



Projet éolien citoyen de Plessé (44)

PLESSEOLE
Octobre 2023

Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale

Sous-dossier 5-1 : Etude de dangers

Préambule à la lecture de l'étude de dangers

PLESSEOLE a initié un projet éolien sur la commune de Plessé dans le département de Loire-Atlantique (44).

L'étude de dangers précise les risques auxquels un ouvrage peut exposer la population, directement ou indirectement en cas d'accident, que la cause soit interne ou externe à l'ouvrage. Elle repose sur une démarche d'analyse des risques qui doit s'appuyer sur une description suffisante de l'ouvrage, de son environnement immédiat et éloigné, concerné par les causes ou les conséquences des accidents potentiels.

Citation recommandée	Biotope, 2023, Projet éolien citoyen de Plessé (44), Sous-dossier 5-1 : Etude de dangers. PLESSEOLE. 102 p.	
Version/Indice	V5	
Date	19/09/2023	
Nom de fichier	44_PLESSEOLE_EOL_PLESSE_5_1_EDD_V5.docx	
Maître d'ouvrage	SAS Plesseole Chez TERRITOIREPAGE ENERGIE 44 Bâtiment F - Rue Roland Garros 44700 Orvault	
Interlocuteur	M. Anaël CHRETIEN	Mail : anael.chretien@eo-coop.fr Téléphone : 06.95.70.50.78
Mandataire	BIOTOPE Agence Pays de la Loire	18 rue Paul Ramadier – 44200 NANTES paysdelaloire@biotope.fr
Biotope, Responsable du projet	Guillaume LEFRERE	Mail : glefrere@biotope.fr Téléphone : 02 40 05 32 30
Biotope, Rédacteur	Marie GUINTARD	Mail : mquintard@biotope.fr Téléphone : 02 40 05 32 39
Biotope, Responsable de qualité	Delphine GONCALVES	Mail : dgoncalves@biotope.fr Téléphone : 04.67.18.67.78
Date du contrôle qualité	13/06/2022	

Sommaire

1	Objectif de l'étude de dangers	6
1	Contexte législatif et réglementaire	7
2	Nomenclature des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement	7
2	Informations générales concernant l'installation	10
1	Renseignements administratifs	11
2	Localisation du site	11
3	Définition de l'aire d'étude	12
3	Description de l'environnement de l'installation	14
1	Environnement humain	15
1.1	Zones d'habitat	15
1.2	Etablissements recevant du public (ERP)	15
1.3	Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) et installations nucléaires de base	16
1.4	Autres activités	16
2	Environnement naturel	18
2.1	Contexte climatique	18
2.2	Risques naturels	20
2.3	Intérêts à protéger	20
3	Environnement matériel	23
3.1	Voies de communication	23
3.2	Réseaux publics et privés	23
3.3	Servitudes radars	23
3.4	Canalisation de transport	23
4	Synthèse des enjeux	25
4	Description de l'installation	27
1	Caractéristiques générales du parc éolien	28
1.1	Activité de l'installation	28
1.2	Composition de l'installation	28
2	Fonctionnement de l'installation	32
2.1	Principes de fonctionnement d'un aérogénérateur	32
2.2	Fonctionnement des différents éléments constitutifs de l'installation	32
2.3	Sécurité de l'installation	32
3	Fonctionnement des réseaux de l'installation	34
3.1	Réseau électrique	34
3.2	Autres réseaux	35
5	Identification des potentiels de dangers de l'installation	36
1	Potentiels de dangers liés aux produits	37
1.1	Inventaires des produits	37
1.2	Dangers des produits	37
1.3	Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation	37
2	Réduction des potentiels de dangers à la source	38
2.1	Principales actions préventives	38
2.2	Utilisation des meilleures techniques disponibles	39
6	Analyse des retours d'expérience	40
1	Inventaire des accidents et incidents en France	41
1.1	Base de données consultées	41
1.2	Inventaires des accidents en France	41
2	Inventaire des accidents et incidents à l'international	42
3	Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience	43
3.1	Analyse de l'évolution des accidents en France	43
3.2	Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents	43
4	Limites d'utilisation de l'accidentologie	44
7	Analyse préliminaire des risques	45
1	Objectif de l'analyse préliminaire des risques	46
2	Recensement des événements initiateurs exclus de l'analyse des risques	46
3	Recensement des agressions externes potentielles	46
3.1	Agression externes liées aux activités humaines	46
3.2	Agressions externes liés aux phénomènes naturels	47
4	Scénarios étudiés dans l'analyse préliminaire des risques	48
5	Effet dominos	51
6	Mise en place des mesures de sécurité	51
7	Conclusion de l'analyse préliminaire des risques	55
8	Etude détaillée des risques	56
1	Caractérisation des scénarios retenus	57
1.1	Effondrement de l'éolienne	57
1.2	Chute de glace	58
1.3	Chute d'éléments de l'éolienne	60
1.4	Projection de pales ou de fragment de pales	61
1.5	Projection de glace	63
2	Synthèse de l'étude détaillée des risques	65

2.1 Tableaux de synthèse des scénarios étudiés	65
2.2 Synthèse des effets dominos	65
2.3 Synthèse de l'acceptabilité des risques	65
2.4 Cartographie des risques	67

9 Conclusion 69

10 Annexes 71

1 Annexe 1 - Méthodologie	72
1.1 Comptage des populations	72
1.2 Analyse détaillée des risques	72
1.3 Probabilité	74
1.4 Niveau de risques et acceptabilité	74
2 Annexe 2 – Tableau de l'accidentologie française	75
3 Annexe 3 - Bibliographie et références utilisées	99
4 Annexe 4 - Glossaire	100

Tableau 19 : Probabilité du phénomène « Effondrement de l'éolienne »	58
Tableau 20 : Acceptabilité du phénomène « Effondrement de l'éolienne »	58
Tableau 21 : Intensité du phénomène « Chute de glace »	59
Tableau 22 : Nombre équivalent personnes permanentes – Chute de glace	59
Tableau 23 : Gravité du phénomène « Chute de glace »	59
Tableau 24 : Acceptabilité du phénomène « Chute de glace »	59
Tableau 25 : Intensité du phénomène « Chute d'éléments de l'éolienne »	60
Tableau 26 : Nombre équivalent personnes permanentes – Chute d'éléments d'éolienne	60
Tableau 27 : Gravité du phénomène « Chute d'éléments de l'éolienne »	60
Tableau 28 : Acceptabilité du phénomène « Chute d'éléments de l'éolienne »	61
Tableau 29 : Intensité du phénomène « Projection de pales ou de fragments de pales »	61
Tableau 30 : Nombre équivalent personnes permanentes – Projection	61
Tableau 31 : Gravité du phénomène « Projections de pales ou de fragments de pales »	62
Tableau 32 : Probabilité du phénomène « Projection de pales ou de fragments de pales »	62
Tableau 33 : Acceptabilité du phénomène « Projection de pale ou de fragment de pale »	62
Tableau 34 : Intensité du phénomène « Projection de morceaux de glace »	63
Tableau 35 : Nombre équivalent personnes permanentes – Chute d'éléments d'éolienne	63
Tableau 36 : Gravité du phénomène « Projection de glace »	64
Tableau 37: Acceptabilité du phénomène « Projection de morceaux de glace »	64
Tableau 38 : Synthèse des scénarios étudiés.	65
Tableau 39 : Matrice d'acceptabilité du risque.	65
Tableau 40 : Niveau d'acceptabilité des risques	70
Tableau 41 : Exposition selon la typologie des voies de communication	72
Tableau 42 : Degré d'exposition	73
Tableau 43: Echelle de gravité des conséquences sur l'Homme.	73
Tableau 44 : Echelle de gravité des conséquences sur l'Environnement	74
Tableau 45 : Echelle niveau de risque et acceptabilité	74

Liste des tableaux

Tableau 1 : Rubrique de la nomenclature ICPE	7
Tableau 2 : Communes concernées par le rayon d'affichage du projet	8
Tableau 3 : Renseignements du demandeur	11
Tableau 4: Liste des parcelles cadastrales et localisation des aérogénérateurs et du poste de livraison	12
Tableau 5 : Synthèse des risques naturels au droit de l'aire d'étude.	20
Tableau 6: Nombre équivalent-personnes permanentes dans l'aire d'étude (Cf. Méthodologie)	25
Tableau 7 : Caractéristiques des éoliennes équipant le parc	28
Tableau 8 : Coordonnées géographiques des différents éléments du parc	29
Tableau 9 : Description des différents éléments constitutifs de l'installation	32
Tableau 10 : Identification des dangers potentiels de l'installation.	37
Tableau 11 : Principales agressions extérieures liées aux activités humaines	46
Tableau 12 : Principales agressions extérieures liées à des phénomènes naturels.	47
Tableau 13 : Analyse des risques	49
Tableaux 14 : Mesures de sécurité	52
Tableaux 15 : Scénarii exclus	55
Tableau 16 : Intensité du phénomène « Effondrement éolienne »	57
Tableau 17 : Nombre équivalent personnes permanentes – Effondrement	57
Tableau 18 : Gravité du phénomène « Effondrement de l'éolienne »	58

Liste des illustrations

Figure 1. Diagramme ombrothermique de la station de Saint-Nazaire (données 1981-2010 - source : Météo France)	18
Figure 2. Ensoleillement mensuel moyen à la station de Saint-Nazaire (données 1991-2010 - source : Météo France)	18
Figure 3. Nombre moyen de jours aux températures inférieures à 0°C entre 18h et 6h et de jours de neige par mois à la station de Saint-Nazaire (données 1981-2010 - source : lameteo.org)	18

Figure 4. Direction et force des vents au niveau de la station de la Noé Blanche en Ile et Vilaine (à 10 mètres de hauteur) entre 2000 et 2008 (source : Météo France, données transmises par Plesseole)	19
Figure 5. Nombre moyen de jours d'orage par mois à la station de Saint-Nazaire (données 1981-2010 - source : lameteo.org)	19
Figure 6. Niveau kéraunique (Nk) par département (Norme NF C 17.100) (Source : energie-foudre.com)	19
Figure 7 : Les composants d'un parc éolien (Source : ADEME)	34
Figure 8. Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateur français entre 2000 et fin 2021 (source : aria.developpement-durable.gouv.fr, analyse : Biotope, 2022)	41
Figure 9 : Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2021 (source : CWIF, 2021)	42
Figure 10: Répartition des causes premières d'effondrement dans le monde entre 2000 et fin juin 2021 (source : CWIF, 2021)	42
Figure 11 : Répartition des causes premières de rupture de pale dans le monde entre 2000 et fin juin 2021 (source : CWIF, 2021)	42
Figure 12 : Répartition des causes premières d'incendie dans le monde entre 2000 et fin juin 2021 (source : CWIF, 2021)	43
Figure 13 : Nombre d'incident recensés en fonction de l'évolution de la filière entre 2000 et 2019.	43
Figure 14 : Préconisations de distances d'éloignement selon Enedis	47

Tableaux des cartes

Carte 1 : Périmètre d'affichage de l'enquête publique, Biotope 2023	9
Carte 2 : Plan de situation du projet	11
Carte 3 : Présentation des aires d'étude de l'étude de dangers	13
Carte 4 : Localisation des deux entités initiales de la ZIP	15
Carte 5 : Carte de synthèse de l'environnement humain	17
Carte 6 : Carte de synthèse de l'environnement naturel	22
Carte 7 : Carte de synthèse de l'environnement matériel	24
Carte 8 : Carte de synthèse des enjeux	26
Carte 9 : Plan de masse du projet	30
Carte 10 : Plan masse du projet - Focus sur les éoliennes	31
Carte 11 : Synthèse des zones d'effet des différents dangers	66
Carte 12 : Synthèse de l'étude détaillée des risques - E1	67
Carte 13 : Synthèse de l'étude détaillée des risques - E2	68
Carte 14 : Synthèse de l'étude détaillée des risques - E3	68

1

Objectif de l'étude de dangers



1 Objectif de l'étude de dangers

La présente étude de danger a pour objet de rendre compte de l'examen effectué par PLESSEOLE pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques du parc éolien citoyen de Plessé 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 de Plessé. Le choix de la méthode d'analyse utilisée et la justification des mesures de prévention, de protection et d'intervention sont adaptés à la nature et la complexité des installations et de leurs risques.

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

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

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

La présente étude est élaborée en suivant les préconisations du guide technique pour l'élaboration de l'étude de danger dans le cadre des parcs éoliens (INERIS, mai 2012).

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. 181-15-2 III° du Code de l'environnement :

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

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

1 Contexte législatif et réglementaire

Les objectifs et le contenu de l'étude de dangers sont définis dans la partie du Code de l'environnement relative aux installations classées. Selon l'article L. 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.

2 Nomenclature des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement

Conformément à l'annexe de l'article R. 511-9 du Code de l'environnement, modifié par le décret n° 2019-1096 du 28/10/19, les parcs éoliens sont soumis à la rubrique 2980 de la nomenclature des installations classées :

Tableau 1 : Rubrique de la nomenclature ICPE

Rubrique	Désignation de l'activité	Régime	Rayon d'affichage	Caractéristiques de l'installation
2980	Installation terrestre de production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent et regroupant un ou plusieurs aérogénérateurs 1. Comprenant au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m.	A	6 km	3 éoliennes d'une hauteur maximum de 180 m (mât d'une hauteur maximum de 122 m)

1 Objectif de l'étude de dangers

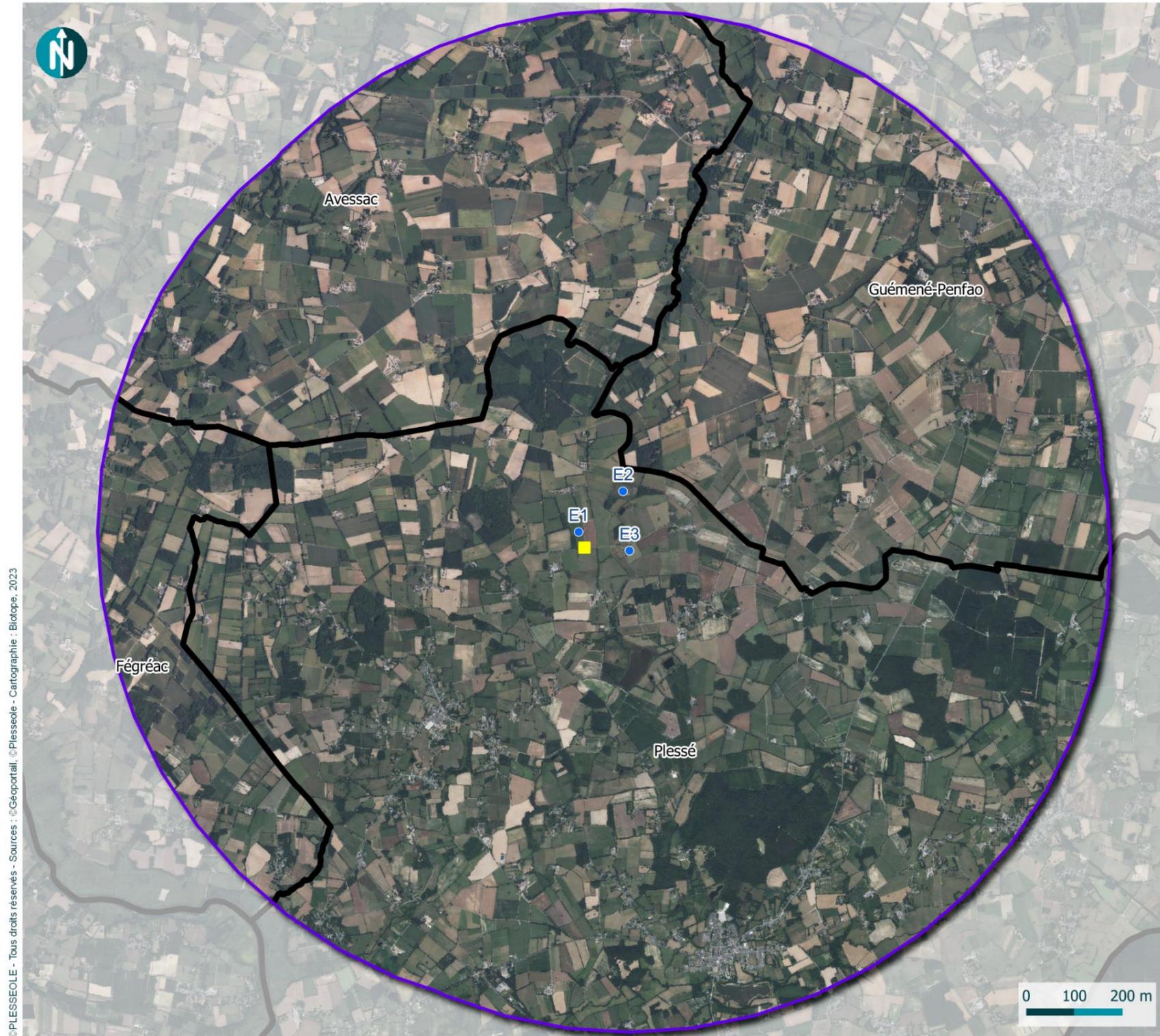
Le parc éolien citoyen de Plessé comprend au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m : cette installation est donc soumise à autorisation (A) au titre des installations classées pour la protection de l'environnement et doit présenter une étude de dangers au sein de sa demande d'autorisation d'exploiter.

Le rayon d'affichage est de 6 km. Il permet de définir le périmètre à l'intérieur duquel l'affichage de l'avis d'enquête publique est obligatoire. Les communes concernées par ce rayon d'affichage sont présentées dans le tableau ci-après.

Tableau 2 : Communes concernées par le rayon d'affichage du projet

Nom de la commune	Département	Code INSEE
A vessac	Loire-Atlantique	44007
Fégréac	Loire-Atlantique	44057
Guémené-Penfao	Loire-Atlantique	44067
Plessé	Loire-Atlantique	44128

1 Objectif de l'étude de dangers



Périmètre d'affichage de l'enquête publique

Projet de parc éolien de Plessé (44) - Etude de dangers

Légende

- Eolienne
- Poste de livraison (centroïde)
- Périmètre d'affichage de l'enquête publique (6 km)
- ▭ Limites communales



Carte 1 : Périmètre d'affichage de l'enquête publique, Biotopie 2023

2 Informations générales concernant l'installation



2 Informations générales concernant l'installation

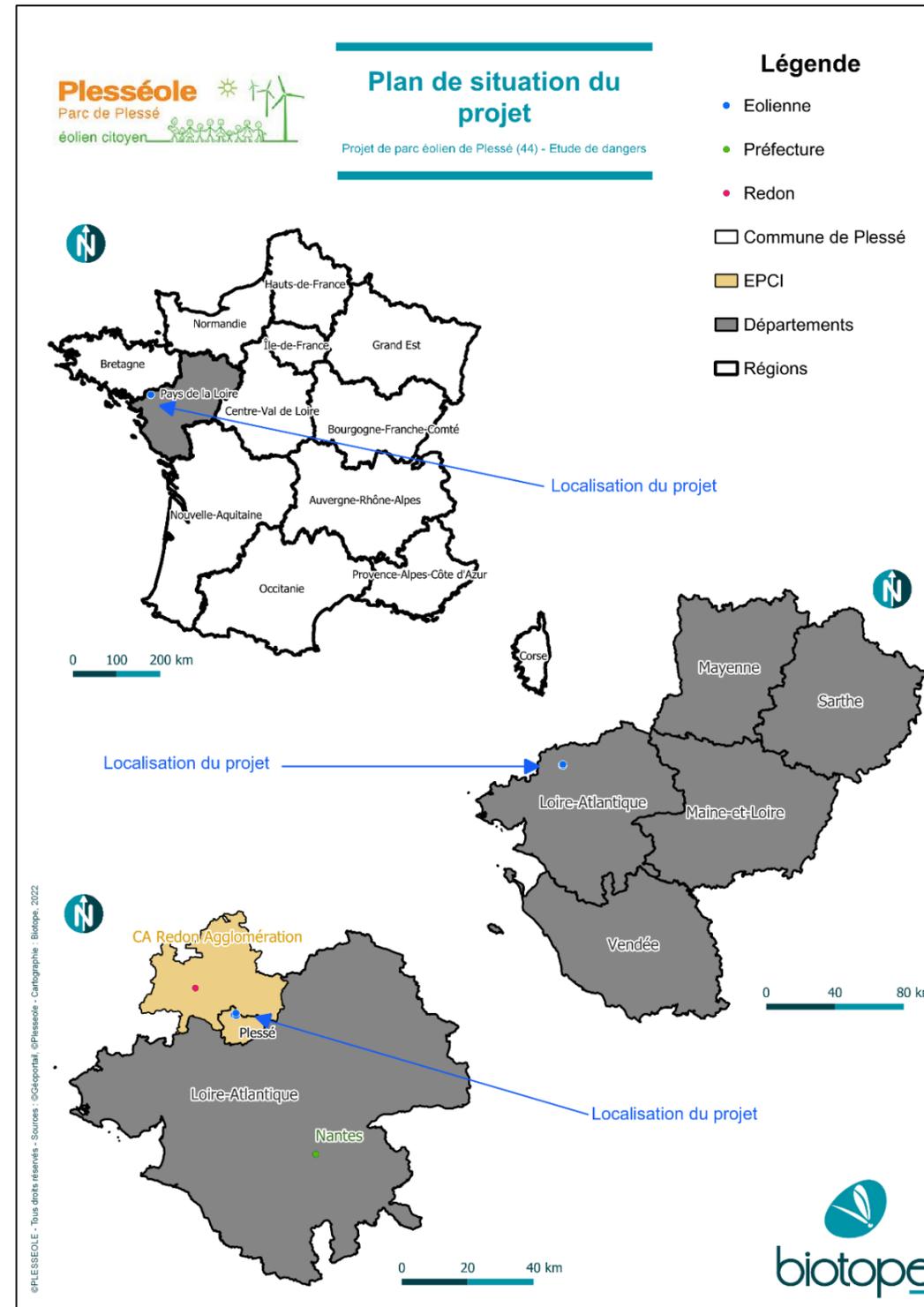
1 Renseignements administratifs

Tableau 3 : Renseignements du demandeur

Identification du Demandeur	
Demandeur	PLESSEOLE
Forme Juridique	SAS (Société par Actions Simplifiées)
Capital	5 913 euros
Téléphone	06 86 04 20 28
Siege Social	Chez SYDELA ENERGIE 44 Bâtiment F - Rue Roland Garros 44700 Orvault
Adresse d'exploitation	Pas d'établissement secondaire créé – sis parcelle AE44 / Saint-Joseph / 44630 Plessé
No. SIRET	84882478500010
No. De registre de Commerce	848824785 R.C.S. Saint Nazaire
Code APE	Production d'électricité (3511Z)
Signataire de la demande d'autorisation	Mr Vannson Gilles
Qualité	Président
Nationalité	Française

2 Localisation du site

Le projet du parc éolien citoyen de Plessé est localisé sur la commune de Plessé, à environ 19 km au sud-est de Redon dans le département de Loire-Atlantique (44) en région Pays de la Loire. Le site du projet est situé à environ 5 km au nord-ouest du centre du bourg, et s'insère dans une matrice agricole parsemée de haies et d'espaces boisés. Le parc de Plessé comportera 3 aérogénérateurs.



Carte 2 : Plan de situation du projet

2 Informations générales concernant l'installation

Les éoliennes seront implantées sur les parcelles cadastrales suivantes, aux coordonnées géographiques des aérogénérateurs suivantes :

Tableau 4: Liste des parcelles cadastrales et localisation des aérogénérateurs et du poste de livraison

Eolienne	Coordonnées Lambert 93		Section	Parcelle d'implantation/ survolée
	X	Y		
E1	330840	6732322	AE	47/44
E2	331392	6732828	ZD	2
E3	331473	6732088	ZD	32
Poste de livraison	330912	6732127	AE	44

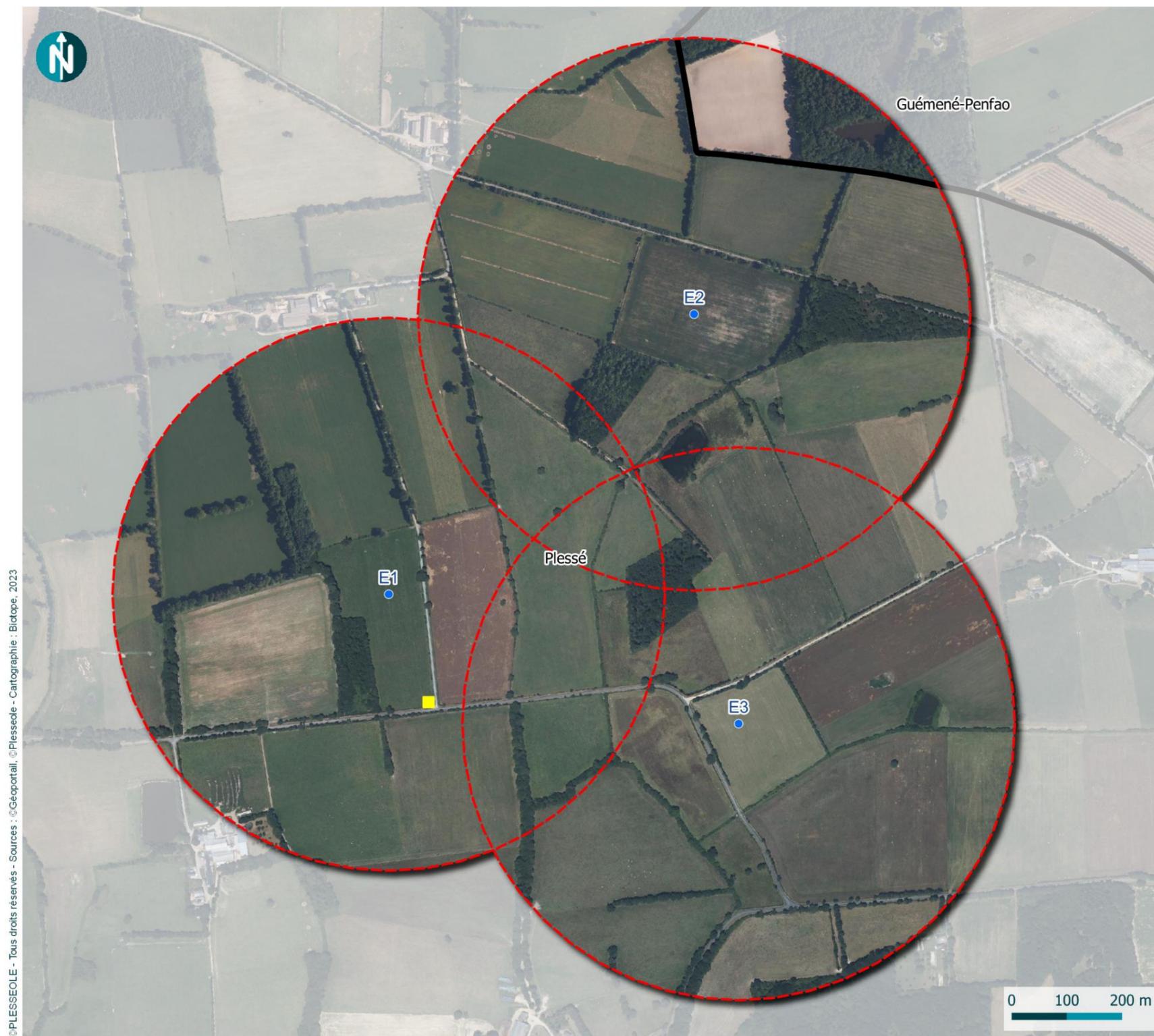
3 Définition de l'aire d'étude

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

Chaque aire d'étude correspond à l'ensemble des points situés à une distance inférieure ou égale à 500 m à partir de l'emprise du mât de l'aérogénérateur. Cette distance équivaut à la distance d'effet retenue pour les phénomènes de projection.

La zone d'étude se situe majoritairement sur la commune de Plessé et partiellement sur la commune de Guéméné-Penfao pour l'éolienne la plus au nord. Cette zone d'étude concerne les éoliennes mais aussi le poste de livraison.

2 Informations générales concernant l'installation



Aires d'étude de l'étude de dangers

Projet de parc éolien de Plessé (44) - Etude de dangers

Légende

- Eolienne
- Poste de livraison (centroïde)
- Aire d'étude (rayon de 500 m)
- ▭ Limites communales



©PLESSEOLE - Tous droits réservés - Sources : ©Géoportail, ©Plesséole - Cartographie : Biotopé, 2023

Carte 3 : Présentation des aires d'étude de l'étude de dangers

3 Description de l'environnement de l'installation

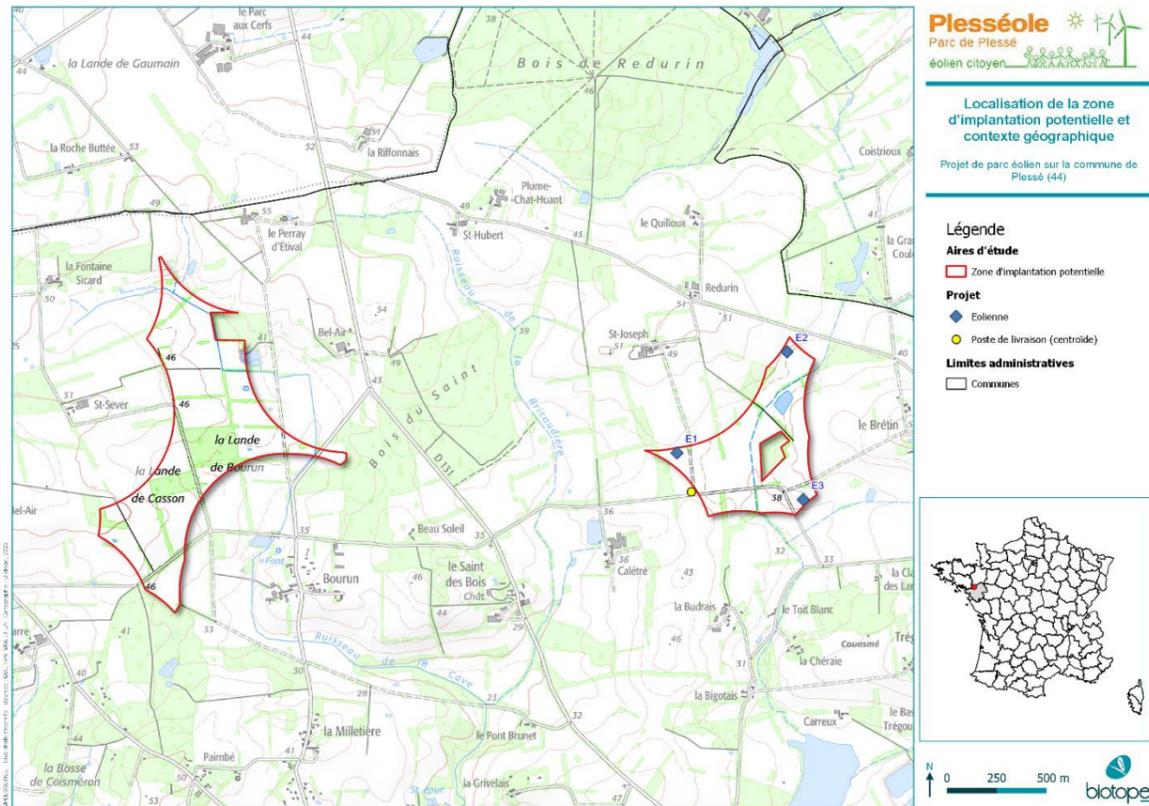


3 Description de l'environnement de l'installation

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

La description complète du site du projet et de son environnement est présentée dans la partie « Etat actuel de l'environnement et description de facteurs susceptibles d'être affectés » de l'Etude d'impact. Une synthèse de cette partie est proposée dans les paragraphes suivants, elle est complétée le cas échéant par des éléments pertinents dans le cadre de l'étude de dangers.

NB : La zone d'implantation potentielle étudiée dans l'étude d'impact est composée de deux entités. Bien que l'entité Ouest ne soit pas retenue au regard des enjeux environnementaux et que le projet prévoit l'implantation des éoliennes sur l'entité Est uniquement, certains éléments issus de l'étude d'impact et présentés dans ce chapitre concernent les deux entités.



Carte 4 : Localisation des deux entités initiales de la ZIP

1 Environnement humain

1.1 Zones d'habitat

1.1.1 Zones urbanisées

La zone d'étude de 500 mètres autour des éoliennes recouvre une partie du territoire de deux communes : Plessé et Guémené-Penfao.

Les communes de Plessé et Guémené-Penfao couvrent respectivement une superficie de 104,4 km² et de 105,5 km² pour 5 241 habitants (recensement 2016) et 5 215 habitants (recensement 2016), soit une densité de 50,2 et 49,4 hab./km². Elles font toutes les deux parties de l'unité urbaine Redon Agglomération.

L'habitat sur ces deux communes est essentiellement regroupé au niveau des bourgs de Plessé (à 5 km au sud-est de l'éolienne E3 la plus proche) et de Guémené-Penfao (à 7 km au nord-est de l'éolienne E2 la plus proche). La présence de quelques rares habitations isolées et de nombreux hameaux est également à noter. Les habitations isolées les plus proches se trouvent à plus de 500 mètres des trois éoliennes.

1.1.2 Zones urbanisables

La commune de Plessé s'est dotée d'un plan local d'urbanisme, approuvé le 18 décembre 2008 (après l'annulation de celui approuvé le 15 juin 2006). Trois modifications et une révision simplifiée ont ensuite été approuvées respectivement le 16 juin 2007, le 19 février 2009, le 28 janvier 2010 et le 29 janvier 2008.

Les zones U et AU les plus proches se trouvent à plus de 1 km des éoliennes E1 et E3.

1.2 Etablissements recevant du public (ERP)

L'aire d'étude n'accueille aucun ERP, les établissements les plus proches (hors vente en directe à la ferme) étant localisés à environ 3 km au sud dans le bourg Le Dresny.

Concernant les établissements dit « sensibles », le 4^{ème} Plan National Santé-Environnement (P.N.S.E.) établi pour la période 2021-2025 la liste les établissements dits « sensibles » :

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

Concernant le secteur, l'établissement dit sensible le plus proche est l'école privée Sainte Marie au Dresny, localisée à environ 3 km de l'éolienne E1 la plus proche. De ce fait, il n'existe pas d'établissement sensible sur l'aire d'étude, ni à proximité (< 1km).

3 Description de l'environnement de l'installation

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

Aucune entreprise SEVESO ni aucun plan de prévention des risques technologiques ne concerne l'aire d'étude.

Un parc éolien relevant de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE), autorisé et en fonctionnement est répertorié sur la commune d'Avessac, à plus de 4 km de l'aire d'étude.

Aucune autre installation classée pour la protection de l'environnement (ICPE) n'est localisée au sein de l'aire d'étude. Les ICPE (hors éoliennes) présentes dans un rayon de 2 km sont des installations agricoles, la plus proche étant située à environ 590 m à l'ouest de l'éolienne E2.

Aucune centrale nucléaire ne se trouve à proximité des communes et de l'aire d'étude. La commune de Plessé se trouve à plus de 100 km de toute centrale nucléaire française en activité.

1.4 Autres activités

Agriculture

L'aire d'étude est occupée en grande majorité par des parcelles cultivées ou des prairies. Aucun siège d'exploitation n'y est situé.

L'agriculture est une activité prédominante sur la commune de Plessé, il s'agit surtout d'une activité à dominante polyculture / polyélevage.

Tourisme

Sur Plessé, aucun hôtel, camping ou hébergement collectif n'est recensé (Source : Insee). Quatre gîtes – chambres d'hôtes sont toutefois recensés :

- Le gîte de la Chéraie, situé à 745 mètres au sud de l'éolienne E3 la plus proche. Le gîte est une ancienne ferme pouvant accueillir jusqu'à 5 personnes (d'après legitedelacheraie.fr) ;
- Le gîte du Chêne Blanc à 2,5 km au sud-est de l'éolienne E3 la plus proche, qui se compose de deux gîtes pour une capacité totale de 15 couchages (d'après le site gite-du-chene-blanc.fr) ;
- Le gîte de la Guiguenais, situé à 3,4 km au sud de l'éolienne E3 la plus proche. Ce gîte se compose de 6 couchages (d'après <http://laguiguenais.tilda.ws>) ;
- Le gîte de Cafny, situé à 4,1 km au sud de l'éolienne E3 la plus proche. Ce gîte dispose de 6 couchages (d'après www.gites.fr) ;
- Le gîte de la Croix Lambert située à 4,2 km au sud-est de l'éolienne E3 la plus proche. Ce gîte, une ancienne chapelle rénovée, dispose de 4 couchages (d'après gite-croixlambert.com) ;
- Un hébergement collectif au niveau de la salle de la Pierre Folle à 6,5 km au sud-ouest de l'éolienne E1 la plus proche (d'après le site pontchateau-saintgildasdesbois.com). Cet hébergement collectif est une ancienne école d'agriculture transformée en salle d'accueil et en hébergement collectif ;
- Le gîte Le Coin de Campagne, situé à 5,8 km au sud-est de l'éolienne E3 la plus proche ;
- La ferme de la Piardièrre située à 6,7 km au sud-est de l'éolienne E3 la plus proche qui regroupe plusieurs hébergements de vacances d'une capacité d'accueil totale de 28 personnes (d'après lafermedelapiardièrre.com) ;
- Le gîte Au Pressoir Sans Pression, situé à environ 8,3 km au sud-ouest de l'éolienne E3 la plus proche. Ce gîte, composé de trois chambres d'hôtes, comptabilise au total 6 couchages (d'après www.au-pressoir-sans-pression.fr).

