

# Etude de dangers

Projet d'unité d'alimentation éolienne de la station de recharge ultra-rapide pour véhicules électriques de Plounévez-Moëdec  
Commune de Plounévez-Moëdec - Côtes d'Armor





# Sommaire

<b>SOMMAIRE</b> .....	<b>3</b>
<b>TABLE DES ILLUSTRATIONS</b> .....	<b>4</b>
<b>1. PREAMBULE</b> .....	<b>5</b>
1.1. OBJECTIF DE L'ETUDE DE DANGERS.....	5
1.2. CONTEXTE LEGISLATIF ET REGLEMENTAIRE.....	5
1.3. NOMENCLATURE DES INSTALLATIONS CLASSEES.....	5
<b>2. INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION</b> .....	<b>6</b>
2.1. RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS.....	6
2.2. LOCALISATION DU SITE.....	6
2.3. DEFINITION DE L'AIRE D'ETUDE.....	7
<b>3. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION</b> .....	<b>8</b>
3.1. ENVIRONNEMENT HUMAIN.....	8
3.2. ENVIRONNEMENT NATUREL.....	10
3.3. ENVIRONNEMENT MATERIEL.....	10
3.4. CARTOGRAPHIE DE SYNTHESE.....	11
<b>4. DESCRIPTION DE L'INSTALLATION</b> .....	<b>12</b>
4.1. CARACTERISTIQUES DE L'INSTALLATION.....	12
4.2. FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION.....	14
4.3. FONCTIONNEMENT DES RESEAUX DE L'INSTALLATION.....	24
<b>5. IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION</b> .....	<b>25</b>
5.1. POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX PRODUITS.....	25
5.2. POTENTIELS DE DANGERS LIES AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION.....	26
5.3. REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS A LA SOURCE.....	27
<b>6. ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE</b> .....	<b>28</b>
6.1. INVENTAIRES DES ACCIDENTS ET INCIDENTS EN FRANCE.....	28
6.2. INVENTAIRES DES ACCIDENTS ET INCIDENTS A L'INTERNATIONAL.....	29
6.3. INVENTAIRES DES ACCIDENTS MAJEURS SUR LES SITES DE L'EXPLOITANT.....	30
6.4. SYNTHESE DES PHENOMENES DANGEREUX REDOUTES ISSUS DU RETOUR D'EXPERIENCE.....	30
<b>7. ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES</b> .....	<b>31</b>
7.1. OBJECTIF DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES.....	31
7.2. RECENSEMENT DES EVENEMENTS EXCLUS DE L'ANALYSE DES RISQUES.....	31
7.3. RECENSEMENT DES AGRESSIONS EXTERNES POTENTIELLES.....	32
7.4. SCENARIOS ETUDIES DANS L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES.....	33
7.5. EFFETS DOMINOS.....	35
7.6. MISE EN PLACE DES MESURES DE SECURITE.....	35
7.7. CONCLUSION DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES.....	45
<b>8. ETUDE DETAILLEE DES RISQUES</b> .....	<b>46</b>
8.1. RAPPEL DES DEFINITIONS.....	46
8.2. CARACTERISATION DES SCENARIOS RETENUS.....	48
8.3. SYNTHESE DE L'ETUDE DETAILLEE DES RISQUES.....	54

<b>9. CONCLUSION</b> .....	<b>55</b>
<b>10. ANNEXES</b> .....	<b>57</b>
10.1. ANNEXE 1 - ISSUE DU GUIDE TECHNIQUE : METHODE DE COMPTAGE DES PERSONNES POUR LA DETERMINATION DE LA GRAVITE POTENTIELLE D'UN ACCIDENT A PROXIMITE D'UNE EOLIENNE.....	57
10.2. ANNEXE 2 – TABLEAU DE L'ACCIDENTOLOGIE FRANÇAISE.....	58
10.3. ANNEXE 3 - TABLEAU DE CONFORMITE A L'ARRET DU 26 AOUT 2011 MODIFIE, RELATIF AUX ICPE.....	72
10.4. ANNEXE 4 - ISSUE DU GUIDE TECHNIQUE : SCENARIOS GENERIQUES ISSUS DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES.....	75
10.5. ANNEXE 5 - ISSU DU GUIDE TECHNIQUE : PROBABILITE D'ATTEINTE ET RISQUE INDIVIDUEL.....	77
10.6. ANNEXE 6 - ISSUE DU GUIDE TECHNIQUE : GLOSSAIRE.....	77
10.7. ANNEXE 7 – ISSU DU GUIDE TECHNIQUE : BIBLIOGRAPHIE ET REFERENCES UTILISEES.....	79



# Table des illustrations

Carte 1 : Localisation générale du site.....	7
Carte 2 : Localisation du projet .....	7
Carte 3 : Situation de l'installation et aire de l'étude de dangers.....	8
Carte 4 : Distance de l'éolienne aux habitations (en mètres) .....	9
Carte 5 : Environnement humain autour de l'éolienne (hors habitations).....	10
Carte 6 : Carte de synthèse des enjeux dans l'aire d'étude .....	11
Carte 7 : Raccordements internes-externes à l'unité d'alimentation éolienne envisagés.....	25
Carte 8 : Choix techniques effectués par l'exploitant .....	28
Carte 9 : Cartographie de synthèse des risques de l'éolienne du projet .....	56
Figure 1 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur .....	12
Figure 2 : Illustration des emprises au sol d'une éolienne .....	12
Figure 3 : Diamètre de l'éolienne et zone de survol (vue du dessus) pour le modèle N131 .....	13
Figure 4 : Calendrier de maintenance .....	21
Figure 5 : Raccordement électrique des installations (source : Kallista Energy).....	24
Figure 6 : Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateurs français entre 2000 et 2022 .....	29
Figure 7 : Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2022 (Source : CWIF) .....	29
Figure 8 : Répartition des causes premières d'effondrement.....	30
Figure 9 : Répartition des causes premières de rupture de pale .....	30
Figure 10 : Répartition des causes premières d'incendies .....	30
Figure 11 : Évolution du nombre d'incidents annuels en France et de la puissance éolienne installée d'après les bases de données ARIA et IRIS et du SDES (tableau de bord éolien 2022) .....	31
Tableau 1 : Nomenclature des installations classées .....	6
Tableau 2 : Identité du demandeur.....	6
Tableau 3 : Coordonnées L93 de l'éolienne et du poste de livraison .....	13
Tableau 4 : Caractéristiques des 3 modèles envisagés .....	13
Tableau 5 : Caractéristiques de fonctionnement détaillé des 3 modèles envisagés .....	16
Tableau 6 : Opérations de maintenance courantes après 300 à 500 heures pour les éoliennes Nordex N131 et Vestas V136.....	22
Tableau 7 : Opérations de maintenance courantes après 300 heures pour les éoliennes Enercon E138.....	22
Tableau 8 : Opérations de maintenance Vestas et Nordex régulières et courantes.....	23
Tableau 9 : Opérations de maintenance Enercon régulières et courantes.....	23
Tableau 10 : Produits sortants de l'installation .....	26
Tableau 11 : Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation (source : guide INERIS/SER/FEE, 2012) ..	26
Tableau 12 : Agressions externes liées aux activités humaines .....	32
Tableau 13 : Agressions externes liées aux phénomènes naturels.....	32
Tableau 14 : Analyse préliminaire des risques (APR) .....	34
Tableau 15 : Scénarii exclus de l'étude détaillée.....	45
Tableau 16 : Définition de l'intensité issue du guide technique .....	46

Tableau 17 : Définition des seuils de gravité de l'arrêté du 29 septembre 2005.....	47
Tableau 18 : Définition des échelles de probabilité de l'arrêté du 29 septembre 2005 .....	47
Tableau 19 : Définition de l'acceptabilité des risques .....	48
Tableau 20 : Dimensions de l'éolienne fictive à gabarit maximisant.....	48
Tableau 21 : Calcul de l'intensité du scénario d'effondrement .....	48
Tableau 22 : Gravité du scénario d'effondrement.....	49
Tableau 23 : Fréquence d'effondrement d'une éolienne d'après la littérature .....	49
Tableau 24 : Niveau de risque et acceptabilité du scénario d'effondrement d'une éolienne .....	49
Tableau 25 : Calcul de l'intensité du scénario de chute de glace .....	50
Tableau 26 : Gravité du scénario de chute de glace .....	50
Tableau 27 : Niveau de risque et acceptabilité du scénario chute de glace.....	50
Tableau 28 : Calcul de l'intensité du scénario de chute d'éléments de l'éolienne.....	51
Tableau 29 : Gravité du scénario de chute d'éléments de l'éolienne .....	51
Tableau 30 : Niveau de risque et acceptabilité du scénario chute d'éléments de l'éolienne .....	51
Tableau 31 : Calcul de l'intensité du scénario de projection de pale ou de fragment de pale.....	52
Tableau 32 : Gravité du scénario de projection de pale ou de fragment de pale .....	52
Tableau 33 : Fréquence de projection de tout ou partie de pale d'après la littérature.....	52
Tableau 34 : Niveau de risque et acceptabilité du scénario projection de pale ou de fragment de pale.....	53
Tableau 35 : Calcul de l'intensité du scénario de projection de glace.....	53
Tableau 36 : Gravité du scénario de projection de glace .....	54
Tableau 37 : Niveau de risque et acceptabilité du scénario projection de glace .....	54
Tableau 38 : Synthèse des scénarii étudiés .....	54
Tableau 39 : Définition des niveaux de risques selon la matrice de criticité de la circulaire du 10 mai 2010 .....	55



# 1. Préambule

Cette étude de dangers se base sur le guide technique dans sa version de mai 2012, qui a été réalisé par un groupe de travail constitué de l'Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS), de professionnels du Syndicat des Energies Renouvelables (SER) et de France Energie Eolienne (FEE). Dans la suite de l'étude, ce guide est appelé « guide technique ». Dans le cadre de cette étude, la trame a été reprise directement du guide.

## 1.1. Objectif de l'étude de dangers

La présente étude de dangers a pour objet de rendre compte de l'examen effectué par Kallista Energy pour le compte de la société **YAWAY Plounevez-Moëdec**, porteur du projet et filiale à 100% de Kallista Energy. Cet examen vise à caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques du projet d'unité d'alimentation éolienne de la station de recharge ultra-rapide de Plounevez-Moëdec 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 l'éolienne du projet de Plounevez-Moëdec. Le choix de la méthode d'analyse utilisée et la justification des mesures de prévention, de protection et d'intervention sont adaptés à la nature et la complexité des installations et de leurs risques.

Elle précise l'ensemble des mesures de maîtrise des risques mises en œuvre sur le projet de Plounevez-Moëdec, qui réduisent le risque à l'intérieur et à l'extérieur de l'éolienne 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

## 1.2. Contexte législatif et réglementaire

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

L'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<sup>[10]</sup> 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'aérogénérateurs s'intéressera prioritairement aux dommages sur les personnes. Pour les éoliennes, les atteintes à l'environnement, l'impact sur le fonctionnement des radars et les problématiques liées à la circulation aérienne feront l'objet d'une évaluation détaillée au sein de l'étude d'impact.



Ainsi, l'étude de dangers a pour objectif de démontrer la maîtrise du risque par l'exploitant. Elle comporte une analyse des risques qui présente les différents scénarios d'accidents majeurs susceptibles d'intervenir. Ces scénarios sont caractérisés en fonction de leur probabilité d'occurrence, de leur cinétique, de leur intensité et de la gravité des accidents potentiels. Elle justifie que le projet permet d'atteindre, dans des conditions économiquement acceptables, un niveau de risque aussi bas que possible, compte tenu de l'état des connaissances et des pratiques et de la vulnérabilité de l'environnement de l'installation.

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

- Description de l'environnement et du voisinage
- Description des installations et de leur fonctionnement
- Identification et caractérisation des potentiels de danger
- Estimation des conséquences de la concrétisation des dangers
- Réduction des potentiels de danger
- Enseignements tirés du retour d'expérience (des accidents et incidents représentatifs)
- Analyse préliminaire des risques
- Étude détaillée de réduction des risques
- Quantification et hiérarchisation des différents scénarios en termes de gravité, de probabilité et de cinétique de développement en tenant compte de l'efficacité des mesures de prévention et de protection
- Représentation cartographique
- Résumé non technique de l'étude de dangers

De même, la circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 juillet 2003 précise le contenu attendu de l'étude de dangers et apporte des éléments d'appréciation des dangers pour les installations classées soumises à autorisation. Elle indique notamment que les principaux risques sont générés au cours de la phase d'exploitation ; l'étude de dangers concerne donc cette période et exclut la phase de construction.

L'arrêté du 26 août 2011 modifié, relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement, comprend des dispositions constructives et d'exploitation concernant notamment la sécurité (par exemple : normes, sécurité face aux incendies, foudre, etc.). La circulaire du 29 août 2011 relative aux conséquences et orientations du classement des éoliennes dans le régime des installations classées donne des éclairages sur l'instruction. Elle précise notamment que les études de dangers pourront présenter un caractère plus léger que bon nombre d'autres installations classées, bien plus dangereuses, dans un souci de proportionnalité.

## 1.3. Nomenclature des installations classées

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

N°	Désignation de la rubrique	Niveau	Rayon d'affichage
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
	2. Comprenant uniquement des aérogénérateurs dont le mât a une hauteur inférieure à 50 m et au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur maximale supérieure ou égale à 12 m et pour une puissance totale installée :		
	a) Supérieure ou égale à 20 MW	A	6 km
	b) Inférieure à 20 MW	D	

Tableau 1 : Nomenclature des installations classées

Le projet d'unité d'alimentation éolienne de Plounevez-Moëdec 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 environnementale.

## 2. Informations générales concernant l'installation



### 2.1. Renseignements administratifs

Le porteur du projet est la société YAWAY Plounevez-Moëdec, filiale de Kallista Energy. En Europe, Kallista Energy exploite 35 parcs éoliens pour une puissance totale de 418 MW. De plus, Kallista Energy détient 3 centrales photovoltaïques, pour une puissance totale de 20 MW.

Pour chaque parc éolien français, Kallista Energy constitue une « société de projet ». Cette société de projet porte les droits et autorisations du parc éolien. Elle est ainsi titulaire de l'autorisation environnementale et propriétaire des éoliennes.

Dans le cas du projet d'unité d'alimentation éolienne de Plounevez-Moëdec, la société de projet sera également propriétaire de la station de recharge ultra-rapide pour véhicules électriques.

