZY	Aisne	N.c.	N.c.	N.c.	Dans la matinée de ce lundi 19 novembre, une pale d'éolienne s'est décrochée pour une raison indéterminée à Ollezy, un village situé à une vingtaine de kilomètres de Saint-Quentin à la frontière de la Somme. Pour sécuriser les lieux, un périmètre de sécurité a été installé et une société de gardiennage devrait être mobilisée pour éviter toute intrusion sur le site.	Non communiqué	Article de presse (L'Aisne du 19/11/2018)
Incendie	2-3/01/2019	LA LIMOUZINIE RE	Loire-Atlantique	N.c.	N.c.	N.c.	Vers minuit, un feu se déclare au niveau de la nacelle d'une éolienne de 78 m de haut. De nombreux débris enflammés tombent au sol. Un feu se déclare au pied de l'aérogénérateur. La nacelle de l'éolienne est détruite ainsi que la base des 3 pales. Des traces d'huile hydraulique sont présentes jusqu'à 100 m du pied du mât.	Une 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 dégagement avaient fait leur apparition. Selon l'exploitant, l'analyse du système de surveillance mettrait en évidence un phénomène harmonique à la fréquence de rotation de la génératrice.	Base de données ARIA Article de presse (actu.fr du 4/01/2019)
Effondrement	23/01/2019	BOUTAVENT	Oise	1,2	2011	N.c.	Pliage d'un mât d'une éolienne	Mercredi 23 janvier, en début d'après-midi, le mât en acier d'une éolienne, située entre les communes de Campeaux et Boutavent, s'est cassé après un emballement des pales et une défaillance du système de ralentissement. 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.	Base de données ARIA Article de presse (Courrier Picard du 24/01/2019)
Chute de pale	30/01/2019	ROQUETAILLADE	Aude	N.c.	N.c.	N.c.	Vers 13 h, une pale d'une éolienne se rompt et chute au sol.	Non communiqué	Base de données ARIA Article de presse (20 minutes du 19/02/2019)
Incendie	20/01/2019	ROUSSAS	Drôme	N.c.	N.c.	N.c.	Dans la nuit, un feu se déclare sur 2 éoliennes d'un parc composé de 12 aérogénérateurs. Les éoliennes sont lourdement endommagées.	Acte de malveillance	Base de données ARIA
Chute de pale	17/01/2019	BAMBIDERS TROFF	Moselle	N.c.	N.c.	N.c.	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.	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
Chute d'aéofreins en bout de pale d'une éolienne	04/09/2019	ESCALES	Aude	N.c.	N.c.	N.c.	À 19h38, l'arrêt d'urgence d'une éolienne se déclenche sans cause identifiée. L'arrêt de l'éolienne est anormalement brutal si bien que deux aéofreins se détachent d'une des pales de l'éolienne, l'un étant retrouvé à 5 m du pied de l'éolienne, l'autre à 65 m.	Non communiqué	Base de données ARIA
Impact de foudre sur une pale d'éolienne	03/07/2019	SIGEAN	Aude	N.c.	N.c.	N.c.	À 18 h, une éolienne d'un parc s'arrête automatiquement à la suite d'une alarme vibration provoquée par un impact de foudre. Le lendemain, à 10 h, l'exploitant constate un impact sur le milieu de la pale et une ouverture du bout de pale sur 2 m.	Foudre	Base de données ARIA
Chute d'un bout de pale d'une éolienne	27/06/2019	CHARLY-SUR-MARNE	Aisne	N.c.	N.c.	N.c.	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	Après expertise de la pale, il est constaté un contact inadéquat de la coque côté extrados et des bords avec l'adhésif du longeron.	Base de données ARIA

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information
							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.		
Feu de moteur d'éolienne	25/06/2019	AMBON	Morbihan	N.c.	N.c.	N.c.	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. Voyant des étincelles, les techniciens alertent les secours. Le parc est mis à l'arrêt. Des éléments structurels de l'éolienne chutent au sol. L'incendie est maîtrisé vers 18h50.	Maintenance en cours suite à la suite d'une remontée d'alarme concernant le blocage des freins d'orientation de la nacelle	Base de données ARIA
Incendie sur une éolienne	18/06/2019	QUESNOY-SUR-AIRAINES	Somme	N.c.	N.c.	N.c.	Vers 17 h, un feu se déclare sur une éolienne. Les équipes de maintenance du site maîtrisent l'incendie. Les pompiers alertés par le parc éolien réalisent des contrôles thermiques pour confirmer l'extinction.	Maintenance en cours court-circuit sur un condensateur	Base de données ARIA
Éolienne touchée par la foudre	02/04/2019	EQUANCOURT	Somme	N.c.	N.c.	N.c.	L'impact de foudre a endommagé le revêtement de la pale, proche de la base, sur 5 000 cm ² . Le lendemain matin, 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
Fissurations sur des roulements de pales d'éoliennes	12/02/2019	AUTECHAUX	Doubs	N.c.	N.c.	N.c.	À 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. Ces roulements permettent la rotation de la pale sur elle-même pour les orienter face au vent et lancer, ajuster ou stopper la production. 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. Sur les 6 fissures, 5 sont partielles (baguette extérieure fissurée sur une partie seulement de sa section transversale) et 1 complète (baguette extérieure fissurée sur l'ensemble de sa section transversale).	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
Chute d'une pale d'éolienne	30/01/2019	ROQUETAILLADE-ET-CONILHAC	Aude	N.c.	N.c.	N.c.	Vers 13 h, une pale d'une éolienne se rompt et chute au sol. Plusieurs vis provenant du moyeu à roulement de la pale sont retrouvées au sol. L'exploitant ne constate pas de dommage structurel sur le reste de l'éolienne. Le mat est intact, ainsi que les fondations. 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
Chute d'éléments	28/11/2019	HANGEST-EN-SANTERRE	80	N.c.	N.c.	N.c.	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. L'exploitant et l'opérateur de maintenance inspectent l'éolienne et l'ensemble du parc.	N.c.	Base de données ARIA
Perte de contrôle d'une éolienne lors d'une mise en service	06/12/2019	AVELANGES	21	N.c.	N.c.	N.c.	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. L'exploitant renforce la procédure de positionnement des pales avec un contrôle extérieur obligatoire malgré le brouillard ou l'obscurité.	Base de données ARIA
Chute de pale	09/12/2019	LA FORET-DE-TESSE	16	N.c.	N.c.	N.c.	À 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.	L'exploitant recherche les causes de cette rupture sachant qu'aucun emballage 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 foudroyement. La	Base de données ARIA