Un autre gîte est présent à proximité de l'aire d'étude immédiate sur la commune d'Avessac :

- Le relais source Préguins proposant deux gîtes pour une capacité totale de 15 personnes. Ce relais est localisé à 3 km au nord-ouest de l'éolienne E1 la plus proche.

Loisirs et culture

L'étang de Buhel, qui accueille une base de loisir (Wake Park) est un lieu orienté vers les activités de pleine nature (sports nautiques). Cet étang est localisé au sud du bourg de Plessé à plus de 5 km de l'aire d'étude.

La commune de Plessé accueille également un hippodrome. Ce dernier est localisé à environ 2,6 km au sud-est de l'aire d'étude.

Un aérodrome privé est également présent au nord de la commune de Plessé à 700 m environ de l'aire d'étude.

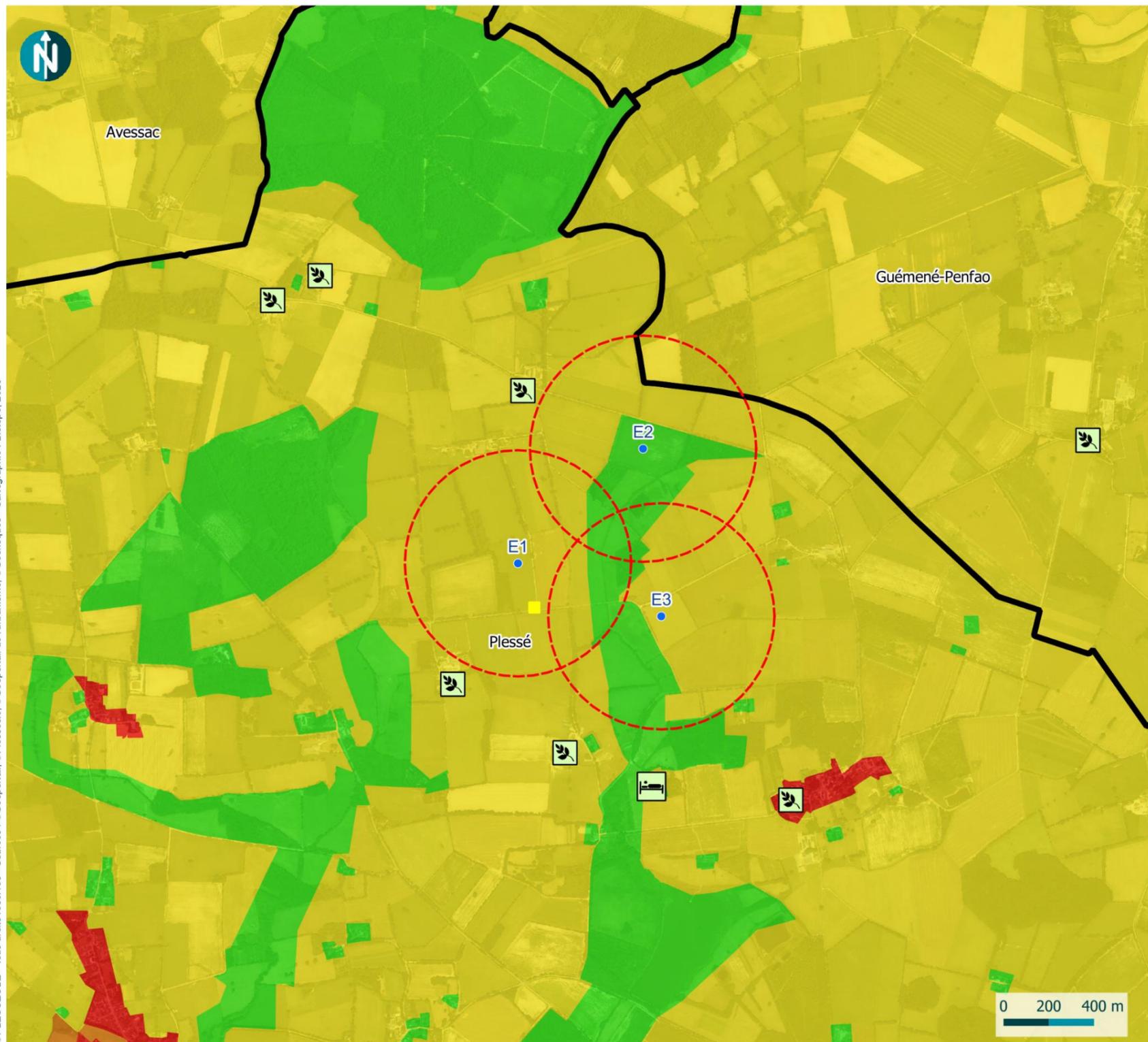
Un karting est également présent sur la commune de Plessé. Il est localisé à plus de 8 km de la ZIP. Un accrobranche (accrobranche du bois aux daims) existe également à près de 5 km de la ZIP.

La pêche (au niveau de l'étang du Buhel notamment) ainsi que la chasse sont pratiquées sur Plessé. Cette dernière est réglementée dans le département par un schéma départemental de gestion cynégétique (SDGC) 2020-2026, en cours d'approbation.

En parallèle, Plessé et les communes limitrophes sont dotées d'un **réseau de petites randonnées** mettant en valeur leur patrimoine architectural, paysager et naturel. Toutefois, aucun circuit de randonnée inscrit au Plan départemental des itinéraires de promenade et de randonnée (PDIPR) ne traverse l'aire d'étude (source : Département de Loire-Atlantique).

Ainsi, sur l'aire d'étude, il n'existe pas d'activité nécessitant la présence permanente d'un ou plusieurs usagers, tout au long de l'année. L'aire d'étude est toutefois, selon la période de l'année, ponctuellement fréquentée par les promeneurs, les agriculteurs et les chasseurs.

3 Description de l'environnement de l'installation



Environnement humain

Projet de parc éolien de Plessé (44) - Etude de dangers

Légende

Eléments du projet

- Eolienne
- Poste de livraison (centroïde)
- Aire d'étude (rayon de 500 m)

Zonages des documents d'urbanisme au sein de Redon Agglomération

- A
- AU
- U
- N

Autres

- ICPE
- Gîtes / chambres d'hôtes
- Limites communales



Carte 5 : Carte de synthèse de l'environnement humain

3 Description de l'environnement de l'installation

2 Environnement naturel

2.1 Contexte climatique

Avec sa façade océanique orientée vers l'Ouest et un relief peu accentué, le climat de la Loire-Atlantique est de type tempéré océanique, humide, doux et peu changeant d'une localité à l'autre du département.

Les données concernant les températures, précipitations, l'ensoleillement et la foudre sont issues de la station météo de la ville de Saint-Nazaire (fiche météorologique de Météo France), située à environ 47 km de l'aire d'étude immédiate.

2.1.1 Températures et précipitations

Les données disponibles sur la station météorologique de Saint-Nazaire montrent que sur une période de 29 ans (1981-2010), les précipitations sont présentes toute l'année, avec des précipitations plus marquées entre octobre et janvier et des précipitations plus faibles entre juin et août.

Le maximum des précipitations a lieu en octobre avec 94 mm. Le minimum de précipitations est relevé en août avec 35 mm.

La hauteur moyenne annuelle des précipitations sur la période 1981-2010 est de 775 mm.

La température moyenne annuelle minimale pour la station de Saint-Nazaire est de 8,1°C et maximale de 16,6°C. La courbe de températures moyennes pour la même période montre une amplitude thermique modérée entre l'hiver et l'été, caractéristique du climat tempéré océanique.

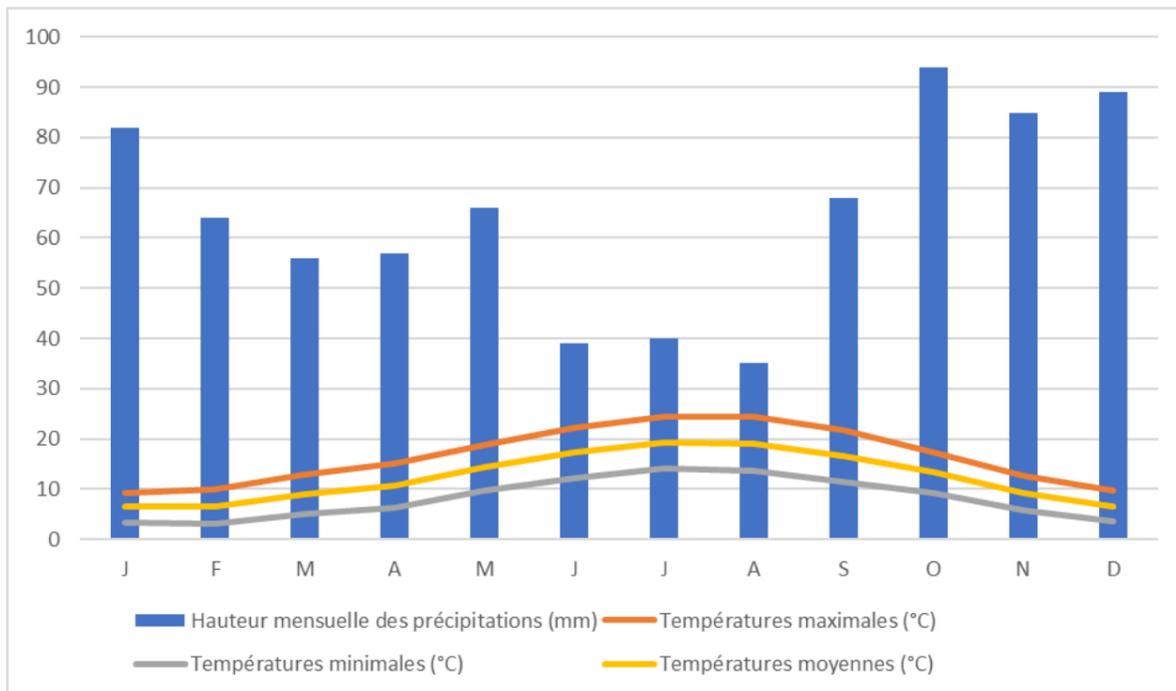


Figure 1. Diagramme ombrothermique de la station de Saint-Nazaire (données 1981-2010 - source : Météo France)

2.1.2 Ensoleillement

Sur la station météorologique de Saint-Nazaire, la durée moyenne d'ensoleillement annuel enregistrée est de 1894 h sur la période 1991 – 2010.

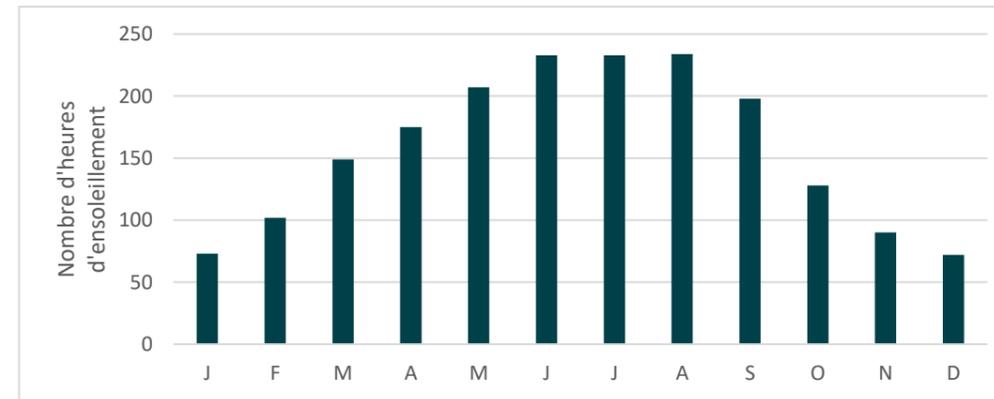


Figure 2. Ensoleillement mensuel moyen à la station de Saint-Nazaire (données 1991-2010 - source : Météo France)

2.1.3 Evènements climatiques ponctuels

Gel et neige

Sur l'année, 32,1 jours sont concernés par une température minimale mesurée entre 18h et 6h (Tn) inférieure à 0°C, dont 3,5 jours avec une température Tn inférieure à -5°C. Le nombre de jours de gel est donc peu important.

La neige est rare en Loire-Atlantique et le phénomène ne produit localement que quelques jours de neige par an. La station de Saint-Nazaire enregistre une moyenne de 3,2 jours de neige / an.

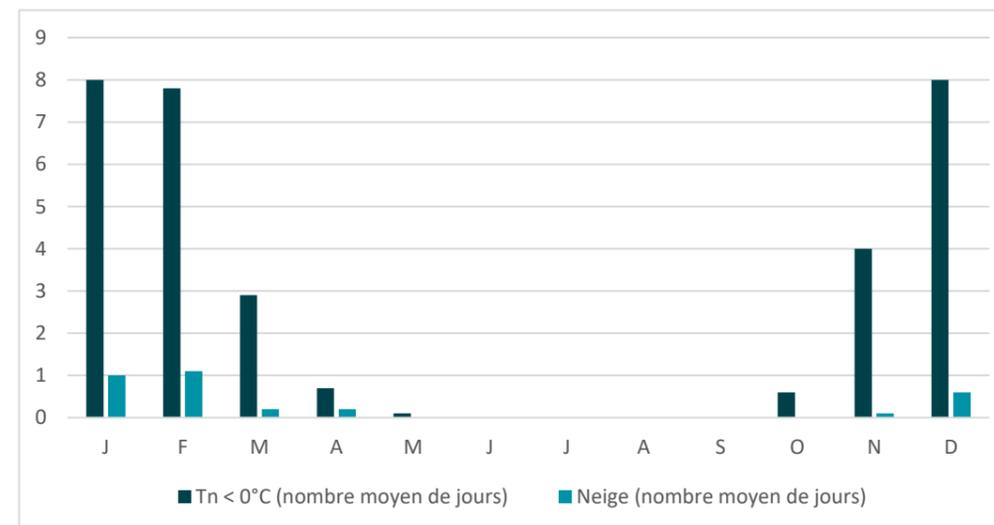


Figure 3. Nombre moyen de jours aux températures inférieures à 0°C entre 18h et 6h et de jours de neige par mois à la station de Saint-Nazaire (données 1981-2010 - source : lameteo.org)

3 Description de l'environnement de l'installation

2.1.4 Analyse des vents

Le modèle météorologique AROME utilisé par ETD, le bureau d'études en charge de l'étude vent sur le projet éolien de Plessé, confirme que les vents sud-ouest sont dominants sur Plessé. Ces vents dominants sont également confirmés par l'historique de la station Météo France de la Noé Blanche en Ile-et-Vilaine.

Les données récoltées sur la station Météo France de la Noé Blanche entre 2000 et 2008 montrent que la vitesse moyenne du vent est de 4,14 mètres par seconde.

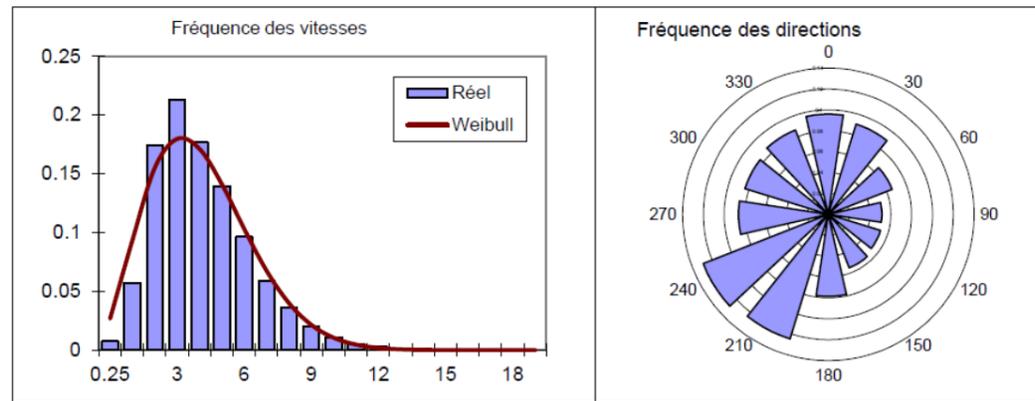


Figure 4. Direction et force des vents au niveau de la station de la Noé Blanche en Ile et Vilaine (à 10 mètres de hauteur) entre 2000 et 2008 (source : Météo France, données transmises par Plesseole)

Le nombre de jours avec vents forts est relativement peu important entre 2000 et 2008 sur la station de la Noé Blanche en Ile et Vilaine avec des vents ne dépassant pas 18 m/s à une fréquence très peu élevée (2 jours durant lesquels le vent a été enregistré à 18 m/s).

2.1.5 La foudre

La station de Saint-Nazaire enregistre un nombre moyen de jours d'orage/an relativement peu important avec 11,9 jours d'orages/an.

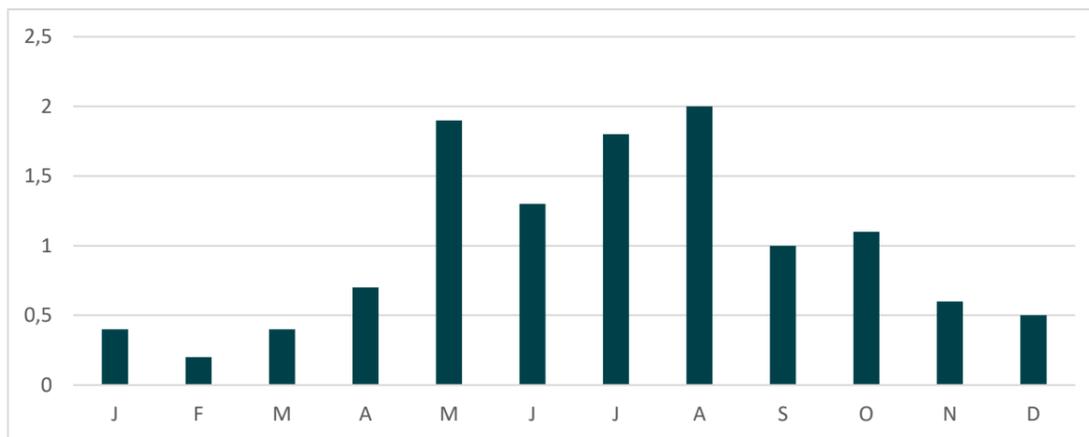


Figure 5. Nombre moyen de jours d'orage par mois à la station de Saint-Nazaire (données 1981-2010 - source : lameteo.org)

Le niveau kéraunique (Nk) correspond au nombre d'orages et plus précisément, au nombre de coups de tonnerre entendus dans une zone donnée ; sachant que la foudre frappe environ 1 fois pour 10 coups de tonnerre entendus. Cette mesure est très souvent la référence pour juger l'activité orageuse d'un secteur et pour définir les zones où la pose de protection foudre (parafoudre) devient obligatoire (Nk supérieur ou égale à 25). La carte du niveau kéraunique de France qui représente ce risque lié aux impacts de foudre indique que **le département de la Loire-Atlantique et par conséquent l'aire d'étude immédiate sont concernés par moins de 25 Nk** (8 Nk enregistré sur le département). Ce qui signifie qu'aucune mesure de protection de foudre n'est obligatoire sur le site du projet éolien.

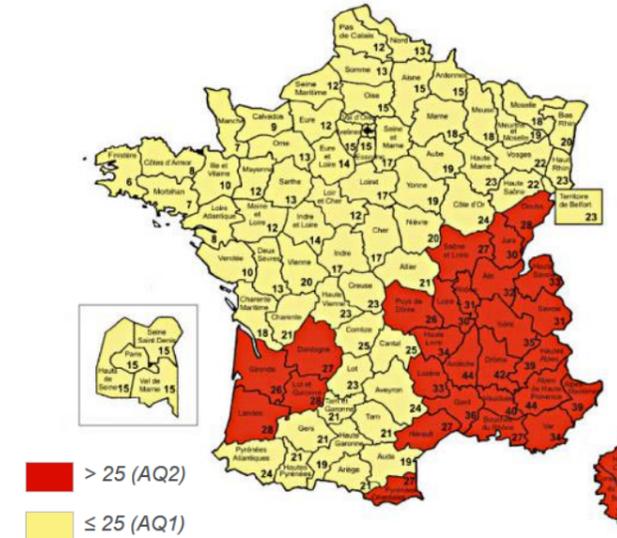


Figure 6. Niveau kéraunique (Nk) par département (Norme NF C 17.100) (Source : energie-foudre.com)

3 Description de l'environnement de l'installation

2.2 Risques naturels

Le Dossier Départemental des Risques Majeurs ou DDRM de Loire-Atlantique est le document de porter à connaissance du public des risques majeurs naturels et technologiques. Il détermine six risques naturels majeurs principaux au niveau de la commune de Plessé.

Tableau 5 : Synthèse des risques naturels au droit de l'aire d'étude.

Type de risque	Risque	Commune concernée	Situation	Plan Particulier ou de Prévention s'appliquant	Niveau de risque au sein de l'aire d'étude
Risques naturels	Inondation	Plessé	Lié à la présence de la Vilaine, du Don et de l'Isac à plus de 5 km de l'aire d'étude	Atlas des Zones Inondables (AZI) du bassin versant des affluents de la Vilaine, la Chère, le Don et l'Isac, diffusé en novembre 2006 Plan de Prévention des Risques d'Inondations (PPRI) du bassin aval de la Vilaine, approuvé le 3 juillet 2002	Non concernée (hors zones inondables et réglementées) Risque de remontée de nappes avec inondations de caves
	Radon		Commune concernée par un potentiel de radon	/	Concernée dans sa totalité
	Séisme		Commune concernée par un risque sismique faible.	Zonage national	Concernée dans sa totalité
	Feu de forêt		Le risque feux de forêt est faible sur l'aire d'étude	/	Petits boisements isolés au sein de l'aire d'étude
	Tempête		Commune soumise à un risque faible de tempête	/	Concernée dans sa totalité
	Mouvement de terrain		Absence de cavités souterraines. Aucun autre évènement recensé.	/	Aléa de retrait/gonflement des argiles faible

2.3 Intérêts à protéger

Ressources en eau

L'aire d'étude immédiate est concernée par la masse d'eau souterraine FRGG015 nommée « Vilaine », d'une superficie de 11 029 km². Il s'agit d'une nappe de socle libre dans sa totalité, ce qui est donc le cas au niveau de l'aire d'étude. Cela signifie que des mouvements d'eau peuvent s'opérer directement entre cette masse d'eau et le sol (infiltration d'eau, remontée de nappe). Les aquifères de socle libre correspondent à des zones de roches fracturées ou éventuellement à des bancs de roches désagrégées par les processus d'altération superficielle, où la réserve en eau exploitable reste limitée (à la faveur des fractures de la roche).

Un prélèvement à destination agricole (irrigation) est présent au nord de l'entité est de l'aire d'étude. Un autre est présent à proximité de cette même entité :

- Le compteur Potais ayant prélevé 10 820 m³ en 2016 ;
- Le compteur Calestré ayant prélevé 11 080 m³ en 2016.

Aucun prélèvement n'est présent sur l'aire d'étude. Le captage d'eau potable le plus proche est localisé sur la commune de Genrouet, à plus de 8 km au sud-est de l'aire d'étude immédiate.

Réseau hydrographique

L'aire d'étude de l'entité ouest est traversée, dans ses parties est et nord, par la masse d'eau superficielle FRGR1047 nommée « Le Beaumont et ses affluents depuis sa source jusqu'à la confluence avec l'Isac ». L'aire d'étude de l'entité est est traversée par la masse d'eau superficielle FRGR1061 nommée « Le basse marée et ses affluents depuis la source jusqu'à la confluence avec l'Isac ».

A proximité de l'aire d'étude, se trouvent deux autres masses d'eau superficielles. Il s'agit de la masse d'eau FRGR1082 nommée « Les Forges et ses affluents depuis la source jusqu'à la confluence avec le Don », située à moins d'un kilomètre au nord de l'entité est ; et de la masse d'eau FRGR1079 nommée « Le Dreneuc et ses affluents depuis la source jusqu'à la confluence avec le canal de Nantes à Brest », située à environ 1,3 km au nord-ouest de l'entité ouest.

Deux cours d'eau, répertoriés dans l'inventaire du SAGE Vilaine, intersectent les deux entités de l'aire d'étude immédiate : le Beaumont (entité ouest) et un affluent du Basse marée (entité est).

Zones humides

La donnée de prélocalisation des zones humides du département de Loire-Atlantique met en évidence quelques zones humides probables au sein de l'aire d'étude, le long du cours d'eau Le Basse Marée.

La commune de Plessé a fait l'objet d'un inventaire des zones humides (validation en avril 2018). Plusieurs zones humides ont été inventoriées au sein de l'aire d'étude. Ces zones humides sont localisées le long du cours d'eau du Beaumont et d'un affluent du Basse Marée.

Les expertises de terrain menées en 2019 et 2020 sur les deux entités ont permis d'identifier localement plusieurs végétations caractéristiques de zones humides (habitats naturels ou végétation inscrits à l'arrêté du 1er octobre 2009 modifiant l'arrêté du 24 juin 2008 précisant les critères de définition et de délimitation des zones humides en application des articles L. 214-7-1 et R. 211-108 du code de l'environnement) :

- De gazons amphibies à Glycérie flottante d'une surface de 0,13 ha ;
- De gazons annuels exondés / gazons vivaces exondés d'une surface de 0,24 ha ;
- D'un bas-marais d'une surface de 0,01 ha ;
- De landes atlantiques (humides) de 0,71 ha ;
- De prairies hygrophiles acidoclines pâturées de 18,63 ha ;
- De prairies hygrophiles de fauche d'une surface de 16,93 ha ;
- De prairies humides mésotrophes à eutrophes d'une surface de 8,57 ha ;

3 Description de l'environnement de l'installation

- D'une roselière d'une surface de 0,01 ha ;
- D'une mégaphorbiaie d'une surface de 0,47 ha ;
- D'une saulaie marécageuse d'une surface de 0,34 ha.

Quelques végétations n'ont pas été mises en évidence par l'inventaire communal telles que les prairies humides eutrophes localisées au sud de l'entité ouest de l'aire d'étude.

En parallèle, 45 sondages pédologiques ont été réalisés pour caractériser les sols pour lesquels la végétation n'a pas pu permettre de mettre en évidence le caractère humide ou non de la zone. Vingt-sept de ces sondages sont caractéristiques de zones humides.

Aucune des trois éoliennes ne sera située au sein d'une zone humide.

Éléments boisés et bocagers

Plusieurs haies identifiées comme patrimoine paysager à protéger par le PLU de Plessé et un Espace Boisé Classé (EBC) sont présents au sein de l'entité Est.

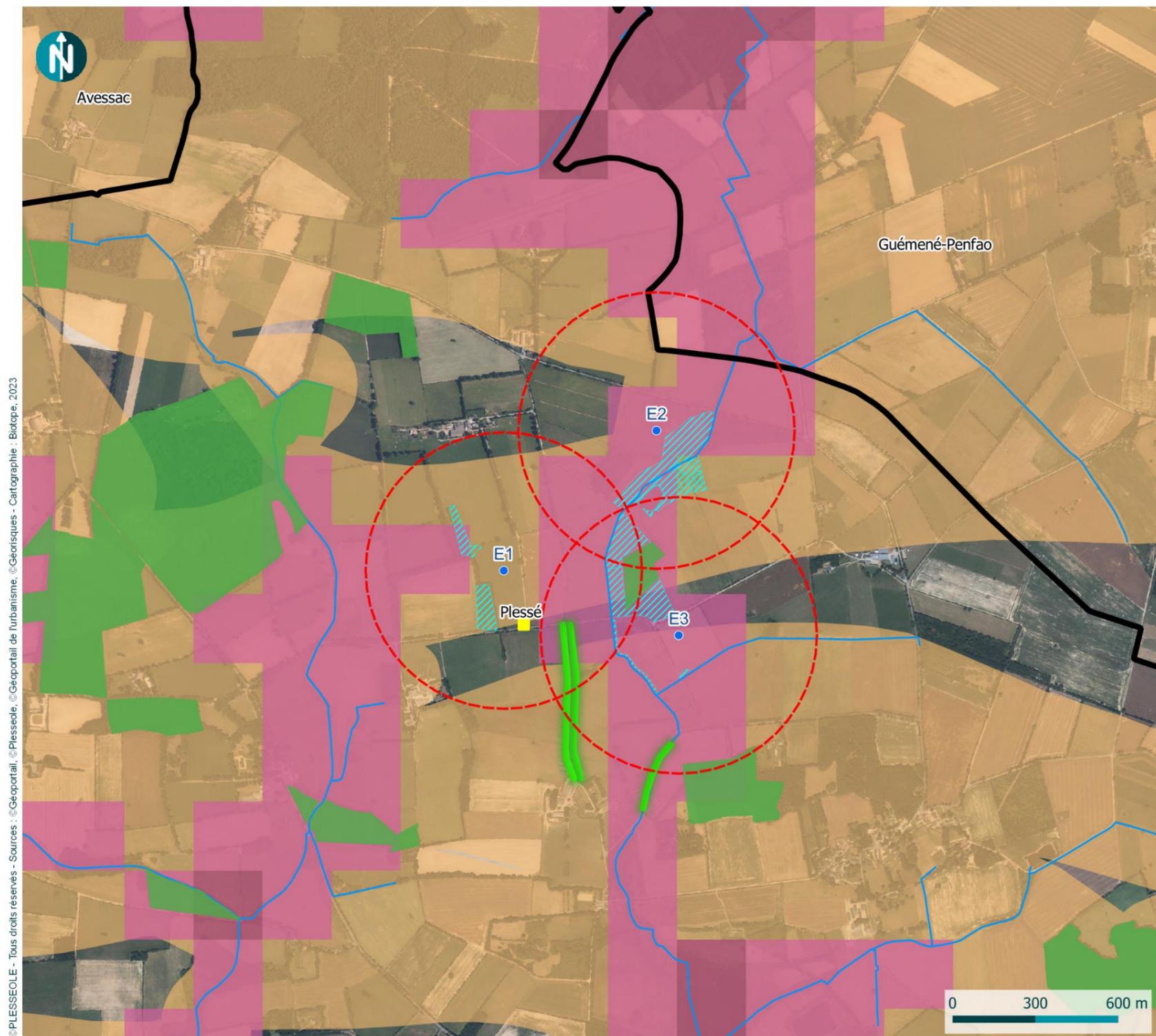
L'aire d'étude immédiate, située au nord de la Loire-Atlantique, présente un climat au régime océanique altéré. Le nombre de jours de gel est faiblement important et la neige est rare. Le risque de foudre est faible. Les vents de secteurs nord-est sont dominants sur la station la plus proche (Saint-Nazaire), avec un nombre de jours avec vents forts peu important.

L'aire d'étude est soumise à six risques naturels majeurs : inondation, radon, séisme, feu de forêt, tempête et mouvement de terrain.

Deux cours d'eau, répertoriés dans l'inventaire du SAGE Vilaine, intersectent les deux entités de l'aire d'étude immédiate : le Beaumont (entité ouest) et un affluent du Basse marée (entité est). Un prélèvement à destination agricole (irrigation) est présent au nord de l'entité est. Un autre est présent à proximité de cette même entité.

Plusieurs zones humides, espaces boisés classés et haies à protéger sont localisés dans l'aire d'étude.

3 Description de l'environnement de l'installation



Environnement naturel

Projet de parc éolien de Plessé (44) - Etude de dangers

Légende

Eléments du projet

- Eolienne
- Poste de livraison (centroïde)
- Aire d'étude (rayon de 500 m)

Risque mouvement de terrain

Aléa retrait-gonflement des argiles

- Faible

Risque inondation

Sensibilités aux remontées de nappe

- Zones potentiellement sujettes aux débordements de nappe
- Zones potentiellement sujettes aux inondations de cave

Autres

- Cours d'eau réglementaire
- ▨ Délimitation des zones humides
- Haies à protéger (PLU de Plessé)
- Espace Boisé Classé (PLU de Plessé)
- Limites communales



Carte 6 : Carte de synthèse de l'environnement naturel

3 Description de l'environnement de l'installation

3 Environnement matériel

3.1 Voies de communication

3.1.1 Voies routières

L'autoroute la plus proche est l'A11, à plus de 41 km au sud de l'aire d'étude immédiate. La route nationale 137, reliant Rennes et Nantes, est située à environ 17 km à l'est de l'AEI.

L'aire d'étude immédiate n'est pas traversée par des routes départementales. Les deux entités de l'aire d'étude immédiate sont toutefois localisées à proximité de la route départementale 131 qui relie Avesnac à Plessé et la route départementale 35 qui relie Châteaubriant à Fégréac. Plusieurs voies communales et/ou chemins ruraux raccordés à la RD131 traverse l'aire d'étude.

Les routes départementales 131 et 35 font partie du réseau routier principal de catégorie 2 du Département, qui regroupe les axes d'intérêt départemental (source : Schéma routier, 2012). Un règlement départemental de la voirie a été adopté. :

- L'article 37 relatif aux conditions d'implantation d'éoliennes en bordure ou à proximité de voies départementales précise que la **distance entre la limite du domaine public et l'axe du mât d'une éolienne doit être égal ou supérieure au rayon de la pale**, quelle que soit la hauteur du mât. Aucun surplomb du domaine public ne sera autorisé.
- L'accès aux équipements liés aux installations des éoliennes est réglementé selon les dispositions des articles 19 et 20 du règlement. Les accès directs sont interdits sur les routes départementales de catégorie 2 (cas de la RD33) (par exemple, pas d'accès direct à un poste de livraison ou à une plateforme d'éolienne). L'aménagement des accès indirects (desserte) est soumis à autorisation.
- Enfin, les constructions nécessaires à l'exploitation d'éoliennes (postes de livraison) doivent respecter une distance de sécurité de 7 mètres par rapport au bord de la chaussée des routes départementales (article 36).

Le Département de Loire-Atlantique a indiqué, lors de la préconsultation, qu'aucun projet routier n'était prévu à proximité de l'aire d'étude immédiate à ce jour.

3.1.2 Voies ferrées

Absence de voies ferrées sur l'aire d'étude. La voie ferrée la plus proche de l'aire d'étude immédiate se situe à plus de 8,5 km à l'ouest, correspondant à la ligne empruntée par le train Nantes-Redon.

3.1.3 Voies navigables

Absence de voies navigables sur l'aire d'étude.

3.1.4 Transport aérien

La Direction de la circulation aérienne militaire et la Direction Générale de l'Aviation civile seront consultées officiellement lors de l'instruction du dossier d'autorisation environnementale du présent projet. La préconsultation de la Direction générale de l'aviation civile en mai 2020 indique que la ZIP est située « *en dehors des zones intéressées par des servitudes aéronautiques et radioélectriques associées à des installations de l'aviation civile et ne sera pas gênant au regard des procédures de circulation aérienne publiées* ». La préconsultation de la Direction de la circulation aérienne militaire en mai 2022 indique que le projet « ne fait l'objet d'aucune prescription locale, selon les principes actuellement appliqués ».

La zone d'implantation potentielle se situe à 700 m de l'aérodrome privé de Plessé ouvert aux ULM. L'implantation d'éoliennes dans ce secteur peut donc remettre en cause l'exploitation de cette plateforme non protégée par un plan de servitudes aéronautiques. Le propriétaire a transmis son accord écrit au développement d'un projet éolien sur la zone d'implantation potentielle.

3.2 Réseaux publics et privés

Aucun faisceau hertzien des différents opérateurs (téléphonie, internet, télévision), ni aucune servitude radioélectrique (PT1, PT2, PT2LH) ne traverse ni ne longe l'aire d'étude.

3.3 Servitudes radars

Des volumes de protection doivent être pris en considération autour des radars dédiés à l'aviation civile (radar primaire, secondaire, VOR), indiqués dans l'annexe VI de la circulaire du 12 janvier 2012 relative à l'instruction des projets éoliens par les services de l'aviation civile.