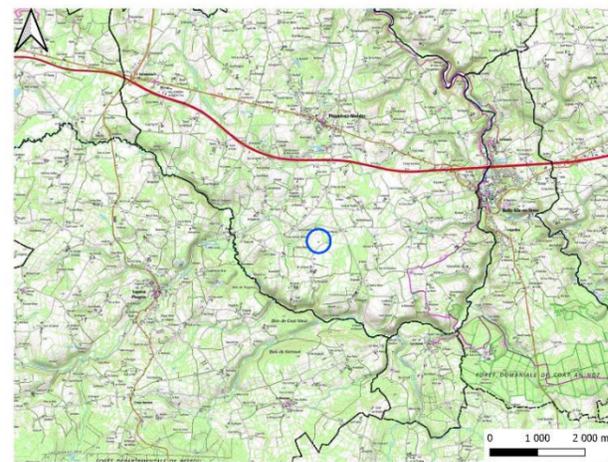
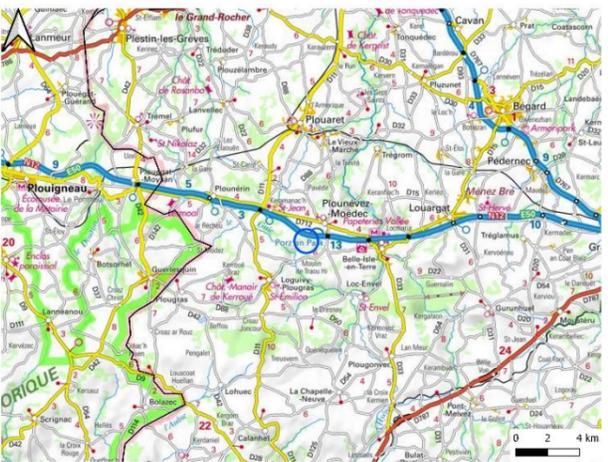
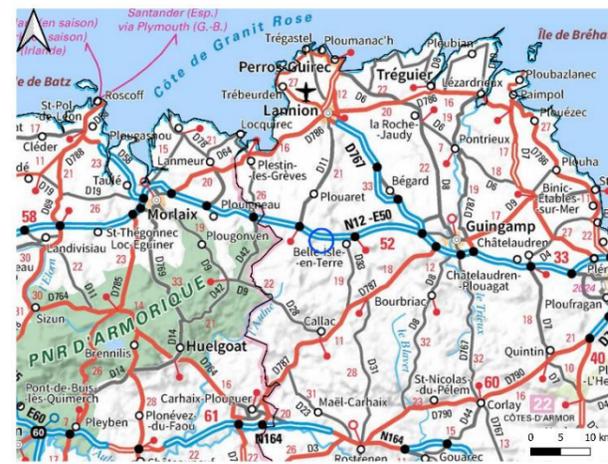
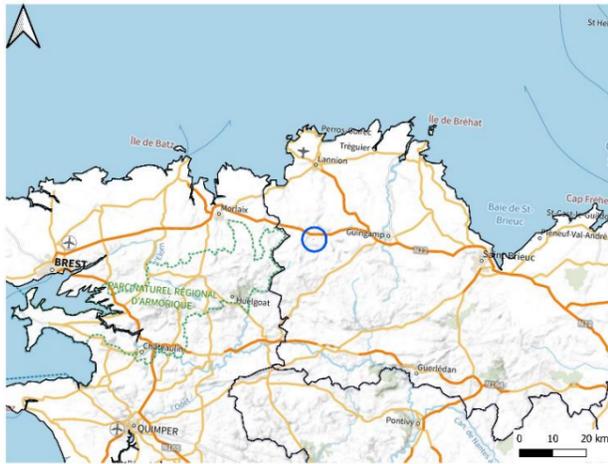
Raison sociale	YAWAY Plounevez-Moëdec
Forme juridique	Société par Actions Simplifiée à associé unique
Capital social	10 000,00 €
Siège social	18-20 rue Treilhard 75008 PARIS
N° Registre du Commerce et des Sociétés	Paris 921 031 373
N° SIRET	921 031 373 00019
Code NAF	3511Z Production d'électricité

Tableau 2 : Identité du demandeur

Le KBIS de YAWAY Plounevez-Moëdec est présenté dans le volet administratif de la demande (Fichier n°2 : Description de la demande).

### 2.2. Localisation du site

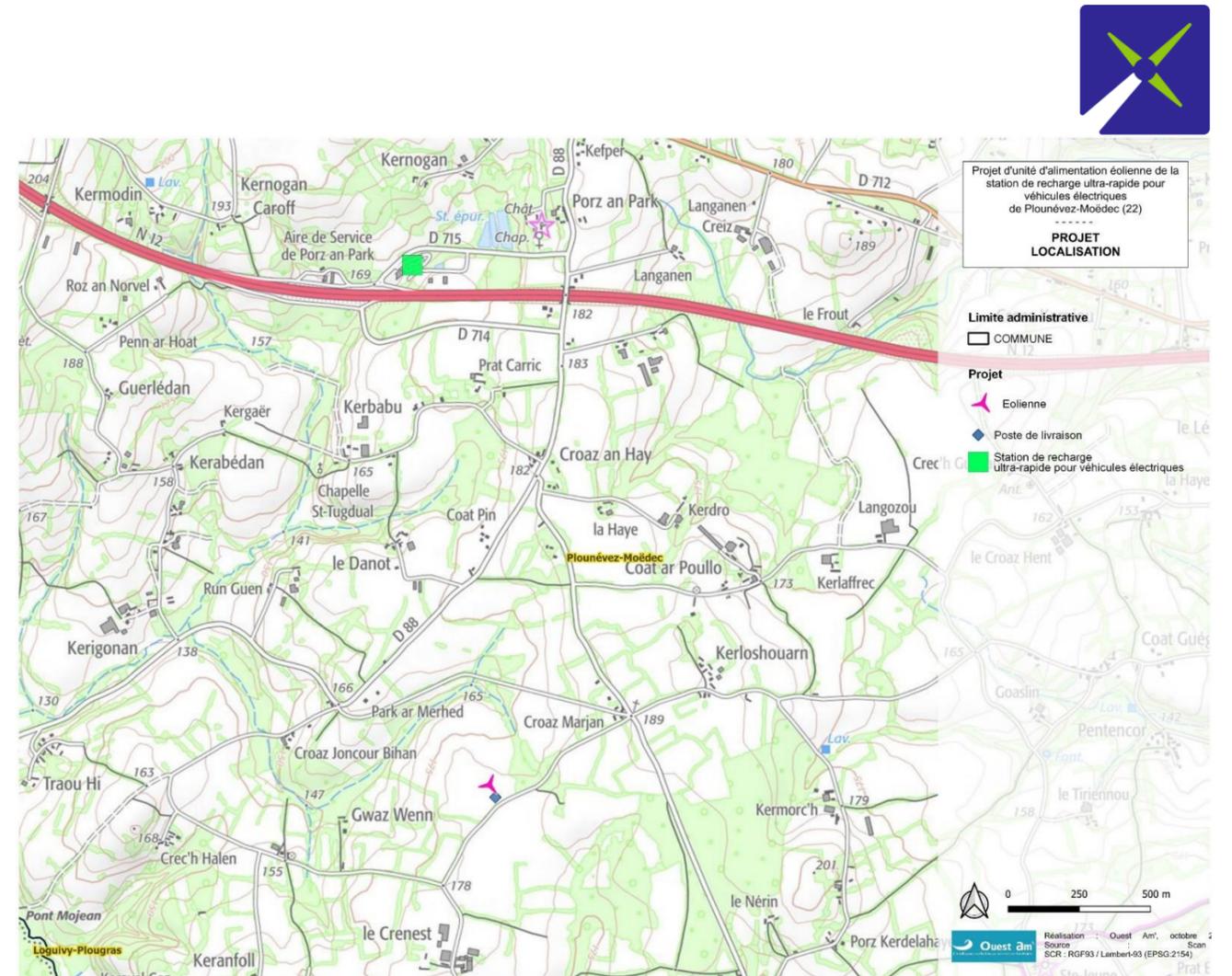
Le projet d'unité d'alimentation éolienne de la station de recharge ultra-rapide pour véhicules électriques de Plounevez-Moëdec, composé d'un aérogénérateur et d'un poste de livraison, est localisé sur la commune de Plounevez-Moëdec, dans le département des Côtes d'Armor (22), en région Bretagne.



Carte 1 : Localisation générale du site

Entourée par les communes de Belle-Isle-en-Terre, Loguivy-Plougras, Plouaret, ou encore Plounérin, Plounevez-Moëdec est située entre Guingamp et Morlaix (Finistère), les plus grandes villes aux alentours. La commune de Plounevez-Moëdec fait partie de la communauté de communes de Lannion-Trégor. Par ailleurs, la commune est située à environ 15 km au nord-est du Parc Naturel Régional d'Armorique.

Plus précisément, le projet se situe à proximité de la N12, au sud du bourg de Plounevez-Moëdec, puisqu'il vise à alimenter directement en électricité une station de recharge ultra-rapide pour des véhicules électriques. La station de recharge serait implantée au niveau de la sortie attenante à l'aire de Porz an Park, facilement accessible depuis la N12 autant que depuis le bourg.



Carte 2 : Localisation du projet

### 2.3. Définition de l'aire d'étude

Compte tenu des spécificités de l'organisation spatiale de l'unité d'alimentation éolienne, composée de plusieurs éléments disjoints, la zone sur laquelle porte l'étude de dangers est constituée d'une aire d'étude autour de l'éolienne du projet.

Cette aire d'étude correspond à l'ensemble des points situés à une distance inférieure ou égale à 500 mètres à partir de l'emprise du mât de l'aérogénérateur. Cette distance équivaut à la distance d'effet retenue pour les phénomènes de projection, telle que définie par la suite.

La zone d'étude n'intègre pas les environs du poste de livraison, néanmoins représenté sur la carte ci-après et proche de l'éolienne. Les modélisations réalisées dans le cadre du guide de l'INERIS ont en effet montré l'absence d'effet à l'extérieur du poste de livraison pour chacun des phénomènes dangereux potentiels pouvant l'affecter.

Dans le cas présent, le poste de livraison est localisé sur la plateforme de l'éolienne.

## 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). Les éléments présentés dans ce chapitre font l'objet d'une description détaillée dans l'Etude d'Impact sur l'Environnement (voir Fichier n° 3.1).

### 3.1. Environnement humain

#### 3.1.1. Zones urbanisées et urbanisables

L'aire d'étude de dangers est localisée sur la commune de Plounevez-Moëdec (1462 habitants) dans le département des Côtes d'Armor (22), en région Bretagne. La commune de Plounevez-Moëdec est rattachée à la communauté d'agglomération Lannion Trégor Communauté (LTC).

#### Documents d'urbanisme

LTC n'est pas dotée d'un Plan Local d'Urbanisme Intercommunal. La commune de Plounevez-Moëdec est munie d'un PLU approuvé en date du 29 avril 2008.

D'après le règlement graphique, les parcelles concernées par l'aire d'étude du projet sont situées dans un zonage agricole A. Le règlement écrit précise que la zone A correspond aux zones « équipées ou non, à protéger en raison du potentiel agronomique, biologique ou économique des terres agricoles ». Y sont interdits tous les modes d'occupation et d'utilisation du sol à l'exception de ceux strictement liés et nécessaires notamment aux services publics d'intérêt collectif.

Le règlement graphique disponible sur le site Géoportail de l'Urbanisme ne mentionne aucune prescription sur la surface de l'aire d'étude. Aucun élément paysager identifié en application de l'article L.151-23 du code de l'urbanisme, telles que les haies à protéger, n'est situé au sein de l'aire d'étude.

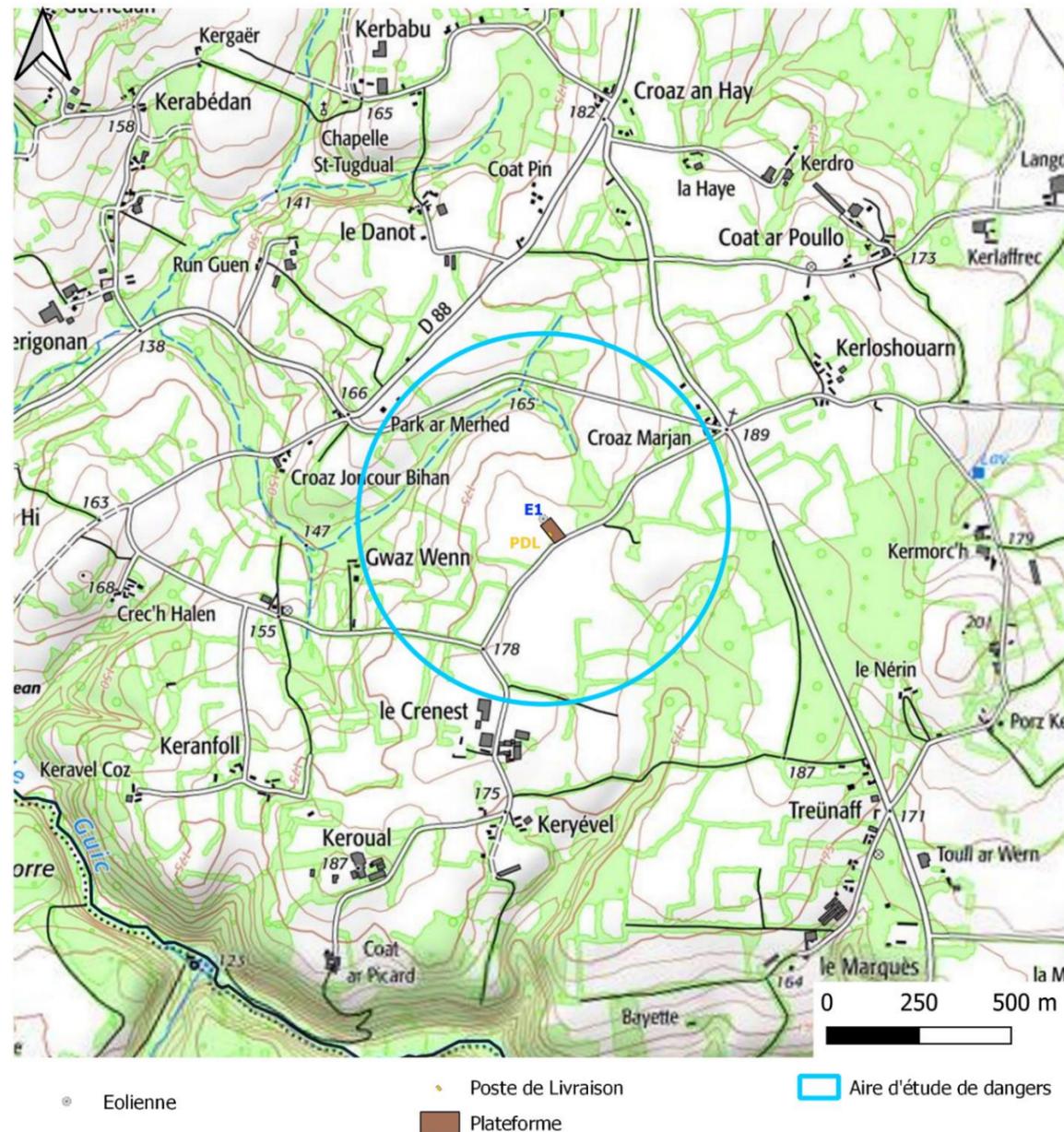
L'aire d'étude de dangers n'est concernée par aucune orientation d'aménagement et de programmation.