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information
							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.	dernière inspection du constructeur réalisée par drone 8 mois plus tôt n'avait révélé aucun défaut.	
Incendie	16/12/2019	POINVILLE	28	N.c.	N.c.	N.c.	Vers 12h30, un feu sans flamme se déclare sur une éolienne d'un parc éolien. À 13h10, de la fumée blanche est constatée. Les pompiers mettent en place un périmètre de sécurité et surveillent l'équipement. À 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. L'exploitant inspecte toutes les autres éoliennes du même type. Il transmet l'information au fabricant et à la filière.	Base de données ARIA
Incendie	17/12/2019	AMBONVILLE	52	N.c.	N.c.	N.c.	À 14h20, un feu se déclare en partie basse d'une éolienne. Les pompiers interviennent à l'aide d'un extincteur à poudre.	Défaillance électrique	Base de données ARIA
Rupture d'une pale d'éolienne lors du passage d'une tempête	09/02/2020	BEAUREVOIR	2	N.c.	N.c.	N.c.	Dans la nuit, une pale d'une éolienne se brise lors du passage de la tempête Ciara. L'exploitant se rend sur place pour sécuriser la zone. L'éolienne était à l'arrêt, pour une opération de maintenance, au moment de la tempête. L'exploitant place la pale endommagée en position basse, ôte les débris qui peuvent se détacher et met à l'arrêt les autres machines du parc. Des débris de pale en fibre de verre sont projetés dans les champs jusqu'à plusieurs centaines de mètres en raison des vents importants au moment de la rupture. Certains débris traversent une route départementale. D'après l'exploitant, les conditions météorologiques durant le week-end sont à l'origine de la rupture de la pale.	- . Vent	Base de données ARIA
Incendie sur une éolienne	29/02/2020	BOISBERGUES	80	N.c.	N.c.	N.c.	Vers 13h25, un feu se déclare au niveau du moteur d'une éolienne. L'électricité est coupée et l'éolienne est mise à l'arrêt. Un technicien et le groupe d'intervention en milieu périlleux des pompiers sont sur place. Le feu est resté sur le mât sans atteindre les pales. L'éolienne est hors-service. L'incendie est probablement dû à une fuite d'huile.	-	Base de données ARIA
Incendie d'une nacelle d'une éolienne	24/03/2020	FLAVIN	12	N.c.	N.c.	N.c.	À 9h40, un feu se déclare au niveau de la nacelle d'une éolienne. Un riverain alerte les pompiers qui préviennent l'exploitant. À 9h42, l'exploitant perd la communication avec l'éolienne. La caméra du site confirme l'incendie. Le disjoncteur est ouvert à distance. Les pompiers mettent en place un périmètre de sécurité. À 12 h, l'incendie est terminé. Les 4 autres éoliennes sont arrêtées. Dès le lendemain, l'exploitant met en place un gardiennage par une société extérieure et une surveillance permanente à distance via une caméra. Il analyse les systèmes de surveillance du fonctionnement de l'éolienne pour identifier l'origine de l'incendie et définir les mesures à mettre en œuvre. L'éolienne était en fonctionnement normal et les conditions météorologiques peu contraignantes au moment de l'incident. Des coulures d'huiles sont visibles sur la partie supérieure du mât mais aucune pollution du sol n'est constatée. L'incendie est limité à la nacelle et au rotor.	-	Base de données ARIA
Rupture d'une pale sur une éolienne	26/02/2020	THEIL-RABIER	16	N.c.	N.c.	N.c.	Une pale d'éolienne se rompt sur un parc comportant 12 éoliennes. L'éolienne s'arrête en sécurité et le reste des machines du parc sont mises à l'arrêt à distance par l'exploitant. Le morceau principal reste accroché à la base de la pale. Des fragments de fibre sont retrouvés au sol au pied de la machine. L'exploitant fait intervenir le constructeur pour réaliser une expertise. Le lot de fabrication de la pale sinistrée est identifié par le constructeur. L'hypothèse de rupture est liée à un défaut interne de la pale. Une pale d'une autre éolienne s'est brisée sur le même site 2 mois auparavant, provoquant l'arrêt du parc pendant près d'un mois (ARIA 54810). Le contrôle visuel réalisé à la suite de cet événement sur l'ensemble du parc n'avait rien révélé sur la pale impliquée.	-	Base de données ARIA
Chute d'un joint de pale d'une éolienne	22/01/2020	SAINTE-SEINE-L'ABBAYE	21	N.c.	N.c.	N.c.	Au cours d'une patrouille de routine à 11 h, un gendarme trouve un joint de pale au pied d'une éolienne. Il contacte l'exploitant par le numéro d'urgence. L'entreprise de maintenance se rend sur place pour récupérer l'équipement. L'incident est sans conséquence, le joint permet principalement de diminuer les turbulences au niveau du rotor. Ce joint de pale avait glissé sur le premier mètre de la pale 2 semaines plus tôt et une intervention était prévue la semaine de l'événement. L'événement est causé par une défaillance du collier de serrage sous dimensionné par rapport aux contraintes dans le temps. Le joint de pale se compose de trois parties distinctes. Chaque partie est boulonnée à la plaque d'à côté	Organisation du travail et encadrement, Choix des équipements et procédés, Organisation des contrôles	Base de données ARIA

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information
							afin d'englober tout le tour de la pale. L'ensemble est fixé par un collier métallique autour de la pale et des colliers auto-serrant en plastique. Le collier métallique englobant la pale a "travaillé" avec le temps et n'a plus rempli son rôle de serrage. L'exploitant précise que l'événement peut être lié aux conditions de vent élevées lors de la rupture. L'exploitant programme une intervention pour remettre en place le joint de pale avec une nouvelle fixation et renforce l'information des techniciens sur la vérification du serrage des fixations lors des maintenances périodiques. Il améliore également le délai d'intervention lors de la détection de glissement des joints.		
Ecoulement d'huile hydraulique le long d'une éolienne	10/04/2020	RUFFIAC	56	N.c.	N.c.	N.c.	Une entreprise responsable de la maintenance d'un parc éolien constate une fuite d'huile hydraulique au niveau de la nacelle d'une éolienne. 40 l d'huile s'écoulent le long du mât jusqu'au massif de fondation. L'exploitant du parc est alerté. Il mandate une société spécialisée pour réaliser le nettoyage des zones affectées : la dalle béton et les sols à proximité. La dalle est nettoyée par un lavage haute pression. Pour le traitement des terres, la société envoie un prélèvement en laboratoire pour analyses. Les terres contiennent principalement des hydrocarbures. 11.6 t de terres sont évacués pour traitement biologique. La zone excavée est remblayée avec des graviers. L'origine de la fuite est un défaut au niveau de l'accumulateur de l'éolienne. Une enquête est en cours par la société en charge de la maintenance, afin d'adapter les points de contrôle.	Défaits matériels	Base de données ARIA
Incendie d'une éolienne au sol pour démantèlement	20/04/2020	LE VAUCLIN	972	N.c.	N.c.	N.c.	Peu avant 14 h, un feu se déclare sur le générateur d'une éolienne déposée au sol en vue de son démantèlement, programmé au 2ème trimestre 2020, dans un parc éolien comportant 4 éoliennes. Le parc est à l'arrêt depuis le début de l'année 2020. L'incendie de l'huile du transformateur électrique se propage aux broussailles à proximité. Les secours ne pouvant intervenir à cause de la présence d'électricité, un technicien de la société propriétaire de l'éolienne se rend sur place pour couper le courant électrique. Ils évitent la propagation de l'incendie aux alentours, puis éteignent l'incendie vers 16 h une fois l'installation mise hors tension. Un court-circuit dû à un manicou (famille des marsupiaux) serait à l'origine de l'incendie. Un animal est retrouvé mort dans le tableau électrique du transformateur d'une autre éolienne.	-	Base de données ARIA
Dégénération aggravée de la structure d'une éolienne	31/03/2020	LEHAUCOURT	2	N.c.	N.c.	N.c.	A 14h30, à l'occasion d'un contrôle visuel effectué depuis le sol, un technicien constate une fissure sur la pale d'une éolienne. Le défaut, identifié pour la première fois en novembre 2019, a significativement évolué. L'exploitant met à l'arrêt l'éolienne, balise la zone et informe l'agriculteur. Une inspection visuelle et un tape-test sont réalisés depuis une nacelle élévatrice. L'exploitant prévoit de remplacer la pale. L'arrêt de l'éolienne engendre une perte d'exploitation de 90 000 €. La fissure est due à un défaut de collage au moment de la fabrication de la pale. Les intempéries ont aggravé cette dégradation. Huit autres pales de ce même parc éolien sont concernées par le défaut de fabrication. L'exploitant prévoit des inspections tape-test et thermographiques sur ces pales pour évaluer le degré de gravité du défaut de collage et déterminer les réparations à effectuer. Ce plan d'actions était prévu avant la découverte de l'aggravation du défaut, mais a été retardé jusqu'au mois de mai à cause de la crise sanitaire liée à la Covid-19.	Vice de fabrication, changement de spécifications substance fournisseur, Organisation des contrôles	Base de données ARIA
Pliure d'une éolienne	30/04/2020	PLOUARZEL	29	N.c.	2001	Non	Une pale de 20 m de long d'une des 5 éoliennes d'un parc éolien présente une pliure. De forts craquements sont audibles à 300 m de l'éolienne. Une partie de 1,5 m chute au sol. Un technicien sur place pour une intervention constate l'avarie vers 11h20. Le responsable d'exploitation et une équipe arrêtent et mettent en sécurité les 5 éoliennes du parc. Un gardiennage 24h/24 et un périmètre de sécurité de 50 à 60 m sont mis en place. Le périmètre est renforcé par un arrêté municipal qui interdit l'accès au chemin rural. Quatre jours après le constat, l'exploitant bloque mécaniquement le rotor afin de réduire les efforts mécaniques sur les structures mobiles de l'éolienne. Les travaux de réparation de la pale endommagée nécessitent l'installation d'une plateforme pour grue. Elle est mise en place 13 jours après l'incident. L'exploitant organise des vérifications avant de pouvoir remettre en service le parc. Les mesures de sécurité doivent être maintenues tant que la pale n'est pas démontée.	La pale endommagée présente une détérioration à mi-longueur. Des traces de choc sur le mât sont visibles, la pale a probablement heurté plusieurs fois le mât avant de se briser. Des débris de fibres de verre et de colle sont présents dans un rayon de 60 m autour de l'éolienne. L'exploitant collecte ces déchets. Le système de surveillance de l'éolienne n'a pas détecté les chocs de la pale sur le mât, ni de déséquilibre dans la rotation des pales. L'exploitant confirme que l'éolienne, âgée de 20 ans, n'est pas dotée de dispositif de balourd. D'après les premiers éléments d'analyse de l'exploitant, l'éventualité d'un impact de foudre n'est pas écartée, ou d'une	Base de données ARIA