L'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020, relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie éolienne, indique une distance minimale à respecter vis-à-vis des radars utilisés dans le cadre des missions de sécurité météorologique des personnes et des biens (de 10 à 30 km selon le type de radar).

L'aire d'étude se situe en dehors de l'ensemble des volumes de protection, au regard de l'éloignement des différents radars. Le radar météorologique le plus proche de la zone d'implantation potentielle est celui de Treillières, de bande C, qui est localisé à 33 km de la ZIP. Au regard de la distance vis-à-vis des radars météorologiques, la Direction interrégionale Ouest de Météo France n'a pas relevé de contraintes réglementaires spécifiques pour la réalisation du projet éolien lors de sa consultation en février 2020.

Concernant les radars militaires, l'instruction du 18 juin 2021 (instruction n°1050/DSAE/DIRCAM relative aux traitements des dossiers obstacles) précise les modalités de traitement d'un dossier d'autorisation environnementale relatif à un projet éolien. Un avis conforme signé par le DirCAM, délégué du ministre des armées, sera ainsi formulé lors de l'instruction du dossier, après vérification de la compatibilité du projet avec le bon fonctionnement des radars militaires. D'après le porté à connaissance du 22 juin 2022 provenant de la Direction de la circulation aérienne militaire, le projet n'impacte pas le bon fonctionnement des radars militaires.

3.4 Canalisation de transport

L'aire d'étude n'est concernée par aucune canalisation souterraine pour le transport de gaz haute pression (GRTgaz), ni par aucune canalisation d'eau (assainissement, eau potable), ni par aucune ligne électrique aérienne ou souterraine haute ou très haute tension (RTE).

A noter toutefois que l'aire d'étude est localisée à proximité immédiate de lignes aériennes moyenne tension (HTA) ne faisant pas l'objet de servitude.

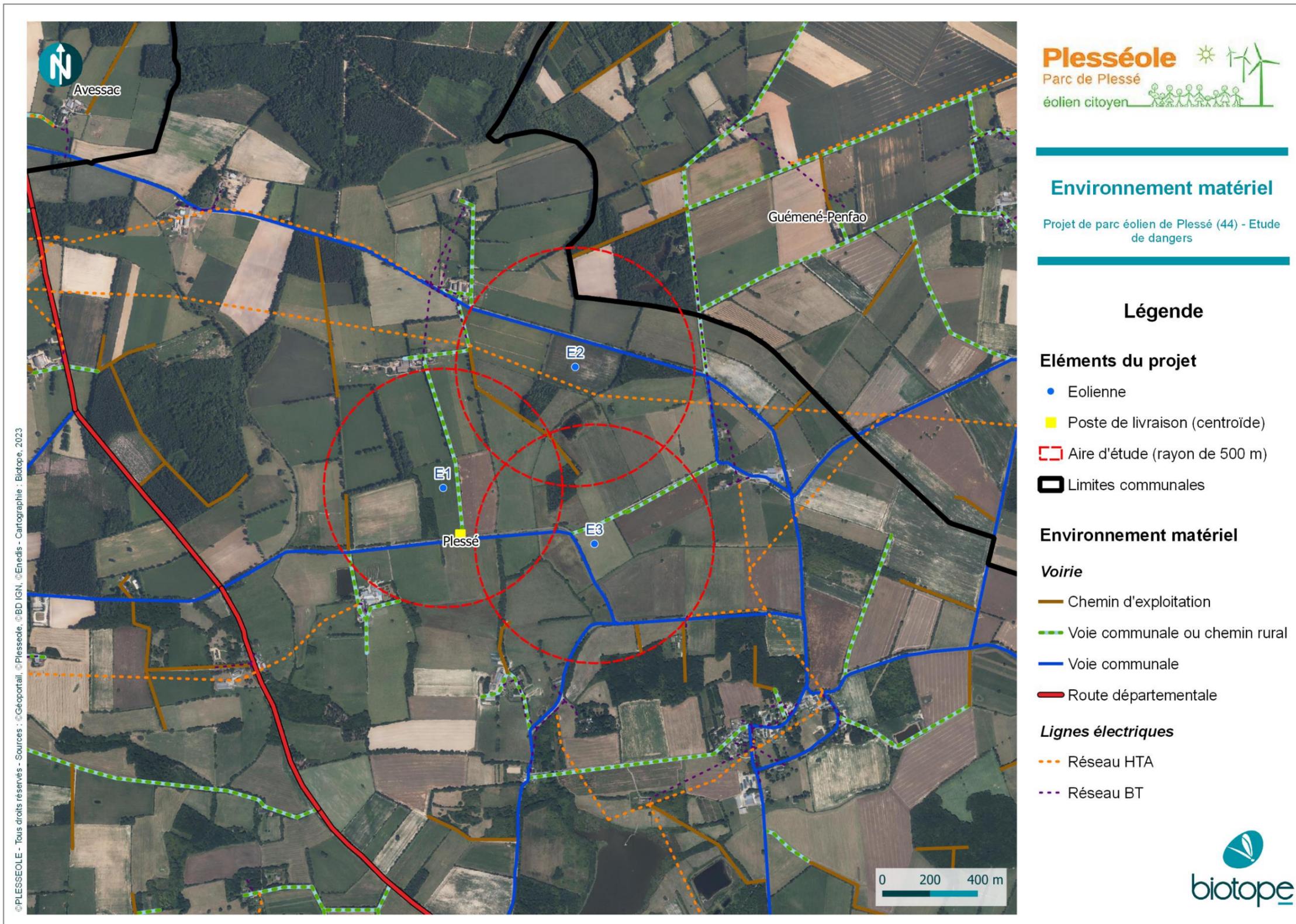
L'aire d'étude est traversée par aucune route départementale. Toutefois, elle se situe à proximité des RD131 et 35, et est traversée par plusieurs voies communales et/ou chemins ruraux raccordés à la RD131.

La zone d'implantation potentielle est exempte de toute servitude radioélectrique.

Elle se situe au-delà de la distance minimale d'éloignement (20 km) du radar de Treillières (radar de bande de fréquence C). Le projet doit faire l'objet d'un avis favorable du Ministère des Armées en fonction des contraintes liées aux radars militaires.

L'aire d'étude n'est concernée par aucune canalisation souterraine pour le transport de gaz haute pression, ni par aucune canalisation d'eau, ni par aucune ligne électrique aérienne ou souterraine haute ou très haute tension. A noter toutefois que l'aire d'étude est localisée à proximité immédiate de lignes aériennes moyenne tension (HTA) ne faisant pas l'objet de servitude.

3 Description de l'environnement de l'installation



Carte 7 : Carte de synthèse de l'environnement matériel

3 Description de l'environnement de l'installation

4 Synthèse des enjeux

La détermination du nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) permet d'identifier les enjeux à protéger dans la zone d'étude. La méthodologie de comptage est précisée en fin de rapport dans la partie « Méthodologie ».

Les terrains concernant le projet correspondent majoritairement à des parcelles culturales et prairiales, avec quelques espaces boisés et milieux humides. Ainsi, la catégorie « Terrains non bâtis – Terrains aménagés mais peu fréquentés » a été retenue. Le comptage prend en compte 1 personne par tranche de 10 hectares.

La surface de l'étude se situe dans un rayon de 500 mètres autour de chaque éolienne, et sera donc :

$$\text{Surface autour d'une éolienne} : \pi R^2 = \pi \times 500^2 = 78,5 \text{ ha}$$

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

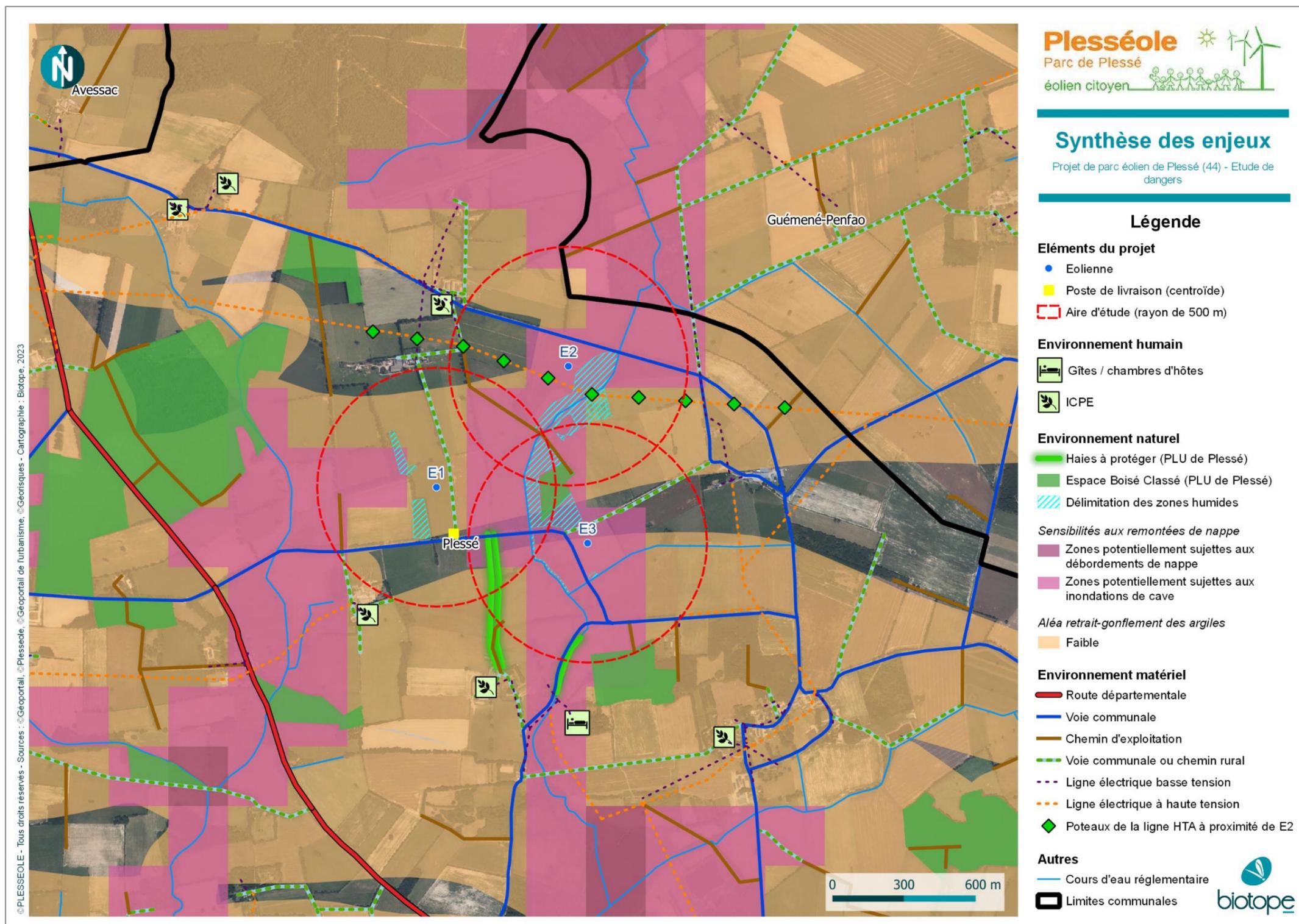
Tableau 6: Nombre équivalent-personnes permanentes dans l'aire d'étude (Cf. Méthodologie)

Eoliennes concernées (aire d'étude de 500 m)	Secteur et/ou infrastructure concernées	Type	Nombre équivalent personnes permanentes	
E1	Parcelles culturales et prairiales avec espaces boisés isolés (76,55 ha)	Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, forêts, friches, marais...) : compter 1 personne par tranche de 100 ha.	0,76	0,95
	Voies de circulation non structurantes (1,95 ha)	Terrains non bâtis, 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.	0,19	
E2	Parcelles culturales et prairiales avec espaces humides, aquatiques et boisés isolés (76,75 ha)	Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, forêts, friches, marais...) : compter 1 personne par tranche de 100 ha.	0,76	0,93
	Voies de circulation non structurantes (1,75 ha)	Terrains non bâtis, 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.	0,17	

E3	Parcelles culturales et prairiales avec espaces humides et boisés isolés (77 ha)	Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, forêts, friches, marais...) : compter 1 personne par tranche de 100 ha.	0,77	0,92
	Voies de circulation non structurantes (1,5 ha)	Terrains non bâtis, 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.	0,15	

Ainsi, sur l'aire d'étude, l'estimation de personnes présentes en permanence est comprise entre 0,92 et 0,95 personnes.

3 Description de l'environnement de l'installation



Carte 8 : Carte de synthèse des enjeux

4 Description de l'installation



4 Description de l'installation

Ce chapitre a pour objectif de caractériser l'installation envisagée ainsi que son organisation et son fonctionnement, afin de permettre d'identifier les principaux potentiels de danger qu'elle représente, au regard notamment de la sensibilité de l'environnement décrit précédemment. La description complète du projet est présentée dans l'étude d'impact. Une synthèse de cette partie est proposée ci-après.

Le projet retenu consiste en l'implantation d'un parc éolien composé de 3 éoliennes Nordex N117-TS120 / 3600, d'une puissance nominale unitaire de 3,6 MW sur la commune de Plessé. Les éoliennes présentent une hauteur totale maximum de 180 mètres avec un mât de 120 mètres de haut et un rotor de 116,8 mètres de diamètre.

1 Caractéristiques générales du 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. Dans le cadre de ce projet, il est constitué de :

- Trois éoliennes fixées sur une fondation adaptée, accompagnée d'une aire stabilisée appelée « plateforme » ou « aire de grutage ». Chaque aérogénérateur a une hauteur de mât de 120 mètres et un diamètre de rotor de 116,8 mètres, soit une hauteur totale en bout de pale de 180 mètres maximum. Les aérogénérateurs, au sens du l'arrêté modifié du 26 août 2011, 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 ainsi de trois principaux éléments :
 - Le rotor : composé de trois pales construites en matériaux composites et réunies au niveau du moyeu. Il se prolonge dans la nacelle pour constituer l'arbre lent.
 - Le mât : composé généralement de 3 à 4 tronçons en acier ou 15 à 20 anneaux de béton surmonté d'un ou plusieurs tronçons en acier. Dans la plupart des éoliennes, il abrite le transformateur qui permet d'élever la tension électrique de l'éolienne au niveau de celle du réseau électrique.
 - La nacelle : elle abrite plusieurs éléments fonctionnels : le générateur qui transforme l'énergie de rotation du rotor en énergie électrique, le multiplicateur, 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.
- 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 réseau de câbles enterrés permettant d'évacuer l'électricité regroupée au poste de livraison vers le poste source (appelé « réseau externe »). Le tracé de raccordement externe du parc éolien au réseau public d'électricité n'est pas acté à ce jour. Il ne pourra être connu qu'à l'issue de l'obtention de l'ensemble des autorisations administratives du projet. Cette partie des aménagements est gérée par Enedis.
- Un réseau de chemins d'accès.
- Un poste de livraison.
- Éventuellement des éléments annexes type mât de mesure de vent, aire d'accueil du public, aire de stationnement, etc.

De manière générale, 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 au centre de l'éolienne.
- 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.

Pour accéder à chaque aérogénérateur, des pistes d'accès sont aménagées pour permettre aux véhicules d'accéder aux éoliennes aussi bien pour les opérations de constructions du parc éolien que pour les opérations de maintenance liées à l'exploitation du parc éolien. Les chemins sont soit créés, soit reprennent les cheminements existants. Une partie des accès sont temporairement aménagés pour la phase chantier.

Durant la phase de construction et de démantèlement, les engins empruntent ces chemins pour acheminer les éléments constituant les éoliennes et de leurs annexes. Durant la phase d'exploitation, les chemins sont utilisés par des véhicules légers (maintenance régulière) ou par des engins permettant d'importantes opérations de maintenance (ex : changement de pale).

1.1 Activité de l'installation

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

1.2 Composition de l'installation

Le parc éolien citoyen de Plessé est composé de 3 aérogénérateurs et d'un poste de livraison.

Le tableau ci-après indique les caractéristiques des différents éléments des éoliennes pouvant équiper le parc.

Tableau 7 : Caractéristiques des éoliennes équipant le parc

Hauteur totale	180 m
Diamètre rotor	116,8 m
Longueur de pale	57,3 m
Garde au sol minimale	61,6 m
Diamètre maximal de la base du mât	4,4 m
Diamètre maximal de la base de pale	2 m
Hauteur du moyeu	120 m
Hauteur du mât au sens ICPE	120 m
Puissance unitaire maximale	3,6 MW

Les coordonnées géographiques des aérogénérateurs et du poste de livraison sont rappelées ci-après :

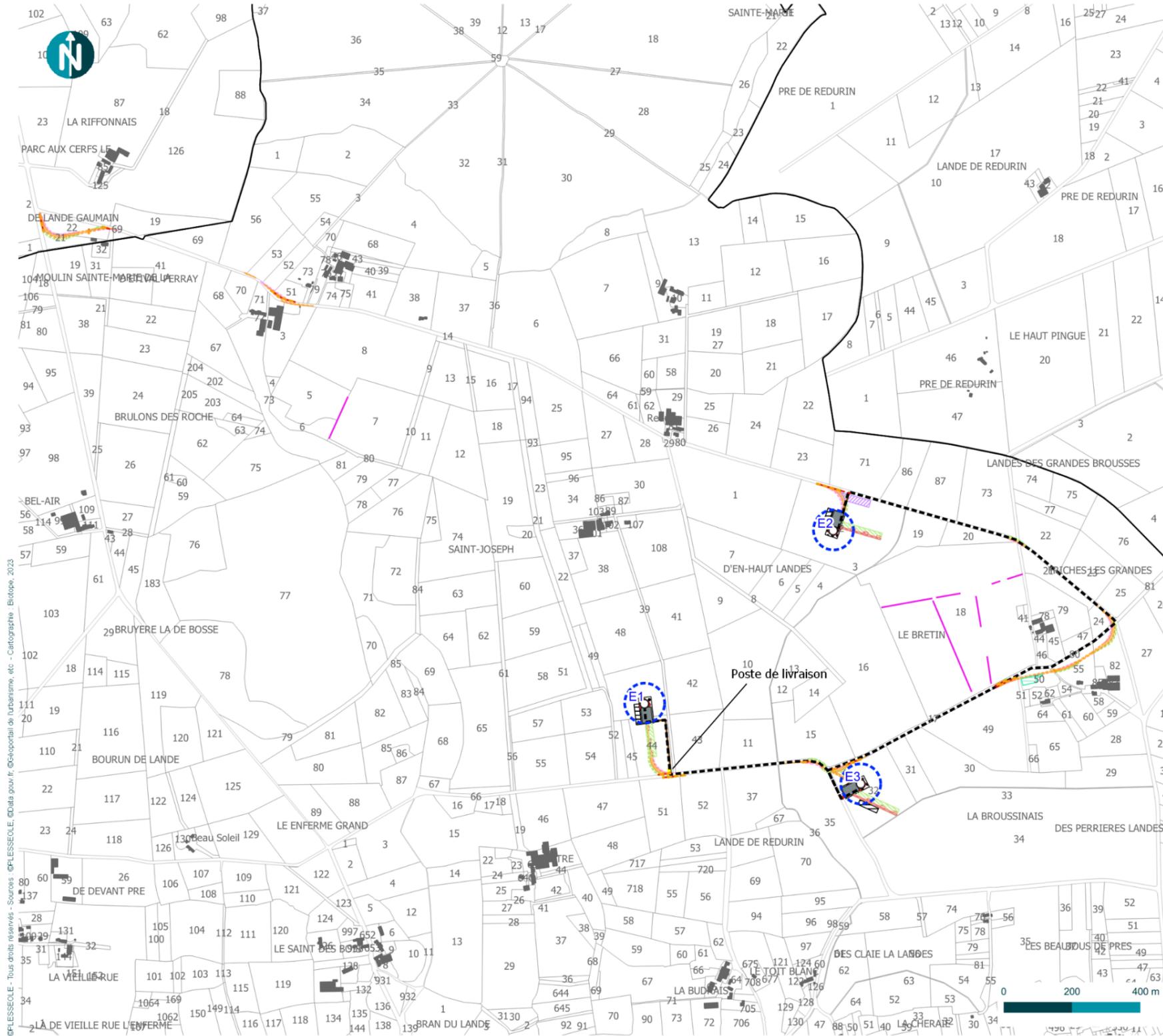
4 Description de l'installation

Tableau 8 : Coordonnées géographiques des différents éléments du parc

Élément du parc	Coordonnée X (Lambert 93)	Coordonnée Y (Lambert 93)	Coordonnée Z (m NGF)
E1	330840	6732322	40,2
E2	331392	6732828	39,8
E3	331473	6732088	36,8
Poste de livraison	330912,0	6732088,0	40,0

Le plan de masse page suivante présente un plan détaillé des différents éléments composant le parc éolien.

4 Description de l'installation



Plan masse du projet éolien citoyen de Plessé

Projet éolien citoyen sur la commune de Plessé (44)

Emprises permanentes

- Eolienne
- ▭ Survol du rotor
- Poste de livraison
- Plateforme
- Fondation
- ▭ Protection des fondations
- Accès permanent
- Câbles électriques inter-éoliennes

Emprises temporaires

- ▭ Virage - Balayage extérieur
- ▭ Balayage intérieur
- ▭ Virage et chemin d'accès temporaire (bande de roulement)
- ▭ Base-vie
- ▭ Espace dégagé pour la plateforme temporaire
- ▭ Espace dégagé pour l'assemblage de la flèche
- ▭ Parking temporaire (gravillonné)
- ▭ Plateforme de la grue auxiliaire et voie de circulation (gravillonné)
- ▭ Zone de stockage temporaire (gravillonné)

Haies

- Haies défrichées
- Haies replantées (in-situ)
- Haies compensées (ex-situ)

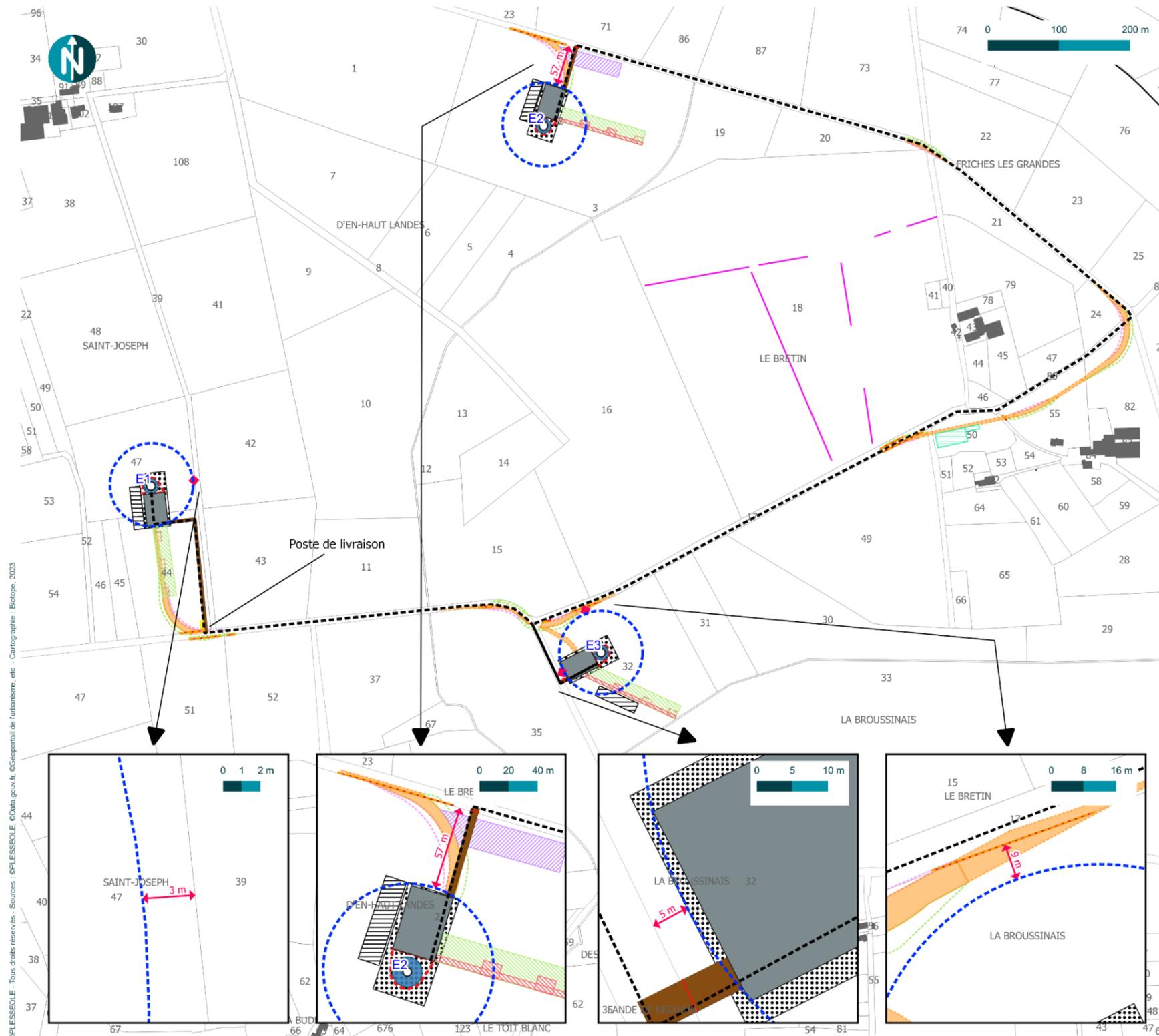
Cadastre et limites administratives

- Bâtiments
- ▭ Parcelles
- ▭ Limites communales



Carte 9 : Plan de masse du projet

4 Description de l'installation



Plan masse du projet éolien citoyen de Plessé - Focus sur les éoliennes

Projet éolien citoyen sur la commune de Plessé (44)

Emprises permanentes

- Eolienne
- ⊞ Survol du rotor
- Poste de livraison
- Plateforme
- Fondation
- ⊞ Protection des fondations
- Accès permanent
- Câbles électriques inter-éoliennes

Emprises temporaires

- ⊞ Virage - Balayage extérieur
- ⊞ Virage - Balayage intérieur
- Virage et chemin d'accès temporaire (bande de roulement)
- Base-vie
- Espace dégagé pour la plateforme temporaire
- ⊞ Espace dégagé pour l'assemblage de la flèche
- Parking temporaire (gravillonné)
- Plateforme de la grue auxiliaire et voie de circulation (gravillonné)
- Zone de stockage temporaire (gravillonné)

Haies

- Haies défrichées
- Haies replantées (in-situ)
- Haies compensées (ex-situ)

Cadastre et limites administratives

- Bâtiments
- Parcelles
- Limites communales
- ↔ Distance aux voiries



Carte 10 : Plan masse du projet - Focus sur les éoliennes

4 Description de l'installation

2 Fonctionnement de l'installation

2.1 Principes 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.

Dans le cas présent, les pales se mettent en mouvement lorsque l'anémomètre (positionné sur la nacelle) indique une vitesse de vent d'environ 10 km/h et c'est seulement à partir de 12 km/h que l'éolienne peut être couplée au réseau électrique. Le rotor et l'arbre dit « lent » transmettent alors l'énergie mécanique à basse vitesse (entre 5 et 20 tr/min) aux engrenages du multiplicateur, dont l'arbre dit « rapide » tourne environ 100 fois plus vite que l'arbre lent. 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 ». L'électricité produite par la génératrice correspond à un courant alternatif de fréquence 50 Hz avec une tension de 660 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 inter-éolienne. Ce réseau est relié au réseau électrique public au niveau du poste de livraison.

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 et n'offrent plus de portance ;
- Le second par un frein mécanique sur l'arbre de transmission à l'intérieur de la nacelle.

2.2 Fonctionnement des différents éléments constitutifs de l'installation

Tableau 9 : Description des différents éléments constitutifs de l'installation

Élément de l'installation	Fonction	Caractéristiques
Fondation	Ancrer et stabiliser l'éolienne dans le sol	En béton armé (environ 500 à 700 m ³ de béton par fondation) Surface unitaire : environ 350 m ² (environ 21 m de diamètre)
Mât	Supporter la nacelle et le rotor	Hauteur du mât : 120 m (au sens ICPE) Diamètre max de la base du mât : 4,4 m Tubulaire en acier Nombre de sections : 5

Nacelle	Supporter le rotor Abriter le dispositif de conversion de l'énergie mécanique en électricité (génératrice, etc.) ainsi que les dispositifs de contrôle et de sécurité	Intégrée dans un carénage Abrite une unité de commande Puissance nominale max : 3,6 MW
Rotor/pales	Capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice	Constitué de 3 pales Longueur des pales : 57,3 m Vitesse de démarrage : 3 m/s (soit 10 km/h environ) Vent de coupure : 25 m/s (soit 90 km/h environ)
Transformateur	Elever la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau	Un par éolienne situé dans le mât des éoliennes Tension de 20 kV à la sortie
Poste de livraison	Adapter les caractéristiques du courant électrique à l'interface entre le réseau privé et le réseau public	Nombre : 1 Emplacement : environ 23 m ²

2.3 Sécurité de l'installation

2.3.1 Réglementation en matière de sécurité des éoliennes.

Concernant la réglementation européenne relative à la sécurité, les exigences essentielles sont fixées par la directive « Machines » n°2006/42/CE du 17 mai 2006. Selon la réglementation européenne, une éolienne mise sur le marché est soumise à une quadruple obligation :

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

Plus particulièrement, les exigences essentielles de sécurité de la réglementation européenne couvrent les risques d'effondrement et d'éjections d'objets susceptibles d'affecter le public et les biens des tiers. De plus, une éolienne doit également satisfaire aux exigences en matière de sécurité de la directive 73/23/CEE du 19 février 1973 relative aux équipements électriques ainsi que de la directive 89/336/CEE du 3 mai 1989 relative à la compatibilité électromagnétique.

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

4 Description de l'installation

s'agit de la norme EN 50308 (homologuée également en France sous la référence NFEN 50308), qui doit être prise en compte pour la conception, le fonctionnement et la maintenance des éoliennes.

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

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

Le porteur du projet s'engage à installer des éoliennes strictement conformes aux exigences énoncées plus haut. Dans le cas des éoliennes de 3,6 MW maximum, l'ensemble des certifications fournies par le constructeur garantit que chacun des composants de l'éolienne est conçu de manière à résister à des conditions bien plus extrêmes que celles qui sont observées sur le site d'implantation concerné par le présent projet.

2.3.2 Principaux systèmes de sécurité

Toutes les éoliennes N117/3600 sont équipées des dernières technologies en matière de sécurité :

Système de balisage :

Conformément aux exigences de l'Aviation civile (DGAC) et de l'Armée de l'Air, notifiées dans l'arrêté ministériel du 23 avril 2018, les éoliennes seront équipées de feux de signalisation diurne et nocturne :

- Feux à éclats (jour et nuit) : Les feux à éclats de même fréquence implantés sur toutes les éoliennes sont synchronisés. La fréquence des feux de balisage à éclats implantés sur les éoliennes terrestres non côtières (c'est-à-dire à plus de 25 km de la côte) est de 20 éclats par minute ;
 - Balisage lumineux de jour : Chaque éolienne est dotée d'un balisage lumineux diurne assuré par des feux d'obstacle de moyenne intensité de type A (feux à éclats blancs de 20 000 candelas [cd]). Ces feux d'obstacle sont installés **sur le sommet de la nacelle** et sont visibles dans tous les azimuts (360°) ;
 - Balisage lumineux de nuit : Chaque éolienne est dotée d'un balisage lumineux nocturne assuré par des feux d'obstacle de moyenne intensité de type B (feux à éclats rouges de 2 000 cd). Ces feux d'obstacle sont installés **sur le sommet de la nacelle** et sont visibles dans tous les azimuts (360°). 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.
- Balisage complémentaire pour les éoliennes terrestres de grande hauteur (supérieur à 150 m en bout de pale) : chaque éolienne est dotée d'un balisage lumineux opérationnel de jour comme de nuit, assuré par des feux d'obstacles de basse intensité de type B (rouges, fixes, 32 cd) **installées sur le mât**. Le gabarit d'éolienne du présent projet présentant une hauteur totale de 180 m maximum, un seul niveau de balisage est exigé, à une hauteur de 45 m (+/- 5 m). Un nombre suffisant de feux est installé (autour du mât) de manière à assurer la visibilité du fût dans tous les azimuts (360°).

Système de sécurité en cas de tempête :

L'éolienne ne démarre pas si elle se trouve à l'arrêt ou en fonctionnement ralenti lorsque la vitesse du vent dépasse la vitesse de vent de coupure. L'éolienne s'arrête également si l'angle maximum admis pour les pales est dépassé. Un anémomètre gelé ne constitue donc pas un risque pour la sécurité en cas de tempête. Dans tous les cas, l'éolienne passe en fonctionnement au ralenti. L'éolienne démarre automatiquement lorsque la vitesse du vent tombe en-dessous de la vitesse de vent de coupure pendant 10 minutes consécutives.

L'éolienne est équipée d'un système permettant d'éviter un arrêt brutal si les vitesses du vent dépassent la vitesse maximale admissible, et la puissance est progressivement réduite par le réglage de l'angle des pales du rotor.

Système de sécurité contre la foudre :

L'éolienne est équipée d'un système parafoudre fiable afin d'éviter qu'elle ne subisse des dégâts. Les pales sont conçues en plastique renforcé en fibre de verre. Les protections contre la foudre sont intégrées en accord complet avec la norme IEC 61-400 / 24. Un coup de foudre est absorbé en toute sécurité par ces profilés et le courant de foudre est dévié vers la terre entourant la base de l'éolienne.

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

L'éolienne retenue sera équipée d'une installation de protection anti-foudre conforme à la norme internationale IEC 61400-24.

Système de sécurité contre le gel :

Certaines conditions météorologiques peuvent être à l'origine de formations de glace, de givre ou bien de dépôts de neige sur les pales de rotor des éoliennes. Ces dépôts sur les pales de l'éolienne modifient les caractéristiques aérodynamiques (et donc le rendement). Cependant, cette modification est détectable par le système de contrôle de l'éolienne, qui dispose d'un système d'arrêt automatique en cas de dépôt de glace, givre ou neige sur les pales.

Tous les aérogénérateurs sont équipés en standard d'un système de détection de givre capable de déduire la présence de givre sur les pales et de mettre la machine à l'arrêt. Il convient également de mettre en place des périmètres de sécurité (correspondant à la zone de survol des pales). L'identification des dépôts de glace repose sur trois principes indépendants :

- Contrôle de la courbe de puissance : à chaque vitesse de vent, une comparaison est faite entre la puissance réelle mesurée de l'éolienne et la valeur théorique spécifiée par la courbe de puissance de l'éolienne. Si la puissance réelle de l'éolienne est en-dessous des données caractéristiques pour la vitesse de vent considérée, cela peut s'expliquer par une dégradation de l'aérodynamique des pales causée par la formation de glace. Dans ce cas, l'éolienne est arrêtée automatiquement.
- Contrôle des vibrations : des vibrations peuvent être provoquées par un déséquilibre du rotor causé par un dépôt de glace sur les pales. Ces vibrations peuvent être enregistrées lors du fonctionnement des éoliennes. Dans ce cas, l'éolienne est arrêtée automatiquement.
- Contrôle des anémomètres : si la puissance réelle de l'éolienne est supérieure aux données caractéristiques pour la vitesse de vent considérée, cela peut provenir du givrage d'un anémomètre (qui indiquera alors une vitesse de vent inférieure à la réalité). Dans ce cas, l'éolienne est arrêtée automatiquement.

L'éolienne retenue sera équipée d'un dispositif permettant de détecter la présence de givre sur les pales et d'arrêter la machine ou d'éviter sa mise en fonctionnement après une période d'arrêt. Des panneaux type « Attention, chute de glace » seront mis en place au pied de chaque éolienne pour prévenir du danger.

Système de sécurité contre les incendies :

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

4 Description de l'installation

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

En cas d'incendie d'une des éoliennes, le parc est automatiquement déconnecté du réseau électrique pour éviter toute perturbation. Le Service Départemental d'Incendie et de Secours (SDIS) est prévenu automatiquement par le système de contrôle à distance, ce qui permet aux pompiers d'intervenir rapidement sur le site.

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

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

Système de freinage :

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

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

Le dispositif de blocage du rotor ne peut être actionné que manuellement et en dernière sécurité, à des fins de maintenance. Dans ce cas, un frein d'arrêt supplémentaire ne se déclenche que lorsque le rotor freine partiellement, les pales s'étant inclinées.