#### Habitat riverain

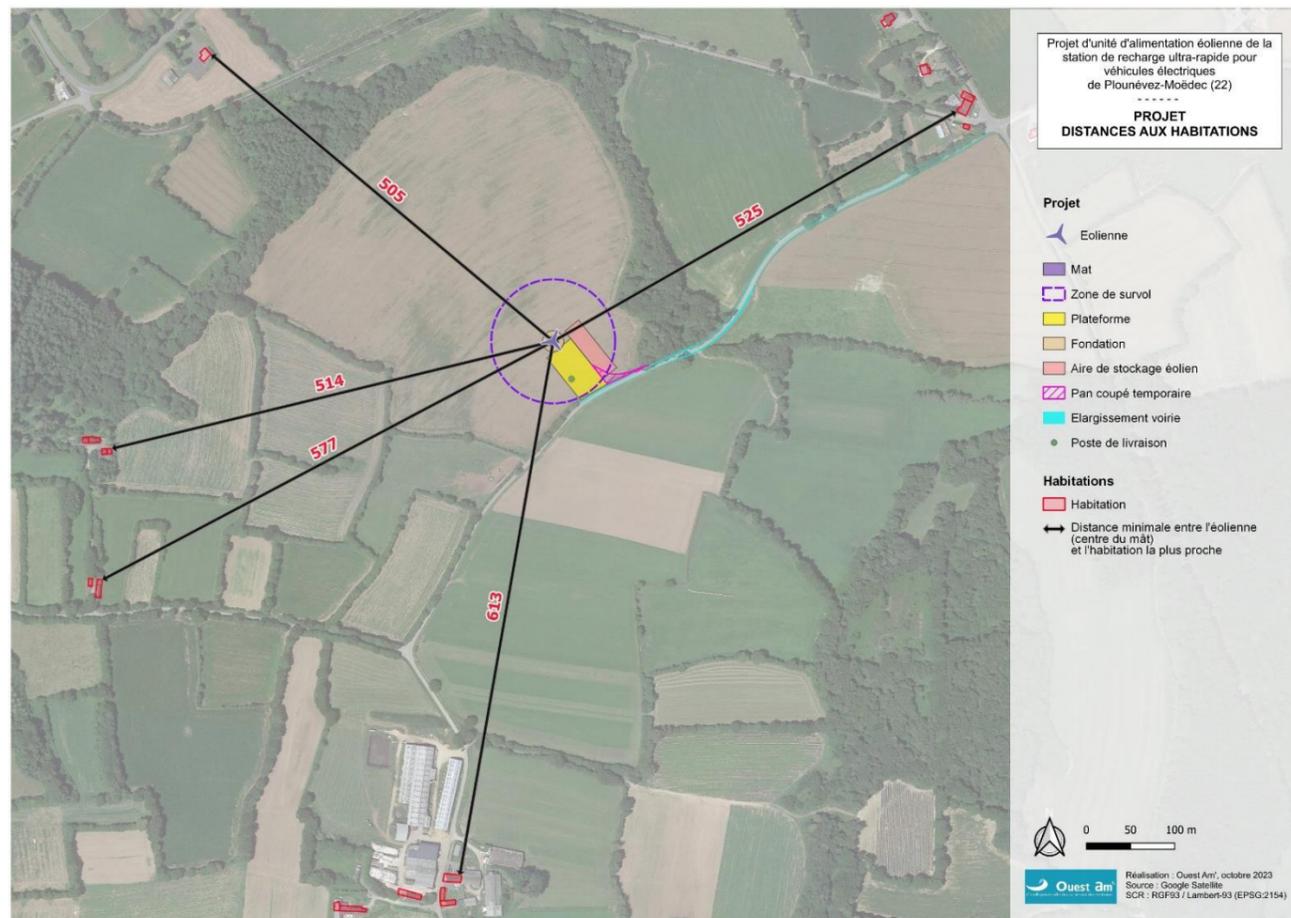
Plusieurs hameaux et habitations isolées sont présents aux abords de l'aire d'étude :

- Au nord-ouest : Park ar Merhed
- A l'ouest : Gwaz Wenn
- Au sud-est : le Crenest
- Au nord-est : Croaz Marjan

Les habitations sont toutes situées à 500 m ou plus de l'éolienne.



Carte 3 : Situation de l'installation et aire de l'étude de dangers



Carte 4 : Distance de l'éolienne aux habitations (en mètres)

### 3.1.2. Etablissements Recevant du Public (ERP)

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

Les établissements recevant du public autour et à proximité du site sont principalement situés dans les bourgs des communes, et sont de type mairies, commerces, églises, écoles, etc. Pour le projet d'unité d'alimentation de Plounévez-Moëdec, aucun établissement recevant du public n'est recensé dans le périmètre de 500 mètres autour de l'éolienne. Le bourg le plus proche est celui de Plounévez-Moëdec situé à environ 2,5 km du projet, puis le bourg de Loc-Envel à environ 3,1 km.

La commune dispose par ailleurs des commerces et services de proximité correspondant à une commune rurale ainsi qu'une offre artisanale développée. Deux zones d'activités accueillent notamment les entreprises du secteur du transport et des commerces tournés vers le secteur agricole (ZA Porz an Park et ZA de Beg Ar Ch'ra respectivement à 1,8 km et 4,5 km du projet). C'est notamment dans la ZA Porz an Park localisée en bordure de la RN12 que sera installée la station de recharge ultra-rapide.

### 3.1.3. Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE)

Composé d'une éolienne, le projet d'unité d'alimentation de la station de recharge pour véhicules électriques de Plounévez-Moëdec est soumis à Autorisation au titre des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE, rubrique 2980).

Il n'existe aucune éolienne en service à moins de 6 km de l'aire d'étude. On compte 12 parcs construits (en service) et 1 parc autorisé (Beg Ar C'Hra), ce dernier étant à plus de 3,4 km de l'éolienne du projet.

Quinze établissements sont répertoriés comme ICPE sur la commune de Plounévez-Moëdec dont 2 installations rejetant des polluants. Seulement 6 de ces ICPE sont soumises au régime d'autorisation et aucune n'est classée SEVESO (seuil bas ou haut). La plus proche se situe à environ 950 m au sud-est (EARL des 3 Collines à Treunaff).

Aucune centrale nucléaire de production d'électricité ni aucune installation nucléaire de base (INB) n'intègre le périmètre de 500 mètres de l'éolienne.

D'après le Dossier Départemental des Risques Majeurs des Côtes d'Armor (DDRM 22), la commune n'est pas concernée par le risque Industriel et n'est pas couverte par un Plan de Prévention des Risques Technologiques. Seul le risque TMD (Transport de Matières Dangereuses) au titre du transport routier via la RN 12 qui traverse le territoire communal est présent mais l'aire d'étude n'est pas concernée par ce risque car éloignée de 1,7 km environ de la RN 12.

### 3.1.4. Autres activités

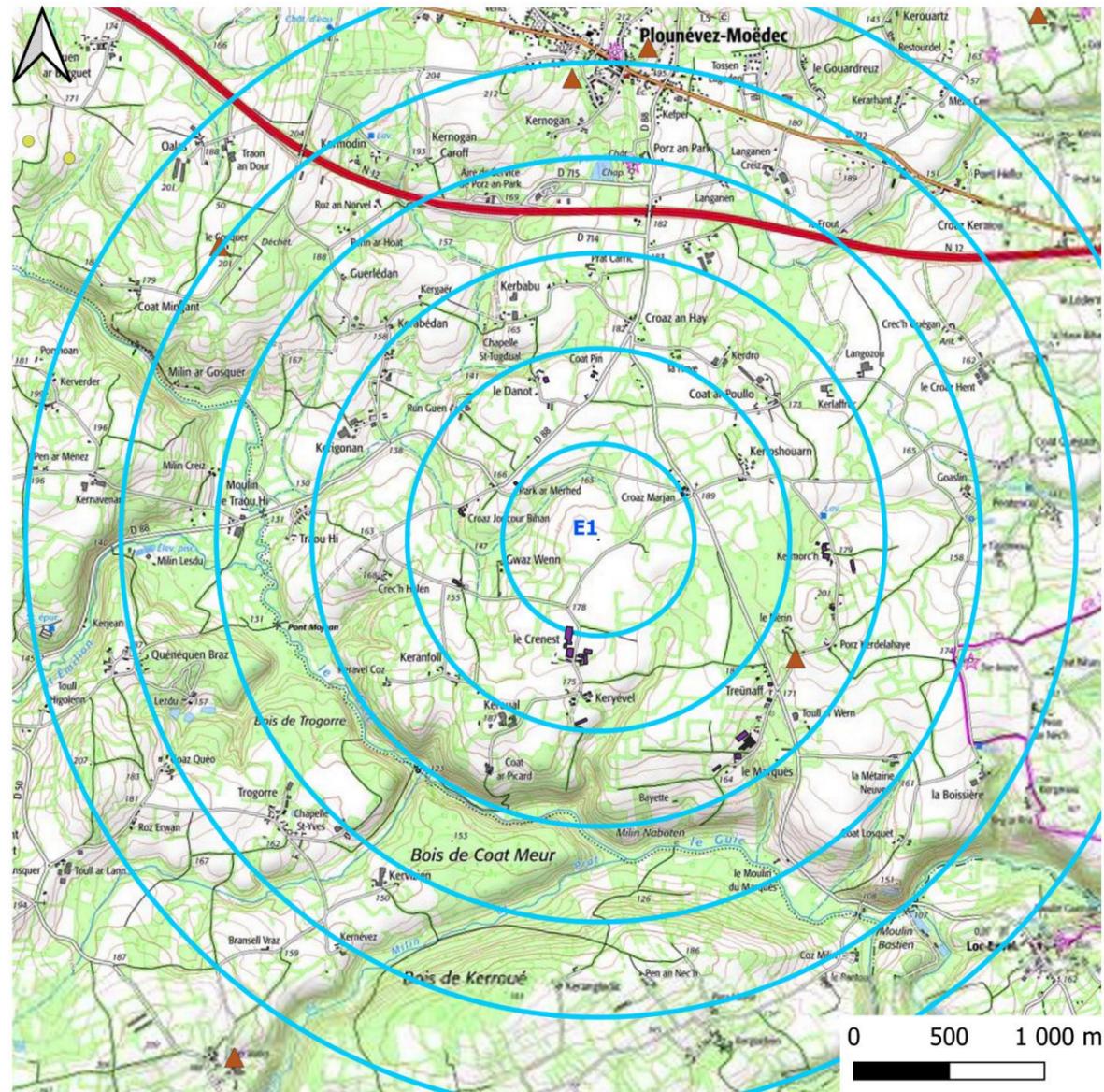
Au 31 décembre 2019, la commune de Plounévez-Moëdec comptait 45 établissements actifs, principalement dans les secteurs du commerce, transports et services divers (37,8%) et le secteur de l'agriculture, sylviculture et pêche (22,2%).

#### Activité agricole

L'identité rurale est un trait caractéristique du territoire concerné par le projet. L'activité agricole occupe donc une place importante dans l'activité économique de la commune. La commune compte 46 exploitations agricoles en 2020, nombre en forte diminution en 10 ans et accompagné d'une concentration de la Surface Agricole Utile (SAU).

Une seule exploitation agricole a été recensée à proximité immédiate de l'aire d'étude au lieu-dit Le Crenest (élevage de vaches laitières EARL Le Crenest). L'aire d'étude est principalement occupée par des parcelles agricoles consacrées à la culture (pois, maïs, blé...) ou en prairie. Des espaces boisés ont également été relevés dans l'aire d'étude de dangers.

**Le projet d'unité d'alimentation éolienne de Plounévez-Moëdec est donc conforme à la réglementation en vigueur sur la commune du même nom par le respect d'une distance d'éloignement de 500 mètres entre les éoliennes et les différentes zones d'activités, zones urbaines et zones à urbaniser, ainsi que tout habitation existante.**



- Eolienne
- Ecart de 500m en 500m
- Batiments non habitables dont Exploitation agricole Le Crenest
- ICPE soumises à Autorisation
- Parc éolien autorisé de Beg ar C'Hra

Carte 5 : Environnement humain autour de l'éolienne (hors habitations)

## 3.2. Environnement naturel

### 3.2.1. Contexte climatique

Autour de Plounevez-Moëdec, le climat est médian à dominante océanique caractérisé par de faibles contrastes pluviométriques et thermiques saisonniers avec des hivers plutôt doux et des étés plutôt frais. La température moyenne annuelle est de 11°C avec une pluviométrie annuelle d'environ 1014 mm.

Le département des Côtes d'Armor est concerné par un seuil de foudroiement dit "infime" (parmi les 1% les moins foudroyés). La fréquence des vents violents (> 58 km/h) est relativement importante : 83,4 jours environ par an, pour la station de Lannion (côte nord) et 81,7 jours par an en moyenne pour Pleyber-Christ (dans les terres).



### 3.2.2. Risques naturels

La commune de Plounevez-Moëdec est concernée par le risque inondation de plaine (commune couverte par les AZI (Atlas des Zones Inondables) Léguer et AZI Guic). Elle n'est toutefois pas considérée comme territoire à risque important d'inondation et n'est couverte par aucun Plan de Prévention des Risques Inondation (PPRI). Aucune zone inondable n'est localisée ni répertoriée sur l'aire d'étude qui se trouve hors des périmètres de plus hautes eaux connues dans les AZI.

La commune est également concernée par le risque climatique (comme toutes les communes du département) et le risque sismique (aléa faible 2/5). Sur l'aire d'étude, l'aléa retrait-gonflement des argiles est nul, aucune cavité souterraine ni aucun mouvement de terrain n'y est répertorié, même à proximité.

Un potentiel radon fort (catégorie 3) est à noter, mais avec un enjeu faible pour ce type de projet.

## 3.3. Environnement matériel

### 3.3.1. Voies de communication

Les voies importantes les plus proches du projet sont les suivantes :

- La RN12 (Rennes-Brest) qui passe à environ 1,7 km au nord de la ZIP et constitue la raison de la localisation du projet qui vise à alimenter une station de recharge pour véhicule électrique ;
- La RD11 qui passe à environ 4,2 km à l'ouest de la ZIP et relie Lannion à Callac ;
- La RD33 qui relie Belle-Isle-en-Terre à la D787 entre Carhaix-Plouguez et Guingamp et passe à environ 3,9 km à l'est de la ZIP.

Aucune route départementale ne se trouve au sein de l'aire d'étude mais il convient d'indiquer que l'article 3.23 du règlement départemental de voirie des Côtes d'Armor (novembre 2019) précise : « Les éoliennes devront être implantées à une distance au moins égale à leur hauteur (mât + pale) prise à partir de l'emprise de la voie sans pouvoir être inférieure aux marges de recul édictées par le document d'urbanisme applicable sur le territoire de la commune d'implantation des ouvrages. »

Au sein de l'aire d'étude se trouvent plusieurs voies communales dont une reliant Croaz Marjan au Crenest et desservant la parcelle d'implantation de l'éolienne. Le PLU de Plounevez-Moëdec impose une distance d'éloignement de 15 m minimum des voies communales. Par ailleurs, l'éolienne est positionnée de manière à éviter le surplomb de la route par ses pales, pour des raisons de sécurité.

### 3.3.2. Réseaux publics et privés

#### Faisceaux hertziens

Par courrier en date du 11 mai 2022, le Secrétariat Général pour l'Administration du Ministère de l'Intérieur (SGAMI) Ouest indique la présence de faisceaux hertziens traversant la zone d'étude. La zone d'exclusion à respecter se trouve à l'extérieur de l'aire d'étude.

Dans la réponse reçue à la suite des demandes de renseignement adressées aux opérateurs, Bouygues Télécom précise que l'installation d'éoliennes sur cette zone ne perturbe pas le comportement électromagnétique de leurs liaisons hertziennes.