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information
Chute au sol d'une pale complète d'éolienne	27/06/2020	PLEMET	22	N.c.	N.c.	N.c.	<p>Un samedi, vers 10 h, une pale de 10 t se détache du rotor d'une éolienne dans un parc éolien composé de 8 machines. L'exploitant reçoit des alarmes sur son système de sécurité. Un passant alerte la gendarmerie qui sécurise la zone et interdit l'accès à l'éolienne. L'ensemble du parc est mis à l'arrêt. Sur place vers 13 h, l'exploitant poursuit la mise en sécurité du site. Un gardiennage est mis en place à partir de 20 h pour une durée d'une semaine et poursuivi si nécessaire. L'exploitant réalise, 2 jours après la chute, une inspection visuelle par drone de l'ensemble de l'éolienne et des champs alentours.</p> <p>Des débris de pâle (plastique, résine, carbone, fibre de verre, bois, composite...) sont retrouvés au sol dans un rayon de 40 m. Une partie des cultures (maïs) du champ attenant a été endommagée. Une société spécialisée collecte et traite les déchets.</p>	<p>mauvaise orientation des pales, qui a pu entraîner un défaut généralisé. L'inspection des installations classées avance l'hypothèse de coups de vents à répétition dans la zone d'implantation, dont la vitesse serait supérieure à celle à l'origine du dimensionnement de l'éolienne, et qui auraient pu avoir fatigué prématièrement les pales.</p> <p>La pale a glissé le long des tiges métalliques qui la relient au rotor. Une perte d'adhérence entre les inserts métalliques de liaison du pied de la pale au moyeu du rotor a conduit à la chute de la pale. Cette déviation avait été identifiée par le constructeur en 2018 sur un lot spécifique de pales identifiées par leur numéro de série. Des critères d'acceptation du défaut ont été définis et le constructeur a mis en place des contrôles réguliers par ultrasons afin de vérifier ces critères sur le lot de pales concernés. Le dernier contrôle effectué 2 mois avant l'incident, sur la pale, n'a pas mis en évidence de dégradations. L'analyse des conditions météorologiques sur le secteur du parc le jour de l'incident montre que la rupture d'adhérence est survenue de manière prématuée à la suite de l'accumulation de phénomènes de charge : vents violents, rafales, turbulences, changement de mode de production dû au bridage acoustique.</p>	Base de données ARIA
Rupture d'une pale d'éolienne	12/01/2021	SAINT-GEORGES-SUR-ARNON	36	N.c.	N.c.	N.c.	<p>Vers 7 h, une pale d'une éolienne se disloque partiellement. A 6h50, le centre de supervision du parc éolien, situé en Allemagne, reçoit une alarme de mise en drapeau des pales à 90 °. Il transmet l'information au centre de maintenance à quelques km du parc. Le personnel se rend sur place vers 8 h. Vers 9 h, l'exploitant prévient les pompiers et met en place un périmètre de sécurité de 150 m autour du mât. L'exploitant condamne les 2 accès du chemin à proximité de la machine. Il informe les exploitants des terres agricoles proches qu'ils ne peuvent plus venir sur leurs terrains. Il arrête également le parc composé de 5 machines. Les pompiers ramassent les débris. Un gardiennage est mis en place. Une inspection par drone est réalisée pour visualiser le risque de chute de morceaux et décider comment intervenir pour déposer la pâle. Le terrain est survolé pour repérer les débris au sol.</p> <p>La pale est en position verticale, déchirée depuis la base. Des lanières de matériau pendent le long du mat. La nacelle et les 2 autres pales de l'éolienne sont endommagées. Des débris sont retrouvés au sol dans un rayon de 100 m, l'exploitant met en place une zone d'exclusion. Plusieurs composants sont soumis aux intempéries. 10 jours après l'incident, un épisode de fort vent fait à nouveau chuter des éléments au sol, l'exploitant étend la zone d'exclusion à 200 m. Deux mois après l'incident, à la suite de l'évaluation de la stabilité de l'éolienne, l'exploitant accède à l'éolienne pour retirer les éléments instables. Début avril, l'ensemble des débris sont mis en conteneurs sur le site. Début juillet, les deux pales restantes et le moyeu de l'éolienne sont démontés.</p> <p>L'exploitant signale que, lors du contrôle des pales par drone en août et novembre 2020, des défauts superficiels de revêtement ont été relevés, mais rien de structurel. Selon lui, ces défauts sont classiques pour des pales de 11 ans.</p>	<p>Lors de l'incident, l'éolienne était soumise à des vitesses de vent (entre 10 et 15 m/s) qui nécessitaient une régulation de la puissance produite par le système d'orientation des pales (pitch contrôle). Pour les 3 pales simultanément, ce système est inopérant, l'éolienne entre alors en survitesse. Le système de frein aérodynamique se déclenche mais le pitch contrôle ne réagit pas, l'éolienne continue de tourner à grande vitesse jusqu'à la rupture de la pale, aux alentours de 6 h, entraînant l'arrêt de la machine. Le moteur du pitch control n'a pas reçu l'ordre de l'automate car le convertisseur situé en amont a été "gelé" par protection contre des surintensités. Ce mode est lié à une erreur de programmation du logiciel de commande des convertisseurs. Le moyeu est envoyé en expertise en Allemagne.</p> <p>Les autres éoliennes du parc redémarrent 1 mois après l'incident avec la mise à jour du logiciel et la mise en place d'un protocole de surveillance validé par l'inspection des installations classées.</p> <p>La mise à jour logiciel est effectuée sur 240 éoliennes en France.</p>	Base de données ARIA
Casse d'une pale d'une éolienne	12/02/2021	PRIEZ	2	N.c.	N.c.	N.c.	Vers 8 h, la pale d'une éolienne se casse. L'alerte est donnée à l'exploitant par la mairie. Vers 9h15, les équipes de maintenance arrêtent l'ensemble des éoliennes du parc à distance. Sur place à 10h30, elles établissent un périmètre de sécurité de 150 m autour de l'éolienne. Un agent de sécurité surveille l'accès au site. Les débris de pales sont retirés. L'ensemble du parc est à l'arrêt. Aucun système instrumenté de sécurité n'a détecté la rupture de pale pouvant entraîner l'arrêt de la machine en sécurité. Des cordistes effectuent des contrôles visuels à l'aide de drones et de nacelles. L'exploitant détecte des défauts similaires sur 3 autres pales du parc. L'inspection des installations classées conditionne le redémarrage	La casse est due à un défaut de réparation au niveau du bord de fuite (trou). La réparation a été effectuée par un technicien à l'issue de la fabrication.	Aria