Système d'arrêt d'urgence :

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

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

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

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

Certification de conformité aux normes européennes :

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

Vérification de stabilité des ouvrages :

Le projet fera l'objet d'une vérification de stabilité par un bureau d'étude agréé. Un coordonnateur de sécurité produira un Plan général de coordination. Les plans particuliers de sécurité, prévention, santé (PPSPS) seront à produire par les entreprises participant à la construction.

2.3.3 Opérations de maintenance de l'installation

Conformément à la directive 98/37/CE les machines feront l'objet de contrôles réguliers par des contrôleurs agréés. Le rythme de passage au moins annuel sera fixé et fera l'objet d'un engagement écrit auprès des autorités compétentes.

2.3.4 Stockage et flux de produits dangereux

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

3 Fonctionnement des réseaux de l'installation

3.1 Réseau électrique

3.1.1 Réseau inter-éolien

Le schéma ci-dessous présente le principe de raccordement d'un parc éolien au réseau d'électricité. La production des éoliennes est fournie en 660 Volts, tension relevée en 20KVA par un transformateur intégré ou non dans le mât tubulaire ou la nacelle. Le réseau inter-éolien permet de relier le transformateur au point de raccordement avec le réseau public. Ce réseau comporte également une liaison de télécommunication qui relie chaque éolienne au terminal de télésurveillance. Ces câbles constituent le réseau interne de la centrale éolienne, ils sont tous enfouis à une profondeur minimale de 80 cm. Une ligne enterrée relie chaque éolienne au poste électrique général de livraison. Les raccordements sont en totalité réalisés au moyen de câbles normalisés enfouis.

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



Figure 7 : Les composants d'un parc éolien (Source : ADEME)

4 Description de l'installation

3.1.2 Poste de livraison

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

La localisation exacte des emplacements du 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 les 3 machines du parc éolien, 1 poste de livraison sera installé et comprendra :

- Un compteur électrique
- Des cellules de protection
- Des sectionneurs
- Des filtres électriques.

3.1.3 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 (généralement Enedis, ou RTE – Réseau de transport d'électricité). Il est lui aussi entièrement enterré.

Conformément à la procédure de raccordement en vigueur, un chiffrage précis (Proposition Technique et Financière de raccordement au réseau électrique) du raccordement au réseau électrique sera effectué, par Enedis, ultérieurement, dès réception de l'arrêté préfectoral se prononçant sur la demande d'autorisation environnementale. Les dispositions imposées par le gestionnaire du réseau (Enedis) seront suivies par le maître d'ouvrage et précisées dans le cahier des charges des entreprises missionnées.

Les conditions de raccordement depuis le poste de livraison vers le réseau électrique existant seront conformes au décret n°2008-386 du 23 avril 2008 relatif aux prescriptions techniques générales de conception et de fonctionnement pour le raccordement d'installations de production aux réseaux publics d'électricité, complété par deux arrêtés d'application de même date (publiés au Journal Officiel du 25 avril 2008).

Sauf dispositions électrotechniques spécifiques, les conditions de raccordement vers le réseau électrique existant seront conformes à l'arrêté du 3 juin 1998 relatif aux conditions de raccordement au réseau public HTA des installations de production autonome d'énergie électrique de puissance installée supérieure à 1 MW.

Cet arrêté a pour objectif d'éviter toute perturbation sensible sur le réseau Enedis local de type harmonique, flickers (pouvant entraîner des variations rapides de tension chez les clients voisins) ou encore perturbation du signal 175 Hz (par exemple).

3.2 Autres réseaux

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

5 Identification des potentiels de dangers de l'installation



5 Identification des potentiels de dangers de l'installation

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

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

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 sont utilisés pour le bon fonctionnement des éoliennes, leur maintenance et leur entretien :

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

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

1.1 Inventaires des produits

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

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

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

1.2 Dangers des produits

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

Les huiles, les graisses et l'eau glycolée ne sont pas des produits inflammables. Ce sont néanmoins des produits combustibles qui sous l'effet d'une flamme ou d'un point chaud intense peuvent développer et entretenir un incendie. Dans les incendies d'éoliennes, ces produits sont souvent impliqués. Certains produits de maintenance peuvent être inflammables mais ils ne sont amenés dans l'éolienne que pour les interventions et sont repris en fin d'opération. Le SF6 est pour sa part ininflammable.

1.2.2 Toxicité pour l'homme

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

1.2.3 Dangersité pour l'environnement

Vis-à-vis de l'environnement, le SF6 possède un potentiel de réchauffement global (gaz à effet de serre) très important, mais les quantités présentes sont très limitées (seulement 1 à 2 kg de gaz dans les cellules de protection). Les huiles et graisses, même si elles ne sont pas classées comme dangereuses pour l'environnement, peuvent en cas de déversement au sol ou dans les eaux entraîner une pollution du milieu.

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

1.3 Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation

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

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

Ces dangers potentiels sont recensés dans le tableau suivant :

Tableau 10 : Identification des dangers potentiels de l'installation.

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

5 Identification des potentiels de dangers de l'installation

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

2 Réduction des potentiels de dangers à la source

2.1 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.

2.1.1 Choix de l'emplacement des installations

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

- Absence de zonages réglementaires de protection des milieux naturels ou des paysages ;
- Faible densité habitat et éloignement des routes départementales ;
- Pas de concurrence avec les usages : l'exploitation agricole peut se poursuivre ;
- Evitement des milieux présentant un enjeu comme les zones humides, cours d'eau, boisements ;
- Adaptation de la conception des machines pour les risques et réglementations en vigueur ;
- Prise en compte de l'aspect paysager dans les choix d'implantation et de hauteur notamment par rapport à la co-visibilité.

2.1.2 Réduction des potentiels de dangers liés aux produits

Les produits dangereux présents sur l'éolienne ne peuvent pas être supprimés car ils sont nécessaires au bon fonctionnement du procédé (lubrification). En revanche, leur utilisation et leur stockage seront dûment contrôlés.

2.1.3 Réduction des potentiels de dangers liés au fonctionnement

Conformité des éoliennes

Une éolienne est une machine au sens de la directive européenne 98/37/CE concernant le rapprochement des législations des Etats membre relatives aux machines et qui est transposée en droit français par les articles L. 233-5 et suivants du code du travail ainsi que par les décrets d'application de ces textes. Les éoliennes installées sur le site de Plessé seront conformes à la directive 98/37/CE et aux dispositions pertinentes du code du travail.

Ainsi, les éoliennes :

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

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

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

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

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

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

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

Contrôle technique des éoliennes

Le décret n° 2007-1327 du 11 septembre 2007 introduit un contrôle technique obligatoire pour les éoliennes dont la hauteur du mât et de la nacelle est supérieure à 12 mètres. Ces contrôles seront réalisés durant la phase de construction de l'éolienne. Ils concernent le massif de stabilité (fondation) de l'éolienne ainsi que les liaisons entre ce massif et la machine.

Maintenance et entretien du matériel

Des cycles de maintenance préventive sont mis en place à un rythme défini en fonction de l'entrée en exploitation du parc éolien.

5 Identification des potentiels de dangers de l'installation

La maintenance sera conforme aux termes de l'Arrêté modifié du 26 août 2011 spécifiant que « trois mois, puis un an après la mise en service industrielle, puis suivant une périodicité qui ne peut excéder trois ans, l'exploitant procède à un contrôle de l'aérogénérateur consistant en un contrôle des brides de fixations, des brides de mât, de la fixation des pales et un contrôle visuel du mât.

Selon une périodicité qui ne peut excéder un an, l'exploitant procède à un contrôle des systèmes instrumentés de sécurité. Ces contrôles font l'objet d'un rapport tenu à la disposition de l'inspection des installations classées.

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

↳ Maintenance 3 mois :

Une première opération de maintenance a lieu dans les trois mois qui suivent la mise en exploitation. Cette période correspond en effet à une période de « rodage », où des pièces ayant éventuellement un défaut de fabrication pourraient montrer des défaillances.

↳ Maintenance périodique biannuelle :

Le retour d'expérience des nombreuses éoliennes mises en service à travers le monde, l'analyse fonctionnelle des parcs éoliens et l'analyse des diverses défaillances ont permis de définir des plans de maintenance permettant d'optimiser la production électrique des éoliennes en minimisant les arrêts de production.

Des cycles de maintenance ont lieu tous les 6 mois. Ces maintenances permettent de contrôler les éléments suivants :

- Inspection générale (inspection visuelle, détection de bruits de fonctionnement anormaux...);
- Contrôle des systèmes d'orientation des pales (position, lubrification, état des roulements, du système de parafoudre, infiltration d'eau, etc.) ;
- Contrôle/test des principaux éléments mécaniques, des capteurs, des connections électriques ;
- Contrôle des systèmes de freinage ;
- Contrôle des anémomètres et de la girouette ;
- Contrôle du balisage ;
- Contrôle des systèmes de sécurité (boutons d'arrêt d'urgence, extincteurs, kit de premiers secours, système d'évacuation de la nacelle, etc.).

Le parc éolien fera également l'objet de contrôles spécifiques supplémentaires :

- Contrôle des huiles des parties mécaniques (tous les ans) ;
- Contrôle du serrage de l'ensemble des boulons d'assemblage, par échantillonnage (tous les 3 ans) ;
- Analyse vibratoire des machines tournantes.

La maintenance préventive des éoliennes a pour but premier de réduire les coûts d'interventions et d'immobilisation des éoliennes. En effet, grâce à l'optimisation et à la programmation des arrêts destinés à la maintenance, les pièces d'usures sont analysées (et éventuellement remplacées) avant que ne survienne une panne. Les arrêts de production d'énergie éolienne sont anticipés pour réduire leur durée et leurs coûts.

Maintenance curative

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

Formation du personnel

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

- La présentation générale d'une éolienne et les risques associés à son fonctionnement,
- Les règles de sécurité à respecter,
- L'utilisation des équipements de protection individuelle, notamment les dispositifs de protection contre les chutes,
- Le travail en hauteur,
- La lutte contre l'incendie,
- Les habilitations électriques.
- Les opérations réalisées tant dans le cadre du montage, de la mise en service que des opérations de maintenance périodique sont effectuées suivant des procédures qui définissent les tâches à réaliser, les équipements d'intervention à utiliser et les mesures à mettre en place pour limiter les risques d'accident. Des check-lists sont établies afin d'assurer la traçabilité des opérations effectuées.

2.2 Utilisation des meilleures techniques disponibles

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

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



6 Analyse des retours d'expérience

Dans cette partie de l'étude de dangers sont recensés et analysés les accidents¹ survenus sur des installations similaires à l'installation concernée par l'étude de dangers.

Rappelons que l'objectif de l'analyse de l'accidentologie n'est pas de dresser une liste exhaustive de tous les accidents ou incidents² survenus, ni d'en tirer des données statistiques. Il s'agit, avant tout, de rechercher les types de sinistres les plus fréquents, leurs causes et leurs effets, ainsi que les mesures prises pour limiter leur occurrence ou leurs conséquences.

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

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

1 Inventaire des accidents et incidents en France

1.1 Base de données consultées

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

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

- La base ARIA (Analyse, Recherche et Information sur les Accidents) du BARPI (Bureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industrielles – Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire) qui recense et analyse les accidents et incidents, survenus en France ou à l'étranger, depuis le 1er janvier 1992 (date de création du BARPI). Les événements les plus graves qui ont pu se produire avant 1992 sont également répertoriés (6% des accidents français ou étrangers recensés dans ARIA sont antérieurs à 1988).
- Communiqués de presse du SER – FEE³ et/ou des exploitants éoliens,
- La note technique accidentologie du SER – FEE recense des incidents liés aux parcs éoliens en France.

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

¹ 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 de cibles vulnérables exposées aux effets de ce phénomène » (d'après l'arrêté du 10 mai 2000 modifié).

² Incident : Événement peu important en lui-même mais pouvant entraîner de graves conséquences.

1.2 Inventaires des accidents en France

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

Dans l'état actuel, la base de données élaborée par le groupe de travail de SER/FEE ayant élaboré le guide technique d'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens apparaît comme représentative des incidents majeurs⁴ ayant affecté le parc éolien français depuis l'année 2000. L'ensemble de ces sources permet d'arriver à un inventaire aussi complet que possible des incidents survenus en France. Un total de 37 incidents a pu être recensé entre 2000 et début 2012 (cf. début du tableau en Annexe 2 de la présente étude). Il apparaît dans ce recensement que les aérogénérateurs accidentés sont principalement des modèles anciens ne bénéficiant généralement pas des dernières avancées technologiques.

Dans le cadre de la présente étude, le tableau de l'accidentologie a été complété afin d'intégrer les nouveaux accidents connus à partir de 2012 (publiés par le BARPI) jusqu'à fin 2021 (dernier accident recensé).

Le graphique suivant montre ainsi la répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateur français entre 2000 et fin 2021. Cette synthèse exclut les accidents du travail (maintenance, chantier de construction, etc.) et les événements qui n'ont pas conduit à des effets sur les zones autour des aérogénérateurs. Dans ce graphique sont présentés :

- En majuscules : les cinq catégories d'événements accidentels ;
- En minuscule : les causes premières de survenue par événement accidentel.

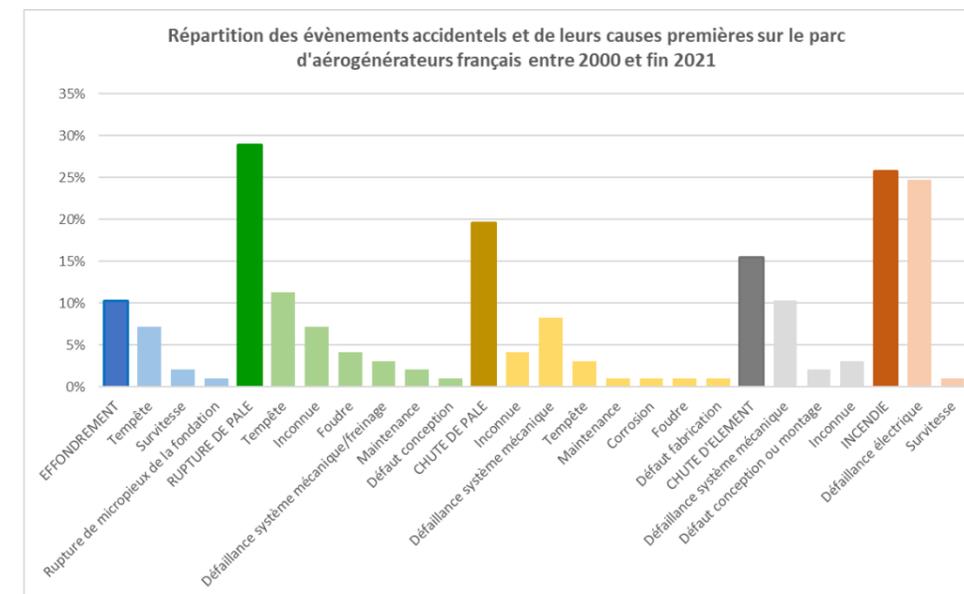


Figure 8. Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateur français entre 2000 et fin 2021 (source : aria.developpement-durable.gouv.fr, analyse : Biotope, 2022)

³ SER : Syndicat des Energies Renouvelables

FEE : France Energie Eolienne (branche éolienne du SER)

⁴ 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.

6 Analyse des retours d'expérience

De 2000 à 2021, 121 incidents ont ainsi été recensés (source : base de données SER/FEE, 2012 ; base de données ARIA ; 2021), soit une moyenne de 5,5 incidents par an pour un nombre d'éoliennes qui n'a cessé d'augmenter. En 2021, le parc éolien français compte plus de 1550 parcs composés de 8905 éoliennes (source : FEE, Observatoire de l'éolien 2021). La probabilité d'occurrence moyenne d'un incident sur une éolienne sur une année de fonctionnement serait donc de 0,0006 (tous types d'incidents confondus).

Par ordre d'importance entre 2000 et 2021, les accidents les plus recensés sont les ruptures de pale, les incendies, les chutes de pale, les effondrements et les chutes des autres éléments de l'éolienne. La principale cause de ces accidents est liée aux tempêtes.

2 Inventaire des accidents et incidents à l'international

Un inventaire des incidents et accidents à l'international a également été réalisé. Il se base lui aussi sur le retour d'expérience de la filière éolienne en date du 30 juin 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 3 030 accidents décrits dans la base de données (<http://www.caithnesswindfarms.co.uk/AccidentStatistics.htm>), 1 086 sont considérés comme des « accidents majeurs ». Seuls 156 sont considérés comme des « accidents fatals ».

Les autres concernant plutôt des accidents du travail, des accidents mineurs, des incidents, etc. et ne sont donc pas pris en compte dans l'analyse suivante.

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

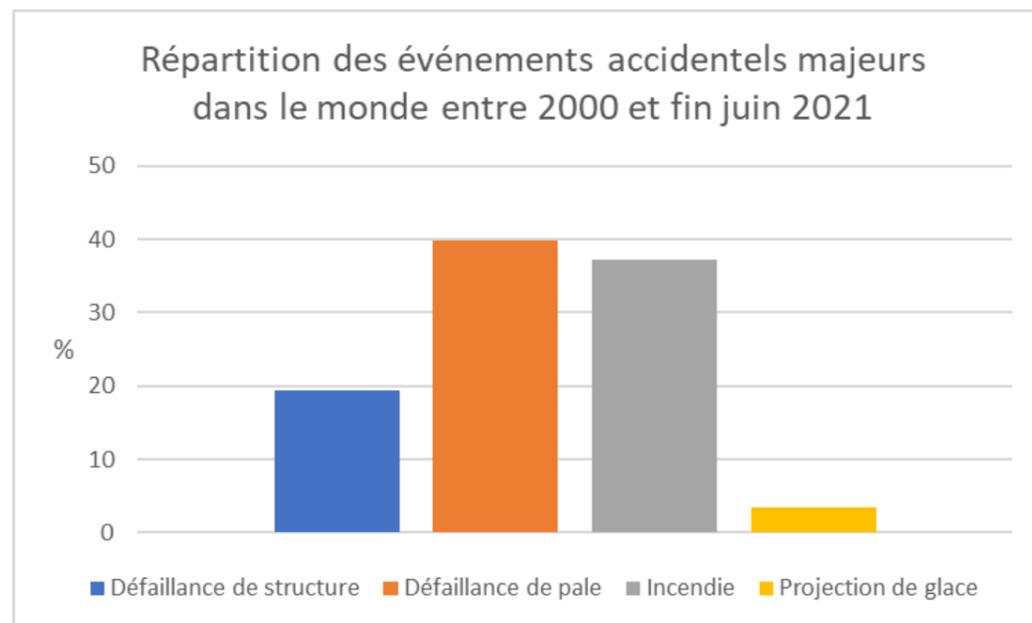


Figure 9 : Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2021 (source : [CWIF, 2021](#))

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).

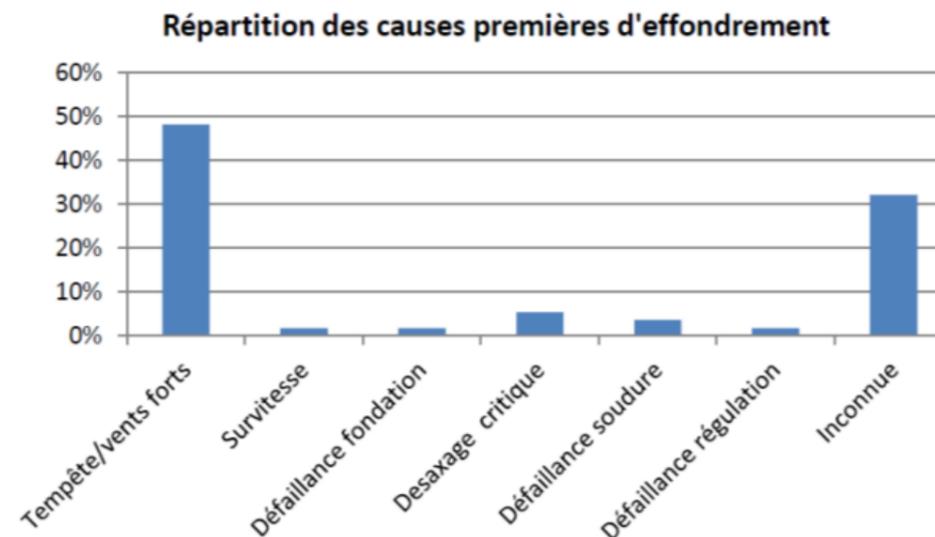


Figure 10 : Répartition des causes premières d'effondrement dans le monde entre 2000 et fin juin 2021 (source : [CWIF, 2021](#))

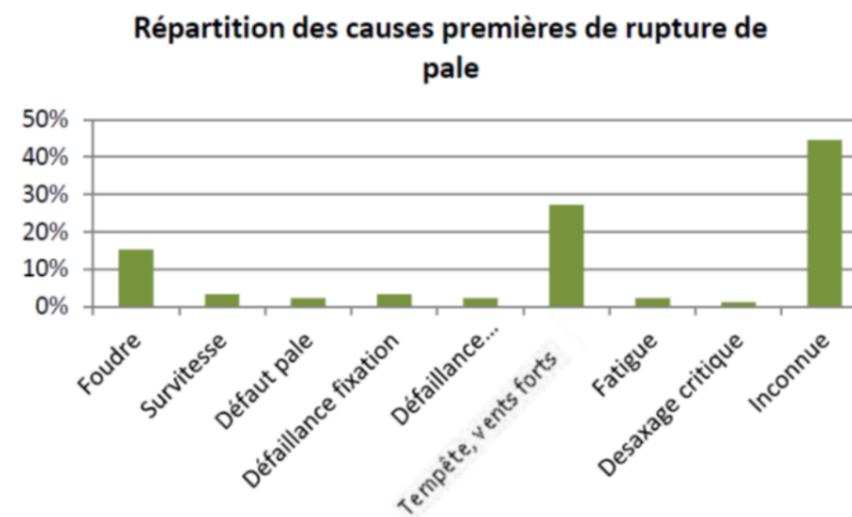


Figure 11 : Répartition des causes premières de rupture de pale dans le monde entre 2000 et fin juin 2021 (source : [CWIF, 2021](#))

6 Analyse des retours d'expérience

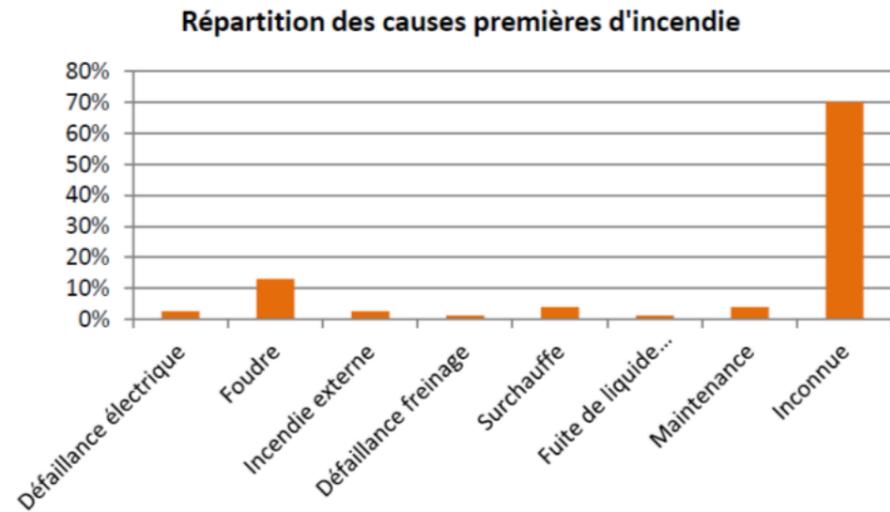


Figure 12 : Répartition des causes premières d'incendie dans le monde entre 2000 et fin juin 2021 (source : [CWIF, 2021](#))

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.

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

3.1 Analyse de l'évolution des accidents en France

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

La figure ci-contre montre cette évolution et il apparaît clairement que le nombre d'incidents n'augmente pas proportionnellement au nombre d'éoliennes installées. Depuis 2005, l'énergie éolienne s'est en effet fortement développée en France, mais le nombre d'incidents par an reste relativement constant. Cette tendance s'explique principalement par un parc éolien français assez récent, qui utilise majoritairement des éoliennes de nouvelle génération, équipées de technologies plus fiables et plus sûres.

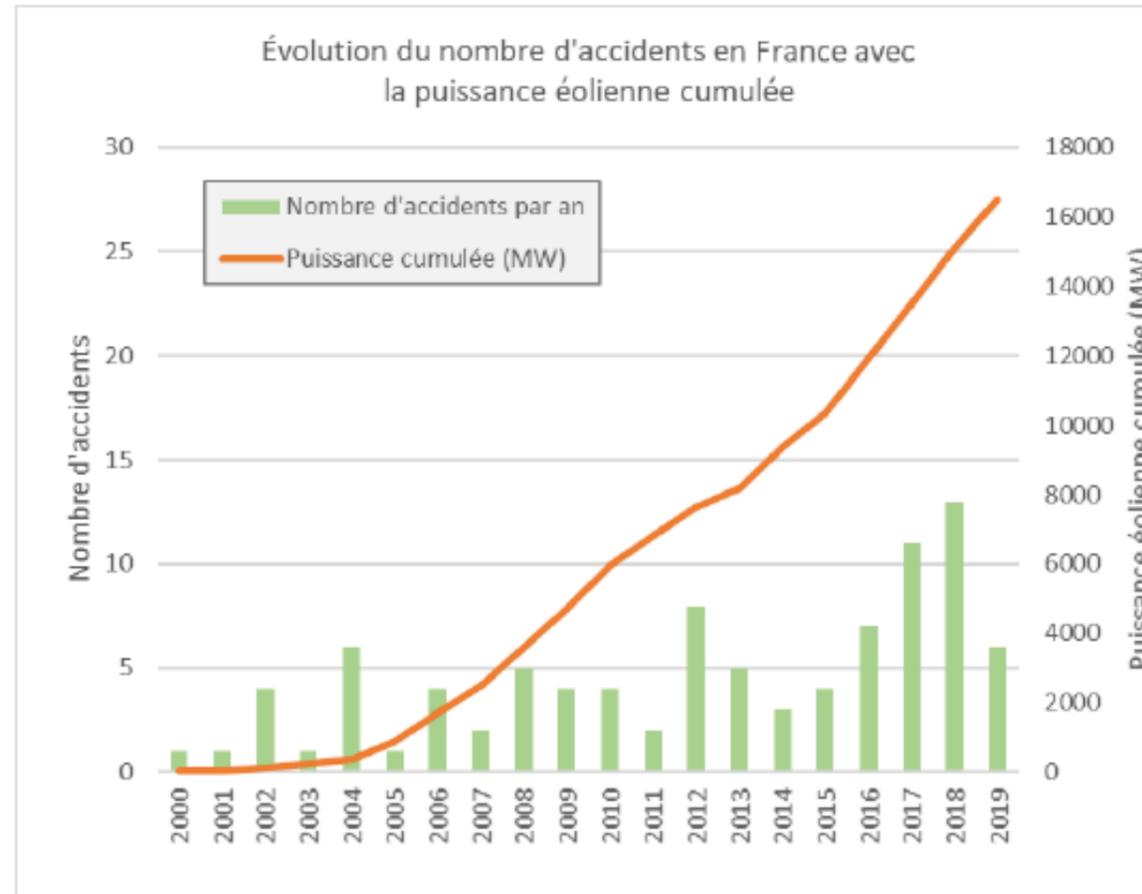


Figure 13 : Nombre d'incident recensés en fonction de l'évolution de la filière entre 2000 et 2019.

3.2 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.

6 Analyse des retours d'expérience

4 Limites d'utilisation de l'accidentologie

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

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

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

7 Analyse préliminaire des risques



7 Analyse préliminaire des risques

1 Objectif de l'analyse préliminaire des risques

L'analyse des risques a pour objectif principal d'identifier les scénarios d'accident majeurs et les mesures de sécurité qui empêchent ces scénarios de se produire ou en limitent les effets.

Cet objectif est atteint au moyen d'une identification de tous les scénarios d'accident potentiels pour une installation (ainsi que des mesures de sécurité) basée sur un questionnement systématique des causes et conséquences possibles des événements accidentels, ainsi que sur le retour d'expérience disponible.

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

2 Recensement des événements initiateurs exclus de l'analyse des risques

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

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

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

3 Recensement des agressions externes potentielles

3.1 Agression externes liées aux activités humaines

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

Tableau 11 : Principales agressions extérieures liées aux activités humaines

Infrastructures	Fonction	Evènement redouté	Danger potentiel	Périmètre	Distance par rapport au mât des éoliennes		
					E01	E02	E03
Voies de circulation	Transport	Accident entraînant la sortie d'un ou plusieurs véhicules	Energie cinétique des véhicules et flux thermiques	200 m	Chemin rural à 62 m + Voie communale à 215 m	Voie communale à 125 m	Chemin rural à 69 m + Voie communale à 65 m
Aérodrome	Transport aérien	Chute d'aéronef	Energie cinétique de l'aéronef, flux thermique	2000 m	1,3 km au nord-ouest	900 m au nord-ouest	1,5 km au nord-ouest
Ligne HT et THT	Transport d'électricité	Rupture de câble	Arc électrique, surtensions	200 m	Non concernée	76 m au sud	Non concernée
Autres aérogénérateurs	Production d'électricité	Accident générant des projections d'éléments	Energie cinétique des éléments projetés	500 m	Non concernée	Non concernée	Non concernée

3.1.1 Danger lié à la ligne électrique

La ligne électrique est très fortement chargée électriquement. Cela induit une différence de potentiel électrique (tension) entre la ligne et tout objet extérieur. L'air est un isolant naturel. En situation normale, la distance entre un être humain au sol et les câbles électriques est suffisamment importante pour écarter tout risque d'arc électrique.

Un phénomène d'arc électrique se forme lorsque la distance entre l'objet et la ligne électrique est trop courte. L'air perd alors son caractère isolant et devient localement conducteur, ce qui permet aux particules électriques de la ligne de se frayer un chemin vers l'objet. Dès lors, un arc électrique se forme. Pour les lignes électriques aériennes telles que celles gérées par Enedis ou RTE, **la distance nécessaire pour observer un phénomène d'arc électrique est de quelques cm ou quelques dizaines de cm tout au plus. A plus de 2 m de distance, il n'y a aucun risque.**

En effet, selon les recommandations d'Enedis ou RTE, en cas de travail à proximité d'une ligne électrique, la distance à respecter est de 3 mètres en HTA et de 5 mètres en HTB pour les lignes aériennes. Cette distance entre la ligne électrique et la personne, l'engin ou l'outil garantit la sécurité en écartant le risque d'arc électrique (source : www.sousleslignes-prudence.com). Dans le cas des éoliennes du parc de Plessé, compte-tenu des distances (plus de 70 m) et en raison du pouvoir isolant de l'air, les risques de formation d'un arc électrique entre la ligne et l'extrémité d'une pale des éoliennes sont totalement exclus que ce soit en situation normale ou en situation dégradée.

7 Analyse préliminaire des risques

La rupture d'un câble de la ligne électrique HTA peut survenir suite à un événement météorologique majeur (accumulation de neige collante, tempête) ou un problème technique (fragilisation des supports des câbles). Dans ce cas, le ou les câble(s) de la ligne électrique peuvent chuter au sol. Le danger est présent au voisinage des câbles pour des personnes car il n'y a plus la protection par le caractère isolant de l'air. Vis-à-vis des éoliennes du projet, même en situation dégradée, la distance entre la ligne électrique et l'extrémité des pales resterait largement supérieure, ce qui écarte tout risque de formation d'arc électrique.

A titre d'information, les services d'Enedis préconisent une distance d'éloignement de 2 m concernant le mât et éventuels haubanages, et une distance minimale de 3 m concernant les pales et la nacelle par rapport au gabarit cinématique. Ainsi, dans le cadre du projet éolien citoyen de Plessé, ces préconisations sont respectées : le mât de l'éolienne E2 est situé à 77 m de la ligne HTA, et à environ 18 m de la zone de survol des pales.

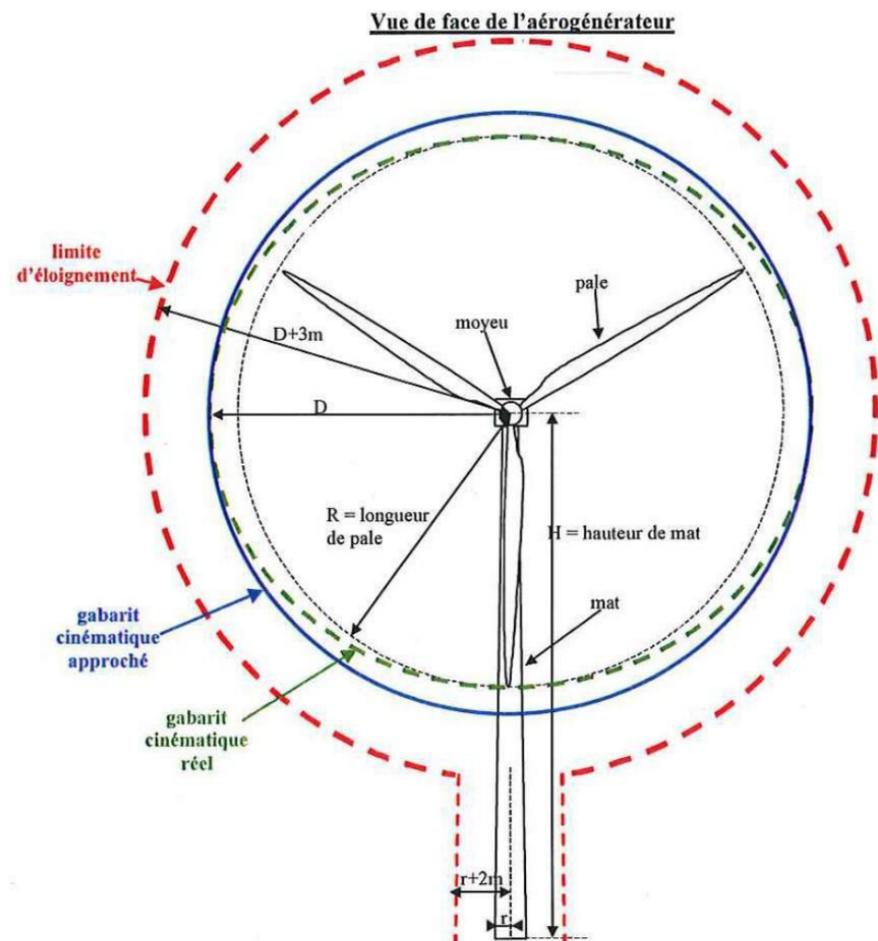


Figure 14 : Préconisations de distances d'éloignement selon Enedis

3.2 Agressions externes liés aux phénomènes naturels

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

Tableau 12 : Principales agressions extérieures liées à des phénomènes naturels.

Agression externe	Intensité
Vents et tempêtes	Les vents de secteurs sud-ouest sont dominants sur la station de la Noé Blanche en Ile et Vilaine, avec un nombre de jours avec vents forts peu important. Secteur du projet en dehors des zones affectées par des cyclones tropicaux.
Foudre	Densité de foudroiement (Ng) du département de Loire-Atlantique : 0,8 foudroiements/km ² /an (soit 8 Nk). Les éoliennes respectent la norme IEC 61 400-24 (Juin 2010)
Mouvements de terrain	Sur l'aire d'étude, l'aléa de retrait-gonflement des argiles est faible. L'aire d'étude n'est pas concernée par d'autres mouvements de terrain.

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

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

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

7 Analyse préliminaire des risques

4 Scénarios étudiés dans l'analyse préliminaire des risques

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

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

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

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

Les différents scénarios listés dans le tableau générique de l'Analyse préliminaires des risques (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 (SER-FEE) 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).