L'opérateur Orange dispose également d'un réseau proche, qui n'intersecte pas l'aire d'étude. Il indique également une artère pleine terre propriété d'Orange le long de la voie d'accès à l'éolienne, sans préconisation spécifique.

Par ailleurs, le SDIS (Service Départemental d'Incendie et de Secours) n'a émis aucune observation quant au projet.

### Réseaux électriques et de transport de gaz

La consultation des sites d'information d'Enedis et RTE indique que l'aire d'étude n'est pas concernée par une ligne de transport électrique.

D'autre part, le site de GRT gaz indique que le projet est situé en dehors des servitudes d'utilité publique (SUP) de maîtrise d'urbanisation associées à leurs ouvrages de transport de gaz naturel haute pression.

### 3.3.3. Autres ouvrages publics

Aucun autre ouvrage public (barrage, digue, château d'eau, bassin de rétention, etc.) n'est présent dans la zone d'étude.

## 3.4. Cartographie de synthèse

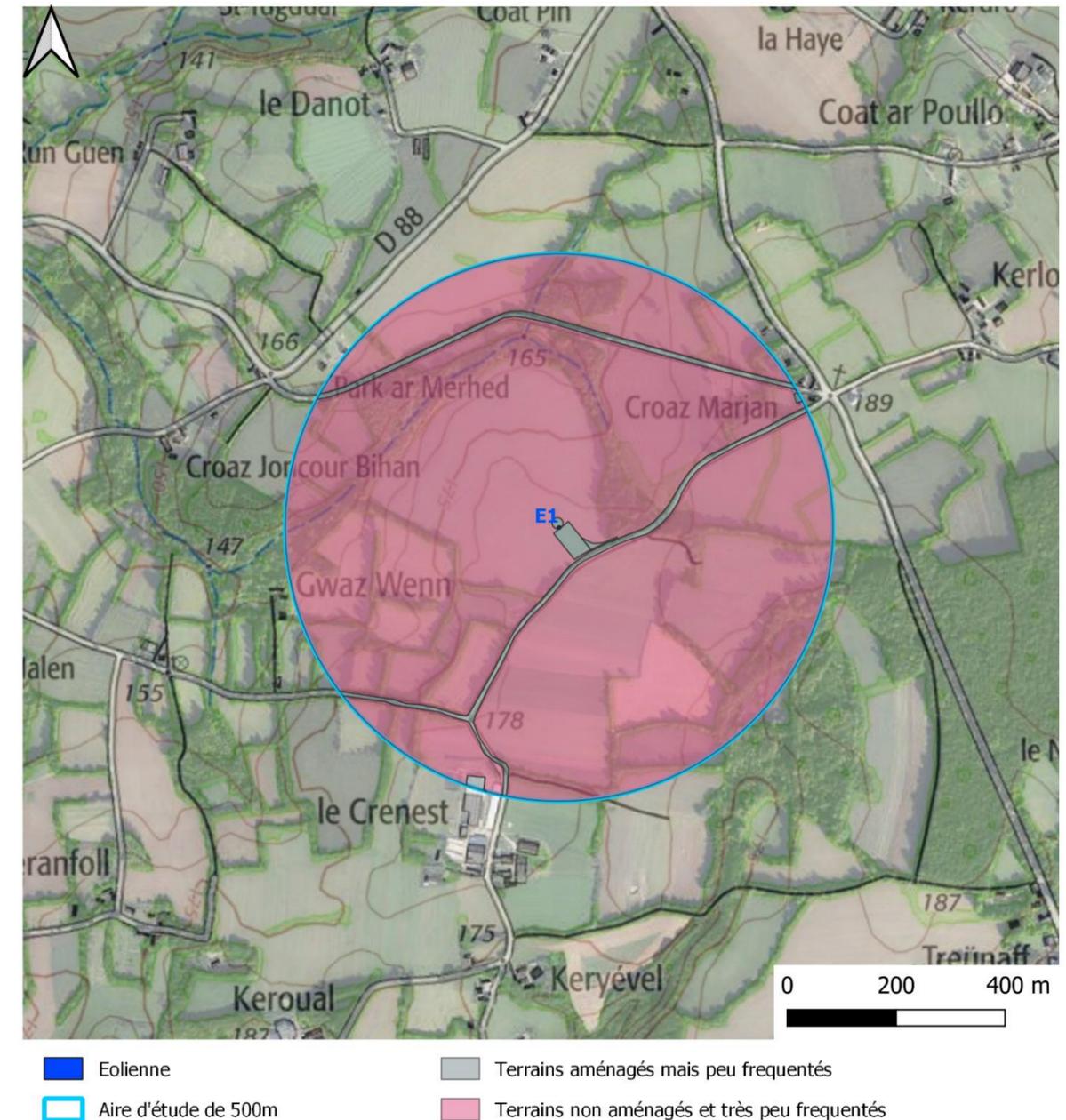
La détermination du nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) présentes dans chacune des zones d'effet est effectuée à l'aide de la méthode présentée en Annexe 1 - Issue du guide technique : Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne. Cette méthode se base sur la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers. Cette fiche permet de compter aussi simplement que possible, selon des règles forfaitaires, le nombre de personnes exposées pour chaque infrastructure présente dans la zone d'étude de dangers.

Dans chacune des zones d'effets des phénomènes dangereux identifiés, les enjeux humains présents dans les ensembles homogènes (terrains non bâtis, voies de circulation, zones habitées, ERP, zones industrielles, commerces, etc.) situés dans l'aire d'étude de l'éolienne considérée seront comptabilisés.

A ce stade de l'étude, plusieurs ensembles homogènes sont recensés au sein de l'aire d'étude de dangers :

- **Une éolienne et ses infrastructures** : les aménagements et installations liées aux aérogénérateurs (fondation, plateforme, pan coupé, poste de livraison) sont susceptibles d'accueillir les opérateurs et techniciens, qui travaillent en général par équipe de 2. La faible fréquentation liée au site amène à considérer ces zones comme des terrains aménagés mais peu fréquentés où l'on comptabilise **1 personne pour 10 ha**.
- **Des champs et des bois** : les parcelles agricoles et les zones naturelles sont classées en terrains non aménagés et très peu fréquentés, où l'on comptabilise **1 personne par tranche de 100 ha**.
- **Des routes communales** : ces voies de circulation n'étant pas structurantes (trafic <2000 véhicules/jour), elles sont considérées comme des terrains aménagés mais peu fréquentés où l'on comptabilise **1 personne pour 10 ha**.
- **Des bâtiments non habités** : un bâtiment non habité ainsi qu'une partie d'un bâtiment d'élevage sont présents dans la zone d'étude. N'étant pas des logements, ils sont considérés comme des terrains aménagés mais peu fréquentés représentant **1 personne pour 10 ha**.

Ainsi, au sein de l'aire d'étude de dangers, toutes les hypothèses sont majorantes vis-à-vis du comptage du nombre de personnes permanentes.



Carte 6 : Carte de synthèse des enjeux dans l'aire d'étude

## 4. Description de l'installation

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

### 4.1. Caractéristiques de l'installation

#### 4.1.1. Caractéristiques générales d'une unité d'alimentation éolienne pour station de recharge

Une unité d'alimentation éolienne est une centrale de production d'électricité à partir de l'énergie du vent, composée d'un ou plusieurs aérogénérateurs et de leurs annexes :

- Une ou plusieurs éoliennes fixées sur une fondation adaptée, accompagnée d'une aire stabilisée appelée « plateforme » ou « aire de grutage » ;
- Un réseau de câbles électriques enterrés permettant d'évacuer l'électricité produite par chaque éolienne vers le poste de livraison électrique (appelé « raccordement inter-éolien ») ;
- Un poste de livraison électrique, concentrant l'électricité des éoliennes et organisant son évacuation prioritairement vers la station de recharge ultra-rapide puis, pour l'excédent de production, vers le réseau public d'électricité au travers du poste source local (point d'injection de l'électricité sur le réseau public) ;
- Un réseau de câbles enterrés permettant d'évacuer l'électricité vers la station de recharge ultra-rapide (appelé « raccordement à la station ») ;
- Un réseau de câbles enterrés permettant d'évacuer l'électricité regroupée au poste de livraison et non consommée par la station de recharge vers le poste source (appelé « raccordement au poste source » et appartenant le plus souvent au gestionnaire du réseau de distribution d'électricité) ;
- Un réseau de chemins d'accès ;
- Éventuellement des éléments annexes type mât de mesure de vent, aire d'accueil du public, aire de stationnement, etc.

La présente étude de dangers ne concernant que la partie production de l'installation (éolienne et infrastructures annexes), c'est uniquement celle-ci qui sera décrite plus en détails dans les paragraphes suivants.

#### Éléments constitutifs d'un aérogénérateur

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

Les aérogénérateurs se composent de trois principaux éléments :

- **Le rotor** qui est composé de trois pales (pour la grande majorité des éoliennes actuelles) construites en matériaux composites et réunies au niveau du moyeu. Il se prolonge dans la nacelle pour constituer l'arbre lent.

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

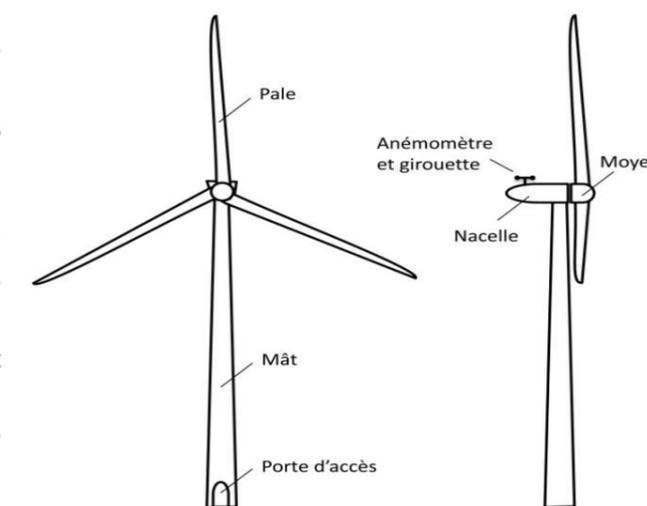


Figure 1 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur

#### Emprise au sol

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

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

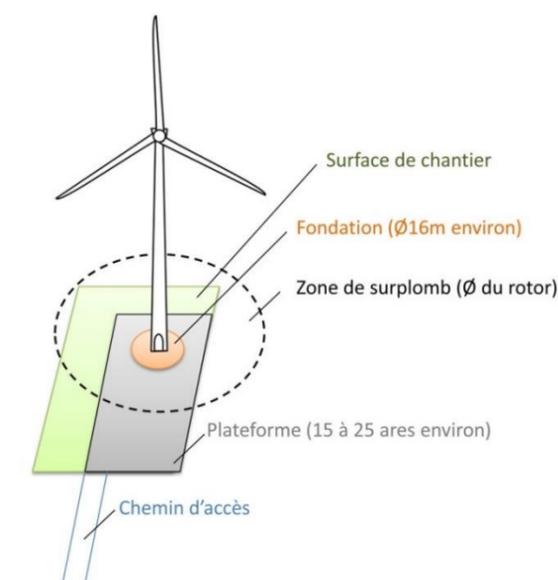


Figure 2 : Illustration des emprises au sol d'une éolienne (les dimensions sont données à titre d'illustration pour une éolienne d'environ 150m de hauteur totale)

#### Chemins d'accès

Pour accéder à chaque aérogénérateur, des pistes d'accès sont aménagées pour permettre aux véhicules d'accéder aux éoliennes aussi bien pour les opérations de constructions des éoliennes que pour les opérations de maintenance

liées à l'exploitation des éoliennes. En général, l'aménagement de ces accès concerne principalement les chemins agricoles existants mais de nouveaux chemins peuvent être créés sur les parcelles agricoles si nécessaire.

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).

### Autres installations

Une affiche pédagogique sur l'unité d'alimentation éolienne de la station de recharge ultra-rapide pour véhicules électriques de Plounevez-Moëdec est également prévue au niveau de l'emplacement de la station de recharge en sortie de la N12.

#### 4.1.2. Activités de l'installation

L'activité principale de l'unité d'alimentation éolienne de la station de recharge ultra-rapide pour véhicules électriques de Plounevez-Moëdec est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent avec une hauteur (mât + nacelle) supérieure à 50 mètres. Cette installation est donc soumise à la rubrique 2980 des installations classées pour la protection de l'environnement. Elle vise à alimenter directement en électricité une station de recharge ultra-rapide pour véhicules électriques située à proximité d'une sortie de la N12 et à injecter l'excédent de production sur le réseau électrique public.

#### 4.1.3. Composition de l'installation

L'unité d'alimentation éolienne de Plounevez-Moëdec est composée d'un seul aérogénérateur et d'un poste de livraison.

Le tableau suivant indique les coordonnées géographiques de l'aérogénérateur et du poste de livraison dans le système de coordonnées Lambert 93 :

Éolienne/PDL	Longitude (X)	Latitude (Y)	Altitude en mètres NGF
E1	224 871	6 845 339	182 m
PDL	224 892	6 845 297	182 m

Tableau 3 : Coordonnées L93 de l'éolienne et du poste de livraison

Pour ce projet, 3 modèles d'éoliennes équivalents sont envisagés : la Enercon E138, la Vestas V136 et la Nordex N131. Elles disposent de gabarits similaires d'environ 112 m de hauteur de moyeu (soit une hauteur de mât de 110 m au sens de la réglementation ICPE) et 135 m de diamètre de rotor pour une hauteur totale maximale en bout de pale de 180 m. Leurs caractéristiques sont détaillées dans le Tableau 4 : Caractéristiques des 3 modèles envisagés

	Abréviations	Enercon E138	Vestas V136	Nordex N131	Unités
Puissance nominale	P	4200	4500	3900	kW
Hauteur du mât	H <sub>m</sub>	105,5	110	111,9	m
Hauteur du moyeu (centre du rotor)	H	110,13	112	114	m
Diamètre du rotor	D	138,25	136	131	m
Hauteur totale en bout de pale	H <sub>t</sub>	179,25	180	179,5	m



Longueur de la pale	R <sub>p</sub>	67,8	66,65	64,4	m
Largeur à la base du mât	L	4,68	4,4	4,3	m
Largeur maximale de la pale	LB	3,93	4,05	2,9	m
Diamètre de la zone de survol	S	140,14	138,5	133,3	m

Tableau 4 : Caractéristiques des 3 modèles envisagés

Il est important de noter la différence entre la longueur d'une pale, le diamètre du rotor et le diamètre de la zone de survol. En effet, chaque pale a une longueur donnée mais une fois les trois assemblées sur le moyeu, qui a lui aussi une certaine envergure, le diamètre du disque formé par l'ensemble du rotor n'est pas égal à deux fois la longueur de pale, il est légèrement plus grand (exemple avec la N131 :  $2 \times R_p = 128,8 \neq D$ ). De même, lorsque l'éolienne est vue du dessus, le centre du moyeu n'est pas à la même position que le centre du mât, ce qui crée un décalage et donc un diamètre de survol plus important que le diamètre du rotor, comme le montre en exemple la figure suivante, toujours pour le modèle N131 :