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information
Chute d'une pale d'éolienne	13/02/2021	PATAY	45	N.c.	N.c.	N.c.	<p>du parc, notamment, à l'analyse des causes de l'incident et à l'assurance du bon fonctionnement des systèmes instrumentés de sécurité. Le parc éolien a déjà fait l'objet d'une rupture de pale sur une autre éolienne en 2017, lors de la mise en service du parc, à la suite d'un impact de foudre (ARIA 50148).</p> <p>Un samedi matin, vers 8 h, une pale se détache d'une éolienne dans un parc éolien. L'exploitant reçoit une alerte de panne d'orientation de la nacelle mettant à l'arrêt la machine vers 11 h. Vers 12 h, une équipe d'intervention constate l'arrachement de fibres de verre sur le bord de fuite de l'une des 3 pales de la machine. Des techniciens mettent les pales en drapeau et placent la pale défectueuse vers le bas. Le rotor est bloqué mécaniquement. L'exploitant sécurise la zone, notamment par un balisage et la suppression du risque de chute d'éléments. Il arrête les autres éoliennes du parc. Des lames de fibres de verre sont retrouvées à 30 m de la machine et des fragments jusqu'à 150 m. L'exploitant regroupe l'ensemble des débris dans un conteneur dédié avant passage de l'expert et la prise en charge par une société capable de recycler les composants et non de les incinérer. L'exploitant constate une insuffisance des détecteurs, notamment de balourds et d'inclinaison, équipant la machine. En effet, aucun système de supervision à distance de l'éolienne n'a pu confirmer la chute de la pale. L'événement a été constaté sur place après plusieurs heures. L'exploitant lance des opérations de réparations des défauts visibles en surface des autres pales et une thermographie de l'ensemble des pales. L'inspection des installations classées conditionne le redémarrage de l'éolienne impliquée à la détermination des causes de l'incident et celui des autres éoliennes à un contrôle renforcé de l'état des pales. L'éolienne est remise en service 4 mois plus tard à la suite du remplacement de la pale et de la réalisation des tests de sécurité. L'exploitant s'engage à mettre en place des détecteurs complémentaires permettant d'identifier ce type de casse sous 6 mois et effectue des contrôles de proximité par drone renforcé dans l'attente.</p>	A la suite d'une analyse de l'état de la pale, un tiers-expert constate un défaut de collage, soit au niveau de la répartition de la colle, soit au niveau de la qualité de la colle. Les indices précurseurs de fragilisation n'ont pas été détectés lors de la maintenance de contrôle. Il s'agirait d'une cinétique lente de rupture.	Aria
Casse d'une pale d'éolienne	21/10/2021	AUCHAY-SUR-VENDEE	85	N.c.	N.c.	N.c.	<p>Vers 10 h, le lendemain du passage de la tempête Aurore, les pompiers sont alertés pour une pale de 60 m menaçant de tomber d'une éolienne de 180 m de haut. Une grande partie est pendante toujours solidaire de la tête rotor et des débris ont été projetés entre 100 et 400 m de l'éolienne. Un périmètre de sécurité est mis en place et un arrêt de circulation est pris par le maire. L'exploitant met à l'arrêt les 3 autres éoliennes du parc, les 5 autres éoliennes du parc qui en compte 9 au total étant déjà à l'arrêt.</p> <p>L'exploitant a reçu la veille à 21h07 une notification du capteur acoustique de l'éolienne qui a mis l'éolienne à l'arrêt. Au moment de cet événement, la vitesse de vent maximale mesurée est de 36,3 m/s et la vitesse de vent en moyenne 10 m est de 21,4 m/s. L'éolienne ne pouvant pas être redémarrée à distance, une intervention de l'exploitant était prévue le lendemain. L'exploitant organise le démontage des éléments de la pale ayant subi l'accident encore fixés à l'éolienne. Une analyse est menée sur la pale dégradée afin de connaître les causes de l'accident et de pouvoir remettre en fonctionnement le parc éolien, mis en service 4 mois plus tôt.</p>		Aria
Mise à l'arrêt de 2 éoliennes d'un même parc	2016/11/29	SAINT-SAURY	15				<p>À la suite de la casse de pales 2 ans après leur mise en service sur un nombre limité d'aérogénérateurs dans différents parcs, 2 éoliennes d'un même parc sont mises à l'arrêt après la réalisation d'un contrôle par le constructeur. Ce défaut générique consiste en un point de rupture localisé dans le rayon entre 19 et 23 m. Le constructeur met en place un plan de traitement consistant à : modifier les pratiques dans les usines ; réparer les pales présentant ce défaut par réinjection de colle. Les pales sont réparées 4 ans plus tard par intervention en nacelle élévatrice.</p>	Un manque de colle dans le talon de la structure de la pale en est à l'origine.	Aria
Chute d'un élément en fibre d'une éolienne	2021/10/20	COOLE	51				<p>Vers 10h30, une partie en fibre du cône de nez d'une éolienne chute dans un parc éolien. Un périmètre de sécurité est mis en place. Le parc éolien est à l'arrêt, en attente d'inspections. Toutes les machines vont être inspectées avant une remise en fonctionnement. Le cône de nez incriminé est remplacé.</p>	Non précisé	Aria

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information
Chute d'une pale d'éolienne	2021/12/03	LA SOUTERRAIN	23				Vers 16 h, une éolienne perd une pale qui tombe dans une prairie à 60 à 100 m du pied de l'éolienne. Des débris chutent également à proximité de l'éolienne concernée. Le site est mis en sécurité et les 3 autres éoliennes du parc sont arrêtées. La fixation entre la pale et le moyeu central est restée attachée. Les pompiers, la gendarmerie et les maires sont informés. Un gardiennage est mis en place sur le site. Le personnel exploitant est présent sur site dès 23h le jour même pour sécuriser la zone. Toutes les machines sont inspectées par des experts éoliens dans les jours qui ont suivi. L'inspection autorise la remise en fonctionnement des 3 autres machines après ces inspections techniques et transmission des rapports. Le site ne présente pas de problématique environnementale après l'enlèvement du morceau de pale tombé. Des prescriptions de mises en sécurité ainsi que des mesures d'urgences à titre conservatoire sont prises. À la suite de l'événement des expertises sont menées sur l'ensemble des pales et des investigations complémentaires plus approfondies sont réalisées sur la pale accidentée.	Non précisé	Aria
Chute d'un aérofrein d'une éolienne	2021/12/24	FECAMP	76				Vers 9h10, un aérofrein se détache d'une pale d'éolienne dans un parc éolien. L'éolienne s'arrête automatiquement. Le cadre d'astreinte décide de ne pas tenter de relancer la machine à distance. Comme les consignes d'exploitation du parc ne prévoient pas d'astreinte, l'intervention des techniciens est programmée 3 jours plus tard. Lorsque l'équipe de maintenance se déplace sur le site, celle-ci découvre l'équipement à 155 m dans le champ jouxtant l'éolienne. La zone est balisée et l'aérofrein est évacué. Le parc entier est arrêté par mesure préventive en attente d'expertise. La perte d'exploitation est estimée à hauteur de 10 000 €. Un incident similaire a eu lieu sur cette même machine et même pôle 4 ans plus tôt (ARIA 50291), en raison de la casse d'une rondelle de maintien. Toutefois, l'origine de l'événement semble différente dans ce cas car la partie hélicoïdale est manquante. A la suite de cet événement, l'exploitant avait prévu une inspection tous les cinq ans, la suivante devait être effectuée à l'été 2022. Les tendeurs sont contrôlés tous les 6 mois. Le collage est dimensionné pour tenir la durée de vie certifiée de l'éolienne (20 ans). L'affaiblissement proviendrait de la chute précédente. Après cet événement, le collage n'avait pu être vérifié par ultrasons car la présence de bulles d'air renvoyait un écho. L'exploitant décide de remplacer les 15 tendeurs du parc. Il lui est recommandé de : préciser les attendus des contrôles semestriels et les actions à mener ; renforcer la maintenance et la fréquence de contrôle et de remplacement des tendeurs ; s'assurer que le programme d'inspection quinquennale reste adapté au regard du retour d'expérience ; déployer le REX acquis aux autres parcs exploitant ce même type de machine. L'exploitant modifie la procédure concernant l'inspection visuelle des câbles et vérins du système d'aérofrein à une fréquence semestrielle. Le programme d'inspection quinquennale est jugé satisfaisant en termes de contenu et de fréquence.	L'exploitant explique cette nouvelle chute d'aérofrein par la combinaison de la rupture d'un tendeur et l'affaiblissement de l'assemblage collé de l'aérofrein.	Aria
Casse de la pale d'une éolienne	02/04/2022	SAINT-FELIX-LAURAGAIS	31				À 9h27 un samedi, sur un parc éolien contenant 11 éoliennes, une pale d'éolienne composée de fibre de verre et de carbone de 40 m s'effondre partiellement en haut d'un mât de 60 m. Une partie de celle-ci reste suspendue au rotor. L'alerte est donnée par un riverain ayant constaté du bruit et des mouvements de pales anormaux. Les débris sont circonscrits à une centaine de mètres autour du mât. L'exploitant met en place un périmètre de sécurité autour de l'installation et un gardiennage physique sur le site. L'accès au parc éolien est interdit par arrêté municipal. Il est demandé aux 2 exploitants du parc de mettre à l'arrêt les machines et de procéder à des vérifications. L'exploitant doit également démonter les éléments présentant un risque de chute. A la suite de l'événement, le maintenancier modifie la procédure de redémarrage des éoliennes lors de l'apparition d'une erreur de pitch afin qu'une vérification sur site du bon état général et de celui du pitch soit effectuée par un technicien. Il réalise : une inspection par drone pour analyser les dégâts sur la machine et rendre l'accès en pied de mat sans risque une inspection nacelle/hub/pale/pitch ; un découpage de la pale endommagée le 28/04/2022 ; un nettoyage et une évacuation des débris après la mise au sol de la pale rendant possible l'accès en pied de machine. La recommandation d'un changement complet du jeu de pale est acceptée	Les jours précédents l'incident, 2 tempêtes de vent se sont produites. La nuit avant l'événement (à 20h40), une erreur du système de régulation de l'orientation (pitch) des pâles apparaît sur l'éolienne. Cette erreur détecte un décalage entre la consigne d'orientation du pitch et la position du moteur sur lequel est le capteur. L'apparition de cette erreur entraîne, dans certaines conditions, l'arrêt par le système de contrôle interne de l'éolienne concernée. Celle-ci, après remise à zéro du pitch, peut être redémarrée à distance, selon la procédure prévue par la société en charge de la maintenance des éoliennes. L'éolienne a ainsi été redémarrée 20 min avant l'événement. Une panne/casse mécanique pourrait être à l'origine de l'erreur de pitch.	Aria