7 Analyse préliminaire des risques

Tableau 13 : Analyse des risques

N°	Evènement initiateur	Evènement intermédiaire	Evènement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effets
G01	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales, le mât et la nacelle	Chute de glace lorsque les éoliennes sont arrêtées	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace (N°2)	Impact de glace sur les enjeux	1
G02	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales	Projection de glace lorsque les éoliennes sont en mouvement	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de la glace (N°1)	Impact de glace sur les enjeux	2
I01	Humidité / Gel	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (N°5)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I02	Dysfonctionnement électrique	Court-circuit Surtension	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (N°5) Prévenir les effets de la foudre (N°6)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I03	Survitesse	Echauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3) Prévenir la survitesse (N°4)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I04	Désaxage de la génératrice / Pièce défectueuse / Défaut de lubrification	Echauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I05	Conditions climatiques humides	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2
I06	Rongeur	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2
I07	Défaut d'étanchéité	Perte de confinement	Fuites d'huile isolante	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Incendie au poste de transformation Propagation de l'incendie	2
F01	Fuite système de lubrification Fuite convertisseur Fuite transformateur	Ecoulement hors de la nacelle et le long du mât, puis sur le sol avec infiltration	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
F02	Renversement de fluides lors des opérations de maintenance	Ecoulement	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1

7 Analyse préliminaire des risques

N°	Evènement initiateur	Evènement intermédiaire	Evènement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effets
C01	Défaut de fixation	Chute de trappe	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Impact sur cible	1
C02	Défaillance fixation anémomètre	Chute anémomètre	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	1
C03	Défaut fixation nacelle – pivot central – mât	Chute nacelle	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	1
P01	Survitesse	Contraintes trop importante sur les pales	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la survitesse (N°4)	Impact sur cible	2
P02	Fatigue Corrosion	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N° 13)	Impact sur cible	2
P03	Serrage inapproprié Erreur maintenance – desserrage	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9)	Impact sur cible	2
E01	Effets dominos autres installations	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E02	Glissement de sol	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E05	Crash d'aéronef	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E07	Effondrement engin de levage travaux	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Actions de prévention mises en œuvre dans le cadre du plan de prévention (N°12)	Chute fragments et chute mât	2
E08	Vents forts	Défaillance fondation	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9) Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort (N°11)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E09	Fatigue	Défaillance mât	Effondrement éolienne	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°13)	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.

7 Analyse préliminaire des risques

5 Effet dominos

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

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

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

Le guide de l'étude de dangers des parcs éoliens 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. Aucune installation ICPE n'est présente dans ce rayon, c'est pourquoi, il serait normalement proposé de négliger les conséquences des effets dominos dans le cadre de la présente étude.

Or, dans le cadre du projet éolien citoyen de Plessé, l'éolienne E2 est localisée à 75 m d'une ligne HTA. Bien qu'aucune servitude ne lui soit grevée et que l'implantation de cette éolienne respecte les préconisations de RTE en termes de distance au réseau électrique (cf Figure 14), cette dernière est inférieure à la hauteur totale de l'éolienne. Cela signifie qu'en cas d'accident, la ligne électrique pourrait être impactée.

Pour rappel, une ligne HTA (ou moyenne tension) est constituée de fils métalliques de faible diamètre et sans gaine isolante, c'est pourquoi elles sont installées en hauteur afin que l'air joue le rôle d'isolant. Elle peut acheminer jusqu'à 20 000 V maximum, et est soutenue à l'aide de poteaux en bois ou en béton de 10 à 14 m de haut (les plus proches étant situés à environ 100 et 150 m au sud de E2). En cas de section ou de chute de la ligne, les principaux risques sont l'électrisation voire l'électrocution des personnes présentes sur site (habitants, agriculteurs, professionnelles en intervention sur la ligne, etc), ainsi qu'une coupure d'électricité dans les environs.

Parmi les hypothèses étudiées, trois scénarios ont été retenus comme effets dominos potentiels :

- La section de la ligne ou la chute des poteaux par effondrement de l'éolienne sur la ligne électrique ;
- La section de la ligne par projection de pales ou de fragments de pales sur la ligne électrique ;
- La section de la ligne par la projection de glace sur la ligne électrique.

Ainsi, ces effets dominos sont abordés pour chacun de ces scénarios dans l'étude détaillée des risques. Toutefois, au regard de la très faible probabilité d'apparition de l'effet domino et de l'absence d'accidents similaires répertoriés en France dans l'analyse des retours d'expérience, l'analyse de ces effets sera uniquement qualitative.

6 Mise en place des mesures de sécurité

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

- **Fonction de sécurité** : il est proposé ci-dessous un tableau par fonction de sécurité. Cet intitulé décrit l'objectif de la ou des mesure(s) de sécurité : il s'agira principalement d'« empêcher, éviter, détecter, contrôler ou limiter » et sera en relation avec un ou plusieurs événements conduisant à un accident majeur identifié dans l'analyse des risques. Plusieurs mesures de sécurité peuvent assurer une même fonction de sécurité.
- **Numéro de la fonction de sécurité** : ce numéro vise à simplifier la lecture de l'étude de dangers en permettant des renvois à l'analyse de risque par exemple.
- **Mesures de sécurité** : cette ligne permet d'identifier les mesures assurant la fonction concernée. Dans le cas de systèmes instrumentés de sécurité, tous les éléments de la chaîne de sécurité sont présentés (détection + traitement de l'information + action).
- **Description** : cette ligne permet de préciser la description de la mesure de maîtrise des risques, lorsque des détails supplémentaires sont nécessaires.
- **Indépendance (« oui » ou « non »)** : cette caractéristique décrit le niveau d'indépendance d'une mesure de maîtrise des risques vis-à-vis des autres systèmes de sécurité et des scénarios d'accident. Cette condition peut être considérée comme remplie (renseigner « oui ») ou non (renseigner « non »).
- **Temps de réponse (en secondes ou en minutes)** : cette caractéristique mesure le temps requis entre la sollicitation et l'exécution de la fonction de sécurité.
- **Efficacité (100% ou 0%)** : l'efficacité mesure la capacité d'une mesure de maîtrise des risques à remplir la fonction de sécurité qui lui est confiée pendant une durée donnée et dans son contexte d'utilisation.
- **Test (fréquence)** : dans ce champ sont rappelés les tests/essais qui seront réalisés sur les mesures de maîtrise des risques. Conformément à la réglementation, un essai d'arrêt, d'arrêt d'urgence et d'arrêt à partir d'une situation de survitesse seront réalisés avant la mise en service de l'aérogénérateur. Dans tous les cas, les tests effectués sur les mesures de maîtrise des risques seront tenus à la disposition de l'inspection des installations classées pendant l'exploitation de l'installation.
- **Maintenance (fréquence)** : ce critère porte sur la périodicité des contrôles qui permettront de vérifier la performance de la mesure de maîtrise des risques dans le temps. Pour rappel, la réglementation demande qu'à minima : un contrôle tous les ans soit réalisé sur la performance des mesures de sécurité permettant de mettre à l'arrêt, à l'arrêt d'urgence et à l'arrêt à partir d'une situation de survitesse et sur tous les systèmes instrumentés de sécurité.

Conformément à l'arrêté modifié du 26 août 2011, « 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 qui ont été effectuées, leur nature, les défaillances constatées et les opérations préventives et correctives engagées. ».

Tous les éléments relatifs aux tests et aux opérations de maintenance seront tenus à disposition de l'inspecteur des ICPE, pendant toute la durée d'exploitation.

7 Analyse préliminaire des risques

Tableaux 14 : 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 redondant du givre permettant, en cas de détection de glace, une mise à l'arrêt rapide de l'aérogénérateur. Le redémarrage peut ensuite se faire soit automatiquement après disparition des conditions de givre, soit manuellement après inspection visuelle sur site.		
Indépendance	Non Les systèmes traditionnels s'appuient généralement sur des fonctions et des appareils propres à l'exploitation du parc. En cas de danger particulièrement élevé sur site (survol d'une zone fréquentée sur site soumis à des conditions de gel importantes), des systèmes additionnels peuvent être envisagés.		
Temps de réponse	Quelques minutes (<60 min.) conformément à l'article 25 de l'arrêté modifié du 26 août 2011		
Efficacité	100 %		
Tests	Tests menés par le concepteur au moment de la construction de l'éolienne		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement		

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

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

Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	4
Mesures de sécurité	Détection de survitesse et système de freinage.		
Description	Systèmes de coupure s'enclenchant en cas de dépassement des seuils de vitesse prédéfinis, indépendamment du système de contrôle commande. NB : Le système de freinage est constitué d'un frein aérodynamique principal (mise en drapeau des pales) et / ou d'un frein mécanique auxiliaire.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection < 1 minute L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur conformément aux dispositions de l'arrêté modifié du 26 août 2011.		
Efficacité	100 %		
Tests	Test d'arrêt simple, d'arrêt d'urgence et de la procédure d'arrêt en cas de survitesse avant la mise en service des aérogénérateurs conformément à l'article 17 de l'arrêté modifié du 26 août 2011.		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté modifié du 26 août 2011 (notamment de l'usure du frein et de pression du circuit de freinage d'urgence.) Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

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

7 Analyse préliminaire des risques

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

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

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		
Description	Nombreux détecteurs de niveau d'huile permettant de détecter les éventuelles fuites d'huile et d'arrêter l'éolienne en cas d'urgence. Les opérations de vidange font l'objet de procédures spécifiques. Dans tous les cas, le transfert des huiles s'effectue de manière sécurisée via un système de tuyauterie et de pompes directement entre l'élément à vidanger et le camion de vidange.		

	Des kits de dépollution d'urgence composés de grandes feuilles de textile absorbant pourront être utilisés afin : – de contenir et arrêter la propagation de la pollution ; – d'absorber jusqu'à 20 litres de déversements accidentels de liquides (huile, eau, alcools ...) et produits chimiques (acides, bases, solvants ...) ; – de récupérer les déchets absorbés. Si ces kits de dépollution s'avèrent insuffisants, une société spécialisée récupérera et traitera le gravier souillé via les filières adéquates, puis le remplacera par un nouveau revêtement.
Indépendance	Oui
Temps de réponse	Dépendant du débit de fuite
Efficacité	100 %
Tests	/
Maintenance	Inspection des niveaux d'huile plusieurs fois par an

Fonction de sécurité	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)	N° de la fonction de sécurité	9
Mesures de sécurité	Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints, etc.) Procédures qualités Attestation du contrôle technique (procédure permis de construire incluse dans la procédure d'autorisation environnementale)		
Description	La norme IEC 61 400-1 « Exigence pour la conception des aérogénérateurs » fixe les prescriptions propres à fournir « un niveau approprié de protection contre les dommages résultant de tout risque durant la durée de vie » de l'éolienne. Ainsi la nacelle, le nez, les fondations et la tour répondent au standard IEC 61 400-1. Les pales respectent le standard IEC 61 400-1 ; 12 ; 23. Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %		
Tests	NA		
Maintenance	Les couples de serrage (brides sur les diverses sections de la tour, bride de raccordement des pales au moyeu, bride de raccordement du moyeu à l'arbre lent, éléments du châssis, éléments du pitch system, couronne du Yaw Gear, boulons de fixation de la nacelle...) sont vérifiés au bout de 3 mois de fonctionnement puis tous les 3 ans, conformément à l'article 18 de l'arrêté modifié du 26 août 2011.		

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

7 Analyse préliminaire des risques

Fonction de sécurité	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vents 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	Tests réalisés par le constructeur avant la mise en service puis test régulier des arrêts d'urgence en exploitation		
Maintenance	Tous les ans avec contrôle des moteurs pitch		

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

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

7 Analyse préliminaire des risques

7 Conclusion de l'analyse préliminaire des risques

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

Tableaux 15 : Scénarii exclus

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 modifié du 26 août 2011 encadre déjà largement la sécurité des installations. Ces effets ne sont donc pas étudiés dans l'étude détaillée des risques. Néanmoins il peut être redouté que des chutes d'éléments (ou des projections) interviennent lors d'un incendie. Ces effets sont étudiés avec les projections et les chutes d'éléments.
Incendie du poste de livraison ou du transformateur	En cas d'incendie de ces éléments, les effets ressentis à l'extérieur des bâtiments (poste de livraison) seront mineurs ou inexistant du fait notamment de la structure en béton. De plus, la réglementation encadre déjà largement la sécurité de ces installations (l'arrêté modifié du 26 août 2011 [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. Ce scénario peut ne pas être détaillé dans le chapitre de l'étude détaillée des risques sauf en cas d'implantation dans un périmètre de protection rapprochée d'une nappe phréatique.

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

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

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



8 Etude 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. La méthodologie est précisée dans la partie Annexe 1 - Méthodologie.

1 Caractérisation des scénarios retenus

1.1 Effondrement de l'éolienne

1.1.1 Zone d'effet

La zone d'effet de l'effondrement d'une éolienne correspond à une **surface circulaire de rayon égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale**, soit 180 m dans le cas des éoliennes du parc éolien citoyen de Plessé. Cette méthodologie se rapproche de celles utilisées dans la bibliographie. 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.

1.1.2 Intensité

Pour le phénomène d'effondrement de l'éolienne, le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface totale balayée par le rotor et la surface du mât non balayée par le rotor, d'une part, et la superficie de la zone d'effet du phénomène, d'autre part. Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène d'effondrement d'une éolienne de 3,6 MW dans le cas de ce parc éolien, avec :

R est la longueur de pale (R = 57,3 m),

H la hauteur du mât (H = 120 m),

L la largeur moyenne du mât (L = 4,3 m),

LB la largeur de la base de la pale (LB = 2,4 m)

Tableau 16 : Intensité du phénomène « Effondrement éolienne »

Effondrement de l'éolienne dans un rayon inférieur ou égal à 180 m			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$ZI = (H) \times L + 3 \times R \times LB/2$ = 120 x 4,3 + 3 x 57,3 x 2,4/2 La zone d'impact est de 722,3 m ²	$ZE = \pi \times (H+R)^2$ $ZE = \pi \times (120+57,3)^2$ La zone d'effet est de 98 756,9 m ²	$(ZI / ZE) \times 100$ = 0,73 % (< 1%)	Exposition modérée

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

Pour chaque éolienne du parc, la zone d'impact est de 722,3 m² et la zone d'effet du phénomène étudié est de 98 756,9 m².

1.1.3 Gravité

Cette analyse s'appuie sur les éléments suivants :

- L'effondrement se produit dans un rayon de 180 m ;
- Dans ce rayon de 180 m, pour chaque éolienne du parc, la gravité a été évaluée selon les critères suivants :
 - E1, E2 et E3 :
 - Terrains non bâtis, aménagés mais peu fréquentés ; selon les termes de la circulaire du 10 mai 2010, il a été considéré 1 personne par tranche de 10 hectares.
- La zone d'effet représente 9,9 ha.

Tableau 17 : Nombre équivalent personnes permanentes – Effondrement

Eoliennes concernées	Secteur et/ou infrastructure concernées	Type	Nombre équivalent personnes permanentes	
E1	Parcelles culturales et prairiales avec espaces boisés isolés (9,7 ha)	Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, forêts, friches, marais...) : compter 1 personne par tranche de 100 ha.	0,09	0,12
	Voies de circulation non structurantes (0,2 ha)	Terrains non bâtis, 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.	0,02	
E2	Parcelles culturales et prairiales avec espaces humides, aquatiques et boisés isolés (9,76 ha)	Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, forêts, friches, marais...) : compter 1 personne par tranche de 100 ha.	0,09	0,11
	Voies de circulation non structurantes (0,14 ha)	Terrains non bâtis, 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.	0,01	
E3	Parcelles culturales et prairiales avec espaces humides et boisés isolés (9,52 ha)	Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, forêts, friches, marais...) : compter 1 personne par tranche de 100 ha.	0,09	0,13
	Voies de circulation non structurantes (0,38 ha)	Terrains non bâtis, 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.	0,04	

8 Etude détaillée des risques

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 18 : Gravité du phénomène « Effondrement de l'éolienne »

Effondrement de l'éolienne dans un rayon inférieur ou égal à 180 m		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) *	Gravité
E01	0,12	Modérée
E02	0,11	Modérée
E03	0,13	Modérée

1.1.4 Probabilité

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

Tableau 19 : Probabilité du phénomène « Effondrement de l'éolienne »

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

Ces valeurs correspondent à une classe de probabilité « C » selon l'arrêté du 29 septembre 2005. Le retour d'expérience français montre également une classe de probabilité « C ». En effet, il a été recensé seulement 7 événements pour 15 667 années d'expérience (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.), soit une probabilité de $4,47 \times 10^{-4}$ par éolienne et par an. Ces événements correspondent également à la définition qualitative de l'arrêté du 29 septembre 2005 d'une probabilité « C », à savoir : « *Evénement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité* ». (Source : Ineris, 2012).

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

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

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

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

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

1.1.5 Acceptabilité

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

Tableau 20 : Acceptabilité du phénomène « Effondrement de l'éolienne »

Effondrement de l'éolienne – Eolienne 180 m		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E01	Modérée	Très faible
E02	Modérée	Très faible
E03	Modérée	Très faible

Ainsi, pour le parc éolien citoyen de Plessé, le phénomène d'effondrement des éoliennes présente un risque très faible et donc acceptable au regard des populations avoisinantes.

1.1.6 Effet domino – Ligne HTA

Pour rappel, l'éolienne E2 est localisée à 75 m au nord d'une ligne HTA, soit une distance inférieure à la hauteur totale de l'éolienne. En cas d'effondrement de l'éolienne sur la ligne électrique, cette dernière pourrait être sectionnée ou les poteaux qui la maintiennent pourraient s'effondrer à leur tour.

L'épaisseur des fils métalliques étant faible (quelques dizaines voire centaines de mm²) et la masse de l'éolienne étant élevée (plusieurs centaines de tonnes selon les modèles), la section de la ligne semble possible ainsi que la chute des poteaux qui la maintiennent.

Néanmoins, aucun accident de ce type n'a été répertorié sur les bases de données SER/FEE et ARIA, et au regard de la faible probabilité définie précédemment (D) d'effondrement de l'éolienne, le risque de section de la ligne HTA et de chute des poteaux qui la maintiennent est considéré comme acceptable.

1.2 Chute de glace

1.2.1 Considérations générales

Les périodes de gel et l'humidité de l'air peuvent entraîner, dans des conditions de température et d'humidité de l'air bien particulières, une formation de givre ou de glace sur l'éolienne, ce qui induit des risques potentiels de chute de glace. Selon l'étude WECO [15], une grande partie du territoire français (hors zones de montagne) est concerné par moins d'un jour de formation de glace par an. Certains secteurs du territoire comme les zones côtières affichent des moyennes variant entre 2 et 7 jours de formation de glace par an.

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

8 Etude détaillée des risques

1.2.2 Zone d'effet

Le risque de chute de glace est cantonné à la **zone de survol des pales**, soit un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor autour du mât de l'éolienne. Pour le parc éolien étudié, la zone d'effet est donc un disque de rayon de 57,3 m autour des éoliennes. Cependant, il convient de noter que, lorsque l'éolienne est à l'arrêt, les pales n'occupent qu'une faible partie de cette zone.

1.2.3 Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute de glace pour l'éolienne type choisie dans le cas du parc éolien avec :

ZI est la zone d'impact,

ZE est la zone d'effet,

R est la longueur de pale (R= 57,3 m),

SG est la surface du morceau de glace majorant (SG= 1 m²).

Tableau 21 : Intensité du phénomène « Chute de glace »

Chute de glace – Zone de survol = 57,3 m			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
ZI = SG ZI = 1 m ²	ZE = $\pi \times R^2$ ZE = $\pi \times 57,3^2$ ZE = 10 314,7 m ²	d=ZI/ZE x 100 d = 0,01 % (<1%)	Exposition modérée

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

Pour chaque éolienne, la zone d'impact est estimée à 1 m² et la zone d'effet du phénomène étudiée est de 10 314,7 m².

1.2.4 Gravité

Cette analyse s'appuie sur les éléments suivants :

- La chute de glace se produit dans un rayon de 57,3 m ;
- Dans ce rayon de 57,3 m, pour chaque éolienne du parc, la gravité a été évaluée selon les critères suivants :
 - E1, E2 et E3 : Terrains non bâtis, non aménagés et très peu fréquentés ; selon les termes de la circulaire du 10 mai 2010, il a été considéré 1 personne par tranche de 100 hectares ;
- La zone d'effet représente 1,1 ha.

Tableau 22 : Nombre équivalent personnes permanentes – Chute de glace

Eoliennes concernées	Secteur et/ou infrastructure concernées	Type	Nombre équivalent personnes permanentes
E1, E2 et E3	Secteur agricole (1,1 ha)	Terrains non bâtis, non aménagés et très peu fréquentés (1 personne tous les 100 ha)	0,011

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 23 : Gravité du phénomène « Chute de glace »

Chute de glace – Eolienne -zone de survol = 57,3 m		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) *	Gravité
E01	0,011	Modérée
E02	0,011	Modérée
E03	0,011	Modérée

1.2.5 Probabilité

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

1.2.6 Acceptabilité

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

Tableau 24 : Acceptabilité du phénomène « Chute de glace »

Chute de glace – Zone de survol = 57,3 m		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E01	Modérée	Faible
E02	Modérée	Faible
E03	Modérée	Faible

La ligne HTA n'est pas localisée au sein de la zone d'effet. Ainsi, il n'existe pas d'effet domino pour ce scénario.

Ainsi, pour le parc éolien, le phénomène de chute de glace des éoliennes constitue un risque faible et donc acceptable pour les personnes.

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

8 Etude détaillée des risques

1.3 Chute d'éléments de l'éolienne

1.3.1 Zone d'effet

La chute d'éléments comprend la chute de tous les équipements situés en hauteur : trappes, boulons, morceaux de pales ou pales entières. Le cas majorant est ici le cas de la chute de pale. Il est retenu dans l'étude détaillée des risques pour représenter toutes les chutes d'éléments. Le risque de chute d'élément est cantonné à la **zone de survol des pales**, c'est-à-dire une zone d'effet correspondant à un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor soit 57,3 m.

1.3.2 Intensité

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

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

d : le degré d'exposition,
ZI : la zone d'impact,
ZE : la zone d'effet,
R : la longueur de pale (R= 57,3 m),
LB : la largeur de la base de la pale (LB= 2,4 m).

Tableau 25 : Intensité du phénomène « Chute d'éléments de l'éolienne »

Chute d'éléments -zone de survol = 57,3 m			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$ZI = R \cdot LB / 2$ $ZI = 57,3 \times 2,4 / 2$ $ZI = 68,76 \text{ m}^2$	$ZE = \pi \times R^2$ $ZE = \pi \times 57,3^2$ $ZE = 10\,314,7 \text{ m}^2$	$d = ZI / ZE \times 100$ $d = 0,66\%$ (<1%)	Exposition modérée

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

Pour chaque éolienne, la zone d'impact est estimée à de 68,76 m² et la zone d'effet du phénomène étudié est de 10 314,7 m².

1.3.3 Gravité

Cette analyse s'appuie sur les éléments suivants :

- La chute d'éléments se produit dans un rayon de 57,3 m ;
- Dans ce rayon de 57,3 m, pour chaque éolienne du parc, la gravité a été évaluée selon les critères suivants :
 - E1, E2 et E3 : Terrains non bâtis, non aménagés et très peu fréquentés ; selon les termes de la circulaire du 10 mai 2010, il a été considéré 1 personne par tranche de 100 hectares.
- La zone d'effet représente 1,1 ha.

Tableau 26 : Nombre équivalent personnes permanentes – Chute d'élément d'éolienne

Eoliennes concernées	Secteur et/ou infrastructure concernées	Type	Nombre équivalent personnes permanentes
E1, E2 et E3	Secteur agricole (1,1 ha)	Terrains non bâtis, non aménagés et très peu fréquentés (1 personne tous les 100 ha)	0,011

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

Chute d'éléments -zone de survol = 57,3 m		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) *	Gravité
E01	0,011	Modérée
E02	0,011	Modérée
E03	0,011	Modérée

1.3.4 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 x 10⁻⁴ événement par éolienne et par an). Ces événements correspondent également à la définition qualitative de l'arrêté du 29 Septembre 2005 d'une probabilité « C » : « *Evénement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité* ». (source : Ineris, 2012).

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

8 Etude détaillée des risques

1.3.5 Acceptabilité

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

Tableau 28 : Acceptabilité du phénomène « Chute d'éléments de l'éolienne »

Chute d'éléments - zone de survol = 57,3 m		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E01	Modérée	Très faible
E02	Modérée	Très faible
E03	Modérée	Très faible

La ligne HTA n'est pas localisée au sein de la zone d'effet. Ainsi, il n'existe pas d'effet domino pour ce scénario.

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

1.4 Projection de pales ou de fragment de pales

1.4.1 Zone d'effet

Dans l'accidentologie française rappelée en annexe, la distance maximale relevée et vérifiée par le groupe de travail précédemment mentionné pour une projection de fragment de pale est de 380 mètres par rapport au mât de l'éolienne. Les autres données disponibles dans cette accidentologie montrent des distances d'effet inférieures. L'accidentologie éolienne mondiale manque de fiabilité car la source la plus importante (en termes statistiques) est une base de données tenue par une association écossaise majoritairement opposée à l'énergie éolienne. Pour autant, des études de risques déjà réalisées dans le monde ont utilisé une distance de 500 mètres (Cf. Bibliographie)

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

1.4.2 Intensité

Pour le phénomène de projection de pale ou de fragment de pale, le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface d'un élément (cas majorant d'une pale entière) et la superficie de la zone d'effet du phénomène (500 m). Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du parc éolien avec :

d : est le degré d'exposition,

ZI : la zone d'impact,

ZE : la zone d'effet,

R : la longueur de pale (R = 57,3 m),

LB : la largeur de la base de la pale (LB = 2,4 m)

r la distance d'effet (r = 500 m)

Tableau 29 : Intensité du phénomène « Projection de pales ou de fragments de pales »

Projection de pale - Rayon de 500 m			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$ZI = R \cdot LB / 2$ $ZI = 57,3 \times 2,4 / 2$ $ZI = 68,76 \text{ m}^2$	$ZE = \pi \times r^2$ $ZE = 785\,398 \text{ m}^2$	$d = ZI / ZE \times 100$ $d = 0,009\%$ (<1%)	Exposition modérée

La zone d'impact est donc de 68,76 m² et la zone d'effet du phénomène étudié est de 785 398 m².

1.4.3 Gravité

Cette analyse s'appuie sur les éléments suivants :

- La projection se produit dans un rayon de 500 m ;
- Dans ce rayon de 500 m, pour chaque éolienne du parc, la gravité a été évaluée selon les critères suivants :
 - E1, E2 et E3 :
 - Terrains non bâtis, non aménagés et très peu fréquentés ; selon les termes de la circulaire du 10 mai 2010, il a été considéré 1 personne par tranche de 100 hectares ;
 - Terrains non bâtis, aménagés mais peu fréquentés ; selon les termes de la circulaire du 10 mai 2010, il a été considéré 1 personne par tranche de 10 hectares ;
- La zone d'effet représente 78,5 ha.

Tableau 30 : Nombre équivalent personnes permanentes – Projection

Eoliennes concernées (aire d'étude de 500 m)	Secteur et/ou infrastructure concernées	Type	Nombre équivalent personnes permanentes	
E1	Parcelles culturales et prairiales avec espaces boisés isolés (76,55 ha)	Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, forêts, friches, marais...) : compter 1 personne par tranche de 100 ha.	0,76	0,95
	Voies de circulation non structurantes (1,95 ha)	Terrains non bâtis, 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.	0,19	
E2	Parcelles culturales et prairiales avec espaces humides, aquatiques et boisés isolés (76,75 ha)	Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, forêts, friches, marais...) : compter 1 personne par tranche de 100 ha.	0,76	0,93

8 Etude détaillée des risques

	Voies de circulation non structurantes (1,75 ha)	Terrains non bâtis, 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.	0,17	
E3	Parcelles culturales et prairiales avec espaces humides et boisés isolés (77 ha)	Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, forêts, friches, marais...) : compter 1 personne par tranche de 100 ha.	0,77	0,92
	Voies de circulation non structurantes (1,5 ha)	Terrains non bâtis, 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.	0,15	

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 31 : Gravité du phénomène « Projections de pales ou de fragments de pales »

Projection de pale – Rayon de 500 m		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) *	Gravité
E01	0,95	Modérée
E02	0,93	Modérée
E03	0,92	Modérée

1.4.4 Probabilité

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

Tableau 32 : Probabilité du phénomène « Projection de pales ou de fragments de pales »

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

Ces valeurs correspondent à des classes de probabilité de « B », « C » ou « E ». Le retour d'expérience français montre également une classe de probabilité « C » (12 événements pour 15 667 années d'expérience, soit $7,66 \times 10^{-4}$

événement par éolienne et par an). Ces événements correspondent également à la définition qualitative de l'arrêté du 29 Septembre 2005 d'une probabilité « C » : « Événement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité ». (source : Ineris, 2012)

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 modifié du 26 août 2011 relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation permet de s'assurer que les éoliennes font l'objet de mesures réduisant significativement la probabilité de projection.

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

1.4.5 Acceptabilité

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

Tableau 33 : Acceptabilité du phénomène « Projection de pale ou de fragment de pale »

Projection de pale -500m		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E01	Modérée	Très faible
E02	Modérée	Très faible
E03	Modérée	Très faible

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

1.4.1 Effet domino – Ligne HTA

Pour rappel, l'éolienne E2 est localisée à 75 m au nord d'une ligne HTA, soit une distance inférieure à la zone d'effet de 500 m. En cas de projection de pales ou de fragments de pales sur la ligne électrique, cette dernière pourrait être sectionnée.

8 Etude détaillée des risques

L'épaisseur des fils métalliques étant faible (quelques dizaines voire centaines de mm²) et la masse d'une pale entière d'éolienne étant élevée (une dizaine de tonnes selon les modèles), la section de la ligne semble possible. Toutefois, cet effet reste dépendant de la masse des fragments projetés ainsi que de la vitesse de projection. De plus, la probabilité qu'un fragment atteigne la ligne est faible.

Aucun accident de ce type n'a été répertorié sur les bases de données SER/FEE et ARIA, et au regard de la faible probabilité définie précédemment (D) de projection de pales ou de fragments de pales, le risque de section de la ligne HTA est considéré comme acceptable.

1.5 Projection de glace

1.5.1 Zone d'effet

L'accidentologie rapporte quelques cas de projection de glace. Ce phénomène est connu et possible, mais reste difficilement observable et n'a jamais occasionné de dommage sur les personnes ou les biens. En ce qui concerne la distance maximale atteinte par ce type de projectiles, il n'existe pas d'information dans l'accidentologie. La référence [15] 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 :

$$\begin{aligned} \text{Distance d'effet} &= 1,5 \times (\text{hauteur de moyeu} + \text{diamètre de rotor}) \\ &= 1,5 \times (120 + 116,8) \end{aligned}$$

Soit : **355,2 m pour le type d'éolienne choisie dans le cadre du projet de parc étudié.**

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

1.5.2 Intensité

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

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

d : le degré d'exposition,
ZI : la zone d'impact,
ZE : la zone d'effet,
R : la longueur de pale (R = 57,3 m),
H : la hauteur au moyeu (H = 120 m),
SG : la surface majorante d'un morceau de glace.

Tableau 34 : Intensité du phénomène « Projection de morceaux de glace »

Projection de glace			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
ZI = SG ZI = 1	$ZE = \pi \times (1,5 \times (H + 2R))^2$ $ZE = \pi \times (1,5 \times (120 + 2 \times 57,3))^2$ ZE = 389 034,7 m ²	$d = ZI / ZE \times 100$ $d = 2,6 \cdot 10^{-4}$ (< 1 %)	Exposition modérée

Pour le parc éolien, la zone d'impact est de 1 m² et la zone d'effet du phénomène étudié est de 389 034,7 m².

1.5.3 Gravité

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.

Cette analyse s'appuie sur les éléments suivants :

- La chute d'éléments se produit dans un rayon de 355,2 m ;
- Dans ce rayon de 355,2 m, pour chaque éolienne du parc, la gravité a été évaluée selon les critères suivants :
 - E1, E2 et E3 :
 - Terrains non bâtis, non aménagés et très peu fréquentés ; selon les termes de la circulaire du 10 mai 2010, il a été considéré 1 personne par tranche de 100 hectares ;
 - Terrains non bâtis, aménagés mais peu fréquentés ; selon les termes de la circulaire du 10 mai 2010, il a été considéré 1 personne par tranche de 10 hectares ;
- La zone d'effet représente 39,6 ha.

Tableau 35 : Nombre équivalent personnes permanentes – Chute d'élément d'éolienne

Eoliennes concernées (aire d'étude de 500 m)	Secteur et/ou infrastructure concernées	Type	Nombre équivalent personnes permanentes	
E1	Parcelles culturales et prairiales avec espaces boisés isolés (38,9 ha)	Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, forêts, friches, marais...) : compter 1 personne par tranche de 100 ha.	0,39	0,46

8 Etude détaillée des risques

	Voies de circulation non structurantes (0,7 ha)	Terrains non bâtis, 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.	0,07	
E2	Parcelles culturales et prairiales avec espaces humides, aquatiques et boisés isolés (38,6 ha)	Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, forêts, friches, marais...) : compter 1 personne par tranche de 100 ha.	0,39	0,49
	Voies de circulation non structurantes (0,98 ha)	Terrains non bâtis, 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.	0,1	
E3	Parcelles culturales et prairiales avec espaces humides et boisés isolés (39 ha)	Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, forêts, friches, marais...) : compter 1 personne par tranche de 100 ha.	0,39	0,45
	Voies de circulation non structurantes (0,6 ha)	Terrains non bâtis, 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.	0,06	

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 36 : Gravité du phénomène « Projection de glace »

Chute d'éléments -355,2 m		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) *	Gravité
E01	0,46	Modérée
E02	0,49	Modérée
E03	0,45	Modérée

1.5.4 Probabilité

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

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

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

1.5.5 Acceptabilité

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

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

Tableau 37: Acceptabilité du phénomène « Projection de morceaux de glace »

Eolienne	Gravité	Projection de glace – 355,2 m	
		Présence de système d'arrêt en cas de détection ou déduction de glace et de procédure de redémarrage	Niveau de risque
E01	Modérée	Oui	Très faible
E02	Modérée	Oui	Très faible
E03	Modérée	Oui	Très faible

Ainsi, le phénomène de projection de glace constitue un risque très faible et donc acceptable pour les personnes.

1.5.6 Effet domino – Ligne HTA

Pour rappel, l'éolienne E2 est localisée à 75 m au nord d'une ligne HTA, soit une distance inférieure à la zone d'effet de 355,2 m. En cas de projection de glace sur la ligne électrique, cette dernière pourrait être sectionnée.

L'épaisseur des fils métalliques étant faible (quelques dizaines voire centaines de mm²), la section de la ligne semble possible. Toutefois, cet effet reste de dépendant de la masse des morceaux de glace projetés ainsi que de la vitesse de projection. De plus, la probabilité qu'un morceau atteigne la ligne est faible. Enfin, au regard du climat local et du faible nombre de jours de gel, il est peu probable que de grands et gros morceaux de glace se forment sur l'éolienne.

Aucun accident de ce type n'a été répertorié sur les bases de données SER/FEE et ARIA, et au regard des éléments précédents, le risque de section de la ligne HTA est considéré comme acceptable.

8 Etude détaillée des risques

2 Synthèse de l'étude détaillée des risques

2.1 Tableaux de synthèse des scénarios étudiés

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

Tableau 38 : Synthèse des scénarios étudiés.

Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité	Acceptabilité
Scénario 1 : Effondrement de l'éolienne	180 m	Rapide	Exposition modérée	D (pour des éoliennes récentes)	Modérée	Acceptable
Scénario 2 : Chute de glace	57,3 m	Rapide	Exposition modérée	A sauf si les températures hivernales sont supérieures à 0°C	Modérée	Acceptable
Scénario 3 : Chute d'élément de l'éolienne	57,3 m	Rapide	Exposition modérée	C	Modérée	Acceptable
Scénario 4 : Projection de pales ou fragments de pales	500 m	Rapide	Exposition modérée	D (pour des éoliennes récentes)	Modérée	Acceptable
Scénario 5 : Projection de glace	355,2 m	Rapide	Exposition modérée	B sauf si les températures hivernales sont supérieures à 0°C	Modérée	Acceptable

2.2 Synthèse des effets dominos

Au regard de la faible distance séparant l'éolienne E2 et une ligne HTA (75 m environ), plusieurs scénarios d'effets dominos ont été étudiés : section de la ligne électrique et chute des poteaux qui la maintiennent, à cause de l'effondrement de l'éolienne, de projection de pales ou fragments de pales, ou de projection de glace.

Le niveau de risque potentiels sont jugés acceptables au regard de la faible probabilité d'apparition de ces accidents potentiels.

2.3 Synthèse de l'acceptabilité des risques

Enfin, la dernière étape de l'étude détaillée des risques consiste à rappeler l'acceptabilité des accidents potentiels pour chacun des phénomènes dangereux étudiés (chaque scénario est placé dans la matrice). 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 39 : Matrice d'acceptabilité du risque.