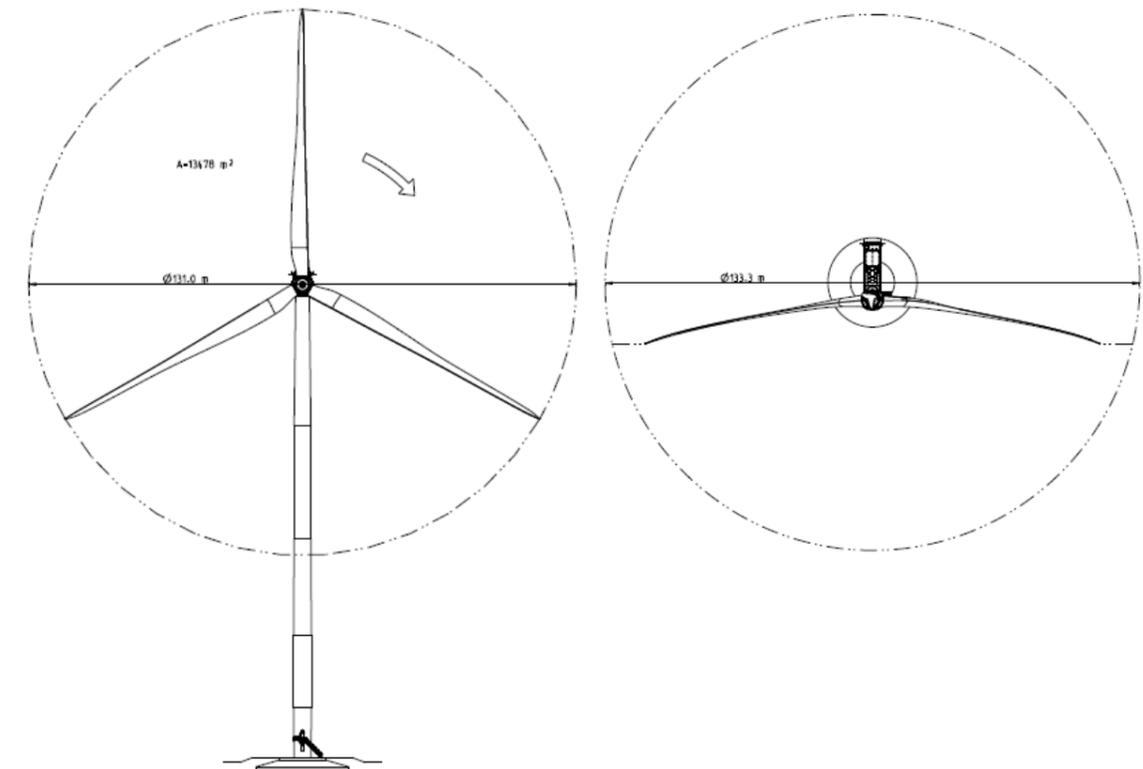
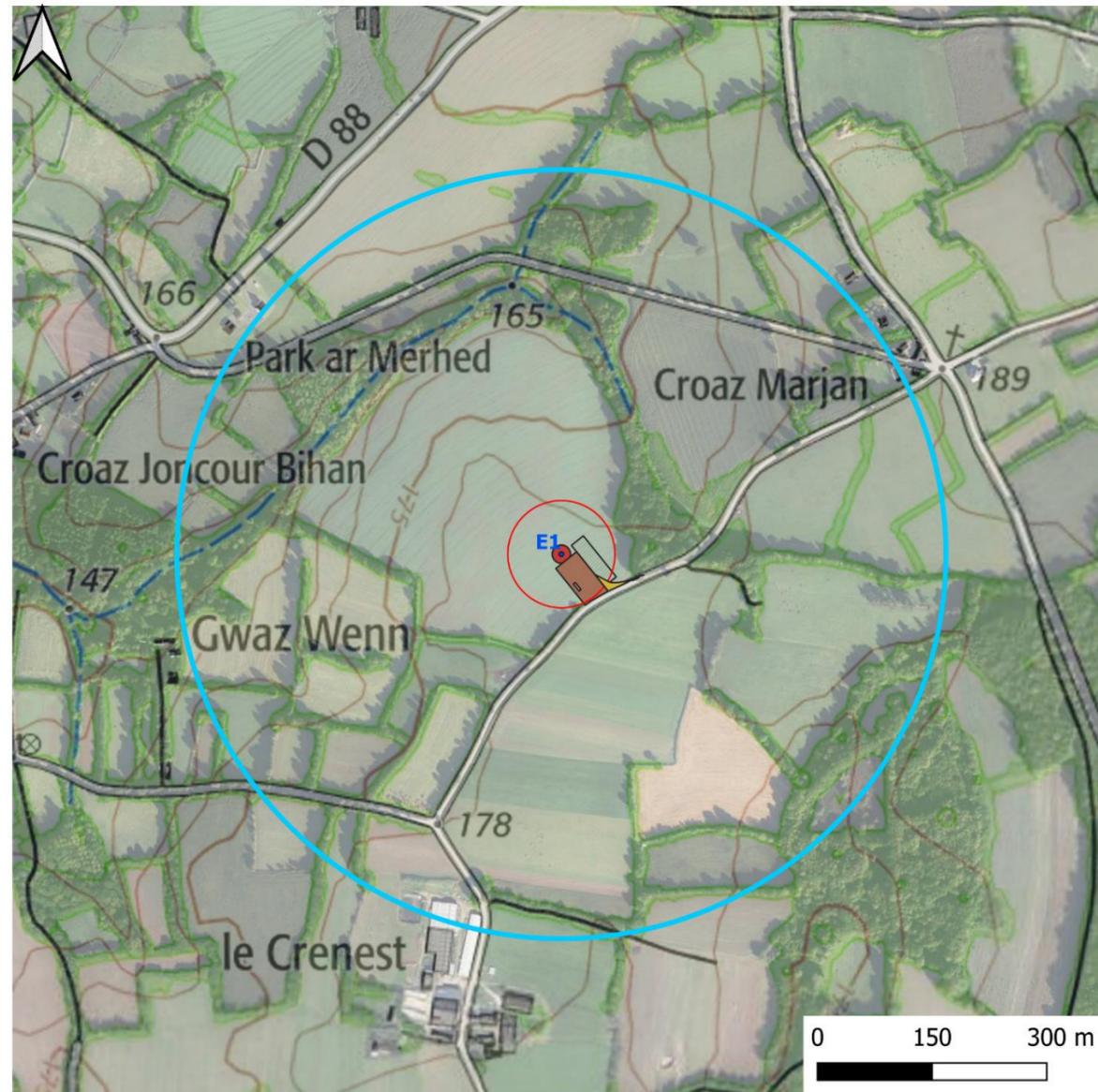


Figure 3 : Diamètre de l'éolienne et zone de survol (vue du dessus) pour le modèle N131



Carte 7 : Plan détaillé de l'installation

## 4.2. Fonctionnement de l'installation

### 4.2.1. Principe de fonctionnement d'un aérogénérateur

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

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



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

Pour un aérogénérateur de 3 MW par exemple, la production électrique atteint 3 000 kWh dès que le vent atteint environ 50 km/h. L'électricité produite par la génératrice correspond à un courant alternatif de fréquence 50 Hz avec une tension de 400 à 690 V. La tension est ensuite élevée jusqu'à 20 000 V par un transformateur placé en général en pied de mât, à l'intérieur de l'éolienne, pour être ensuite injectée dans le réseau électrique public.

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

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

Le tableau suivant donne des détails sur le fonctionnement spécifique de chaque modèle envisagé :

		Enercon E138 EP3 E3	Vestas V136-4,5 MW	Nordex N131-TS114 / 3900
<b>Conditions climatiques</b>	Température ambiante de survie	-20 °C à +50 °C	-30 °C à +50 °C	-20 °C à +50 °C
	Puissance nominale	-10 °C à +40 °C	-20 °C à +45 °C	-20 °C à +40 °C
	Arrête	/	/	-20 °C, redémarrage à -18 °C
	Certificat	Classe SA selon IEC 61400-1	Classe S selon IEC 61400-1	Classe S selon IEC 61400-1
<b>Conception technique</b>	Puissance nominale	4260 kW	4500 kW	3900 kW
	Régulation de puissance	Variation active de pale individuelle	Variation active de pale individuelle	Variation active de pale individuelle
	Diamètre du rotor	138,25 m	136 m	131 m
	Hauteur du moyeu	111 m	112 m	114 m
	Concept de l'installation	Sans boîte de vitesse, vitesse de rotation variable, convertisseur intégral	Boîte de vitesse, vitesse de rotation variable	Boîte de vitesse, vitesse de rotation variable
	Plage de vitesse de rotation du rotor	4,4 à 12,62 tours par min	12 à 13 tours par min	7,91 à 14,36 tours par min
<b>Rotor</b>	Type	Orientation active des pales face au vent	Orientation active des pales face au vent	Orientation active des pales face au vent



		<b>Enercon E138 EP3 E3</b>	<b>Vestas V136-4,5 MW</b>	<b>Nordex N131-TS114 / 3900</b>
<i>Capte l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice</i>	Sens de rotation	Sens horaire	Sens horaire	Sens horaire
	Nombre de pales	3	3	3
	Surface balayée	15 011 m <sup>2</sup>	14 527 m <sup>2</sup>	13 478 m <sup>2</sup>
	Contrôle de vitesse	Variable via microprocesseur	Variable via microprocesseur	Variable via microprocesseur
	Contrôle de survitesse	Pitch électromotorisé indépendant sur chaque pale	Pitch électromotorisé indépendant sur chaque pale	Pitch électromotorisé indépendant sur chaque pale
	Matériau des pales	PRV (fibres de verre + résine époxy) / bois de balsa / mousse	Fibre de verre renforcée avec époxy et fibre de carbone	Plastique renforcé à la fibre de verre (GFK), protection contre la foudre intégrée en accord complet avec la norme IEC 61 - 400-24 (Juin 2010)
<b>Nacelle</b>  <i>Supporte le rotor et abrite le dispositif de conversion de l'énergie mécanique en électricité (génératrice, etc.) ainsi que les dispositifs de contrôle et de sécurité</i>	Arbre de rotor <i>Transmet le mouvement de rotation des pales</i>	Liaison rigide avec rotor du générateur	Le dispositif de transmission entre l'arbre rapide et la génératrice est un dispositif flexible, réalisé en matériau composite afin de compenser les défauts d'alignement mais surtout de constituer une zone de moindre résistance	Entraîné par les pales
	Multiplicateur <i>Augmente le nombre de rotation de l'arbre</i>	/	Le multiplicateur permet de multiplier la vitesse de rotation d'un facteur compris entre 100 et 120 selon les modèles	Engrenage planétaire à plusieurs étages + étage à roue dentée droite ou entraînement différentiel Tension nulle
	Génératrice <i>Produit l'électricité</i>	Générateur synchrone à entraînement direct et à excitation indépendante	Asynchrone délivrant un courant alternatif Tension de 800 V	Asynchrone à double alimentation Tension de 660 V
<b>Système de freinage</b>	Frein principal aérodynamique	Orientation individuelle des pales par activation électromécanique avec alimentation de secours	Orientation individuelle des pales par activation électromécanique avec alimentation de secours	Orientation individuelle des pales par activation électromécanique avec alimentation de secours
	Frein auxiliaire mécanique	Frein hydraulique	Frein à disque à actionnement actif sur l'arbre rapide	Frein à disque à actionnement actif sur l'arbre rapide
<b>Mât</b>  <i>Supporte le rotor et la nacelle</i>	Type	Tubulaire en acier	Tubulaire en acier	Tubulaire en acier
	Nombre de sections	5	5	5
	Protection contre la corrosion	Revêtement multicouche résine époxy	Revêtement multicouche résine époxy	Revêtement multicouche résine époxy
	Fixation du pied du mât	Cage d'ancrage	Cage d'ancrage	Cage d'ancrage noyée dans le béton de fondation
<b>Transformateur</b>  <i>Elève la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement</i>	Caractéristiques	A l'intérieur du mât Tension de 20 kV à la sortie	A l'intérieur de la nacelle Tension de 20 kV à la sortie	A l'intérieur du mât Tension de 20 kV à la sortie

		<b>Enercon E138 EP3 E3</b>	<b>Vestas V136-4,5 MW</b>	<b>Nordex N131-TS114 / 3900</b>
<i>du courant électrique par le réseau</i>				
<b>Fondation</b>	Type	En béton armé, de forme circulaire	En béton armé	En béton armé, de forme octogonale
<i>Ancre et stabilise le mât dans le sol</i>	Dimensions	Design adapté en fonction des études géotechnique et hydrogéologique réalisées avant la construction	Design adapté en fonction des études géotechnique et hydrogéologique réalisées avant la construction	Design adapté en fonction des études géotechnique et hydrogéologique réalisées avant la construction
<b>Contrôle commande</b>	Type	La commande de l'éolienne repose sur un API, qui permet de collecter des informations sur les différents composants de l'éolienne ainsi que sur la direction et la vitesse du vent, et d'adapter le fonctionnement de l'éolienne en conséquence.	Matériel : Capteurs à ultrasons, sonde de température Logiciel : VOG	Matériel : Remote Field Controller/PLC Logiciel : Nordex Control 2
	Démarrage automatique après coupure de réseau	Oui	Oui	Oui
	Démarrage automatique après vent de coupure	Oui	Oui	Oui
<b>Périodes de fonctionnement</b>	Fonctionnement à vide	< 2 m/s : les pales du rotor sont en grande partie tournées hors du vent et le rotor tourne lentement ou reste immobile en l'absence totale de vent	3 m/s - 25 m/s	1,1 à 3 m/s : Un automate, informé par une girouette, commande aux moteurs d'orientation de placer l'éolienne face au vent
	Démarrage	2 m/s : une phase de 150 secondes de mesure du vent et d'orientation de l'éolienne débute		3 m/s : Le vent est suffisant pour générer de l'électricité. L'éolienne peut être couplée au réseau électrique
	Mode charge partielle	2 à 13 m/s : la puissance maximale possible est soutirée du vent. La vitesse du rotor et la puissance fournie dépendent de la vitesse du vent		> 3 m/s : La génératrice délivre un courant électrique alternatif, dont l'intensité varie en fonction de la vitesse du vent
	Mode charge pleine	13 à 22 m/s : l'éolienne maintient la vitesse de rotation du rotor sur la valeur de consigne grâce au		12 à 20 m/s : L'éolienne fournit sa puissance nominale. Cette dernière est maintenue constante grâce à une

		Enercon E138 EP3 E3	Vestas V136-4,5 MW	Nordex N131-TS114 / 3900
		système de réglage des pales et limite ainsi la puissance à sa valeur nominale		réduction progressive de la portance des pales
<b>Poste de livraison</b>  <i>Adapte les caractéristiques du courant électrique à l'interface entre le réseau privé et le réseau public</i>	Caractéristiques	Equipé de différentes cellules électriques et automates qui permettent la connexion et la déconnexion du parc éolien au réseau 20 kV		

Tableau 5 : Caractéristiques de fonctionnement détaillé des 3 modèles envisagés

#### 4.2.2. Sécurité de l'installation

Les sociétés Enercon, Vestas et Nordex attestent du respect des principales normes applicables à l'installation d'aérogénérateurs.