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information
							par l'exploitant. Ces pales sont amenées sur place début août 2022 et l'opération de remise en état est prévue d'ici la mi-août 2022.L'exploitant informe les 3 communes alentours par une lettre d'information à destination des concitoyens. Enfin, un poster à connaissance pour la remise en service est en préparation par l'exploitant pour accord de la Préfecture.		
Incident mécanique sur une éolienne	03/04/2022	OMISSY	2				Vers midi, le marche pied fixé dans le moyeu d'une éolienne se désolidarise. Il sort du moyeu, et se coince entre le moyeu, le cône, le pied de pale et la nacelle. Une des pièces de fixation du marche pied s'échappe du cône et chute sur l'escalier d'accès au pied de la turbine. En se coinçant, le marche pied arrache des câbles d'alimentation, mettant l'éolienne à l'arrêt. Vers 14h45, l'équipe de maintenance intervient à la suite de la remontée du défaut, et constate la chute de la pièce métallique, les câbles d'alimentation arrachés et le marche-pied coincé. Cet incident a pour conséquences des dégâts matériels et des pertes de production. L'équipe de maintenance collecte les débris de marche-pieds et remet en état les câbles d'alimentation.	Non précisé	Aria
Incendie sur une éolienne	20/04/2022	SAINT-GERMAINMONT	8				Vers 13h30, un feu se déclare sur une éolienne. Une alarme sur la boîte de vitesse se déclenche au centre de contrôle du turbinier. L'éolienne se met en sécurité en plaçant les pales en position "drapeau". Le turbinier transmet l'anomalie à la supervision de l'exploitant. Une équipe est envoyée sur place pour une levée de doute à 14h10. L'alerte pour incendie de nacelle de turbine est déclenchée à ce moment et la supervision appelle les pompiers. Un exploitant agricole travaillant à proximité du parc éolien appelle également la supervision pour annoncer le feu. Le centre de contrôle du turbinier arrête tout le parc. La cellule de crise interne est déclenchée afin que les différents services soient avertis. Deux techniciens de maintenance se rendent sur place pour assister les pompiers ainsi que la gendarmerie en termes de sécurisation du site. Un périmètre de sécurité de 200 m et un gardiennage sont mis en place. Les pompiers ne s'engagent pas sur l'incendie car ils ne sont pas équipés pour intervenir en hauteur sur une éolienne. À 16h20, ils quittent le site après confirmation que le feu s'est éteint de lui-même. Au vu du risque de chute de pièces de l'éolienne, le périmètre de sécurité est élargi à 300 m et des panneaux d'information sont installés. A la suite de l'incendie, l'exploitant constate que l'huile (biologique) présente dans la boîte de vitesse au niveau de la nacelle, s'est déversée le long de la tour. Une pollution de sol est suspectée au niveau du contact virole-terre. Une des pales de l'éolienne est éventrée, les 2 autres pales sont noircies, et la nacelle est en grande partie calcinée. Les pales restent libres de rotation et subissent encore l'influence du vent. Le périmètre de sécurité impacte l'activité des exploitants agricoles des parcelles concernées, des pertes d'exploitation sont possibles. De plus, l'arrêt du parc implique également des pertes d'exploitation.L'incident a généré 2 types de déchets :fibre de verre calcinée (morceau de pales) ;huile présente au niveau de la boite de vitesse (420 l) dont une partie qui s'est déversée le long de la tour.L'exploitant met en place les actions suivantes :inspection par drone afin de faire une première analyse d'approche de la turbine ;mise en place d'un protocole de sûreté de fonctionnement pour redémarrer les autres turbines du parc ;réalisation d'un protocole d'approche de la machine pour y accéder et analyse de risques ;ramassage des déchets autour de la turbine et hors périmètre de sécurité ;étude sur la faisabilité d'un démontage des parties touchées par l'incendie ;traitement / dépollution du sol en passant par un bureau d'étude pour faire des prélèvements, analyser s'il y a eu contamination des sols et définir la zone à traiter.	Non précisé	Aria
Chute d'une pale d'éolienne	30/04/2022	ROQUETAILLADE-ET-CONILHAC	11				Vers 18 h, avec un vent de 9 m/s et par temps clair, la pale d'une éolienne tombe et se casse au pied de l'éolienne sans occasionner d'autres dégâts. Entre 19 h et 20 h, le propriétaire de la parcelle d'implantation contacte la gendarmerie à la suite de la perception de bruits anormaux provenant de l'aérogénérateur. La gendarmerie constate sur place l'effondrement de la pale au pied de la machine qui s'est arrêté en sécurité. Elle prévient l'astreinte de l'exploitant qui ouvre une cellule de crise interne. Les parties prenantes sont informées. L'exploitant met à l'arrêt, à distance, l'ensemble des 27 autres éoliennes des 2 parcs du site. L'astreinte se rend	La chute de la pale fait suite à une rupture du roulement de pale. La bague extérieure solidaire du moyeu est ouverte et les billes de roulement sont tombées au sol. La casse de boulons est constatée sur un secteur supérieur à 180 °.	Aria