Gravité des conséquences	Classe de probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux					
Modéré		1 et 4	3	5	2

Légende de la matrice :

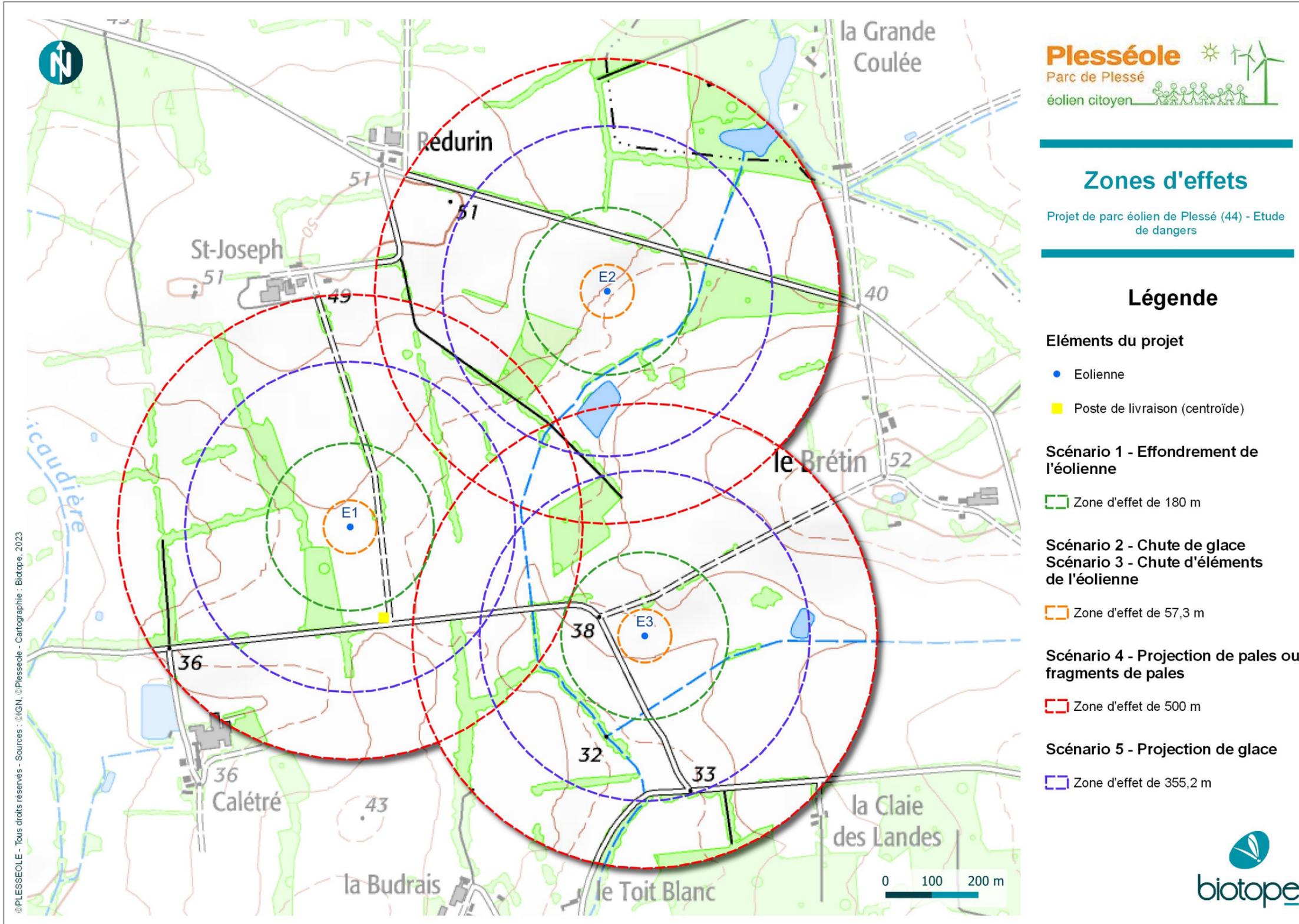
Niveau de risque	Couleur	Acceptabilité
Risque très faible		Acceptable
Risque faible		Acceptable
Risque important		Non acceptable

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

La carte de synthèse ci-après présente les zones d'effets les plus importants pour les cinq phénomènes étudiés :

- Effondrement de l'éolienne (scénario 1)
- Chute de glace (scénario 2)
- Chute d'élément de l'éolienne (scénario 3)
- Projection de pales ou fragments de pales (scénario 4)
- Projection de glace (scénario 5)

8 Etude détaillée des risques



Carte 11 : Synthèse des zones d'effet des différents dangers

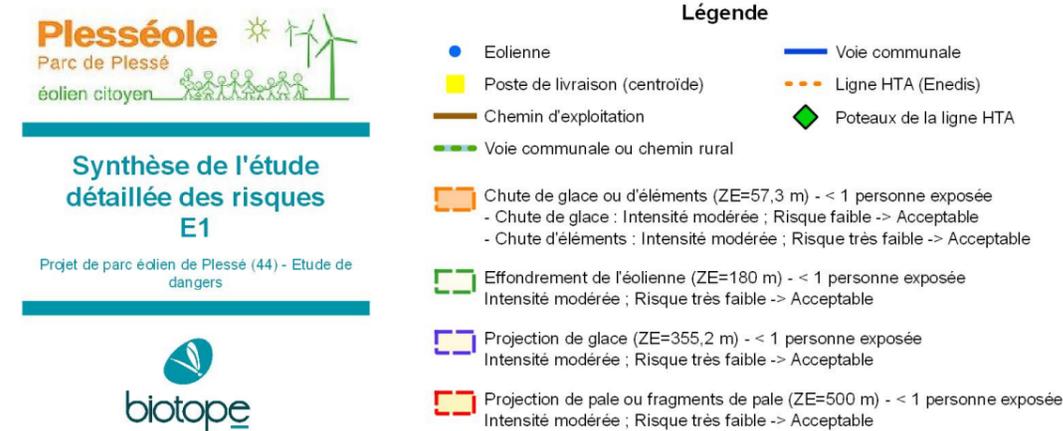
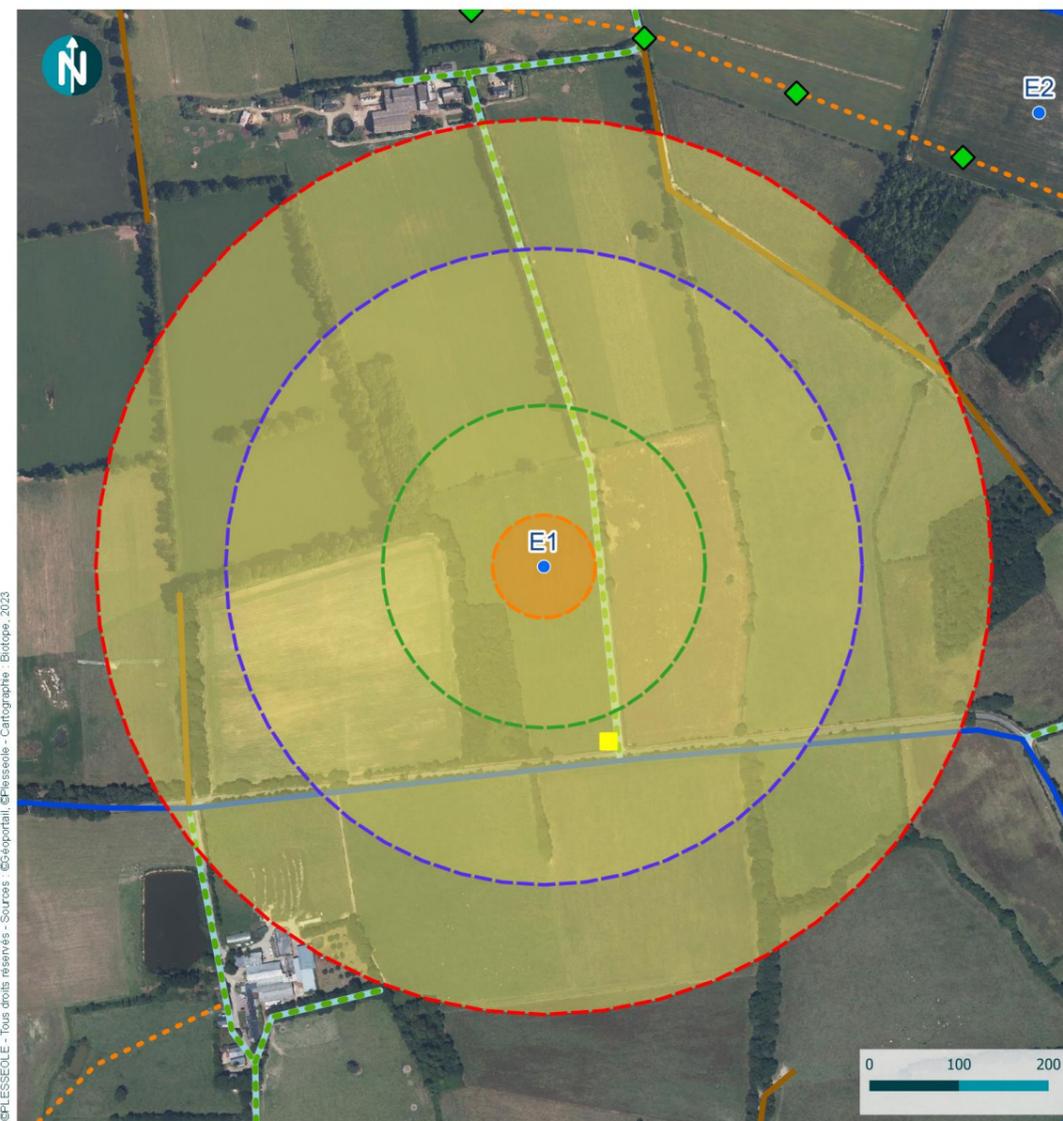
8 Etude détaillée des risques

2.4 Cartographie des risques

Les cartes ci-après présentent la synthèse des risques pour chaque éolienne.

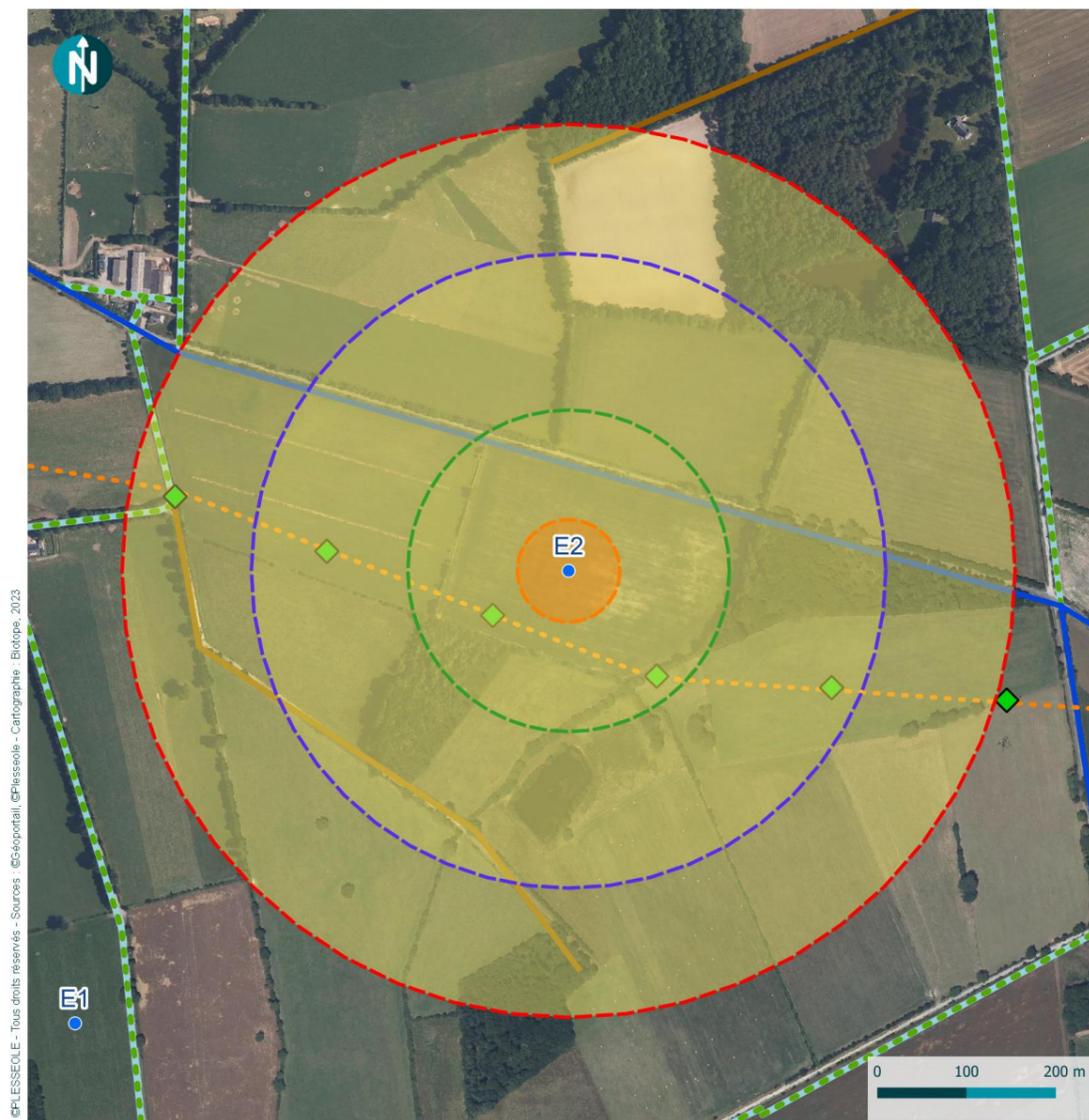
Ces cartes font apparaître, pour les scénarios détaillés dans le tableau de synthèse :

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



Carte 12 : Synthèse de l'étude détaillée des risques - E1

8 Etude détaillée des risques



PLESSEOLE - Tous droits réservés - Sources : ©Géoportail, PLESSEOLE - Cartographie : Biotope, 2023



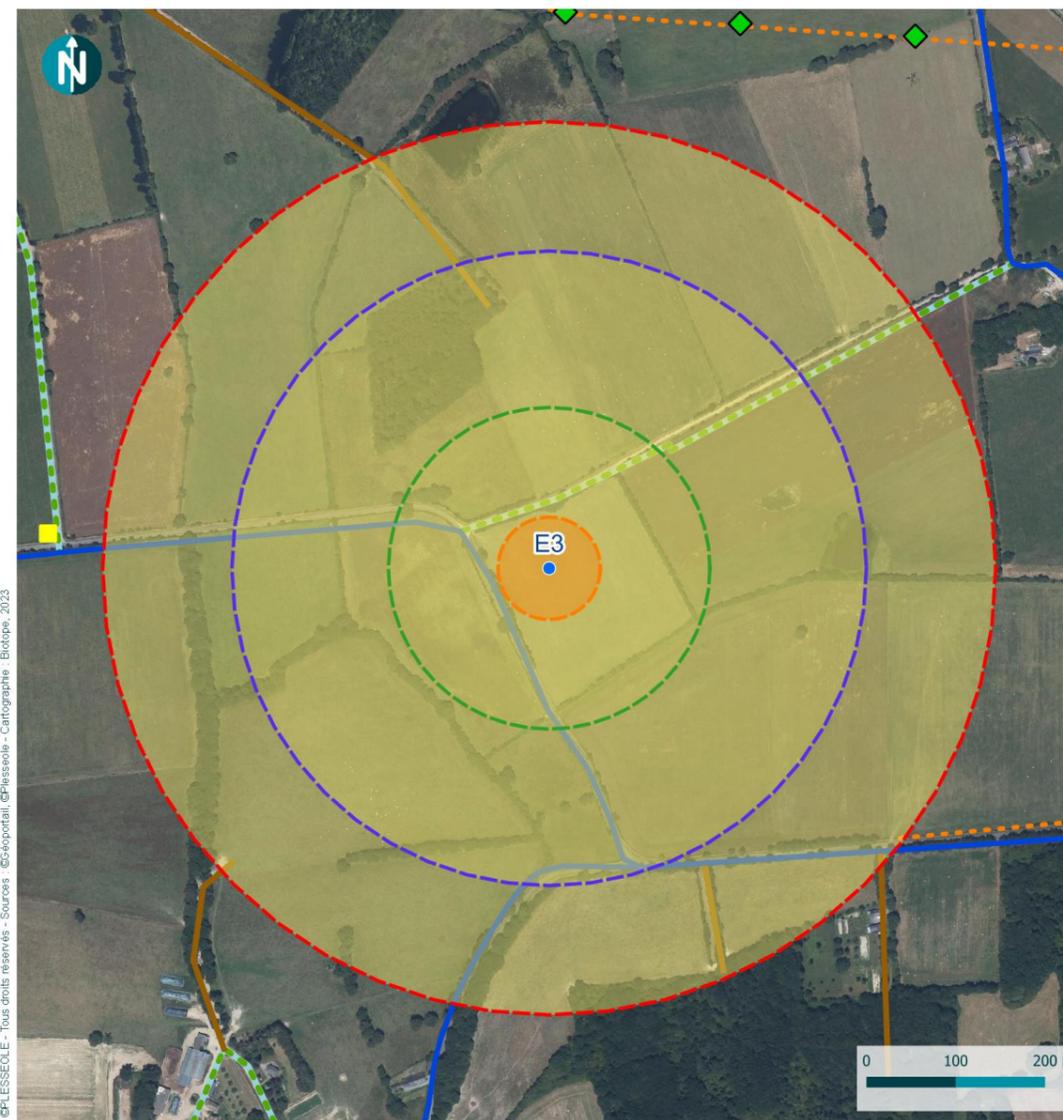
Synthèse de l'étude détaillée des risques E2

Projet de parc éolien de Plessé (44) - Etude de dangers



Légende

- Eolienne
- Voie communale
- Chemin d'exploitation
- Ligne HTA (Enedis)
- Voie communale ou chemin rural
- ◆ Poteaux de la ligne HTA
- Chute de glace ou d'éléments (ZE=57,3 m) - < 1 personne exposée
- Chute de glace : Intensité modérée ; Risque faible -> Acceptable
- Chute d'éléments : Intensité modérée ; Risque très faible -> Acceptable
- Effondrement de l'éolienne (ZE=180 m) - < 1 personne exposée
Intensité modérée ; Risque très faible -> Acceptable
- Projection de glace (ZE=355,2 m) - < 1 personne exposée
Intensité modérée ; Risque très faible -> Acceptable
- Projection de pale ou fragments de pale (ZE=500 m) - < 1 personne exposée
Intensité modérée ; Risque très faible -> Acceptable



PLESSEOLE - Tous droits réservés - Sources : ©Géoportail, PLESSEOLE - Cartographie : Biotope, 2023



Synthèse de l'étude détaillée des risques E3

Projet de parc éolien de Plessé (44) - Etude de dangers

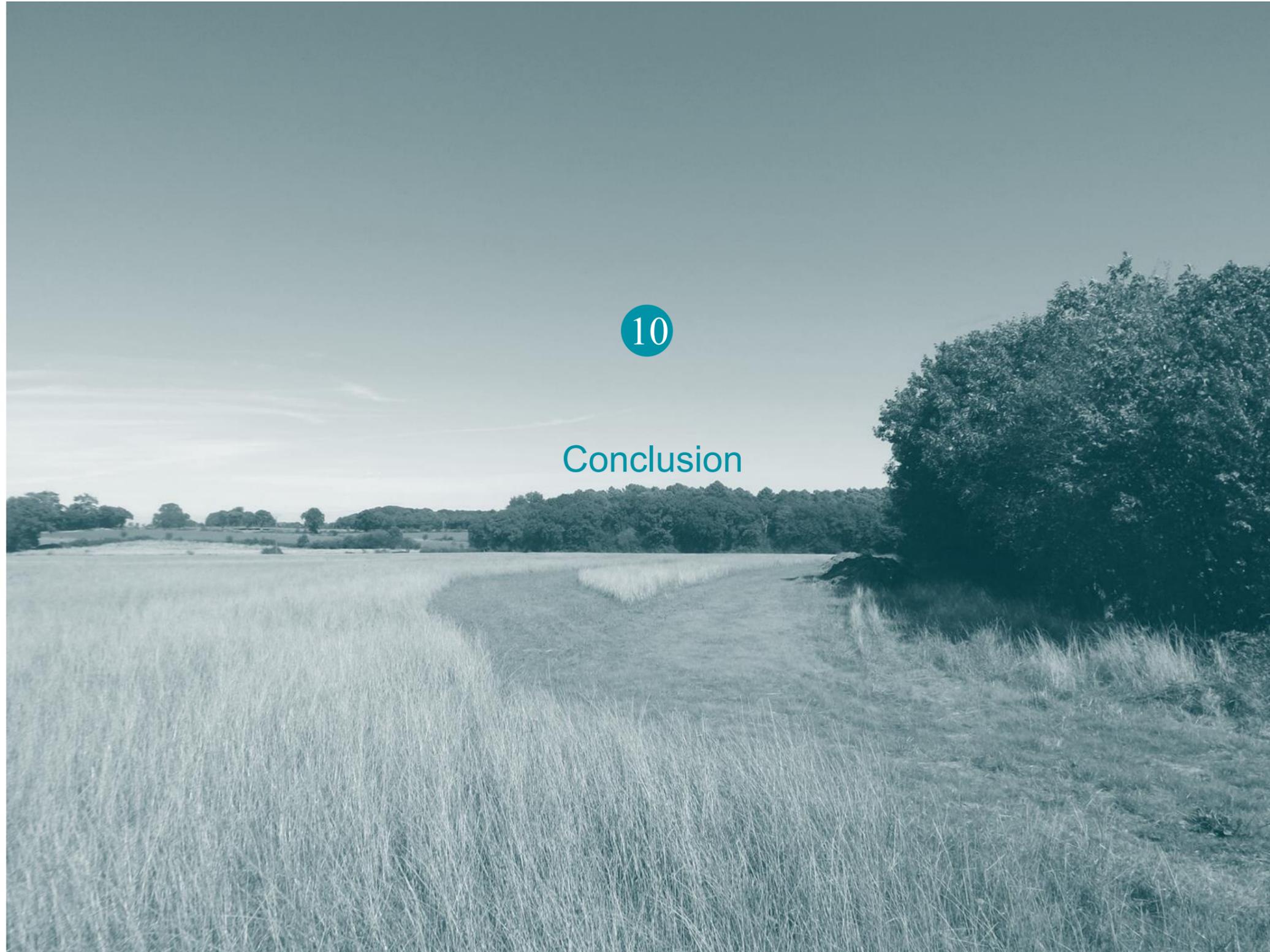


Légende

- Eolienne
- Voie communale
- Poste de livraison (centroïde)
- Ligne HTA (Enedis)
- Chemin d'exploitation
- ◆ Poteaux de la ligne HTA
- Voie communale ou chemin rural
- Chute de glace ou d'éléments (ZE=57,3 m) - < 1 personne exposée
- Chute de glace : Intensité modérée ; Risque faible -> Acceptable
- Chute d'éléments : Intensité modérée ; Risque très faible -> Acceptable
- Effondrement de l'éolienne (ZE=180 m) - < 1 personne exposée
Intensité modérée ; Risque très faible -> Acceptable
- Projection de glace (ZE=355,2 m) - < 1 personne exposée
Intensité modérée ; Risque très faible -> Acceptable
- Projection de pale ou fragments de pale (ZE=500 m) - < 1 personne exposée
Intensité modérée ; Risque très faible -> Acceptable

Carte 13 : Synthèse de l'étude détaillée des risques - E2

Carte 14 : Synthèse de l'étude détaillée des risques - E3



9 Conclusion

La présente étude de dangers a été réalisée dans le cadre du projet de parc éolien citoyen de Plessé situé sur la commune de Plessé dans le département de Loire-Atlantique. Elle a permis de mettre en évidence les dangers que peut présenter l'installation en cas d'accident d'origine externe (risques liés à l'environnement du site du projet) ou interne (dysfonctionnement des machines, problème technique, etc).

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

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

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

Chaque phénomène dangereux présenté par le projet de parc éolien a été analysé en croisant son niveau de gravité avec sa probabilité. Il en résulte :

Tableau 40 : Niveau d'acceptabilité des risques

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

Les effets dominos liés à la présence d'une ligne HTA à 75 m au sud de l'éolienne E2 ont également été analysés.

Au regard des résultats, le risque concernant le parc éolien est considéré comme acceptable.

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

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

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

A

Annexes



A Annexes

1 Annexe 1 - Méthodologie

1.1 Comptage des populations

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

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

1.1.1 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.

1.1.2 Voies de circulation

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

Voies de circulation automobile

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

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

Tableau 41 : Exposition selon la typologie des voies de communication

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	8
3 000	1,2	2,4	3,6	4,8	6	7,2	8,4	9,6	10,8	12
4 000	1,6	3,2	4,8	6,4	8	9,6	11,2	12,8	14,4	16
5 000	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
7 500	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
10 000	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
20 000	8	16	24	32	40	48	56	64	72	80
30 000	12	24	36	48	60	72	84	96	108	120
40 000	16	32	48	64	80	96	112	128	144	160
50 000	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
60 000	24	48	72	96	120	144	168	192	216	240
70 000	28	56	84	112	140	168	196	224	252	280
80 000	32	64	96	128	160	192	224	256	288	320
90 000	36	72	108	144	180	216	252	288	324	360
100 000	40	80	120	160	200	240	280	320	360	400

Voies ferroviaires

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

Voies navigables

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

Chemins et voies piétonnes

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

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

1.1.3 Logements

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

1.1.4 Etablissement 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. Aussi, la présence d'habitations ou d'ERP ne se rencontreront peu en pratique.

1.1.5 Zone 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.

1.2 Analyse détaillée des risques

Les règles méthodologiques applicables pour la détermination de l'intensité, de la gravité et de la probabilité des phénomènes dangereux sont précisées dans l'arrêté ministériel du 29 septembre 2005. Cet arrêté ne prévoit de détermination de l'intensité et de la gravité que pour les effets de surpression, de rayonnement thermique et de toxique.

Cet arrêté est complété par la circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 juillet 2003. Cette circulaire précise en son point 1.2.2 qu'à l'exception de certains explosifs pour lesquels les effets de projection présentent un

comportement caractéristique à faible distance, les projections et chutes liées à des ruptures ou fragmentations ne sont pas modélisées en intensité et gravité dans les études de dangers.

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

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

1.2.1 La 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.

1.2.2 L'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).

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

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

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

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

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

Tableau 42 : Degré d'exposition

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.

1.2.3 Gravité

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

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

Tableau 43: Echelle de gravité des conséquences sur l'Homme.

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

A Annexes

1.3 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 44 : Echelle de gravité des conséquences sur l'Environnement

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

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, il est à noter 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 :

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

PERC = probabilité que l'événement redouté central (défaillance) se produise = probabilité de départ

P_{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_{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 (PERC) a été retenue.

1.4 Niveau de risques et acceptabilité

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 45 : Echelle niveau de risque et acceptabilité

Gravité des conséquences	Classe de probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux	Jaune	Rouge	Rouge	Rouge	Rouge
Catastrophique	Jaune	Jaune	Rouge	Rouge	Rouge
Important	Jaune	Jaune	Jaune	Rouge	Rouge
Sérieux	Vert	Vert	Jaune	Jaune	Rouge
Modéré	Vert	Vert	Vert	Vert	Jaune

Légende de la matrice :

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

En rouge : zone de risque important accidents « inacceptables » susceptibles d'engendrer des dommages sévères à l'intérieur et hors des limites du site.

En jaune : zone de risque faible. Les accidents situés dans cette zone doivent faire l'objet d'une démarche d'amélioration continue en vue d'atteindre, dans des conditions économiquement acceptables, un niveau de risque aussi bas que possible, compte-tenu de l'état des connaissances et des pratiques et de la vulnérabilité de l'environnement de l'installation zone ALARP (As Low As Reasonably Practicable).

En vert : zone de risque très faible accidents qui ne nécessitent pas de mesures de réduction du risque supplémentaires

2 Annexe 2 – Tableau de l'accidentologie française

Le tableau ci-dessous a été établi par le groupe de travail constitué pour la réalisation du guide d'élaboration des études de dangers des parcs éoliens en 2011, puis actualisé dans le cadre de cette étude. Il recense l'ensemble des accidents et incidents connus en France concernant la filière éolienne entre 2000 et fin 2021.

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Effondrement	Novembre 2000	Port la Nouvelle	Aude	0,5	1993	Non	Le mât d'une éolienne s'est plié lors d'une tempête suite à la perte d'une pale (coupure courant prolongée pendant 4 jours suite à la tempête)	Tempête avec foudre répétée	Rapport du CGM Site Vent de Colère	-
Rupture de pale	2001	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pales en bois (avec inserts)	?	Site Vent de Colère	Information peu précise
Effondrement	01/02/2002	Wormhout	Nord	0,4	1997	Non	Bris d'hélice et mât plié	Tempête	Rapport du CGM Site Vent du Bocage	-
Maintenance	01/07/2002	Port la Nouvelle – Sigean	Aude	0,66	2000	Oui	Grave électrisation avec brûlures d'un technicien	Lors de mesures pour 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	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Effondrement	28/12/2002	Névian - Grande Garrigue	Aude	0,85	2002	Oui	Effondrement d'une éolienne suite au dysfonctionnement du système de freinage	Tempête + dysfonctionnement du système de freinage	Rapport du CGM Site Vent de Colère Article de presse (Midi Libre)	-
Rupture de pale	25/02/2002	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pale en bois (avec inserts) sur une éolienne bipale	Tempête	Article de presse (La Dépêche du 26/03/2003)	Information peu précise

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Rupture de pale	05/11/2003	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pales en bois (avec inserts) sur trois éoliennes. Morceaux de pales disséminés sur 100 m.	Dysfonctionnement du système de freinage	Rapport du CGM Article de presse (Midi Libre du 15/11/2003)	-
Effondrement	01/01/2004	Le Portel – Boulogne sur Mer	Pas de Calais	0,75	2002	Non	Cassure d'une pale, chute du mât et destruction totale. Une pale tombe sur la plage et les deux autres dérivent sur 8 km.	Tempête	Base de données ARIA Rapport du CGM Site Vent de Colère Articles de presse (Windpower Monthly May 2004, La Voix du Nord du 02/01/2004)	-
Effondrement	20/03/2004	Loon Plage – Port de Dunkerque	Nord	0,3	1996	Non	Couchage du mât d'une des 9 éoliennes suite à l'arrachement de la fondation	Rupture de 3 des 4 micropieux de la fondation, erreur de calcul (facteur de 10)	Base de données ARIA Rapport du CGM Site Vent de Colère Articles de presse (La Voix du Nord du 20/03/2004 et du 21/03/2004)	-
Rupture de pale	22/06/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2001	Non	Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5 m à 50 m, mât intact	Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage)	Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004)	-
Rupture de pale	08/07/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2001	Non	Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5m à 50m, mat intact	Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage)	Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004)	Incident identique à celui s'étant produit 15 jours auparavant

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Rupture de pale	2004	Escales-Conilhac	Aude	0,75	2003	Non	Bris de trois pales		Site Vent de Colère	Information peu précise
Rupture de pale + incendie	22/12/2004	MontjoyerRochefort	Drôme	0,75	2004	Non	Bris des trois pales et début d'incendie sur une éolienne (survitesse de plus de 60 tr/min)	Survitesse due à une maintenance en cours, problème de régulation, et dysfonctionnement du système de freinage	Base de données ARIA Article de presse (La Tribune du 30/12/2004) Site Vent de Colère	-
Rupture de pale	2005	Wormhout	Nord	0,4	1997	Non	Bris de pale		Site Vent de Colère	Information peu précise
Rupture de pale	08/10/2006	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2004	Non	Chute d'une pale de 20 m pesant 3 tonnes	Allongement des pales et retrait de sécurité (débridage), pas de REX suite aux précédents accidents sur le même parc	Site FED Articles de presse (Ouest France) Journal FR3	-
Incendie	18/11/2006	Roquetaillade	Aude	0,66	2001	Oui	Acte de malveillance : explosion de bonbonne de gaz au pied de 2 éoliennes. L'une d'entre elles a mis le feu en pieds de mat qui s'est propagé jusqu'à la nacelle.	Malveillance / incendie criminel	Communiqués de presse exploitant Articles de presse (La Dépêche, Midi Libre)	-
Effondrement	03/12/2006	Bondues	Nord	0,08	1993	Non	Sectionnement du mât puis effondrement d'une éolienne dans une zone industrielle	Tempête (vents mesurés à 137Kmh)	Article de presse (La Voix du Nord)	-
Rupture de pale	31/12/2006	Ally	Haute-Loire	1,5	2005	Oui	Chute de pale lors d'un chantier de maintenance visant à remplacer les rotors	Accident faisant suite à une opération de maintenance	Site Vent de Colère	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident pendant la phase chantier)
Rupture de pale	03/2007	Clitourps	Manche	0,66	2005	Oui	Rupture d'un morceau de pale de 4 m et éjection à environ 80 m de distance dans un champ	Cause pas éclaircie	Site FED Interne exploitant	-

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Chute d'élément	11/10/2007	Plouvien	Finistère	1,3	2007	Non	Chute d'un élément de la nacelle (trappe de visite de 50 cm de diamètre)	Défaut au niveau des charnières de la trappe de visite. Correctif appliqué et retrofit des boulons de charnières effectué sur toutes les machines en exploitation.	Article de presse (Le Télégramme)	-
Emballement	03/2008	Dinéault	Finistère	0,3	2002	Non	Emballement de l'éolienne mais pas de bris de pale	Tempête + système de freinage hors service (boulon manquant)	Base de données ARIA	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (événement unique et sans répercussion potentielle sur les personnes)
Collision avion	04/2008	Plouguin	Finistère	2	2004	Non	Léger choc entre l'aile d'un bimoteur Beechcraftch (liaison Ouessant-Brest) et une pale d'éolienne à l'arrêt. Perte d'une pièce de protection au bout d'aile. Mise à l'arrêt de la machine pour inspection.	Mauvaise météo, conditions de vol difficiles (sous le plafond des 1000m imposé par le survol de la zone) et faute de pilotage (altitude trop basse)	Articles de presse (Le Télégramme, Le Post)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident aéronautique)
Rupture de pale	19/07/2008	Erize-la-Brûlée - Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Oui	Chute de pale et projection de morceaux de pale suite à un coup de foudre	Foudre + défaut de pale	Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain 22/07/2008)	-
Incendie	28/08/2008	Vauvillers	Somme	2	2006	Oui	Incendie de la nacelle	Problème au niveau d'éléments électroniques	Dépêche AFP 28/08/2008	-
Rupture de pale	26/12/2008	Raival - Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Oui	Chute de pale		Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain)	-

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Maintenance	26/01/2009	Clastres	Aisne	2,75	2004	Oui	Accident électrique ayant entraîné la brûlure de deux agents de maintenance	Accident électrique (explosion d'un convertisseur)	Base de données ARIA	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Rupture de pale	08/06/2009	Bollène	Vaucluse	2,3	2009	Oui	Bout de pale d'une éolienne ouvert	Coup de foudre sur la pale	Interne exploitant	Non utilisable dans les chutes ou les projections (la pale est restée accrochée)
Incendie	21/10/2009	Froidfond - Espinassière	Vendée	2	2006	Oui	Incendie de la nacelle	Court-circuit dans transformateur sec embarqué en nacelle ?	Article de presse (Ouest-France) Communiqué de presse exploitant Site FED	-
Incendie	30/10/2009	Freysenet	Ardèche	2	2005	Oui	Incendie de la nacelle	Court-circuit faisant suite à une opération de maintenance (problème sur une armoire électrique)	Base de données ARIA Site FED Article de presse (Le Dauphiné)	-
Maintenance	20/04/2010	Toufflers	Nord	0,15	1993	Non	Décès d'un technicien au cours d'une opération de maintenance	Crise cardiaque	Article de presse (La Voix du Nord 20/04/2010)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Effondrement	30/05/2010	Port la Nouvelle	Aude	0,2	1991	Non	Effondrement d'une éolienne	Le rotor avait été endommagé par l'effet d'une survitesse. La dernière pale (entière) a pris le vent créant un balourd. Le sommet de la tour a plié et est venu buter contre la base entraînant la chute de l'ensemble.	Interne exploitant	-
Incendie	19/09/2010	MontjoyerRochefort	Drôme	0,75	2004	Non	Emballement de deux éoliennes et incendie des nacelles.	Maintenance en cours, problème de régulation, freinage impossible, évacuation du personnel, survitesse de +/- 60 tr/min	Articles de presse Communiqué de presse SER-FEE	-
Maintenance	15/12/2010	Pouillé-lesCôteaux	Loire Atlantique	2,3	2010	Oui	Chute de 3 m d'un technicien de maintenance à l'intérieur de l'éolienne. L'homme de 22 ans a été secouru par le GRIMP de Nantes. Aucune fracture ni blessure grave.		Interne SER-FEE	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Transport	31/05/2011	Mesvres	Saône-et-Loire	-	-	-	Collision entre un train régional et un convoi exceptionnel transportant une pale d'éolienne, au niveau d'un passage à niveau Aucun blessé		Article de presse (Le Bien Public 01/06/2011)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident de transport hors site éolien)
Rupture de pale	14/12/2011	Non communiqué	Non communiqué	2,5	2003	Oui	Pale endommagée par la foudre. Fragments retrouvés par l'exploitant agricole à une distance n'excédant pas 300 m.	Foudre	Interne exploitant	Information peu précise sur la distance d'effet