Les principaux codes et standards appliqués pour la construction des éoliennes envisagées sont présentés ci-dessous, sans que cette liste ne soit exhaustive (il existe des centaines de normes) :

- L'aérogénérateur respecte la Directive Machine 2006/42/CE.
- La norme IEC61400-1 intitulée « Exigence pour la conception des aérogénérateurs » fixe les prescriptions propres à fournir « un niveau approprié de protection contre les dommages résultant de tout risque durant la durée de vie » de l'éolienne. Ainsi, la nacelle, le nez, les fondations et la tour répondent au standard : IEC61400-1. Les pales respectent le standard IEC61400-1 ; 12 ; 23.
- La génératrice est construite suivant le standard IEC60034.
- La conception du multiplicateur répond aux règles fixées par la norme ISO81400-4 (pour les modèles avec multiplicateur, ici Vestas et Nordex).
- La protection foudre des éoliennes répond au standard IEC61400-24 et aux standards non spécifiques aux éoliennes comme IEC62305-1, IEC62305-3 et IEC62305-4.
- Les éoliennes répondent aux réglementations qui concernent les ondes électromagnétiques, notamment la Directive 2014/30/UE du 26 février 2014.
- Les éoliennes Enercon, Vestas ainsi que Nordex sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air. Le traitement anticorrosion des éoliennes répond à la norme ISO 12944.

Enfin, les trois constructeurs répondent à l'arrêté du 26 août 2011 modifié, relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement.

#### Règles de conception et système de qualité

L'installation respecte la réglementation en vigueur en matière de sécurité quel que soit le modèle d'aérogénérateur retenu.

#### Système de fermeture de la porte

Conformément à l'article 13 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié, l'accès à l'intérieur de l'éolienne ne peut se faire que par la porte de service située au pied du mât. Cette porte est dotée d'un verrou à clé. Un dispositif manuel permet d'ouvrir et de fermer le verrou de la porte depuis l'intérieur, même si la clé se trouve à l'extérieur de la porte.



Des procédures claires de fermeture des portes ont été rédigées et communiquées à l'ensemble des intervenants sur les éoliennes et des vérifications sont régulièrement menées. Ces portes sont toujours verrouillées en cas d'absence de personnel dans la machine ou le poste de livraison. Le personnel verrouille également la porte dès qu'il effectue des opérations qui font sortir cette dernière de son champ de vision (montée dans l'éolienne, travail dans le poste uniquement, etc.).

Les trois modèles envisagés respecteront ces principes.

#### Balisage des éoliennes

Le balisage des éoliennes est défini par les arrêtés du 13 novembre 2009, du 7 décembre 2010 et du 23 avril 2018 modifié par l'arrêté du 29 mars 2022, relatifs à la réalisation du balisage des obstacles à la navigation aérienne. Les éoliennes retenues sont conformes à ces arrêtés et sont dotées d'un balisage lumineux d'obstacle au niveau de la nacelle.

Les feux de balisage d'obstacles font l'objet d'un certificat de conformité type, délivré par le service technique de l'aviation civile de la direction générale de l'aviation civile (STAC), en fonction des spécifications techniques correspondantes.

L'alimentation électrique, desservant le balisage lumineux, est secourue par l'intermédiaire d'un dispositif automatique et commute dans un temps n'excédant pas 15 secondes. La source d'énergie assurant l'alimentation de secours des installations de balisage lumineux possède une autonomie au moins égale à 12 heures.

Le balisage est surveillé par l'exploitant et celui-ci signale dans les plus brefs délais toute défaillance ou interruption du balisage à l'autorité de l'aviation civile territorialement compétente.

- **Balisage lumineux de jour** : Chaque éolienne est dotée d'un balisage lumineux de jour assuré par des feux d'obstacle moyen 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 disposés de manière à assurer la visibilité de l'éolienne dans tous les azimuts (360°). De plus, un balisage spécifique (ou balisage en périphérie uniquement en période diurne) différenciant les balisages des éoliennes dites primaires et secondaires (nocturne) définit selon l'arrêté de 23 avril 2018 peut être mis en œuvre.
- **Balisage lumineux de nuit** : Chaque éolienne est dotée d'un balisage lumineux de nuit assuré par des feux d'obstacle moyenne intensité de type B (feux à éclats rouges de 2 000 cd). Ces feux d'obstacle sont installés sur le sommet de la nacelle et disposés de manière à assurer la visibilité de l'éolienne dans tous les azimuts (360°).

Le passage du balisage lumineux de jour au balisage de nuit est assuré par un détecteur crépusculaire. Le jour est caractérisé par une luminance de fond supérieure à 500 cd/m<sup>2</sup>, le crépuscule est caractérisé par une luminance de fond comprise entre 50 cd/m<sup>2</sup> et 500 cd/m<sup>2</sup>, et la nuit est caractérisée par une luminance de fond inférieure à 50 cd/m<sup>2</sup>. Le balisage actif lors du crépuscule est le balisage de jour, le balisage de nuit est activé lorsque la luminance de fond est inférieure à 50 cd/m<sup>2</sup>.

L'arrêté du 29 mars 2022 modifie l'arrêté du 23 avril 2018 relatif à la réalisation du balisage. L'une des modifications apportées permet l'utilisation, en lieu et place des balises obligatoires, de balises à faisceaux « modifiés » selon les prescriptions détaillées dans l'arrêté. Ces balises, dont l'angle du faisceau est orienté vers le ciel, permettent d'atténuer l'impact visuel pour les observateurs situés au niveau du sol.

### Balisage en phase de chantier

Lors de la période de travaux, la présence du chantier et d'éoliennes en cours de levage est communiquée aux différents usagers de l'espace aérien par la voie de l'information aéronautique. A cette fin, l'exploitant des éoliennes, après coordination avec le responsable du chantier, fournit les informations nécessaires aux autorités de l'aviation civile et de la défense territorialement compétentes au moins 7 jours avant le début du chantier.

Un balisage temporaire constitué de feux d'obstacles basse intensité de type E (rouges, à éclats, 32 cd) est mis en œuvre dès que la nacelle de l'éolienne est érigée. Ces feux d'obstacle sont opérationnels de jour comme de nuit. Ils sont installés sur le sommet de la nacelle et sont visibles dans tous les azimuts (360°). Le balisage définitif détaillé ci-dessus est effectif dès que l'éolienne est mise sous tension. Le balisage définitif peut également être utilisé en lieu et place du balisage temporaire décrit ci-dessus.

### La protection des radars, aides à la navigation

Conformément aux articles 4 et 11 de l'arrêté du 26 août 2011, aucun aérogénérateur ne perturbera de manière significative le fonctionnement des radars et des aides à la navigation utilisés dans le cadre des missions de sécurité de la navigation aérienne et de sécurité météorologique des personnes et des biens.

### Protection contre le risque incendie

#### ▪ Système de détection et d'alarme

Tous les composants mécaniques et électriques de l'éolienne, dans lesquels un incendie pourrait se déclencher en raison d'une éventuelle surchauffe ou d'un court-circuit, sont continuellement surveillés par des capteurs lors du fonctionnement, et cela en premier lieu afin de s'assurer de leur bon fonctionnement. Si le système de commande détecte un état non autorisé, l'éolienne est stoppée ou continue de fonctionner mais avec une puissance réduite.

Le choix des matériaux est également un aspect clé de la protection incendie, par la conception en matériaux ignifuges, difficilement, ou non inflammables pour certains composants.

Un système d'alarme est couplé avec un système de détection qui informe l'exploitant à tout moment d'un départ de feu dans une éolienne, via le système SCADA. La détection se fait selon deux zones indépendantes, la base du mât et la nacelle. Le départ d'un feu entraîne l'arrêt d'urgence de l'éolienne, sa mise en sécurité, l'arrêt des ventilations et déclenche une alarme sonore et lumineuse dans l'éolienne.

Les détecteurs de fumée et/ou les capteurs de température émettent des signaux qui sont immédiatement transmis par le système de surveillance à distance SCADA. Cet outil de contrôle alerte l'exploitant et le maintenancier qui préviennent alors les pompiers. Ces derniers décident sur place des actions à entreprendre. Les centres de service de suivi d'exploitation sont ouverts 24h/24, 7j/7 et par conséquent joignables à tout moment.

Conformément à l'article 24 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'article 18 de l'arrêté du 22 juin 2020, chaque aérogénérateur est donc doté de moyens de lutte et de prévention contre les conséquences d'un incendie.

#### ▪ Système de lutte contre l'incendie

Toutes les éoliennes sont équipées de systèmes de détection incendie et d'extincteurs. Leur nombre et emplacement varient selon le modèle. Elles disposent d'au moins deux extincteurs à l'intérieur de l'aérogénérateur, au sommet et au pied de celui-ci. Les extincteurs sont positionnés de façon bien visible et facilement accessible. Les agents d'extinction sont appropriés aux risques à combattre. Ils font l'objet d'un contrôle régulier par un organisme agréé. Par ailleurs, lors des interventions, les techniciens emmènent également un extincteur dans leur véhicule de service.

#### ▪ Procédure d'urgence en cas d'incendie conformément à l'article 23 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié

L'exploitant est en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant la détection de l'incendie. Il doit être capable également de mettre en œuvre les procédures d'urgence dans un délai de 60 minutes.

Un plan d'évacuation permet au personnel d'évacuer l'éolienne en cas d'incendie. Le personnel dispose également d'une procédure d'urgence pour donner l'alerte vers les services de secours en cas d'incendie et est formé pour le faire.

### Protection contre la foudre

Les éoliennes retenues (Enercon E138, Vestas V136 et Nordex N131) seront équipées d'un système de protection contre la foudre afin de minimiser les dommages sur les composants mécaniques, les systèmes électriques et les systèmes de contrôle. Le système de protection contre la foudre conduit le courant émanant de l'impact de foudre aux points de mise à la terre sans dommage ou sans perturbation des systèmes. Il est basé sur des solutions de protection interne et externe.

Le système de protection externe est conçu pour gérer un coup de foudre direct sur l'éolienne et pour conduire le courant de foudre à la terre au bas de l'éolienne. La pointe de la pale moulée en aluminium est conductrice ou un collecteur de foudre est présent vers l'extrémité de la pale. Elle est reliée par un câble en cuivre ou aluminium à l'anneau de protection parafoudre de la base de la pale. Le courant de foudre est dévié vers la terre entourant la base de l'éolienne.

La protection interne est conçue pour minimiser les dégâts et les interférences sur les équipements électriques et les composants électroniques à l'intérieur de l'éolienne, grâce à une ligne équipotentielle, à une protection contre les surtensions et les perturbations électromagnétiques. Ainsi, les composants principaux tels que 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 haute absorption. La partie télécommunication est protégée par des parasurtenseurs de lignes et une protection galvanique, et une liaison 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.

Le système de protection contre la foudre a été conçu pour atteindre un niveau de protection I selon la norme IEC 61400-24 comme stipulé dans l'article 9 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié, relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation. De la même manière, il répond aux standards non spécifiques aux éoliennes comme IEC62305-1, IEC62305-3 et IEC62305-4. Le maître d'ouvrage tient à disposition de l'Inspection des Installations Classées les rapports des organismes compétents attestant de la conformité des éoliennes à la norme précitée avant la mise en service industrielle de l'installation.

Ainsi, les trois modèles envisagés seront conformes aux dispositions énoncées ci-dessus.



## Protection contre la survitesse

Chaque machine possède trois capteurs placés dans le support du rotor de la génératrice. Ce capteur est une masselotte montée sur ressort. Lorsque la force centrifuge du rotor est trop importante (cas de la survitesse), le déplacement de cette masselotte atteint un capteur situé en bout de course. La survitesse est alors détectée et les pales se mettent en position drapeau. L'éolienne s'arrête en 10 à 15 secondes.

Le redémarrage de l'éolienne à la suite d'un arrêt par action du système de détection de survitesse nécessite un réenclenchement manuel dans la nacelle, après identification des causes.

En cas de défaillance, un système d'alarme est couplé avec un système de détection de survitesse qui informe l'exploitant à tout moment d'un fonctionnement anormal. Ce dernier est 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. Il doit être capable également de mettre en œuvre les procédures d'urgence dans un délai de 60 minutes, conformément à l'article 23 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié.

## Protection contre l'échauffement

Les génératrices entraînées par une boîte de vitesse (des modèles Vestas et Nordex) tournent à environ 1500 tours par minute. Ces rotations génèrent des frottements mécaniques et donc un échauffement. De nombreux capteurs de températures sont présents à proximité des composants critiques tels que :

- Nacelle
- Génératrice
- Palier du moyeu
- Mât
- Armoires électriques
- Transformateurs
- Ventilateurs et éléments chauffants
- Extérieur de la machine

Des seuils d'acceptabilité de niveau de température sont prédéfinis dans le système de contrôle de l'éolienne pour chacun des capteurs. En cas de dépassement de seuils, des codes d'état associés à des alarmes sont activés et peuvent, le cas échéant, entraîner un ralentissement de la machine (bridage préventif) voire un arrêt de la machine. Tout phénomène anormal est ainsi répertorié, tracé via le système SCADA de l'unité d'alimentation éolienne, et donne lieu à des analyses et, si nécessaire, des interventions de maintenance sur site afin de corriger les problèmes constatés.

Plus précisément, en cas de température anormalement haute, une alarme est émise par le système SCADA au centre de contrôle. Si la température dépasse un seuil haut, l'éolienne est mise à l'arrêt et ne peut être relancée qu'après intervention d'un technicien en nacelle, qui procédera à une identification des causes et à des opérations techniques le cas échéant.

Dans le cas du modèle Enercon, la technologie sans boîte de vitesse permet de réduire le risque d'échauffement provoqué par frottement mécanique. En effet, la génératrice tourne à environ 20 tours par minute seulement.

## Protection contre la glace

Dans certaines conditions météorologiques, les pales peuvent se recouvrir de glace, de givre ou d'une couche de neige. Ceci arrive lorsque l'air est très humide, en cas de pluie ou de neige et à des températures proches de 0°C. Les

dépôts de glace et de givre représentent un surpoids sur la pale qui déséquilibre le rotor provoquant une baisse de rendement, une augmentation des contraintes s'exerçant sur le rotor, et éventuellement des nuisances sonores. La glace formée présente également un danger pour les personnes et les biens en cas de chute ou de projection.



Les caractéristiques aérodynamiques des pales sont très sensibles aux modifications des profils de pale et de leur rugosité causées par le givre ou la glace. Le système de déduction de givre/glace utilise la modification importante des caractéristiques de fonctionnement de l'éolienne (rapport vent/vitesse de rotation/puissance/angle de pale) en cas de formation de givre ou de glace sur les pales du rotor.

Un système de protection contre la glace est donc fourni le cas échéant avec les éoliennes pour prévenir de ces dangers, conformément à l'article 25 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié.

Le système de contrôle commande de l'éolienne mesure, à l'aide de deux sondes de température indépendantes, la température de l'air sur la nacelle et en pied du mât, afin de détecter si les conditions sont propices à la formation de givre ou de glace. Lorsque la température dépasse +2 °C sur la nacelle, les rapports de fonctionnement spécifiques à l'éolienne (vent/puissance/angle des pales) sont identifiés comme étant des valeurs moyennes à long terme. Pour des températures inférieures à +2 °C (conditions de givre), les données de fonctionnement mesurées sont comparées aux valeurs moyennes à long terme.