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information
							sur site, ferme la voie d'accès privée à l'ouvrage, installe un balisage et positionne une société de gardiennage. 2 périmètres de sécurité sont mis en place, à 30 et 100 m. Une visite d'un huissier permet de constater la scène et prendre des photos haute définition par drone afin d'appréhender les conditions d'accès au site pour l'intervention des techniciens. 10 jours après l'événement, une inspection préalable du constructeur est réalisée en présence de l'exploitant. Les risques d'effondrement de l'ouvrage sont écartés. 19 jours après la chute, la pale est extraite du site et placée sous scellé pour expertises complémentaires. L'exploitant procède au nettoyage du site, avec notamment, une recherche de métaux. Il protège l'embase de la pale sur le rotor. Le gardiennage est levé. La pale a chuté à la verticale du rotor et s'est brisé au contact du sol à une distance de 4 m de la tour. Il n'y a pas eu de projections d'éléments de pale. A l'issue de l'expertise, la pale sera détruite. 2 parcs éoliens d'une puissance totale de 23 MW sont à l'arrêt pendant plus d'un mois. L'exploitant procède au contrôle : des ensembles roulements, moyeux et de leur graissage sur l'ensemble des machines des 2 parcs ; des marquages de serrage de toutes les machines par un organisme tiers.		
Chute d'une trappe d'accès au hub d'une éolienne	11/07/2022	LE HAUT-CORLAY		22			À 14h30, lors d'une visite sur le parc éolien, une trappe d'accès au hub d'une éolienne se détache et chute au sol, devant la porte d'accès à la machine. La trappe est mise en sécurité dans la machine. Le lendemain matin, une équipe de maintenance tente de remettre en place la trappe, sans succès.	La chaleur serait à l'origine de la défaillance. Avec les fortes chaleurs estivales, la fibre du cône de nez du hub se dilate, rendant le système de verrouillage de la trappe inefficace. L'exploitant retire les hubs pendant la période estivale en attendant d'apposer des inserts métalliques afin de pouvoir visser la trappe sur le cône de nez.	Aria
Feu sur une éolienne	02/08/2022	COOLE		51			En début d'après-midi, lors de travaux d'entretien, la nacelle d'une éolienne de 90 m de haut prend feu. Les 2 agents de maintenance présents dans la nacelle évacuent par l'échelle intérieure du mât. Un troisième agent au sol coupe immédiatement l'alimentation électrique de l'éolienne. Les 5 autres éoliennes du parc sont également arrêtées. Les pompiers mettent en place un périmètre de sécurité et surveillent le feu qui s'éteint de lui-même au bout de 3 h. Ils arrosent les éléments qui tombent au sol au pied de l'éolienne. Une entreprise de surveillance assure le gardiennage du site dans un périmètre de 200 m établi par l'exploitant. Les accès sont sécurisés par des barrières et panneaux. L'exploitant informe le propriétaire terrien et les exploitants agricoles impactés. La nacelle est entièrement détruite. L'exploitant doit procéder au ramassage des déchets calcinés, au sondage et à l'analyse du sol pour caractériser un éventuel impact de l'incident sur la qualité des sols.	D'après la presse, le sinistre serait dû à l'explosion du convertisseur d'électricité installé dans la nacelle.	Aria
Feu sur une éolienne	05/08/2022	PONT-MELVEZ		22			Vers 13h30, un feu se déclare dans le rotor d'une éolienne au sein d'un parc éolien. Un important panache de fumée se dégage. Les pompiers se rendent sur place mais ont pour consigne de ne pas intervenir sur l'éolienne et de la laisser brûler. Ils mettent en place un périmètre de sécurité et sécurisent tout départ de feu dans les champs en raison de la projection de nombreuses étincelles. L'exploitant arrête le parc. Un arrêté municipal d'interdiction à l'accès du parc est rédigé. Une société privée effectue des rondes à partir de 20 h pour une semaine. 400 m ² de végétation ont brûlé. Le rotor et les pales sont détruits.	Non précisé	Aria
Impact de foudre sur une éolienne	23/11/2022	PLELAN-LE-GRAND		35			Vers 22h30, un orage touche un réseau électrique et des éoliennes. Une carte électronique est détériorée et la machine s'arrête. Deux jours plus tard, après réparation et peu après le redémarrage de l'éolienne, le bout d'une pale se plie. Les installations sont sécurisées et les inspections sont menées. Par mesure de sécurité, la route est fermée par arrêté de la commune et le reste jusqu'à l'enlèvement de la pale.	Après inspection, un impact de foudre est visible, celle-ci a traversé le bout de la pale.	Aria
Incendie sur une éolienne	09/01/2023	PETIT-CAUX		76			Vers 15 h, des techniciens sont envoyés sur un parc éolien à la suite d'une alarme incendie sur une éolienne. À leur arrivée, ils constatent un dégagement de fumée au moment de l'ouverture de la porte de la machine. La machine et l'ensemble du parc sont mis à l'arrêt. Les secours mettent en place une zone de sécurité de 100 m autour de l'éolienne impactée. Le dégagement de fumée noire est contenu à l'intérieur de la machine. Ni flammes visibles, ni fumées ne s'échappent à l'extérieur. Les pompiers interviennent sous ARI. Les secours utilisent 4 extincteurs pour éteindre l'incendie. L'entreprise de maintenance du parc se présente sur	Les reconnaissances au pied de l'éolienne à l'aide d'une caméra thermique montrent un point chaud au niveau des câbles de puissance de 660 V sur la nacelle à 80 m de hauteur et qui prend 5 niveaux à l'intérieur du mat.	Aria

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information
Projection de glace sur un parc éolien	17/01/2023	LE BORN	48				le site. Vers 19h40, plus aucun point chaud n'est détecté. Quatre éoliennes sont à l'arrêt pour une durée indéterminée.		
Dégagement de fumée sur un parc éolien	31/01/2023	TIGNY-NOYELLE	62				Dans la matinée, des skieurs alertent l'exploitant d'un parc éolien de la projection de glace par des éoliennes. Le parc est arrêté à distance dès le lendemain pour éviter tout risque de nouvelles projections. Les gérants du domaine skiable du plateau n'ouvrent pas, par précaution, la piste de ski de fond passant à proximité de deux éoliennes. La formation de glace a été induite par les conditions météorologiques très favorables à ce phénomène, chutes de neige et températures négatives.	L'incident provient d'un défaut du logigramme de fonctionnement/communication des capteurs de glace. Une défaillance au niveau des systèmes de détection de glace est à l'origine du non-arrêt des éoliennes malgré la présence de glace sur les pales. Le parc est toujours à l'arrêt, 12 jours plus tard, en raison de la présence de glace. L'automate des éoliennes est mis à jour.	Aria
Endommagement d'une pale d'éolienne	23/02/2023	MOEUVRES	59				Vers 14h30, lors d'un redémarrage à la suite d'une opération de maintenance, un dégagement de fumée se produit à l'intérieur d'une éolienne dans un boîtier électrique de 20 000 V. Les opérateurs éteignent le feu à l'aide d'un extincteur. La machine est mise en sécurité et l'ensemble des éoliennes est mis hors tension. Les pompiers se rendent sur place pour assurer les vérifications d'usage. L'éolienne est redémarrée avec une limitation de puissance. Une fois la réparation effectuée, la limitation sera levée. La surveillance et les vérifications lors des opérations de maintenance sont les méthodes pour éviter la réapparition de ce type de défaut.	Un court-circuit d'un composant dans l'armoire d'un convertisseur électrique est à l'origine du départ de feu. L'intervention rapide de l'équipe de maintenance permet de limiter les dégâts à l'armoire électrique en cause. L'armoire est condamnée afin de remplacer l'équipement défectueux.	Aria
Feu sur une éolienne	09/03/2023	FROIDFOND	85				Un agriculteur ramasse des morceaux de pôle d'éolienne au sol dans un parc éolien. La mairie avertit l'opérateur qui signale ne pas avoir détecté l'incident. La mairie informe ce dernier d'un incident électrique sur le transformateur de la commune rompant la communication avec le parc éolien. La communication est rétablie en fin de journée vers 21h30. Compte tenu de l'endommagement de la pôle, l'opérateur décide de ne pas relancer le parc. La mairie met en place un périmètre de sécurité pour empêcher l'accès à l'éolienne concernée. Sur place le lendemain, l'inspection des installations classées rencontre le personnel en charge de la maintenance du parc. Des morceaux de pôle, mesurant entre 10 et 70 cm, sont ramassés, ainsi que des peignes acoustiques tombés au sol. L'endommagement de la pôle est constaté depuis le sol.		Aria
Chute du spoiler d'une pale d'éolienne dans un parc éolien	14/03/2023	PEUX-ET-COUFOULEUX	12				Vers 17 h, un feu se déclare sur la nacelle d'une éolienne d'une hauteur de 77 m en tête de pylône, lors de sa remise en tension. L'incendie se propage à une pale de 40 m de longueur. Des techniciens présents pour une opération de maintenance alertent l'exploitant et les pompiers. Un périmètre de sécurité de 200 m est mis en place. Les propriétaires terriens et exploitants agricoles concernés sont informés. Le parc est mis à l'arrêt depuis un poste source. Les secours laissent le feu s'éteindre de lui-même sans pouvoir intervenir. L'accès à la zone est interdit par arrêté municipal. Une société de gardiennage est mandatée pour assurer la surveillance de la zone. La nacelle est détruite, il n'y a pas eu de chute de composant autres que des débris de coque avec des envols. Une odeur d'hydrocarbures subsiste et des traces de coulures d'huiles sont présentes le long du mat. L'éolienne est démontée et analysée. L'exploitant contacte une société afin de réaliser un diagnostic des sols et de l'eau en vue de la dépollution du site, ainsi que le ramassage des débris d'éoliennes et morceaux de fibres calcinés.		Aria
							À 12h30, sur un parc éolien, un sous-traitant en intervention constate la chute du spoiler d'une pale d'éolienne. Il alerte le service d'astreinte de l'exploitant. L'éolienne accidentée est arrêtée à distance ainsi que l'ensemble des machines du parc par mesure de prévention. À 13 h, une équipe se rend sur place et un périmètre de sécurité est installé autour de la machine et de l'élément spoiler au sol. À 13h30, l'exploitant planifie avec le turbinier une intervention sur la machine et une inspection complémentaire des machines du parc dès le lendemain. Le spoiler a été arraché mais les boulons sont toujours sur la pale. Les serrages sont vérifiés tous les 4 ans. Le dernier contrôle a eu lieu 2 ans auparavant. À la suite de cet évènement, l'exploitant :procède à l'arrêt complet de toutes les machines pour des vérifications internes et externes ,met un balisage pour interdire l'accès aux machines avant leur démarrage ,redémarre les machines après validation du rapport de contrôle par l'Inspection des Installations Classées ,définit une fréquence régulière pour le contrôle	L'arrachement du spoiler est dû à un desserrage des boulons qui a entraîné un jeu entre le spoiler et la pale qui, à force de vibration, a endommagé la fibre.	Aria