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Incendie	03/01/2012	Non communiqué	Non communiqué	2,3	2006	Oui	Départ de feu en pied de tour. Acte de vandalisme : la porte de l'éolienne a été découpée pour y introduire des pneus et de l'huile que l'on a essayé d'incendier. Le feu ne s'est pas propagé, dégâts très limités et restreints au pied de la tour.	Malveillance / incendie criminel	Interne exploitant	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (pas de propagation de l'incendie)
Rupture de pale	05/01/2012	Widehem	Pas-de-Calais	0,75	2000	Non	Bris de pales, dont des fragments ont été projetés jusqu'à 380 m. Aucun blessé et aucun dégât matériel (en dehors de l'éolienne).	Tempête + panne d'électricité	Article de presse (La Voix du Nord 06/01/2012) Vidéo DailyMotion Interne exploitant	-
Maintenance	06/02/2012	Lehaucourt	Aisne	2,5	2007	Non	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).	Arc électrique	/	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accidents sur le personnel de maintenance)
Rupture de pale	11/04/2012	Sigean	Aude	0,66	2000	Non	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	/	/
Chute de pale	15/05/2012	Chemin d'Ablis	Eure et Loir	2	2008	Non	L'équipe de maintenance d'astreinte constate à 8h la chute d'une pale (9 t, 46 m) au pied de l'installation et la rupture du roulement qui raccordait la pale au hub.	Corrosion et fort vent	Actu-environnement	/
Effondrement	30/05/2012	Porte-la-Nouvelle	Aude	0,2	1991	Non	Des 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.	Vents forts	/	/

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Chute d'élément	01/11/2012	Vieillespesse	Cantal	2,5	2011	Non	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.	/	/	/
Incendie	05/11/2012	Sigean	Aude	0,66	2000	Non	Un feu se déclare sur une éolienne de 660 kW au sein d'un parc éolien. Des projections incandescentes enflamment 80 m ² de garrigue environnante.	Court-circuit dans l'armoire électrique en pied d'éolienne	/	/
							A la suite de la chute d'une pale, un gardiennage 24h/24 est mis en place.			
Rupture de pale	06/03/2013	Conilhac-de-la-Montagne	Aude	0,66	2001	Non	A la suite d'un défaut de vibration détecté, une éolienne se met automatiquement à l'arrêt. Sur place le lendemain, des techniciens du constructeur trouvent au sol l'une des 3 pales qui s'est décrochée avant de percuter le mât.	/	/	/
Incendie	17/03/2013	Euvy	Marne	2,5	2011	Non	Un feu dans la nacelle d'une éolienne.	Défaillance électrique	/	/
							Le sinistre émet une importante fumée. Une des pales tombe au sol, une autre menace de tomber.			
							450 l d'huile de boîte de vitesse s'écoulent, conduisant l'exploitant à faire réaliser une étude de pollution des sols			
Rupture de pale	20/06/2013	Labastide-sur-Besorgues	Ardèche	0,9	2008	Non	Un impact de foudre endommage une éolienne : une pale est déchirée sur 6 m de longueur, le boîtier basse tension et le parafoudre en tête d'installation au poste de livraison sont détruits.	Foudre	/	Non utilisable dans les chutes ou les projections (la pale est restée accrochée)

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Maintenance	01/07/2013	Cambon-et-Salvergues	Hérault	1,3	2006	Non	Au cours d'une opération de maintenance dans le hub d'une éolienne (nez qui sert de local technique), un opérateur est blessé par la projection d'une partie amovible de l'équipement sur lequel il intervient.	Dépressurisation d'un accumulateur d'azote sous pression	/	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Fuite d'huile	03/08/2013	Moréac	Morbihan	2	2010	Non	Perte de 270 L d'huile hydraulique d'une nacelle élévatrice utilisée pour une intervention de maintenance. 25 t de terres polluées sont excavées et envoyées en filière spécialisée.	Défaillance technique	Base ARIA	Retenu : incident en phase exploitation et susceptible de polluer les eaux captées
Incendie	09/01/2014	Antheny	Ardennes	2,5	2013	Non	Départ de feu en nacelle à 18h. Suite à l'isolement électrique du parc éolien, le feu s'éteint de lui-même à 20h. Le rotor est resté intact mais la nacelle a été détruite, balisage aéronautique inclus. L'aviation civile en a donc été informée. L'éolienne fut par la suite démantelée.	Incident électrique	Base ARIA et presse	/
Chute de pale	20/01/2014	Sigean	Aude	0,66	2000	Non	Une des éoliennes du parc s'arrête automatiquement dans la nuit à la suite d'un défaut « vibration ». Le lendemain un technicien retrouve une pale de 20 m au pied du mât. Les 2 autres pales sont toujours en place.	L'expertise identifie la cause directe de la chute de la pale : des fissures sont détectées sur la pièce en aluminium appelée « alu ring », située à la base de la pale.	Base ARIA	/
Rupture de pale	14/11/2014	Saint-Cirgues-en-Montagne	Ardèche	2,05	2011	Non	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. Certains débris sont projetés à 150 m.	Tempête	/	/
Rupture de pale	05/12/2014	Fitou	Aude	1,3	2022	Non	A leur arrivée dans un parc éolien, des techniciens de maintenance constatent que l'extrémité d'une pale d'une éolienne est au sol. Il s'agit d'une des 2 parties de l'aérofrein de la pale.	Défaillance matérielle ou décollage sur les plaques de fibre de verre	/	/

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Incendie	29/01/2015	Remigny	Aisne	2,3	2015	Oui	Un feu se déclare dans une éolienne. Celle-ci est automatiquement mise à l'arrêt sur alarme du détecteur de fumée.	Défaut d'isolation au niveau des connexions des conducteurs de puissance	/	/
Incendie	06/02/2015	Lusseray	Deux-Sèvres	2	2011	Non	Un feu se déclare dans une éolienne, au niveau d'une armoire électrique où interviennent 2 techniciens.	Défaillance électrique	/	/
Incendie	24/08/2015	Santilly	Eure-et-Loir	2,5	2007	Non	Un feu se déclare sur le moteur d'une éolienne situé à 90 m de hauteur.	/	/	/
Chute de pale	10/11/2015	Ménil-la-Horgne	Meuse	1,2	2007	Non	Chute d'un rotor et des trois pales au pied de l'éolienne.	Défaut de l'arbre primaire à l'origine de la rupture du rotor et des pales	Est Républicain	/
Chute d'éléments	07/02/2016	Conilhac-Corbières	Aude	1,5	2014	Non	Rupture et chute au sol de l'aérofrein de l'une des pales. Arrêt à distance de l'ensemble du parc suivi d'une campagne de contrôle des pales, aérofreins et chaînes de sécurité de chaque éolienne.	Rupture d'un point d'attache du système mécanique de commande de l'aérofrein entraînant l'ouverture de l'aérofrein. Rupture de l'axe maintenant l'aérofrein à la pale en raison des fortes charges présentes sur le rotor.	Base ARIA	/
Rupture de pale	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 et une autre se déchire. La pale rompue est retrouvée à 40 m du pied du mât.	Tempête	/	/
Chute de pale	05/03/2016	Calanhel	Côtes d'Armor	0,85	2009	Non	Chute de la pale au sol après une nuit de fort vent. Aucun blessé à déplorer, ni homme ni animaux.	Défaillance du système d'orientation de la pale	L'Echo de l'Armor et l'Argoat	/
Maintenance	28/05/2016	Janville	Eure-et-Loir	2,3	2005	Non	Un employé constate un écoulement d'huile sous la nacelle d'une éolienne.	Défaillance d'un raccord sur le circuit de refroidissement de	/	Ne concerne pas directement l'étude de

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
							L'écoulement d'huile est récupéré avant d'avoir atteint le sol.	l'huile de la boîte de vitesse		dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Incendie	10/08/2016	Hescamps	Somme	1,0	2008	Non	Un feu se déclare dans la partie haute d'une éolienne, au niveau du rotor.	Défaillance électrique	/	/
Incendie	18/08/2016	Dargies	Oise	2,0	2014	Non	Un technicien de maintenance d'un parc éolien constate qu'une éolienne ne tourne plus. Il découvre que de la fumée s'échappe de la tête de l'éolienne, à 80 m de haut.	Défaillance électrique	/	/
Maintenance	14/09/2016	Les Grandes Chapelles	Aube	2,3	2009	Non	Un employé est électrisé alors qu'il intervient dans le nez d'une éolienne.	/	/	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Fissure sur une pale d'éolienne	11/01/2017	LE QUESNOY	59	n.c.	n.c.	n.c.	Une fissure est constatée sur une pale d'une éolienne. L'exploitant arrête l'installation. L'expertise de la pale conclut que le dommage est suffisamment réduit pour être réparable. Il n'est donc pas nécessaire de procéder à son remplacement. L'exploitant envisage d'effectuer cette réparation au printemps, lorsque les conditions météorologiques permettront d'intervenir sans la déposer. Selon l'exploitant, le défaut ne présente pas de caractère générique.	Inconnue	Base ARIA	non
Rupture de pale	12/01/2017	TUCHAN	11	n.c.	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 mat de 40 m de l'éolienne. Des impacts sur le mat sont visibles. Il met en place des barrières et un gardiennage pour en sécuriser l'accès. 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. Afin d'éviter le renouvellement de cet incident, l'exploitant prévoit d'équiper tous ses aérogénérateurs d'un capteur inductif de présence. Couplé au système de contrôle/commande de l'éolienne, ceci permettrait de mettre l'éolienne en sécurité dès que le roulement avant viendrait à s'affaisser de plus de 1 mm. Dans pareil cas, un contrôle visuel et fonctionnel de l'ensemble roulement/arbre lent serait engagé. De plus, un contrôle vibratoire de la chaîne d'entraînement est planifié à intervalles réguliers afin de détecter un éventuel défaut d'alignement ou une contrainte particulière. L'éolienne accidentée est remise en service après réparation de son mât et remplacement des pièces endommagées (pales, multiplicateur, arbre lent).	Endommagement du roulement avant sur lequel l'arbre lent est posé entraînant une contrainte mécanique de rotation	Base ARIA	oui

Chute de pale	18/01/2017	NURLU	80	n.c.	n.c.	n.c.	Un particulier constate qu'une pale d'éolienne est tombée au sol et s'est brisée en plusieurs morceaux. Il informe l'exploitant qui arrête toutes les machines du parc en activité. Arrivés sur site à 11h30, des agents demandent la mise en sécurité de l'éolienne et mettent en place un périmètre de sécurité autour de la zone. Selon la presse, la tempête survenue quelques jours auparavant pourrait être à l'origine de la chute. Sur place le lendemain, l'inspection des installations classées constate que les 2/3 de la pale sont brisés, mais que 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.	Tempête	Base ARIA	oui
Chute d'un élément d'une pale d'éolienne	27/02/2017	TRAYES	79	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 4 éoliennes du parc en position de sécurité et initie des expertises. Il collecte les débris et sécurise le site. L'exploitant envisage qu'un défaut au niveau du bord d'attaque de la pale puisse être la cause du bris de pale. Il écarte les possibilités d'un impact de foudre, ou de fortes rafales de vent. La pale accidentée est remplacée. L'éolienne redémarre le 11/10/17. L'expertise du fabricant conclut à un défaut de fabrication. Par erreur, les couches de tissu du bord d'attaque ont été coupées, manuellement, niveau de la ligne de jonction des 2 coques lors des opérations de ponçage des excès de colle après démoulage de la pale. Dans cette zone, les coques n'étaient maintenues entre elles que par le mastic et la peinture de finition. A 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 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.	Défaut de fabrication de la pale	Base ARIA	oui
Rupture d'une pale d'éolienne	27/02/2017	LAVALLEE	55	n.c.	n.c.	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. L'exploitant a découvert la casse le lendemain en se rendant sur place pour remettre le parc en service. Le parc avait été mis en service en février 2011. Le fabricant de l'éolienne réalise l'expertise de la pale. Ses vérifications lui permettent d'exclure un défaut de fabrication et de confirmer le respect des spécifications. L'hypothèse d'un impact de foudre est également écartée : aucune trace d'impact n'est retrouvée. Une rafale de vent extrême ayant été mesurée dans les secondes précédant la rupture, cette origine est privilégiée pour expliquer la casse de la pale. Le contrôle de 2 autres éoliennes du parc ne révèle pas de défaut.	Rafale de vent extrême	Base ARIA	oui
Feu dans la nacelle d'une éolienne	06/06/2017	ALLONNES	28	n.c.	n.c.	n.c.	Vers 18 h, un feu se déclare dans la nacelle d'une éolienne. L'exploitant met en sécurité les 17 machines du parc éolien. Les secours coupent la circulation sur la N154. L'incendie s'éteint seul, à la fin de la combustion de la nacelle, vers 19h30. La nacelle et le rotor sont totalement calcinés. Une partie des pales ainsi que le haut du mât ont été touchés par l'incendie. Des éléments sont tombés au sol. L'exploitant met en place un gardiennage. Le lendemain, l'inspection des installations classées se rend sur les lieux. 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. Un arrêté préfectoral d'urgence demande à l'exploitant : la mise en sécurité de l'éolienne avec démontage des éléments risquant de chuter et matérialisation d'un périmètre de sécurité de 300 m ; une surveillance de l'environnement avec analyse de la pollution des sols et évacuations des déchets. L'éolienne est démantelée le 17/06.	Défaillance électrique	Base ARIA	oui
Chute de pale	08/06/2017	AUSSAC-VADALLE	16	n.c.	n.c.	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 fuite, puis une déchirure du fragment. Le dispositif de protection contre la foudre ne montre pas de défaut.	Foudre	Base ARIA	oui
Chute de pale	24/06/2017	CONCHY-SUR-CANCHE	62	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 mat. Les quelques débris projetés sont présents dans un rayon de 20 m. L'exploitant arrête l'installation ainsi que les 4 autres aérogénérateurs du site, du même modèle. Il met en place un périmètre de sécurité et condamne l'accès au site. Le vent était faible au moment de l'événement.	Inconnue	Base ARIA	oui

Chute d'un aérofrein d'une éolienne	17/07/2017	FECAMP	76	n.c.	n.c.	n.c.	Vers 23h30, un aérofrein se détache d'une pale d'éolienne dans un parc éolien. Le lendemain matin, un agent de maintenance découvre l'équipement au pied du mât de 49 m. La clôture du site est endommagée. L'éolienne est arrêtée. Un arrêt pour maintenance étant programmé 6 jours après, les autres aérogénérateurs du site sont maintenus en fonctionnement. Durant cet arrêt, les mécanismes d'aérofreins et les pales de toutes les machines sont inspectées. L'aérofrein défectueux est remplacé. L'installation redémarre le 16/08/17. L'exploitant conclut que le desserrage d'une vis anti-rotation a provoqué la chute de l'aérofrein. Un problème de montage, ou des vibrations en fonctionnement, en serait à l'origine. Il étudie l'opportunité d'augmenter la fréquence d'inspection des mécanismes de fixation des aérofreins ou leur modification, notamment pour fiabiliser l'action de la vis anti-rotation.	Défaillance mécanique (desserrage d'une vis anti-rotation par défaut de montage ou vibrations)	Base ARIA	oui
Fuite d'huile sur une éolienne	24/07/2017	MAURON	56	n.c.	n.c.	n.c.	Une fuite d'huile est détectée vers 17 h sur une éolienne. La rupture d'un flexible du circuit hydraulique de l'aérogénérateur en est à l'origine. Le rejet, estimé à 5 l, s'est écoulé le long du mât et quelques gouttes sont tombées au sol. L'éolienne est arrêtée et des absorbants sont disposés au sol. Le flexible est remplacé. L'éolienne redémarre le lendemain. Une société spécialisée réalise un diagnostic de l'état des milieux sur 3 500 m ² en réalisant 7 sondages du sol. Seule une zone de pollution de 2 m ² sur 10 cm de profondeur est identifiée au pied du mât. Une société de traitement évacue ces graviers impactés. La vétusté du flexible serait à l'origine de la fuite.	Rupture d'un flexible vétuste du circuit hydraulique	Base ARIA	non
Rupture de pale	05/08/2017	PRIEZ	2	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.	Inconnue	Base ARIA	oui
Chute du carénage d'une éolienne	08/11/2017	ROMAN	27	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. L'exploitant procède au contrôle des carénages des autres aérogénérateurs du parc. Aucun défaut n'est découvert. Il intègre la vérification des boulonnages de fixation du carénage à son plan d'inspection hebdomadaire. L'exploitation du parc éolien reprend le lundi 13. Le carénage accidenté est remplacé.	Défaut de montage	Base ARIA	oui
Effondrement d'une éolienne	01/01/2018	BOUIN	85	n.c.	n.c.	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 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. L'exploitant :révise la procédure d'intervention en cas de défaillance du système d'orientation des pales et y forme ses agents ;met à jour les instructions de maintenance de ce système : le remplacement de tout ou partie des blocs de frein est planifié tous les 5 ans ;met en place un outil spécifique pour le diagnostic d'une défaillance potentielle des blocs de frein qui compare la position effective des pales à la consigne ;adresse une note de sécurité aux exploitants des parcs équipés du même type d'éolienne.	Tempête	Base ARIA	oui
Chute d'une pale d'éolienne	04/01/2018	NIXEVILLE-BLERCOURT	55	n.c.	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.	Tempête	Base ARIA	oui
Chute de l'aérofrein d'une pale d'éolienne	06/02/2018	CONILHAC-CORBIERES	11	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. A 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. Un accident similaire est survenu sur ce parc 2 ans auparavant (Base ARIA 47675).	Défaillance électronique / mécanique	Base ARIA	oui

Défaillance mécanique d'une éolienne	08/03/2018	VILLERS-GRELOT	25	n.c.	n.c.	n.c.	Dans un parc de 14 éoliennes, l'alarme de suivi des vibrations de composants mobiles de l'une d'elle s'active. La machine s'arrête automatiquement. Une équipe de l'exploitant se rend sur place. Elle constate qu'une dent de l'arbre rapide, situé entre le multiplicateur et la génératrice, est cassée. Aucune conséquence n'est relevée sur d'autres composants ou l'environnement. L'exploitant contacte le fabricant de l'éolienne. Ce dernier détecte un défaut de fabrication au niveau de la couronne dentée de l'arbre rapide : une inclusion de bulle d'air est découverte dans l'acier. L'exploitant demande à son fournisseur des améliorations organisationnelles dans ses processus de fabrication ainsi que dans la disponibilité des pièces et des intervenants. La pièce défectueuse est remplacée. La production de l'aérogénérateur reprend après 39 jours d'arrêt.	Défaut fabrication	de	Base ARIA	non
Incendie	01/06/2018	MARSANNE	26	n.c.	n.c.	n.c.	Vers 2h30, un feu se déclare au pied d'une éolienne dans un parc composé de 8 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. Des barrières sont posées sur les accès et un gardiennage est effectué. 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€.	Acte malveillance	de	Base ARIA	oui
Incendie	05/06/2018	AUMELAS	34	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 découple 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. L'accès à la zone est interdit et surveillé. Les débris sont ramassés. Selon la presse, un dysfonctionnement électrique serait à l'origine de l'incendie.	Défaillance électrique		Base ARIA	oui
Rupture de pale	04/07/2018	PORT-LA-NOUVELLE	11	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). L'inspection des installations classées se rend sur place 2 jours après et demande à l'exploitant de nettoyer la zone pour évacuer l'ensemble des débris et les remettre à une filière agréée ; maintenir un gardiennage jusqu'à la mise en place d'un balisage renforcé autour de l'éolienne ; maintenir le parc éolien à l'arrêt jusqu'aux résultats des investigations menées pour connaître l'origine de l'incident et la mise en œuvre d'actions préventives / correctives préconisées sur les 4 autres éoliennes du parc.	Inconnue		Base ARIA	oui
Incendie	28/09/2018	SAUVETERRE	81	n.c.	n.c.	n.c.	Vers 2h, un feu se déclare au niveau de la nacelle d'une éolienne dans un parc éolien. Un riverain donne l'alerte. L'exploitant arrête les 4 aérogénérateurs du site. Les pompiers interviennent. Ils rencontrent des difficultés d'accès à la zone sinistrée. Des éléments enflammés chutent au sol. Le feu se propage à la végétation voisine. Les pompiers maîtrisent le sinistre à 6h30. Ils maintiennent une surveillance en raison des risques de reprise de feu. L'exploitant met en place un balisage et un gardiennage de la zone. La nacelle, les pales et des armoires de commande en pied de mât sont détruits. La machine est démantelée début novembre. 2,5 ha de végétation, essentiellement une plantation de résineux, ont brûlé. La gendarmerie effectue une enquête. La présence de 2 foyers et de traces d'effraction sur la porte d'accès les amène à conclure à un acte de malveillance.	Acte malveillance	de	Base ARIA	oui
Fuite d'huile hydraulique sur une éolienne	17/10/2018	FLERS-SUR-NOYE	80	n.c.	n.c.	n.c.	Vers midi, un technicien de maintenance détecte une fuite d'huile hydraulique depuis la nacelle d'une éolienne. L'aérogénérateur est arrêté. Environ 150 l d'huiles sont récupérés. L'exploitant du parc éolien estime que 50 l ont été perdus. Sous l'effet du vent, la zone impactée au pied de l'éolienne, ainsi que des terrains cultivés adjacents, est d'environ 2 000 m ² . Une partie des cultures est perdue. Les terres polluées sont décapées sur une dizaine de cm. Elles sont stockées sur une bâche étanche, avant leur retraitement. De la terre végétale est mise en œuvre pour permettre la reprise de l'activité agricole. Un contrôle des prochaines récoltes est planifié. La mauvaise réalisation d'une activité de maintenance annuelle préventive, la veille de l'événement, en est à l'origine. Selon le prestataire en charge de l'opération, un premier technicien n'a pas suffisamment serré le nouveau filtre hydraulique qu'il venait de mettre en place sur le circuit du multiplicateur de vitesse. Le contrôle de cette opération, prévu par un second technicien, n'a pas été effectué. Un superviseur du prestataire intervient sur le site afin de suivre la qualité du travail et de réaliser la formation des techniciens.	Défaillance maintenance	de	Base ARIA	non

Effondrement d'une éolienne	06/11/2018	GUIGNEVILLE	45	n.c.	n.c.	n.c.	Vers 6 h, une éolienne, d'une hauteur en bout de pale de 140 m, s'effondre dans un parc éolien composé de 2 aérogénérateurs (3 MW). Des riverains donnent l'alerte. L'exploitant arrête les autres éoliennes de même type, dans 5 parcs éoliens. Un balisage et une surveillance sont mis en place. L'inspection des installations classées constate sur site que le mat s'est arraché de sa base en béton. Les filetages des boulons de fixation du mât sont arasés et les écrous sont arrachés. Des fissures circulaires sont présentes au niveau de la base en béton. L'équipement est expertisé. L'expertise conclut qu'une survitesse de rotation des pales de l'éolienne a conduit à une surcharge de contraintes sur la structure, provoquant son effondrement. Cet emballement est consécutif au déclenchement d'un arrêt d'urgence alors que l'alimentation (par batterie) des 3 pales était en défaut, sachant que le passage d'une seule pale en position d'arrêt aurait permis d'arrêter l'éolienne. Les causes de la défaillance simultanée des alimentations électriques des 3 pales de l'éolienne relèvent de : la conception de l'éolienne : chaque pale est alimentée par 24 batteries montées en série : la défaillance d'une seule met en défaut l'alimentation électrique de l'arrêt d'urgence de la pale ; le déclenchement de l'arrêt d'urgence désactive la boucle de régulation, rendant indisponible le contrôle de la vitesse de l'éolienne ; la fiabilité des batteries : leur durée de vie est inférieure à celle annoncée par le fournisseur ; le paramétrage et la gestion des alarmes : acquittements automatiques avec tentatives de redémarrage et insuffisance de la détection des alarmes ; la gestion de la maintenance et de l'usure des batteries : les procédures n'ont pas été appliquées de manière correcte et les multiples alarmes sur l'aérogénérateur impliqué n'ont pas donné lieu à une analyse particulière des batteries. L'exploitant prend les mesures suivantes : remplacement des batteries ; installation de diodes de by-pass sur les batteries afin de palier un ou plusieurs défauts sur un rack ; modification de la procédure de redémarrage après une alarme ; vérification mensuelle de l'arrêt d'urgence par test sur site.	Défaillance électrique avec de survitesse de rotation	Base ARIA	oui
Chute de 3 aérofrens dans un parc éolien	18/11/2018	CONILHAC-CORBIERES	11	n.c.	n.c.	n.c.	Les 3 aérofrens en extrémité des pales d'une éolienne chutent au sol, au pied du mât. L'équipe technique constate l'incident en se rendant sur site le lendemain en raison de l'arrêt de l'aérogénérateur. L'installation est mise en sécurité. Les débris, contenus dans un rayon de 150 m au pied du mât, sont ramassés et stockés avant traitement et recyclage en filaire agréée. L'éolienne s'est arrêtée à la suite de l'ouverture de la chaîne de sécurité. La rupture des parties en fibre de verre ainsi que de l'axe en carbone de fixation de l'aérofrein est constatée. Un accident similaire est survenu sur ce parc au début 2018 (Base ARIA 51122).	Défaillance électronique / mécanique	Base ARIA	oui
Chute d'une pale d'éolienne	19/11/2018	OLLEZY	2	n.c.	n.c.	n.c.	À 11h30, un agent de surveillance d'un parc éolien constate la rupture d'une pale d'une éolienne. Des 40 m de l'équipement, les 30 derniers sont tombés au sol. L'exploitant arrête les 9 aérogénérateurs du site. Les communes environnantes sont prévenues. La zone est sécurisée et un balisage du pied de la turbine et de la pale au sol est mis en place. Le site est placé sous surveillance. Les 8 autres éoliennes du parc, mis en exploitation l'année précédente, redémarrent un mois et demi plus tard.	Inconnue	Base ARIA	oui
Incendie sur une éolienne	03/01/2019	LA LIMOUZINIERE	44	n.c.	n.c.	n.c.	Vers minuit, un feu se déclare au niveau de la nacelle d'une éolienne de 78m de haut. Des riverains donnent l'alerte. L'exploitant arrête les 4 autres éoliennes du parc à 2h05. De nombreux débris enflammés tombent au sol. Un feu se déclare au pied de l'aérogénérateur. Les pompiers mettent en place un périmètre de sécurité de 150m. Ils quittent le site à l'arrivée de la société de maintenance vers 3h35 puis de l'exploitant vers 5h15. L'exploitant met en place un kit anti-pollution pour contenir les coulures d'huile le long du mât. Ces huiles s'enflamment au niveau du sol. L'exploitant éteint le départ de feu à l'aide de l'extincteur située dans son véhicule. La nacelle de l'éolienne est détruite ainsi que la base des 3 pales. Des traces d'huile hydraulique sont présentes jusqu'à 100m du pied du mât. L'exploitant met en place un balisage et un gardiennage. Le périmètre de sécurité est porté à 200 m. L'éolienne est démantelée, les pales et rotor sont envoyées dans des filières de traitement adaptées. Les débris sont ramassés, la terre est décapée sur 10cm sur les 3000m ² du déversement des huiles et résidus incinérés. Ces déchets représentent 1251t. Début février, l'essentiel des déchets de fibre de verre sont ramassés. L'exploitant établit un protocole afin de suivre les troupeaux paissant dans les champs où ont pu être projetés des débris.	Défaillance mécanique (avarie sur la génératrice de l'éolienne)	Base ARIA	oui
Chute d'un bout de pale d'éolienne	17/01/2019	BAMBIDERSTROFF	57	n.c.	n.c.	n.c.	Vers 15h, dans un parc éolien, une pale d'éolienne se rompt. Deux morceaux, l'un de 5 m (coque) et l'autre de 28 m (fibre de verre), chutent au sol. Celui de 28 m est projeté à 100 m de l'éolienne. L'exploitant arrête les 5 autres aérogénérateurs du parc à 15h17. Il met en place un périmètre de sécurité et ramasse la totalité des débris. Selon les premiers éléments d'analyse, un défaut d'adhérence dû à un manque de matière entre la coque en fibre de verre et le coeur de la pale serait à l'origine de cette rupture. Selon le constructeur, cette désolidarisation d'un bout de pale serait survenue pour la première fois en 12 ans d'exploitation. Le constructeur identifie sur les parcs éoliens en France, 84 pales fabriquées selon les mêmes spécifications que celle qui s'est désolidarisée. Il informe les exploitants de ces parcs éoliens afin que soient menées des inspections supplémentaires permettant de contrôler la suffisance de la quantité et de la distribution de colle entre la coquille inférieure et le reste de la structure des pales.	Défaillance mécanique (défaut d'adhérence entre les constituants de la pale)	Base ARIA	oui
Incendies criminels dans un parc éolien	20/01/2019	ROUSSAS	26	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. D'après la presse, il s'agit d'un acte criminel. Un accident similaire était survenu en juin 2018, dans un parc éolien proche appartenant au même exploitant (Base ARIA 51675).	Acte malveillant de	Base ARIA	non

Rupture du mât d'une éolienne	23/01/2019	BOUTAVENT	60	n.c.	n.c.	n.c.	A 13h25, une coupure du réseau public de distribution d'électricité provoque l'arrêt d'un parc éolien comptant 2 éoliennes. L'une s'arrête conformément aux procédures de sécurité, tandis que l'autre entre en survitesse. Les pales de celle-ci, qui ne sont plus ralenties du fait de l'arrêt du générateur, restent en position de production. Elles auraient dû effectuer une rotation de 90° pour se positionner en drapeau. La survitesse durant 40 minutes entraîne le délaminage d'une pale (cisaillement longitudinal dans l'épaisseur). Le balourd en résultant plie en 2 du mât de 66 m vers 14h40. Des débris sont projetés dans un rayon de 300 m. Les pompiers mettent en place un périmètre de sécurité de 500 m. Les contrôles réalisés a posteriori sur les batteries révèlent que : les batteries chargées ne disposaient pas de la puissance nécessaire (charge disponible de 43 Ah pour une charge théorique de 129,6 Ah). Aucune alarme ne s'est déclenchée lors de l'événement. L'exploitant prend les dispositions suivantes sur l'ensemble des 21 autres éoliennes de même modèle en France.	Défaillance technique (batteries)	Base ARIA	oui
Chute d'une pale d'éolienne	30/01/2019	ROQUETAILLADE -ET-CONILHAC	11	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. Un périmètre de sécurité est mis en place autour de l'éolienne. L'exploitant arrête les 6 autres éoliennes de même technologie du parc. A la demande de l'inspection des installations classées, les 22 autres éoliennes du parc sont arrêtées 5 jours plus tard. Un arrêté préfectoral d'urgence soumet leur redémarrage à l'accord de l'inspection. 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. Le parc éolien a connu une série d'événements similaires affectant 4 éoliennes de technologies différentes de celle objet du résumé : en 2011, 2013 et 2015. A la suite de l'accident de 2013, toutes les vis incriminées avaient été changées. Au regard de cet historique l'exploitant met en œuvre un plan d'action.	Défaillance mécanique (corrosion fatigue des vis) et	Base ARIA	oui
Fissurations sur des roulements de pales d'éoliennes	12/02/2019	AUTECHAUX	25	n.c.	n.c.	n.c.	A la suite d'une fissuration constatée sur une bague extérieure de roulement de pale d'une éolienne d'un parc éolien de même technologie hors de France, l'exploitant inspecte 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 (bague extérieure fissurée sur une partie seulement de sa section transversale) et 1 complète (bague extérieure fissurée sur l'ensemble de sa section transversale). Pour ces 6 éoliennes, en attendant que le constructeur dépose le rotor pour remplacer les roulements par des roulements neufs, l'exploitant met en place une inspection visuelle toutes les 2 semaines pour vérifier que l'épaisseur de la fissuration reste inférieure à 3 mm et que le couple de serrage des goujons est toujours bon. Il met également en place une plaque de renfort stabilisatrice pour réduire les contraintes au niveau de la bague extérieure, centrée sur les goupilles coniques et trous de remplissage et s'étendant sur 16 goujons des bagues. La même plaque de renfort stabilisatrice est mise en place sur l'ensemble des éoliennes des 3 parcs, qu'une fissure ait été détectée ou non lors de ces contrôles. Ces plaques constituent une réparation définitive et sont vouées à rester durant la vie de l'éolienne. 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.	Défaillance mécanique (défaut d'alésage)	Base ARIA	non
Fuite d'huile sur une éolienne	23/03/2019	ARGENTONNAY	79	n.c.	n.c.	n.c.	A 19h37, une fuite d'huile se produit depuis le multiplicateur au niveau de la nacelle d'une éolienne. L'éolienne se met automatiquement à l'arrêt à la suite d'une défaillance au niveau d'un composant tournant du multiplicateur. La majorité de l'huile est contenue dans la partie basse de la nacelle. Le reste s'écoule par débordement le long du mat par l'extérieur jusqu'au socle en béton au pied de l'éolienne. Le lendemain à partir de 10 h, l'exploitant intervient au niveau : du multiplicateur pour éviter tout risque d'écoulement supplémentaire ; de la nacelle pour pomper l'huile contenue ; du pied de la fondation afin de déposer des absorbants pour éviter une pollution au-delà du socle béton. L'exploitant stocke l'huile absorbée dans des bidons sur rétention dans l'attente d'une prise en charge pour évacuation par une société agréée. L'intérieur de la nacelle et le mat sont nettoyés. La terre végétale entourant le socle du mat et potentiellement polluée par l'huile est retirée. La rupture d'un composant tournant du multiplicateur est à l'origine de l'incident. Un plan d'intervention pour le remplacement du multiplicateur est mis en place.	Défaillance mécanique (rupture d'un composant tournant du multiplicateur)	Base ARIA	non