Pour cela, une plage de tolérance, déterminée de manière empirique, est définie autour de la courbe de puissance de l'éolienne et de la courbe d'angle de pale. Celle-ci se base sur des simulations, des essais et plusieurs années d'expérience sur un grand nombre d'éoliennes de types variés. En cas de détection d'écarts de comportement de la machine (puissance ou angle de pale), un compteur est incrémenté pour chaque mesure hors tolérance, à raison de 1 mesure par minute. A partir d'un certain nombre (donnée paramétrable) de points enregistrés hors de la plage de tolérance, l'éolienne s'arrête.

La détection de glace génère une alarme sur le système de surveillance à distance de l'éolienne (SCADA) et informe l'exploitant de l'événement. Celui-ci ne peut la redémarrer que sur place, après un contrôle visuel des pales et de la nacelle permettant d'évaluer l'importance de la formation de glace (redémarrage à distance impossible).

En cas de conditions de gel prolongé, les éoliennes sont maintenues à l'arrêt jusqu'au retour de conditions météorologiques propices au redémarrage.

## Protection contre le risque électrique

Les installations électriques à l'intérieur à l'éolienne respectent les dispositions de la directive du 17 mai 2006. Elles sont conformes aux normes NFC 15-100 (version compilée de 2008), NFC 13-100 (version de 2001) et NFC 13-200 (version de 2009).

Ces installations sont entretenues et maintenues en bon état et sont contrôlées avant la mise en service industrielle puis à une fréquence annuelle, après leur installation ou leur modification par une personne compétente. La périodicité, l'objet et l'étendue des vérifications des installations électriques ainsi que le contenu des rapports relatifs aux dites vérifications sont fixés par les articles 10 et 17 de l'arrêté du 26 août 2011 modifiés par l'arrêté du 10 décembre 2021.

## Protection contre le risque de fuite dans la nacelle

Des rétentions sont prévues aux endroits les plus critiques, par exemple au niveau des moteurs de yaw, à la limite entre la tour et la nacelle ou au niveau du transformateur situé en pied de tour.

ENERCON utilisant une technologie différente de Vestas et Nordex, l'absence de multiplicateur réduit la quantité de liquide dans la nacelle.

## Sécurité positive de l'éolienne – redondance des capteurs

L'éolienne est dotée d'un grand nombre de capteurs (capteurs de température, de pression, de contact, de mesure de vitesse, d'accélération, du retour d'information de chaque état du système, etc.) sur absolument chacune de ses parties.

Ainsi, si l'un d'eux est cassé, celui qui est juste après dans la chaîne détectera l'anomalie et la signalera par le biais du système de supervision (SCADA) monitoré 24h/24 et 7j/7.

## Stockage de matériaux dangereux

Conformément à l'article 16 de l'arrêté du 26 août 2011, les aérogénérateurs seront maintenus propres et aucun matériau, combustible et inflammable ou non, n'y sera entreposé.

## Gestion à distance du fonctionnement des éoliennes (SCADA)

L'exploitation des éoliennes ne fera pas l'objet d'une présence permanente sur site, mis à part lors des opérations de maintenance. Le fonctionnement de l'éolienne du projet sera entièrement automatisé et contrôlé à distance depuis le centre de maintenance qui s'occupera de l'unité d'alimentation éolienne.

L'exploitation des éoliennes s'effectue grâce à un Automate Programmable Industriel (API) qui analyse en permanence les données en provenance des différents capteurs de l'installation et de l'environnement (conditions météorologiques, vitesse de rotation des pales, production électrique, niveau de pression du réseau hydraulique, etc.) et qui contrôle les commandes en fonction des paramètres. Sur un moniteur de contrôle placé au niveau du poste électrique de livraison, toutes les données d'exploitation peuvent être affichées et contrôlées, et des fonctions telles que le démarrage, l'arrêt et l'orientation des pales peuvent être commandées.

De plus, les éoliennes sont équipées d'un système de contrôle à distance des données. La supervision peut s'effectuer à distance depuis un PC équipé d'un navigateur Internet et d'une connexion ADSL ou RNIS.

Le SCADA cité dans les parties précédentes constitue un terminal de dialogue entre l'automate et son système d'entrée/sortie, connecté en réseau au niveau des armoires de contrôle placées dans la nacelle et dans le pied de l'éolienne.

Chaque constructeur dispose de « son » logiciel SCADA mais le principe et les données récoltées sont identiques. A titre d'exemple, Enercon utilise le *ENERCON SCADA*, Vestas le *VestasOnline Business SCADA system* et Nordex le *Nordex Control 2*.

Il permet également de relancer aussitôt les éoliennes si les paramètres requis sont validés et les alarmes traitées. C'est notamment le cas lors des arrêts de l'éolienne par le système normal de commande (en cas de vent faible, de vent fort, de température extérieure trop élevée ou trop basse, de perte du réseau public, etc.).

Cependant, en cas d'arrêt lié à un déclenchement de capteur de sécurité (déclenchement du système de protection contre la survitesse, déclenchement d'un détecteur d'arc électrique, température haute, pression huile basse, etc.), une intervention humaine sur l'éolienne est nécessaire pour examiner l'origine du défaut avant de pouvoir relancer un démarrage.

Dans ces situations, des équipes de techniciens sont réparties sur le territoire afin de pouvoir réagir rapidement. Les interventions sont toujours réalisées par une équipe d'au moins deux personnes.



Afin d'assurer la sécurité des équipes intervenantes, un dispositif de prise de commande locale de l'éolienne est disposé en partie basse de la tour. Ainsi, lors des interventions sur l'éolienne, les opérateurs basculent ce dispositif sur « commande locale » ce qui interdit toute action pilotée à distance.

Toute intervention dans le rotor n'est réalisée qu'après le blocage mécanique de celui-ci. Des dispositifs de consignation électrique sont répartis sur l'ensemble des éléments électriques afin de pouvoir isoler certaines parties et protéger ainsi le personnel intervenant.

Au-delà de certaines vitesses de vent, les interventions sur les équipements ne sont pas autorisées.

Chaque éolienne dispose de son propre SCADA relié lui-même à un SCADA central qui a pour objectif principal :

- de regrouper les informations des SCADA des éoliennes ;
- de transmettre à toutes les éoliennes une information identique, en même temps, plutôt que de passer par chaque éolienne à chaque fois.

Ainsi en cas de dysfonctionnement (survitesse, échauffement) ou d'incident (incendie), l'exploitant est immédiatement informé et peut réagir. Dans le cas d'un dysfonctionnement du système de SCADA central, le contrôle de commande des éoliennes à distance est maintenu puisque ces machines disposent d'un SCADA qui leur est propre. Le seul inconvénient est qu'il faut donner l'information à chacune des éoliennes de l'unité d'alimentation éolienne. Dans le cas d'un dysfonctionnement du système SCADA propre à une éolienne, ce dernier entraîne l'arrêt immédiat de la machine. Ainsi, en cas de défaillance éventuelle du système SCADA de commande à distance, l'unité d'alimentation éolienne est maintenue sous contrôle soit via le système SCADA propre à la machine, soit par l'arrêt automatique de la machine.

Le système de contrôle de commande des éoliennes est relié par fibre optique aux différents capteurs. En cas de rupture de la fibre optique entre deux éoliennes, la transmission peut s'effectuer directement en passant par le SCADA propre à l'éolienne ou par le SCADA central. Il s'agit d'un système en anneau qui permet de garantir une communication continue des éoliennes.

## Méthodes et moyens d'intervention

Les secours sont réalisés par les services des SDIS ou GRIMP en fonction du lieu et de la nature de l'incident, à l'appréciation des services de secours eux-mêmes. Les procédures sont celles décrites :

- Dans le plan de prévention annuel établi en concertation avec les sous-traitants et signés par eux et conformément au Code du Travail. L'intégralité du personnel intervenant dans les éoliennes est formé aux procédures de secours en machines (premiers secours notamment secours en échelle, évacuation d'urgences par l'intérieur et l'extérieur). Les consignes d'appels aux secours sont enseignées, rappelées dans le plan de prévention et dans chacune des éoliennes.
- Sur les panneaux situés sur les chemins d'accès et sur chacune des éoliennes ou poste électrique pour ce qui concerne la conduite à tenir en cas de situation anormale ou face au risque électrique.

- En cas d'alerte à distance, selon les circonstances et l'évaluation de la gravité et de l'urgence, une levée de doute pourra être initiée par les moyens les plus proches (sous-traitant, opérateur local ou éventuellement autorité locale ou riverains tel que les exploitants agricoles des parcelles louées). Un appel sur le 18 sera sinon effectué par le personnel d'astreinte. L'appel arrivera au Centre de Traitement des Appels (CTA), qui est capable de mettre en oeuvre les moyens nécessaires en relation avec l'importance du sinistre. Cet appel sera ensuite répercuté sur le Centre de Secours disponible et le plus adapté au type du sinistre. La transmission de l'alerte au personnel d'astreinte est réalisée sur code d'erreur transmis par SMS sur le numéro d'astreinte.

La procédure actuelle interne à Kallista Energy liée à la Gestion des détections incendie et survitesse et en application des articles 23 et 24 de l'arrêté du 26 août 2011, a été révisée en 2020 pour tenir compte de la modernisation de la technologie de transmission d'alarme (mise en place de numéros régionaux).

Une voie d'accès donne aux services d'interventions un accès facilité au site de l'unité d'alimentation éolienne. Les moyens d'intervention une fois l'incident ou accident survenu sont des moyens de récupération des fragments : grues, engins, camions. En cas d'incendie avancé, les sapeurs-pompiers se concentreront sur le barrage de l'accès au foyer d'incendie. Une zone de sécurité avec un rayon de 500 mètres autour de l'éolienne devra être respectée.

### 4.2.3. Opérations de maintenance de l'installation

La maintenance de l'installation sera réalisée par le constructeur de celle-ci (ou un autre prestataire spécialisé) pour le compte de la société YAWAY Plounevez-Moëdec.

Il convient de préciser que le détail de la maintenance repose sur la technologie actuelle. Celle-ci peut être amenée à évoluer pendant les prochaines années, bien que les évolutions ne modifient pas drastiquement les interventions.

#### Personnel qualifié et formation continu

Tout personnel amené à intervenir dans les éoliennes est formé et habilité :

- Electriquement, selon son niveau de connaissance ;
- Aux travaux en hauteur, port des EPI, évacuation et sauvetage ;
- Sauveteur secouriste du travail.

Ces habilitations sont recyclées périodiquement suivant la réglementation ou les recommandations en vigueur. Des contrôles des connaissances sont réalisés afin de vérifier la validité de ces habilitations.

Des points mensuels concernant la sécurité et les procédures sont effectués avec l'ensemble du personnel de maintenance. Une présentation du fonctionnement de la sécurité est réalisée auprès des nouveaux embauchés. Il convient de préciser que ces dispositions respectent l'article 15 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié.

Toutes les interventions (pour montage, maintenance, contrôles) font l'objet de 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.

#### Planification de la maintenance

La maintenance a pour objectif de maintenir le système complet et ses équipements dans un état fonctionnel, en assurant qu'ils satisfassent les objectifs initiaux de sécurité, disponibilité, confort et durée de vie des équipements sur le long terme. Ces objectifs sont définis au moyen de :

- La stratégie adoptée pour effectuer une opération de maintenance,
- La stratégie de planification de l'opération,

- La décision de sous-traiter ou d'effectuer en interne les prestations liées à la maintenance.

Outre ces objectifs techniques, la fonction maintenance a l'objectif économique de réduire le coût total de possession du système en limitant les coûts d'investissement (infrastructure, installations, outils, stocks, etc.) et les coûts de fonctionnement.



La maintenance prédictive est basée sur l'analyse de l'état de l'éolienne. Plus précisément, ce type d'intervention concerne la vérification des huiles, qui permet de détecter certaines anomalies telle que l'usure par abrasion, ou encore l'analyse vibratoire qui permet de détecter les détériorations subies par les pièces rotatives. Ainsi, la maintenance prédictive permet d'anticiper les incidents techniques grâce à une surveillance assidue des aérogénérateurs et de leurs composants.

La maintenance préventive, dont la périodicité sera détaillée plus loin, consiste à examiner et/ou à réparer les équipements soumis à une dégradation progressive avant que ladite dégradation n'empêche l'utilisation de ces équipements dans le but pour lequel ils ont été conçus. La maintenance préventive peut généralement être planifiée, ce qui présente les avantages suivants :

- Si l'opération conduit à une indisponibilité de l'équipement, elle peut être programmée pendant une période où l'équipement n'est pas nécessaire au fonctionnement du système (pendant une période de vents de faible intensité). Cela permet de ne pas affecter la qualité de service.
- Les ressources humaines et matérielles nécessaires (stocks, outils, installations, etc.) peuvent être gérées sur le long terme, de sorte que les charges de travail et des ressources puissent être lissées et leur capacité optimisée.

La maintenance corrective consiste à prendre des mesures uniquement en cas de détection d'une panne d'un équipement. Le caractère aléatoire est souvent perturbant : de telles pannes rendent généralement impossible de planifier une opération de maintenance corrective. Les principaux inconvénients sont les suivants :

- Indisponibilité de l'équipement pendant une période où il aurait été utile, entraînant une dégradation variable de la qualité de service ;
- L'obligation de mobiliser des ressources humaines et matérielles rarement employées afin de traiter des pannes rares mais critiques ;
- L'obligation de disposer de ressources humaines et matérielles en capacité excédentaire afin de pouvoir traiter les pics de charge générés inévitablement par l'apparition de pannes aléatoires.

La durée d'intervention est étendue par la phase de diagnostic, parfois difficile à effectuer ou à la fiabilité réduite. Par conséquent, pour une charge de travail donnée, la maintenance préventive est beaucoup moins coûteuse et perturbante que la maintenance corrective et améliore la fiabilité des équipements, entraînant une qualité de service accrue pour des coûts de maintenance corrective réduits. Les pannes sont généralement détectées par :

- Le centre de contrôle des opérations, à travers la supervision de l'état des équipements du système ou le comportement anormal des équipements ;
- Le personnel de maintenance durant les inspections de maintenance préventive ;
- Des rapports d'incident rédigés par le personnel d'exploitation sur place.

Si la panne a une incidence sur l'exploitation, le centre de contrôle des opérations applique une procédure de secours du système afin de réduire l'interruption du service. Dans tous les cas, l'information sur la panne est transmise au département de maintenance pour traitement. Cette information permet d'initier des actions correctives.

L'action de maintenance est organisée et planifiée en tenant compte de son degré d'urgence, de la disponibilité du personnel nécessaire et des ressources en équipements, de la compatibilité avec le travail programmé auparavant, des exigences opérationnelles et de l'accessibilité de l'équipement concerné. Elle est généralement planifiée conjointement avec le département d'exploitation, en fonction des conséquences de la panne sur la qualité de service. Lorsque l'opération de maintenance corrective a été effectuée, le personnel de maintenance remplit un rapport d'exécution décrivant les éléments réparés et/ou remplacés, le temps de travail écoulé et les difficultés rencontrées. Ce rapport peut ensuite être utilisé pour évaluer les activités de maintenance et élaborer des statistiques sur les pannes des équipements. Il constitue également un retour d'information à l'intention des opérateurs du centre de contrôle des opérations afin de leur permettre de clore leur rapport d'incident.

Finalement, ces opérations de maintenance garantissent le suivi et la durabilité des éoliennes dans le temps.