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information
Incendie d'éolienne	20/03/2023	CHATENAY	28				visuel du parc. En parallèle de ces actions le turbinier revoit la procédure et la fréquence des contrôles des machines après leur mise en service.	L'exploitant avance une perte économique de 3 M€ due à l'arrêt du parc. Après des survols par drone de l'éolienne calcinée, aucune preuve évidente de tentative d'effraction n'apparaît. L'exploitant analyse les données SCADA de la machine et les photos prises par le drone et les pompiers. Il identifie comme pouvant être à l'origine de l'incendie : un court-circuit sur le circuit de puissance ; un mauvais serrage des connexions entre la génératrice et les câbles de puissance ; un conduit d'échappement des poussières de la génératrice cassé qui aurait pu entraîner une quantité importante de poussières de charbon et créer un arc électrique ; un arc électrique à partir du slipring (bague collectrice) dû à la présence de poussières. L'exploitant signale que l'éolienne n'a pas fait remonter d'alarme ni d'avertissement avant le départ de feu. La dernière erreur connue sur cette machine est un déroulage de câble (opération récurrente sur des éoliennes) s'étant déroulé vers 1h30. L'exploitant identifie plusieurs points de dysfonctionnement concernant la chaîne d'alerte. L'éolienne n'était pas équipée de système de détection incendie au moment de l'évènement, entraînant l'incapacité de prévenir les secours dans le délai réglementaire de 15 min. L'exploitant met en place : des équipements de détection incendie sur l'ensemble des turbines du parc ; une checklist spécifique avant le redémarrage des autres éoliennes du parc. Il propose également de faire une inspection détaillée de chaque conduit d'échappement de génératrice et une mesure de résistance de la génératrice des autres turbines. Un nettoyage sera réalisé en cas de mesure hors critère.	Aria
Pale d'éolienne cassée par un impact de foudre	12/07/2023	CHANTERAIN	55				Vers 9 h, une équipe de maintenance intervient sur une turbine d'un parc éolien après une détection d'alarme. Elle constate la casse de l'une des pales de l'éolienne. L'équipe balise la zone autour de l'éolienne ainsi que les deux chemins d'accès. Le parc est mis à l'arrêt de manière préventive.	Un impact de foudre lors des intempéries de la veille au soir serait à l'origine de la détérioration.	Aria
Impact de la foudre sur une éolienne	16/07/2023	CHAUDEYRAC	48				Dans la nuit, lors d'un épisode orageux, la foudre touche la pale d'une éolienne dans un parc éolien. La pale est endommagée par l'impact.	L'exploitant balise la zone pour interdire l'accès. L'exploitant et l'équipe de maintenance positionnent l'éolienne vers le bas pour éviter une aggravation de la situation. Un arrêté municipal interdit l'accès au chemin rural à proximité. Le rotor de l'éolienne est bloqué en attente du remplacement de la pale.	Aria
Chute de pale d'éolienne à la suite d'un impact de foudre	12/09/2023	PATAY	45				Un morceau de pale de 2 m de longueur est retrouvé au sol dans un parc éolien. L'exploitant suspecte un impact de foudre d'après les premières constatations et au vu des conditions météorologiques précédent l'événement.	Le parc éolien est mis à l'arrêt par mesure de prévention et une inspection complète par drone est prévue.	Aria
Chute du nez d'une nacelle d'éolienne	16/11/2023	SAINT-CHARTIER	36				Lors d'une période ventée, le nez de la nacelle d'une éolienne tombe dans le champ d'une exploitation agricole. Le parc éolien est arrêté, et un balisage est mis en place. Les fixations de l'ensemble des nacelles du parc sont vérifiées. À la suite de l'événement, l'exploitant et le technicien de maintenance tentent de déterminer un moyen de suivre l'évolution de la fixation des nacelles en augmentant leur fréquence de vérification.		Aria
Impact de la foudre sur une pale d'éolienne	28/11/2023	NIEUIL	16				Au cours d'une inspection visuelle par drone sur un parc éolien, un impact de foudre est constaté au niveau d'une des pales d'une éolienne. Trois mois plus tard, la pale est réparée au sol par addition d'une plaque de pré-imprégné.	Au cours d'une inspection visuelle par drone sur un parc éolien, un impact de foudre est constaté au niveau d'une des pales d'une éolienne. Trois mois plus tard, la pale est réparée au sol par addition d'une plaque de pré-imprégné.	Aria