Eolienne touchée par la foudre	02/04/2019	EQUANCOURT	80	n.c.	n.c.	n.c.	Dans l'après-midi, lors d'un épisode orageux, la foudre touche une des 12 éoliennes d'un parc éolien. Un élu constate une trace noire sur une des pales de la machine. Il alerte le gestionnaire du site. Après constat sur place, l'éolienne est arrêtée à distance à 18h30. Une équipe technique, arrivée sur place à 20h37, place les pales en drapeau et positionne la pale impactée vers le bas, le long du mât, pour éviter tout risque complémentaire. La zone au pied de l'éolienne est balisée pour prévenir tout risque d'accident. L'impact de foudre a endommagé le revêtement de la pale, proche de la base, sur 5 000 cm². 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 ARIA	non
Électrisation lors de la maintenance d'une éolienne	15/04/2019	CHAILLY-SUR-ARMANCON	21	n.c.	n.c.	n.c.	Vers 12h15, un sous-traitant est électrisé par un courant de 20 000 V dans une éolienne. Un technicien effectue des reconnaissances au sommet de l'éolienne afin de vérifier si celle-ci est endommagée. Le personnel de maintenance sécurise l'équipement. La victime, légèrement blessée, est transportée à l'hôpital.	Interventions humaines	Base ARIA	non
Incendie sur une éolienne	18/06/2019	QUESNOY-SUR-AIRAINES	80	n.c.	n.c.	n.c.	Vers 17 h, un feu se déclare sur une éolienne située dans un parc éolien qui en compte 5. Les équipes de maintenance du site maîtrisent l'incendie. Les pompiers alertés par le parc éolien réalisent des contrôles thermiques pour confirmer l'extinction. Le lendemain, des pièces déposées au pied de l'éolienne à la suite de l'incendie sont dérobées. D'après la presse, un court-circuit sur un condensateur est à l'origine du sinistre.	Défaillance électronique / mécanique (court-circuit sur un condensateur)	Base ARIA	oui
Feu de moteur d'éolienne	25/06/2019	AMBON	56	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 dans un parc mis en service en 2008 comportant 6 machines de 120 m pour une puissance totale de 10,02 MW. Voyant des étincelles, les techniciens alertent les secours. Un périmètre de sécurité de 200 m est mis en place. Le parc est mis à l'arrêt. Des éléments structurels de l'éolienne chutent au sol. L'incendie est maîtrisé vers 18h50. Les macroéléments de plastique et de fibre de verre issus de la coque de la nacelle sont collectés. Les terres ayant reçues des débris calcinés sont évacuées. L'opération de maintenance intervient à la suite d'une remontée d'alarme concernant le blocage des freins d'orientation de la nacelle. Les techniciens tentent d'utiliser le mode manuel pour débloquent les freins, sans y parvenir. Ils suspectent la panne d'une carte d'acquisition des signaux de commande manuelle du système d'orientation. Ils remplacent cette carte et constatent que le système de freinage est activé mais seulement en mouvement intermittent (ouverture/fermeture). Ils suspectent alors un relais de l'armoire hydraulique et le remplace par un relais identique de l'armoire de commande. Lorsque les techniciens remettent sous tension le système, le signal de fermeture du contacteur dans l'armoire de puissance est donné par le relais défectueux. Des arcs électriques avec un bruit élevé sur le convertisseur et de fortes vibrations au niveau du rotor apparaissent. Les techniciens évacuent l'éolienne par les issues de secours de la tour. L'exploitant et la société de maintenance diffuse une procédure de sécurité pour rappeler à ses intervenants les mesures de précaution à prendre.	Défaillance électronique / mécanique (relais de l'armoire de commande et carte d'acquisition des signaux de commande manuelle du système d'orientation)	Base ARIA	oui
Chute d'un bout de pale d'une éolienne	27/06/2019	CHARLY-SUR-MARNE	2	n.c.	n.c.	n.c.	Vers 9 h, lors d'une maintenance, 2 techniciens constatent qu'une pale d'une autre éolienne présente un angle anormal. 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, l'autre à 100 m dans l'enceinte du parc éolien. Chaque morceau correspond à une face de la pale. Un périmètre de sécurité de 100 m est mis en place autour de l'éolienne. L'exploitant arrête l'ensemble des éoliennes du parc. Un arrêté municipal interdit, dès le lendemain, l'accès à l'ensemble du parc éolien pour une durée indéterminée. Après expertise de la pale, il est constaté un contact inadéquat de la coque côté extrados et des bords avec l'adhésif du longeron. L'exploitant inspecte l'ensemble des pales du parc éolien en tapant sur chaque pale avec un objet métallique afin de détecter d'éventuelles différences de vibration sur la coque côté extrados sur toute la longueur de pale. Une inspection visuelle ainsi qu'un contrôle du chemin d'évacuation de la foudre de chaque pale sont également réalisés. Aucune autre pale ne présente de défaillance.	Défaillance mécanique	Base ARIA	oui
Impact de foudre sur une pale d'éolienne	03/07/2019	SIGEAN	11	n.c.	n.c.	n.c.	A 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. L'exploitant découpe l'extrémité de la pale endommagée pour éviter sa rupture complète. Le morceau de pale est stocké en vue d'une expertise. La machine est à l'arrêt et le rotor en position de sécurité.	Foudre	Base ARIA	non
Chute d'aérofreins en bout de pale d'une éolienne	04/09/2019	ESCALES	11	n.c.	n.c.	n.c.	Vers 19h30, l'arrêt d'urgence d'une éolienne se déclenche sans cause identifiée. Cet arrêt est anormalement brutal si bien que 2 aérofreins se détachent d'une des pales de l'éolienne. L'un est retrouvé à 5 m du pied de l'éolienne, l'autre à 65 m. L'exploitant arrête l'ensemble des éoliennes du parc. Le rotor de l'éolienne incriminée est bloqué mécaniquement. Un périmètre de sécurité de 20 m est mis en place. Les débris ramassés sont envoyés vers une filière de recyclage agréée.	Défaillance mécanique (arrêt d'urgence sans cause identifiée)	Base ARIA	oui

Mortalité d'espèce menacée sur un parc éolien	27/09/2019	CHAZEUIL	21	n.c.	n.c.	n.c.	Lors du suivi environnemental (selon protocole national), un bureau d'études découvre un cadavre de Milan Royal (rapace diurne, espèce protégée et menacée dans la catégorie vulnérable) dans un rayon de 50 m autour du pied d'une éolienne d'un parc éolien comprenant 9 machines. Le rapace, en transit migratoire, a probablement heurté une pale de l'éolienne. L'étude d'impact du parc avait mis en évidence une micro-voie de passage migratoire. L'impact avait été identifié comme moyen et ponctuel, ne nécessitant pas la mise en place de mesure d'évitement ou de réduction spécifique. L'exploitant engage les actions suivantes :reconduction du suivi environnemental réalisé en 2019 sur l'année 2020 ;prolongation de la durée du suivi de la mortalité lors de la période post-nuptiale pour couvrir tout le mois d'octobre, période identifiée comme particulièrement sensible pour le Milan Royal ;mise en place d'un suivi spécifique de la mortalité du Milan Royal avec un test de persistance utilisant des leurres au gabarit proche de l'espèce ;mise en place d'un dispositif de détection, d'effarouchement et de régulation en temps réel par caméras : un effarouchement sonore des oiseaux pour dévier leur trajectoire de vol en dehors de la zone de survol des pales et une régulation des machines avec arrêt en cas d'approche d'un rapace pendant la période de migration post-nuptiale. En attendant que le dispositif soit opérationnel, l'exploitant propose un arrêt des machines de 1h après le lever du soleil jusqu'à 1h avant le coucher du soleil jusqu'au 30 novembre (fin de la migration postnuptiale).	Exploitation du parc éolien	Base ARIA	non
Mortalité d'espèce menacée sur un parc éolien	23/10/2019	SACQUENAY	22	n.c.	n.c.	n.c.	Lors du suivi d'activité de l'avifaune en période de migration post-nuptiale, un bureau d'études découvre un cadavre de Milan Royal (rapace diurne, espèce protégée et menacée dans la catégorie vulnérable) dans un rayon de 50 m autour du pied d'une éolienne d'un parc éolien comprenant 9 machines. Le rapace, en transit migratoire, a probablement heurté une pale de l'éolienne. Un cas de décès de ce rapace a été relevé sur ce même parc en septembre 2019 (Base ARIA 55824) lors du suivi environnemental "classique". L'étude d'impact du parc avait mis en évidence une micro-voie de passage migratoire. L'impact avait été identifié comme moyen et ponctuel ne nécessitant pas la mise en place de mesure d'évitement ou de réduction spécifique. L'exploitant engage les actions suivantes :reconduction du suivi environnemental réalisé en 2019 sur l'année 2020 ;prolongation de la durée du suivi de la mortalité lors de la période post-nuptiale pour couvrir tout le mois d'octobre, période identifiée comme particulièrement sensible pour le Milan Royal ;mise en place d'un suivi spécifique de la mortalité du Milan Royal avec un test de persistance utilisant des leurres au gabarit proche de l'espèce ;mise en place d'un dispositif de détection, d'effarouchement et de régulation en temps réel par caméras : un effarouchement sonore des oiseaux pour dévier leur trajectoire de vol en dehors de la zone de survol des pales et une régulation des machines avec arrêt en cas d'approche d'un rapace pendant la période de migration post-nuptiale. En attendant que le dispositif soit opérationnel, l'exploitant propose un arrêt des machines de 1h après le lever du soleil jusqu'à 1h avant le coucher du soleil jusqu'au 30 novembre (fin de la migration postnuptiale).	Exploitation du parc éolien	Base ARIA	non
Mortalité d'espèce menacée sur un parc éolien	29/10/2019	CHAZEUIL	23	n.c.	n.c.	n.c.	Lors du suivi d'activité de l'avifaune en période de migration post-nuptiale, un bureau d'études découvre un cadavre de Milan Royal (rapace diurne, espèce protégée et menacée dans la catégorie vulnérable) dans un rayon de 50 m autour du pied d'une éolienne d'un parc éolien comprenant 9 machines. Le rapace, en transit migratoire, a probablement heurté une pale de l'éolienne. Deux autres cas de décès ont été mis en évidence sur ce parc : un en octobre (Base ARIA 55778) dans le cadre du suivi de la migration post-nuptiale et un en septembre dans le cadre du suivi environnemental classique (Base ARIA 55824). L'étude d'impact du parc avait mis en évidence une micro-voie de passage migratoire. L'impact avait été identifié comme moyen et ponctuel ne nécessitant pas la mise en place de mesure d'évitement ou de réduction spécifique. L'exploitant engage les actions suivantes :reconduction du suivi environnemental réalisé en 2019 sur l'année 2020 ;prolongation de la durée du suivi de la mortalité lors de la période post-nuptiale pour couvrir tout le mois d'octobre, période identifiée comme particulièrement sensible pour le Milan Royal ;mise en place d'un suivi spécifique de la mortalité du Milan Royal avec un test de persistance utilisant des leurres au gabarit proche de l'espèce ;mise en place d'un dispositif de détection, d'effarouchement et de régulation en temps réel par caméras : un effarouchement sonore des oiseaux pour dévier leur trajectoire de vol en dehors de la zone de survol des pales et une régulation des machines avec arrêt en cas d'approche d'un rapace pendant la période de migration post-nuptiale. En attendant que le dispositif soit opérationnel, l'exploitant propose un arrêt des machines de 1h après le lever du soleil jusqu'à 1h avant le coucher du soleil jusqu'au 30 novembre (fin de la migration postnuptiale).	Exploitation du parc éolien	Base ARIA	non
Chute du capot de la nacelle d'une éolienne	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.	Inconnue	Base ARIA	oui
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.	Vent violent et erreur de positionnement des angles de pales	Base ARIA	non

Chute d'une partie de la pale d'une éolienne	09/12/2019	LA FORET-DE-TE SSE	16	n.c.	n.c.	n.c.	Vers 18 h, un riverain constate la chute d'un bout de pale de 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 16,5 m et 47 m de la racine de la pale). Des débris solides (fibres de verre, fibres de carbone, PVC) sont projetés sur 2 parcelles agricoles aux alentours. Un morceau de 30 m initialement resté accroché à la racine de la pale tombe 48 h plus tard suite aux forts vents. Le ramassage des débris ainsi que le bâchage des 2 plus gros morceaux de pale au sol afin d'éviter l'éparpillement de nouveaux débris sont réalisés. 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 foudre.	Défaillance mécanique et vents forts	Base ARIA	oui
Fumée blanche au niveau d'une éolienne	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. A 13h10, de la fumée blanche est constatée. Les pompiers mettent en place un périmètre de sécurité et surveillent l'équipement. Vers 16 h, il n'y a plus de fumée, les pompiers inspectent la machine en pied et quittent le site vers 17 h. 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 filiale.	Défaillance mécanique (gainnes protectrices des câbles de puissance)	Base ARIA	oui
Incendie sur une éolienne	17/12/2019	AMBONVILLE	52	n.c.	n.c.	n.c.	A 14h20, un feu se déclare en partie basse d'une éolienne. Les pompiers interviennent à l'aide d'un extincteur à poudre. L'origine du départ de feu serait liée à une défaillance électrique.	Défaillance électrique	Base ARIA	oui
Chute d'un joint de pale d'une éolienne	22/01/2020	SAINT-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'évènement. L'évènement est causé par une défaillance du collier de serrage sous dimensionné par rapport aux contraintes dans le temps. Le collier métallique englobant la pale a "travaillé" avec le temps et n'a plus rempli son rôle de serrage. 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.	Vent et défaillance mécanique (collier de serrage)	Base ARIA	oui
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 située dans un parc composé de 5 machines 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. Il informe la mairie et les propriétaires fonciers de l'incident. L'ensemble des pâles du parc est inspecté par téléobjectifs. Quelques jours plus tard, l'inspection des installations classées constate la mise en place de barrières pour interdire l'accès aux différentes éoliennes du parc. Elle demande à l'exploitant de maintenir les éoliennes à l'arrêt et d'établir un périmètre de sécurité dans l'aire de survol des éoliennes jusqu'à l'identification de l'origine de la rupture. Elle préconise le démantèlement complet de la pale afin d'éviter toute chute d'éléments et la réalisation d'investigations internes des autres pâles du site. Des débris de pâles 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. Une société spécialisée collecte les différents fragments, estimés à 800 kg, pour les envoyer en filière de traitement dédiée. Un traitement des sols est aussi envisagé pour s'assurer de l'absence totale de résidus. D'après l'exploitant, les conditions météorologiques durant le week-end sont à l'origine de la rupture de la pale.	Tempête	Base ARIA	oui
Endommagement d'une nacelle d'éolienne lors d'une tempête	09/02/2020	WANCOURT	62	n.c.	n.c.	n.c.	Le lendemain du passage de la tempête Ciara, des dommages sont visibles au niveau de l'aileron de la nacelle d'une éolienne. L'exploitant sécurise l'accès au site par la mise en place d'un périmètre de sécurité. L'aileron est sanglé par les pompiers puis le lendemain par le technicien de maintenance. L'éolienne ne redémarre pas avant que les causes profondes de l'incident ne soient déterminées.	Tempête	Base ARIA	non
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. Un périmètre de sécurité est mis en place. 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 (Base ARIA 54810). Le contrôle visuel réalisé à la suite de cet évènement sur l'ensemble du parc n'avait rien révélé sur la pale impliquée.	Défaillance mécanique (défaut interne de la pale)	Base ARIA	oui
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 reste sur le mât sans atteindre les pâles. L'éolienne est hors-service. L'incendie est probablement dû à une fuite d'huile.	Défaut d'étanchéité (fuite d'huile)	Base ARIA	oui

Incendie d'une nacelle d'une éolienne	24/03/2020	FLAVIN	12	n.c.	n.c.	n.c.	A 9h40, un feu se déclare au niveau de la nacelle d'une éolienne. Un riverain alerte les pompiers qui préviennent l'exploitant. A 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. A 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. Une route départementale est interdite à la circulation pour 2 semaines. Des pertes d'exploitation sont à prévoir. A la suite de la visite sur site de l'inspection des installations classées 3 jours après l'incendie, l'exploitant doit, pour la mise en sécurité du site : élargir le périmètre de sécurité et mettre en place des panneaux d'information, car le risque de chute d'éléments n'est pas écarté ; démonter les éléments susceptibles de chuter ; collecter les débris générés par l'incendie et les éliminer en filière de traitement ; réaliser une analyse des sols afin de caractériser un éventuel impact.	Inconnue	Base ARIA	oui
Arrêt d'éoliennes à la suite de décès d'oiseaux	30/03/2020	POISEUL-LA-VILLE-ET-LAPERRIERE	21/01/1900	n.c.	n.c.	n.c.	Un parc éolien est mis à l'arrêt à la suite de la découverte de 2 cadavres de Milan royal (rapace diurne, espèce strictement protégée, sensible à l'éolien par collision) au pied de 2 éoliennes. Un bureau d'étude, mandaté par l'exploitant d'un parc éolien, fait ce constat dans le cadre du suivi environnemental de ces oiseaux en période de migration. Le parc est arrêté de 10 h à 17 h jusqu'à la fin de la période migratoire (fin mai) et jusqu'à la mise en place de solutions adaptées pour éviter les collisions. Le suivi environnemental est prolongé de 2 mois. L'inspection des installations classées rédige un arrêté préfectoral de mesures d'urgence pour : brider (arrêter) des éoliennes sur le parc éolien en période diurne, pendant la période migratoire des rapaces, pour prévenir les collisions de milans royaux ; brider le fonctionnement des éoliennes, hors période migratoire, durant les périodes de chasse (lors des travaux agricoles notamment) ; prescrire à l'exploitant la réalisation d'une étude comportementale de l'espèce afin de caractériser l'occupation de l'espace du milan royal vis-à-vis du parc éolien ; mesurer l'efficacité des points précédents par un suivi environnemental spécifique.	Exploitation du parc éolien	Base ARIA	non
Dégradation 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. 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.	Défaut de fabrication	Base ARIA	non
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. Une société spécialisée nettoie les zones affectées : la dalle béton et les sols à proximité. La dalle est nettoyée par un lavage haute pression. De la terre est prélevée pour analyses en laboratoire. Contenant principalement des hydrocarbures, 11,6 t de terres sont évacuées 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 effectuée par la société en charge de la maintenance pour adapter les points de contrôle.	Défaillance mécanique (accumulateur)	Base ARIA	non
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 manitou (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.	Défaillance électrique (court-circuit dû à la présence d'un animal dans le tableau électrique)	Base ARIA	non

Pliure d'une éolienne	30/04/2020	PLOUARZEL	29	n.c.	n.c.	n.c.	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. 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. 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 prématurément les pales.	Défaillance mécanique (absence dispositif balourd)	de de	Base ARIA	oui
Fuite d'huile hydraulique sur une éolienne	07/06/2020	LEHAUCOURT	2	n.c.	n.c.	n.c.	Vers 10 h, une fuite d'huile hydraulique se produit au niveau de la boîte de vitesse située dans la nacelle d'une éolienne. La turbine s'arrête en sécurité à la suite de la détection de la fuite dans la machine. Le fond de la nacelle n'est pas pourvu de rétention, l'huile s'écoule le long du mât. L'exploitant met en place des absorbants sur le pied de la tour. Une société spécialisée dans le travail en hauteur nettoie complètement la turbine. Une société indépendante analyse les sols. La fuite est réparée. La fuite est due à la rupture d'un flexible de lubrification hydraulique pour refroidissement de la boîte de vitesse. L'exploitant conclut à une fragilité dans la structure même du flexible. L'exploitant change l'ensemble des flexibles hydrauliques de la machine.	Défaillance mécanique (rupture d'un flexible de lubrification hydraulique)		Base ARIA	non
Chute au sol d'une pale complète d'éolienne	27/06/2020	PLEMET	22	n.c.	n.c.	n.c.	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 au moins une semaine. L'exploitant réalise, 2 jours après la chute, une inspection visuelle par drone de l'ensemble de l'éolienne et des champs alentours. Des débris de pale (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 est endommagée. Une société spécialisée collecte et traite les déchets. 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 prématurée à la suite de l'accumulation de phénomènes de charge : vents violents, rafales, turbulences, changement de mode de production dû au bridage acoustique. L'inspection des installations classées prend un arrêté de mesures d'urgence. La remise en exploitation du parc est conditionnée à la mise en place d'un mode de fonctionnement restrictif afin de réduire les phénomènes de charge.	Vents violents avec rafales et défaillance mécanique (perte d'adhérence entre des inserts métalliques)		Base ARIA	oui
Dégagement de fumée en nacelle d'une éolienne	01/08/2020	ISSANLAS	7	n.c.	n.c.	n.c.	A 15 h, des techniciens en intervention dans un parc éolien constatent un dégagement de fumée au niveau de la nacelle d'une éolienne. Ils alertent l'exploitant qui arrête l'ensemble du parc. Le gestionnaire du réseau électrique coupe le réseau HT. De la fumée est visible et des débris tombent au pied de l'éolienne. Les pompiers éteignent des départs de feu de broussailles au sol. La fumée s'estompe d'elle-même en 15 minutes. A 17 h, le parc éolien est relancé sauf l'éolienne impactée. L'exploitant met en place un gardiennage. Il contrôle visuellement l'ensemble des pales. Aucun dommage n'est constaté. Les résidus en combustion tombés au sol provoquent des dégâts sur 20 m ² de végétation au pied de l'éolienne. Les dégâts internes restent concentrés au niveau de la génératrice en nacelle et nécessitent des réparations. L'éolienne reste à l'arrêt pendant 7 semaines, impliquant des pertes d'exploitation. Le dégagement de fumées résulte de l'échauffement des pièces de protection (vernis, carters en plexiglas, carcasse en caoutchouc) de la génératrice de l'éolienne. Au cours du redémarrage de la machine, une combustion localisée au niveau du joint caoutchouc entre les carénages de la génératrice et les enroulements du stator a provoqué l'échauffement du carénage de protection. Après analyse, l'exploitant constate que les performances du joint, qui sert à orienter le flux d'air sur la génératrice, ne sont pas conformes. De plus, le détecteur de fumée de l'éolienne signalait un défaut qui n'a pas été transmis au centre de contrôle, car une alarme de priorité supérieure, un défaut de terre, a été détectée avant. Ce premier défaut électrique a provoqué la mise à l'arrêt de la machine avant le dégagement de fumées. Ce dernier a été détecté par des opérateurs en intervention sur une autre machine. La glace carbonique des suies présentes autour de la génératrice est nettoyée les jours suivants. L'exploitant corrige le défaut lié au détecteur de fumées et met à jour le logiciel de traitement des alarmes sur toutes les machines. L'isolation de la génératrice est renforcée. Il prévoit également de remplacer tous les joints en caoutchouc par des joints silicones avec les performances requises.	Défaillance mécanique (défaut de conformité d'un joint)		Base ARIA	oui

Fuite d'huile sur une éolienne	01/09/2020	BOUCHY-SAINT-GENEST	51	n.c.	n.c.	n.c.	Lors d'une visite de site, un opérateur constate une fuite d'huile sur l'une des éolienne d'un parc éolien. Le produit a atteint le sol au pied du mât. Le sous-traitant met en place un kit anti-pollution autour de la fondation extérieure pour éviter que plus de produit n'atteigne le sol. Il identifie la fuite, change le flexible en cause et fait l'appoint des niveaux d'huile. L'exploitant effectue un diagnostic de pollution des sols pour établir l'impact du produit et les travaux de dépollution nécessaires. L'exploitant estime la quantité ayant fui à 20 l. La fuite proviendrait d'un flexible allant d'un accumulateur à un collecteur de deux pales. L'exploitant planifie des simulations de cas de fuite et des sensibilisations et formations aux procédés internes afin d'éviter, et de mieux gérer les accidents et incidents environnementaux. Il s'adresse particulièrement aux sous-traitants de maintenance.	Défaillance mécanique (flexible)	Base ARIA	non
Casse d'une pale sur une éolienne	15/11/2020	BIGNAN	56	n.c.	n.c.	n.c.	Vers 7 h, à la suite de vents violents, la pale d'une éolienne s'est délaminée provoquant sa rupture au niveau de sa moitié. L'éolienne s'arrête sur alarme de vibrations. Des riverains constatent que les débris de revêtement de la pale de l'éolienne jonchent le champ. Un périmètre de sécurité autour de l'éolienne est mis place. L'exploitation du parc est suspendue. L'exploitant, à l'aide de l'agriculteur du champ, sécurise les abords de l'éolienne. L'exploitant identifie une dégradation de la pale dans laquelle le vent se serait engouffré, provoquant des vibrations jusqu'à la rupture puis la chute d'une partie de la pale. Il mandate un expert pour réaliser l'analyse des causes profondes. La pale endommagée est composée de deux demi-coques collées ensemble autour de deux longerons centraux. La dégradation se situe au niveau des renforts du chemin de longeron de la face de la pale qui se trouve en pression (intrados). D'après l'expert, c'est une faiblesse structurelle liée à la méthode de fabrication qui affecte fréquemment les pales d'ancienne génération. Le contrôle qualité lors de la phase de fabrication n'a pas mis en évidence ce défaut. Les inspections annuelles aux jumelles n'ont pas permis de révéler l'anomalie. L'expert précise que le mécanisme de rupture implique une fissuration importante et visible depuis l'extérieur de la pale. L'exploitant modifie la méthode d'inspection des pales par jumelles au profit d'inspections par drone en vue de faire des réparations préventives. Le parc redémarre 1 mois après l'incident.	Défaillance de fabrication	Base ARIA	oui
Fuite d'huile sur une éolienne	11/12/2020	CHARMONT-EN-BEAUCE	45	n.c.	n.c.	n.c.	Une fuite d'huile se produit au niveau de la nacelle d'une éolienne. L'huile ruisselle le long du mât. L'alerte est donnée par une équipe de maintenance d'une société sous-traitante en intervention sur le parc. Les intervenants montent dans la nacelle, identifient la vanne en cause et la ferment. L'éolienne est réapprovisionnée en huile puis remise en production. L'exploitant demande à ses équipes de maintenance un diagnostic de pollution des sols pour déterminer si des travaux de dépollution sont nécessaires. La fuite d'huile provient de la vanne de prélèvement d'huile restée ouverte pendant plusieurs heures. Au cours d'une intervention dans la nacelle, la manipulation d'objets aurait provoqué l'ouverture involontaire de cette vanne. L'exploitant met en place les actions correctives suivantes : le retrait de la poignée de la vanne de prélèvement ; la mise à disposition d'un kit de récupération d'huile au centre de maintenance.	Intervention humaine (ouverture de la vanne de prélèvement d'huile)	Base ARIA	non
Rupture d'une pale d'éolienne	12/01/2021	SAINT-GEORGES-SUR-ARNON	36	n.c.	n.c.	n.c.	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. Le terrain est survolé par drone pour repérer les débris au sol. La pale est en position verticale, déchirée depuis la base. Des lanières de matériau pendent le long du mât. 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. 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. Lors de l'incident, l'éolienne était soumise à des vitesses de vent (entre 10 et 15 m/s) qui nécessitent 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 réagissant 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 moyeu est envoyé en expertise en Allemagne. Les autres éoliennes du parc redémarrèrent 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. La mise à jour logiciel est effectuée sur 240 éoliennes en France.	Vents forts et défaillance mécanique	Base ARIA	oui

Casse d'une pale d'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. 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. 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 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 (Base ARIA 50148).	Défaut de réparation	Base ARIA	oui
Chute d'une pale d'éolienne	13/02/2021	PATAY	45	n.c.	n.c.	n.c.	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. 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. L'exploitant constate une insuffisance des détecteurs, notamment de balourds et d'inclinaison, équipant la machine. 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.	Défaillance mécanique (défaut de collage et insuffisance des détecteurs)	Base ARIA	oui
Incendie dans le local base vie d'un parc éolien	17/02/2021	SAINTE-ROSE	974	n.c.	n.c.	n.c.	Vers 23h30, un feu se déclare dans le local base vie d'un parc éolien. Les pompiers interviennent. Un déversement d'huile et de graisse (6 m³ environ) est visible sur 20 m devant le local. L'accès à la zone est interdit. L'exploitant met en arrêt sécurité le parc éolien et déploie des kits anti-pollution. Une semaine après l'incendie, la zone est dépolluée et le parc est remis en service. Une entreprise de dépollution enlève et traite les terres polluées. Après une inspection par le mainteneur de l'éolienne la plus proche de la base vie, il a été constaté qu'une partie du câble de basculement de l'éolienne a été impactée par l'incendie. L'exploitant prévoit conjointement avec son mainteneur le démantèlement du bâtiment ainsi que l'installation d'une nouvelle base vie équipée d'un système de détection incendie.	Défaut d'étanchéité	Base ARIA	oui
Déversement d'huile dans un parc éolien	30/08/2021	MOREAC	56	n.c.	n.c.	n.c.	Dans un parc éolien, à 22h17, une éolienne s'arrête à la suite d'une panne. Le lendemain, à 9h35, une équipe de techniciens se déplace pour constater la panne observe une fuite d'huile en sortie de nacelle sur la tour extérieure. Un flexible est rompu. Les techniciens le remplacent et nettoient l'intérieur de la nacelle. Une ceinture absorbante est mise en place en pied de la tour. 40 l d'huile de la boîte de vitesse se sont déversés au sol. Une semaine plus tard, une entreprise effectue un diagnostic de pollution des sols autour de l'éolienne. La fuite est due à la rupture d'un flexible. Le jour de l'événement, un câble collé au flexible a été changé, une possible dégradation immédiate a pu se produire à cause de la vétusté. À la suite de l'événement, l'exploitant renforce le contrôle d'absence de fuite lors du changement de ce type de pièce. De plus une communication de l'événement est effectuée auprès du personnel de maintenance.	Défaillance mécanique (rupture d'un flexible)	Base ARIA	non
Défaut sur un rotor d'éolienne	14/09/2021	TREILLES	11	n.c.	n.c.	n.c.	Une défaillance dans le mécanisme du rotor d'une éolienne (boîte de vitesse) provoque un blocage de ce dernier. La machine est orientée face au vent. L'aérogénérateur est arrêté. Dans l'attente du démontage complet du rotor et en raison d'un risque de déséquilibre susceptible d'entraîner la chute de toute ou partie de l'éolienne, un balisage est mis en place et l'accès est interdit. La boîte de vitesse est sanglée pour éviter qu'elle ne s'ouvre davantage. Le rotor doit être déposé sous 2 mois.	Défaillance mécanique (boîte de vitesse)	Base ARIA	non
Choc entre un oiseau migrateur et une pale d'éolienne	21/09/2021	LA ROCHE-SUR-GRANE	26	n.c.	n.c.	n.c.	Lors du suivi de la mortalité aviaire sur un parc éolien, le bureau d'études découvre au sol un cadavre de balbuzard pêcheur, espèce protégée, à 30 m d'une éolienne. Il s'agit d'une collision avec l'éolienne lors de la migration automnale de l'espèce. Le constat est un premier cas de mortalité sur ce parc. Le suivi de la mortalité des oiseaux est reconduit pour confirmer le fait qu'il s'agit d'un accident ponctuel.	Exploitation du parc éolien	Base ARIA	non

Fuite d'huile sur une éolienne	12/10/2021	BETHENVILLE	51	n.c.	n.c.	n.c.	Lors d'une intervention sur la turbine d'un parc éolien, les techniciens constatent une fuite d'huile localisée dans le hub. Des traces d'huile sont présentes en nacelle, dans le hub, le long du mât et sur une partie en béton de la fondation. L'équipe déploie le kit de dépollution, présent sur site, avec la pose de boudins absorbants et de feuilles absorbantes autour du mat de l'éolienne. Une perte de 20 l d'huile est enregistrée. Les boudins et feuilles absorbantes du kit anti-pollution utilisés sont traités par une entreprise agréée. Un joint défectueux sur un distributeur qui a causé la fuite du fluide hydraulique. À la suite de l'événement, l'exploitant remplace le kit de dépollution sur l'installation.	Défaut d'étanchéité	Base ARIA	non
Fuite d'huile dans un parc éolien	18/10/2021	MONTAGNE-FAYEL	80	n.c.	n.c.	n.c.	Une fuite d'huile, provenant d'un parc éolien, est constatée par un agriculteur sur une parcelle agricole. Des petites projections d'huile sont visibles. La quantité d'huile perdue est estimée à 20 litres (à plus ou moins 50 %). La date du début de la fuite n'est pas déterminée mais celle-ci n'était pas présente lors du dernier entretien de maintenance 3 mois plus tôt. Un diagnostic de pollution des sols est réalisé par une entreprise. Un nettoyage des tours et des pales est effectué un mois plus tard. La fuite est due à des tuyaux poreux dans le hub de l'éolienne. Les pièces défectueuses ont été remplacées 3 jours après la constatation de l'événement et la turbine a été placée à l'arrêt le temps de leur remplacement. Une vérification préventive de l'ensemble des flexibles hydrauliques de la machine et du reste du parc est effectuée. L'analyse des causes profondes a démontré que le problème était issu d'une erreur humaine à la conception des turbines : le technicien en charge de la construction a mal effectué le sertissage des tuyaux, ce qui a conduit à sa porosité plus rapide à l'origine de la fuite. A la suite de l'événement, l'exploitant va effectuer une inspection plus régulière des flexibles hydrauliques.	Défaillance mécanique (tuyaux poreux)	Base ARIA	non
Chute d'un élément en fibre d'une éolienne	20/10/2021	COOLE	51	n.c.	n.c.	n.c.	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.	Défaillance mécanique (cône de nez)	Base ARIA	oui
Casse d'une pale d'éolienne	21/10/2021	AUCHAY-SUR-VENDEE	85	n.c.	n.c.	n.c.	Vers 10 h, le lendemain du passage de la tempête Aurora, 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 arrêté 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. 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.	Tempête	Base ARIA	oui
Chute d'une pale d'éolienne	03/12/2021	LA SOUTERRAINE	23	n.c.	n.c.	n.c.	Vers 16 h, une éolienne perd une pale qui tombe dans une prairie à environ 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 mairies sont informés. Un gardiennage est mis en place sur le site. Des prescriptions de mises en sécurité ainsi que des mesures d'urgences à titre conservatoires 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.	Inconnue	Base ARIA	oui
Chute d'un aérofrein d'une éolienne	24/12/2021	FECAMP	76	n.c.	n.c.	n.c.	Vers 19h25, 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. Un incident similaire a eu lieu sur cette même machine 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. 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. L'affaiblissement proviendrait de la chute précédente. 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.	Défaillance mécanique	Base ARIA	oui

3 Annexe 3 - Bibliographie et références utilisées

[1] L'évaluation des fréquences et des probabilités à partir des données de retour d'expérience (ref DRA-11-117406-04648A), INERIS, 2011

[2] NF EN 61400-1 Eoliennes – Partie 1 : Exigences de conception, Juin 2006

[3] Wind Turbine Accident data to 31 March 2011, Caithness Windfarm Information Forum

[4] Site Specific Hazard Assessment for a wind farm project – Case study – Germanischer Lloyd, Windtest Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH, 2010/08/24

[5] Guide for Risk-Based Zoning of wind Turbines, Energy research centre of the Netherlands (ECN), H. Braam, G.J. van Mulekom, R.W. Smit, 2005

[6] Specification of minimum distances, Dr-ing. Veenker ingenieurgesellschaft, 2004

[7] Permitting setback requirements for wind turbine in California, California Energy Commission – Public Interest Energy Research Program, 2006

[8] Oméga 10: Evaluation des barrières techniques de sécurité, INERIS, 2005

[9] Arrêté modifié du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement

[10] Arrêté du 29 Septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation

[11] Circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 Juillet 2003

[12] Bilan des déplacements en Val-de-Marne, édition 2009, Conseil Général du Val-de-Marne

[13] Arrêté du 29 Septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation

[14] Alpine test site Gütisch : monitoring of a wind turbine under icing conditions- R. Cattin et al.

[15] Wind energy production in cold climate (WECO), Final report - Bengt Tammelin et al. – Finnish Meteorological Institute, Helsinki, 2000

[16] Rapport sur la sécurité des installations éoliennes, Conseil Général des Mines - Guillet R., Leteurtois J.-P. - juillet 2004

[17] Risk analysis of ice throw from wind turbines, Seifert H., Westerhellweg A., Kröning J. - DEWI, avril 2003

[18] Wind energy in the BSR: impacts and causes of icing on wind turbines, Narvik University College, novembre 2005.

[19] Guide technique : élaboration de l'étude de danger dans le cadre des parcs éoliens, INERIS, mai 2012

4 Annexe 4 - Glossaire

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

Accident :

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

Cinétique :

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

Danger :

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

Efficacité (pour une mesure de maîtrise des risques) ou capacité de réalisation :

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

Événement initiateur :

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

Événement redouté central :

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

Fonction de sécurité :

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

Gravité :

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

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

Indépendance d'une mesure de maîtrise des risques :

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

Intensité des effets d'un phénomène dangereux :

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

Mesure de maîtrise des risques (ou barrière de sécurité) :

Ensemble d'éléments techniques et/ou organisationnels nécessaires et suffisants pour assurer une fonction de sécurité. On distingue parfois :

les mesures (ou barrières) de prévention : mesures visant à éviter ou limiter la probabilité d'un événement indésirable, en amont du phénomène dangereux

les mesures (ou barrières) de limitation : mesures visant à limiter l'intensité des effets d'un phénomène dangereux

les mesures (ou barrières) de protection : mesures visant à limiter les conséquences sur les enjeux potentiels par diminution de la vulnérabilité.

Phénomène dangereux :

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

Potentiel de danger (ou « source de danger », ou « élément dangereux », ou « élément porteur de danger ») :

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

Prévention :

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

A Annexes

Protection :

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

Probabilité d'occurrence :

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

Attention aux confusions possibles :

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

Réduction du risque :

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

Réduction de la probabilité :

par amélioration de la prévention, par exemple par ajout ou fiabilisation des mesures de sécurité

Réduction de l'intensité :

par action sur l'élément porteur de danger (ou potentiel de danger), par exemple substitution par une substance moins dangereuse, réduction des vitesses de rotation, etc.

réduction des dangers: la réduction de l'intensité peut également être accomplie par des mesures de limitation La réduction de la probabilité et/ou de l'intensité correspond à une réduction du risque « à la source ». - Réduction de la vulnérabilité : par éloignement ou protection des éléments vulnérables (par exemple par la maîtrise de l'urbanisation, ou par des plans d'urgence).

Risque :

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

Scénario d'accident (majeur) :

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

Temps de réponse (pour une mesure de maîtrise des risques) :

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

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

Aérogénérateur :

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

Survitesse :

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

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

ICPE: Installation Classée pour la Protection de l'Environnement

SER: Syndicat des Energies Renouvelables

FEE: France Energie Eolienne

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

EDD: Etude de dangers

APR: Analyse Préliminaire des Risques

ERP: Etablissement Recevant du Public



Siège social :
22 boulevard Maréchal Foch - BP58 - F-34140 Mèze
Tél. : +33(0)4 67 18 46 20 - Fax : +33(0)4 67 18 65 38 - www.biotope.fr