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information
Chute de l'extrémité d'une pale d'éolienne	11/02/2024	BEAUCAIRES		30			Vers 17h30, un riverain constate la chute de l'extrémité d'une pale d'une éolienne d'un parc éolien le long du RHÔNE. Le gestionnaire met à l'arrêt la turbine à distance. Un morceau de pale mesurant entre 7 et 10 m (400 kg) est retrouvé au sol. Un périmètre de sécurité de 350 m est mis en place pour sécuriser l'accès avec un gardiennage. Un balisage interdit l'accès au chemin de halage. Le parc est mis à l'arrêt et la pale endommagée est mise à la verticale pour éviter la dispersion de la fibre de verre présente dans celle-ci. Une inspection par drone est effectuée 2 jours plus tard pour visualiser les dégâts sur la pale. Le morceau de pale au sol est évacué.	La dernière inspection visuelle de cette pale l'avait classée en criticité 4 sur 5 et elle devait être réexamинée. Cependant, la casse est survenue avant que le contrôle ne soit refait. Le système instrumenté a perçu une défaillance à l'extrémité de la pale puisque l'arrêt pour détection de balourd s'est déclenché automatiquement. L'opérateur à distance a acquitté et relancé la rotation.	Aria
Incendie sur la nacelle d'une éolienne	22/03/2024	FRAMERVILLE-RAINECOURT		80			Vers 9 h, la nacelle d'une éolienne de 140 m de haut prend feu à proximité de l'A29. Une épaisse fumée grise s'en dégage. Les flammes progressent de l'arrière de la nacelle vers le rotor et l'une des pales. 20 minutes plus tard, le cache du rotor tombe au sol. Le parc de 6 éoliennes est mis à l'arrêt. Les pompiers mettent en place un périmètre de sécurité de 300 m. Vers 11h30, ils réalisent une reconnaissance par drone, qui permet de constater quelques foyers résiduels. L'incendie s'éteint vers 13 h. L'exploitant met en place un gardiennage permanent pour maintenir le périmètre de sécurité. Quatre jours après l'événement, l'exploitant enlève les éléments menaçant de tomber et met en place un filet pour sécuriser la nacelle, en attendant son démontage. Les champs situés dans le périmètre de sécurité restent inaccessibles en attendant de démonter la nacelle et de ramasser les débris de l'éolienne. Deux éoliennes couplées électriquement à l'éolienne incendiée ne sont pas redémarrées. Trois autres éoliennes seront inspectées avant redémarrage.	La veille de l'événement, l'éolienne a été mise à l'arrêt en raison d'un défaut sur le convertisseur. Le jour de l'événement, à 8h50, l'équipe de maintenance est intervenue sur la nacelle. À 9 h, elle a recouplé une cellule haute-tension et observé un dégagement de fumée.	Aria
Chute du nez de rotor d'une éolienne	26/03/2024	DOMART-EN-PONTHIEU		80			Vers 16 h, un exploitant agricole constate la chute du nez de rotor de la nacelle d'une éolienne. Il alerte l'exploitant de l'éolienne, qui arrête les six générateurs du parc. Une heure après, le gestionnaire du parc met en place un périmètre de sécurité. Le constructeur des éoliennes inspecte l'ensemble du parc afin de s'assurer de la tenue mécanique des éléments du carénage. Trois jours après l'événement, les cinq autres éoliennes sont remises en service. Trois semaines après l'événement, le nez de rotor est réparé et remonté par le constructeur, en changeant tous les éléments vissés. L'éolienne impactée est redémarrée.	À la suite de l'événement, l'exploitant : réalise une analyse des causes de l'événement ; modifie les vis de serrage du nez de rotor sur le parc concerné, en prévoyant le déploiement sur l'ensemble de ses parcs ; modifie la méthode de contrôle du serrage (notamment avec un marquage visuel) ; organise une inspection avec le constructeur pour contrôler le maintien dans le temps de l'état des composants liés au nez.	Aria
Incendie de la nacelle d'une éolienne	28/03/2024	DERVAL		44			Lors de la tempête Nelson, un feu se déclare au niveau de la nacelle d'une éolienne, entre 7h30 et 8 h. Les secours sont alertés vers 8 h par des automobilistes circulant sur la D775, puis par le gestionnaire. Les pompiers mettent en place un périmètre de sécurité de 200 m et surveillent l'absence de propagation de l'incendie. Ils n'interviennent pas sur l'incendie en raison de la hauteur de la nacelle. Des débris incandescents tombent régulièrement du haut du mât. Le frein du rotor est endommagé. Les pales de l'éolienne menacent de tomber en raison de l'incendie et des fortes rafales de vent. Le parc est découpé du réseau et les trois autres éoliennes mises à l'arrêt. Le gestionnaire informe les propriétaires et exploitants des parcelles alentours. L'incendie s'éteint vers 10 h. Vers 10h30, le gestionnaire signale la perte de balisage de l'éolienne. Il met en place un service de gardiennage permanent. Le lendemain, une entreprise spécialisée collecte une partie des débris tombés au sol.	Les analyses réalisées montrent un impact de l'incendie sur les végétaux mais pas sur les sols. L'exploitant procède au démantèlement des éléments endommagés un mois après l'événement. La nacelle et une partie des pales sont détruites. Des fibres calcinées dans l'incendie sont dispersées dans les champs et les fossés jusqu'à 800 m de l'éolienne. Le parc de 4 éoliennes reste à l'arrêt jusqu'à la détermination des causes. Quatre jours avant l'événement, l'éolienne a été mise à l'arrêt en raison d'un défaut sur le système d'orientation des pales. Vers 7h30, un témoin a aperçu un éclair au niveau de l'éolienne.	Aria
Chute d'un aérofrein dans un parc éolien	21/05/2024	PEUX-ET-COUFOULEUX		12			Vers 9h15, un aérofrein chute d'une éolienne venant d'être arrêtée. Les techniciens présents sur place entendent un bruit et retrouvent l'aérofrein, encore lié à son mécanisme, au pied du mat. Ils mettent en sécurité l'éolienne, interdisent l'accès à la zone et récupèrent l'aérofrein. Le lendemain, l'ensemble du parc est arrêté. L'exploitant réalise une analyse complète des pales de la machine 8 jours après l'événement. Le contrôle à distance de l'éolienne a reçu un code erreur 1h15 avant l'événement.	Les techniciens ont constaté une pression élevée dans le mécanisme des aérofreins. Arrivés sur site 15 min avant l'événement, ils ont remarqué qu'un aérofrein était dans une position anormale par rapport à l'axe de la pale et se sont éloignés de l'éolienne pour l'arrêter. Lors du dernier contrôle des pales réalisé 8 mois plus tôt, aucun défaut n'avait été constaté.	Aria
Impact de foudre sur une pale d'éolienne	19/09/2024	LA HOUSSAYE-BERANGER		76			La pale d'une éolienne subit un impact de foudre. Sept jours plus tard, lors d'une visite d'exploitation courante, l'exploitant découvre des dégâts importants sur la pale. Quatre impacts sont observés dont la pale, dont un susceptible d'être traversant, touchant également la partie structurelle en carbone de la pale. Le câble anti-foudre est endommagé. L'éolienne est mise en sécurité. Après plusieurs inspections, l'exploitant décide de démonter la pale pour la réparer. L'éolienne reste à l'arrêt en attendant	L'impact de foudre, d'une intensité de 315 kA, a dépassé la limite de 200 kA mentionnée dans la norme IEC 61400-24. L'endommagement de la pale n'a pas généré d'alarme des capteurs de vibration sur l'éolienne. L'exploitant prévoit d'améliorer le temps de détection des conséquences potentielles de la foudre sur ses parcs éoliens en établissant une	Aria

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information
							les réparations. L'éolienne, mise en service 1 an plus tôt, était en fonctionnement avant l'inspection et disposait d'un système d'évacuation du courant généré par la foudre.	convention avec un organisme spécialisé pour identifier les impacts de foudre importants proches des parcs.	

J.4 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 G.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).

J.4-1. SCÉNARIOS RELATIFS AUX RISQUES LIÉS À LA GLACE (G01 ET G02)

■ Scénario G01

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

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

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

■ Scénario G02

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

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

J.4-2. SCÉNARIOS RELATIFS AUX RISQUES D'INCENDIE (I01 À I07)

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

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

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

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

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

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

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

- Perte de réseau électrique : l'alimentation électrique de l'installation est nécessaire pour assurer le fonctionnement des éoliennes (orientation, appareils de mesures et de contrôle, balisage,...) ;

Perte de communication : le système de communication entre le parc éolien et le superviseur à distance du parc peut être interrompu pendant une certaine durée.

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

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

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

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

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

J.4-3. SCÉNARIOS RELATIFS AUX RISQUES DE FUITES (F01 À F02)

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

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

■ Scénario F01

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

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

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

Deux événements peuvent être aggravants :

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

■ Scénario F02

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

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

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

Ce scénario est à adapter en fonction des produits utilisés.

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

J.4-4. SCÉNARIOS RELATIFS AUX RISQUES DE CHUTE D'ÉLÉMENTS (C01 À C03)

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

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

J.4-5. SCÉNARIOS RELATIFS AUX RISQUES DE PROJECTION DE PALES OU DE FRAGMENTS DE PALES (P01 À P06)

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

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

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

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

■ Scénario P01

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

■ Scénario P02

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

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

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

■ Scénarios P03

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

J.4-6. SCÉNARIOS RELATIFS AUX RISQUES D'EFFONDREMENT DES ÉOLIENNES (E01 À E10)

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

- Erreur de dimensionnement de la fondation : Contrôle qualité, respect des spécifications techniques du constructeur de l'éolienne, étude de sol, contrôle technique de construction ;
- Non-respect des instructions de montage et/ou de maintenance : Formation du personnel intervenant
- Causes externes dues à l'environnement : séisme, ...

J.5 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 :

Événement 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*10-2	5 10-2 (A)
Chute d'éléments	10-3	1,8*10-2	1,8 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*10-6	1,8 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.

J.6 GLOSSAIRE

■ Évaluation des risques

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 adaptés 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) vivants ou matériels, sans préjuger l'existence de ces derniers. 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'écartier, pour une installation donnée, de la probabilité d'occurrence moyenne évaluée sur un ensemble d'installations similaires.

Attention aux confusions possibles :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

■ Termes spécifiques aux éoliennes

Les définitions suivantes sont issues de l'arrêté du 26 août 2011 modifié 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.

Mise en service industrielle : phase d'exploitation suivant la période d'essais et correspondant à la première fois que l'installation produit de l'électricité injectée sur le réseau de distribution.

Point de raccordement : point de connexion de l'installation au réseau électrique. Il peut s'agir entre autres d'un poste de livraison ou d'un poste de raccordement. Il constitue la limite entre le réseau électrique interne et externe.

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.

■ Sigles

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

ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement

SER : Syndicat des Énergies Renouvelables

FEE : France Energie Éolienne

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

EDD : Étude De Dangers

APR : Analyse Préliminaire des Risques

ERP : Établissement Recevant du Public

J.7 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 Éoliennes – 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 : Évaluation des barrières techniques de sécurité, INERIS, 2005
- [9] Arrêté du 26 août 2011 modifié au 10 décembre 2021 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., Leteurtrois 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

RWE