### Périodicité

L'exploitant mettra ainsi en place une maintenance prédictive et préventive des éoliennes. Au moment de la mise en service, des tests et inspection spécifiques sont réalisés :

- Inspection : comme le précise l'Article 17 de l'arrêté du 22 juin 2020, les installations électriques sont contrôlées par une personne compétente, avant la mise en service industrielle des aérogénérateurs. A ce titre et comme l'indique également l'article 8 de ce même arrêté, l'installation est conçue pour prévenir les risques électriques.
- Tests de mise en service : essais d'arrêt, d'arrêt d'urgence et depuis un régime de survitesse ainsi que des tests électriques. Ces essais sont réalisés en respect de l'Article 17 de l'arrêté du 22 juin 2020, afin d'assurer le bon fonctionnement de l'ensemble des équipements mobilisés pour mettre l'aérogénérateur en sécurité.
- Maintenance des 300 heures (ENERCON), entre 300 et 500 heures (VESTAS) et entre 500 et 1500 heures (NORDEX) : contrôle visuel du mât, des fixations fondation/tour, tour/nacelle, rotor...et test du système de déclenchement de la mise en sécurité de l'éolienne).

Puis, les équipes de techniciens interviennent au moins une fois tous les 6 sur les éoliennes en maintenance préventive :

- 6 mois : graissage d'entretien
- 12 mois : maintenance principale : vérification des matériaux (soudures, corrosions), des équipements mécaniques et hydrauliques, de l'électrotechnique et des éléments de raccordement électrique
- 18 mois : graissage d'entretien
- 24 mois : maintenance principale (électrique et mécanique)
- 4 – 5 ans : maintenance quadriennale ou quinquennale (électrique, mécanique et contrôles pouvant inclure le remplacement de pièces)

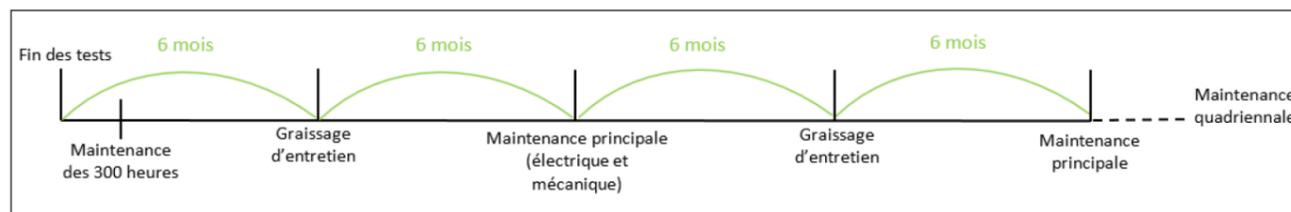


Figure 4 : Calendrier de maintenance

Conformément à l'article 19 de l'arrêté du 22 juin 2020, chaque éolienne dispose d'un carnet de maintenance sous forme dématérialisée dans lequel sont consignées les différentes opérations réalisées. De plus, une inspection visuelle de l'état général de l'éolienne est effectuée lors de chaque opération de maintenance.



#### ▪ Première inspection

Concernant Nordex et Vestas, une première inspection est prévue au bout d'environ 3 mois de fonctionnement des éoliennes. Une liste des tâches de maintenance effectuées est présentée dans le tableau ci-dessous :

Composants	Opérations
<i>État général</i>	Vérification de la propreté de l'intérieur de l'éolienne Vérification qu'aucun matériau combustible ou inflammable n'est entreposé dans l'éolienne
<i>Moyeu</i>	Inspection visuelle du moyeu, de l'extérieur et de l'intérieur Vérification des boulons entre le moyeu et les supports de pale* Vérification des boulons maintenant la coque du moyeu
<i>Pales</i>	Vérification des roulements et du jeu Inspection visuelle des pales, de l'extérieur et de l'intérieur Vérification de la propreté de l'intérieur des pales Vérification des boulons de chaque pale* Vérification des bandes paratonnerres
<i>Système de transfert de courant foudre Moyeu / nacelle</i>	Vérification des boulons et de l'absence d'impacts de foudre
<i>Arbre principal</i>	Vérification des boulons fixant l'arbre principal et le moyeu* Inspection visuelle des joints d'étanchéité Vérification des dommages au niveau des boulons de blocage du rotor
<i>Système d'orientation de la nacelle (Yaw system)</i>	Vérification des boulons fixant le haut du palier d'orientation et la tour* Vérification du système de lubrification
<i>Tour</i>	Vérification de l'état du mât à l'intérieur et à l'extérieur de la tour Vérification des boulons entre la partie fondation et la tour, entre les sections de la tour et sur l'échelle* Vérification des brides et des cordons de soudure Vérification des plateformes Vérification du câble principal
<i>Bras de couple</i>	Vérification des boulons
<i>Système d'inclinaison des pales</i>	Vérification des boulons du cylindre principal et du bras de manivelle Vérification des boulons de l'arbre terminal et des roulements
<i>Multiplicateur</i>	Inspection visuelle Vérification du niveau d'huile Vérification du niveau sonore lors du fonctionnement du multiplicateur Vérification des joints, de l'absence de fuite, etc...
Composants	Opérations
<i>Générateur</i>	Inspection visuelle Vérification des câbles électriques dans le générateur Vérification des boulons
<i>Système de refroidissement</i>	Inspection visuelle du fonctionnement de pompes à eau Vérification du fonctionnement du système
<i>Système hydraulique</i>	Vérification d'absence de fuites dans la nacelle, l'arbre principal et le moyeu
<i>Onduleur</i>	Vérification du fonctionnement de l'onduleur.



<i>Nacelle</i>	Vérification boulons Vérification d'absence de fissures autour des raccords Vérification des points d'ancrage et des fissures autour de ceux-ci
<i>Extérieur</i>	Vérification de la protection de surface Nettoyage des têtes de boulons et d'écrous, des raccords, etc.
<i>Transformateur</i>	Inspection du transformateur
<i>Sécurité générale</i>	Inspection des câbles électriques Vérification du système antichute Test du système de freinage Test du capteur de vibrations Test des boutons d'arrêt d'urgence**

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

\*\* Ces tests sont ensuite effectués tous les ans, conformément à l'arrêté du 26 août 2011 modifié.

**Tableau 6 : Opérations de maintenance courantes après 300 à 500 heures pour les éoliennes Nordex N131 et Vestas V136**

Concernant Enercon, l'inspection de la première maintenance (à 300 heures de fonctionnement des installations), une liste des tâches principales et courantes de maintenance est présentée dans le tableau ci-après.

Composants	Opérations
<i>Eolienne</i>	Vérification de la présence de défauts sur toute l'éolienne. Vérification des panneaux d'avertissement.
<i>Pied du mât/local des armoires électriques</i>	Inspection visuelle de la zone d'entrée. Vérification de la fondation (intérieur/extérieur). Serrer les assemblages vissés suivants de la cage d'ancrage avec anneau de charge : - Fondation - bride du mât (intérieur et extérieur) Contrôler le serrage des raccords vissés des accessoires. Inspection visuelle des chemins et fixations de câbles.
<i>Mât</i>	Inspection visuelle de l'ensemble du mât. Contrôler le serrage des raccords vissés suivants de l'échelle : - Mât – équerre - Equerre - échelle - Echelle – échelle - Câble de mise à la terre – échelle Contrôler le serrage des raccords vissés suivants du mât acier : - Section de fondation – section acier - Section acier – section acier
<i>Salle des machines</i>	Inspection visuelle de l'ensemble de la salle des machines, de tous les câbles de la salle des machines et des accessoires. Contrôler le serrage des raccords vissés du treuil. Vérification du palier d'orientation, du fonctionnement du mécanisme d'orientation de la nacelle (yaw), suivie d'une inspection visuelle de l'engrenage. Vérification de la présence de dommages sur l'ensemble du générateur et contrôle de l'entrefer.
<i>Tête du rotor</i>	Inspection visuelle du système de ventilation côté tête du rotor et vérification de l'état des brosses d'étanchéité. Contrôler le serrage des raccords vissés suivants du carénage :

	- Moyeu du rotor – bras du spinner - Bras du spinner – équerre de fixation du spinner - Equerre de fixation du spinner – habillage - Moyeu du rotor – support du spinner - Support du spinner – équerre de fixation du spinner - Equerre de fixation du spinner – habillage - Capuchon du spinner – habillage Vérification intérieure des pales : présence de dommages, vis et équerre de fixation de la plaque de fond bien fixé.
<i>Pales du rotor et accessoires (à l'extérieur)</i>	Inspection visuelle du dispositif de mesure du vent, du système de balisage et du dispositif d'ancrage. Vérification de la présence de dommages extérieurs sur les pales, et du bon logement des joints brosses

**Tableau 7 : Opérations de maintenance courantes après 300 heures pour les éoliennes Enercon E138**

Ces opérations de maintenance courante seront répétées régulièrement selon le calendrier de maintenance.

- Autres opérations régulières et courantes

Pour les modèles Vestas et Nordex, les opérations de maintenance sont répertoriées dans le tableau ci-dessous.

Composants	Opérations	6 mois	1 an
<i>Moyeu</i>	Vérification de l'état de la fibre de verre Vérification des boulons Vérification des blocs parafoudre		X X X
<i>Pales</i>	Vérification des tubes de graissage et du bloc de distribution de graisse Vérification du système de lubrification Remplacement des bidons collecteurs de graisse usagée Vérification des bandes anti-foudre		X X X X
<i>Arbre principal</i>	Vérification du niveau sonore et vibratoire Vérification, lubrification des roulements principaux tous les 5 ans Lubrification des boulons de blocage du rotor	X X X	X X X
<i>Générateur</i>	Vérification du bruit des roulements Lubrification des roulements	X X	X X
<i>Système d'inclinaison des pales</i>	Vérification du bon fonctionnement du système d'inclinaison des pales Vérification des boulons tous les 3 ans Vérification des pistons des vérins hydrauliques		X X X
<i>Bras de couple</i>	Vérification des boulons entre le bras de couple et le bâti tous les 4 ans		
<i>Multiplicateur</i>	Vérification de l'absence de débris métalliques Vérification et remplacement (si nécessaire) des filtres à air Remplacement des filtres à air Inspection du multiplicateur Changement de l'huile	X X X X	X X X X



	Extraction d'un échantillon d'huile pour analyse Remplacement des tuyaux tous les 7 ans	x	x
<i>Système de refroidissement par eau</i>	Remplacement du liquide de refroidissement tous les 5 ans		
<i>Système hydraulique</i>	Changement d'huile selon les rapports d'analyse tous les 4 ans Remplacement des filtres (tous les ans, tous les 2 ans ou tous les 4 ans, selon le filtre) Remplacement des filtres (tous les ans, tous les 2 ans ou tous les 4 ans, selon le filtre) Vérification de la pression dans le système de freinage Extraction d'un échantillon d'huile pour analyse		x x
<i>Onduleur</i>	Vérification du bon fonctionnement de l'onduleur Remplacement des différents filtres des ventilateurs Remplacement des différents ventilateurs tous les 5 ans Remplacement de la batterie tous les 5 ans		x x
<i>Capteur de vent</i>	Inspection visuelle du capteur de vitesse de vent		x
<i>Système de détection d'arc électrique</i>	Test du capteur de détection d'arc électrique du jeu de barres et dans la salle du transformateur		x
<i>Tour</i>	Vérification des filtres de ventilation Maintenance de l'élévateur de personnes		x x
<i>Armoire de contrôle en pied de tour</i>	Test des batteries des processeurs et remplacement si nécessaire Remplacement des batteries de secours tous les 5 ans Remplacement des filtres à air	x	x
<i>Sécurité générale</i>	Test d'arrêt en cas de survitesse Vérification des équipements de sécurité Vérification de la date d'inspection des extincteurs Inspection du système de freinage	x	x x x

**Tableau 8 : Opérations de maintenance Vestas et Nordex régulières et courantes**

Les principales opérations de maintenance supplémentaires Enercon sont présentées ci-après.

Composants	Opérations	ICPE	6 mois	1 an
<i>Eolienne</i>	Vérification générale de la présence de défauts sur toute l'éolienne Contrôle des brides de fixation, des brides de mât, de la fixation des pales.	x x	x	x
<i>Pied de mât / local des armoires électriques</i>	Inspection visuelle (local du transformateur, sous-sol du transformateur, poste de transformation, transformateur, armoires électriques). Vérification de la mise à terre des composants. Mesure de la tension du réseau. Contrôle de fonctionnement du système de protection du transformateur. Contrôle du fonctionnement de système de détection d'incendie.	x		x x x x
<i>Mât</i>	Inspection visuelle de l'ensemble du mât. Vérification de l'éclairage du mât, des disjoncteurs différentiels et de l'éclairage de secours dans le mât.	x	x	x x

	Vérification des liaisons boulonnées des brides du mât et inspection visuelle des cordons de soudure du mât. Vérification des assemblages vissés sur les assemblages suivants : <ul style="list-style-type: none"> <li>Section de mât – section de mât</li> <li>Mât – nacelle</li> </ul> Contrôle du fonctionnement électrique des disjoncteurs différentiels du mât et de l'ascenseur de service – tous les 4 ans Vérification des connexions de la bride de la tour et inspectez les soudures de la tour – tous les 4 ans	x x		x x
<i>Salle des machines</i>	Inspection visuelle de l'ensemble de la salle des machines. Vérification du système d'orientation et des niveaux d'huile. Mesures des courants du système de dégivrage des pales (optionnel) Inspection visuelle de tous les câbles. Vérification des freins électromécaniques. Inspection visuelle de toutes les liaisons boulonnées. Vérification des assemblages vissés sur les composants principaux : <ul style="list-style-type: none"> <li>Support principal – carter de générateur</li> <li>Carter de générateur – arbre de moyeu</li> </ul> Contrôle du fonctionnement de système de détection d'incendie. Réalisation du test de détection de survitesse.		x x	x x x x x x
<i>Tête du rotor</i>	Inspection visuelle de l'ensemble de la tête du rotor. Vérification des équerres de fixation des plaques de base dans les pales du rotor, des dispositifs de fixation. Vérification du fonctionnement des paliers de bride de pale. Vérification du système de surveillance du rotor (vitesse de rotation, etc.). Vérification du système de parafoudre. Contrôler le serrage des assemblages vissés suivants : <ul style="list-style-type: none"> <li>Disque de rotor - moyeu du rotor</li> <li>Moyeu du rotor – palier de la bride de la pale</li> <li>Palier de bride de la pale – pale</li> </ul> Filtrer l'huile de l'arbre de renvoi – <i>tous les 4 ans</i>		x x	x x x x
<i>Extérieur de la nacelle et des pales</i>	Vérification de la présence de dommages extérieurs sur les pales (notamment dus à des impacts de foudre). Vérification du système de balisage, du dispositif de mesure du vent et de l'ensemble du dispositif d'ancrage.	x		x x

**Tableau 9 : Opérations de maintenance Enercon régulières et courantes**

#### 4.2.4. Stockage et flux de produits dangereux

Conformément à l'article 16 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié, aucun matériel inflammable ou combustible ne sera stocké dans l'éolienne du projet d'unité d'alimentation de Plounévez-Moëdec.

Durant leur formation, les techniciens reçoivent la consigne de maintenir propres les aérogénérateurs et de ne pas y entreposer de matériaux, combustibles et inflammables ou non. Leur support de formation basique électrique/mécanique le stipule explicitement. Des rappels réguliers sont effectués lors des rappels de sécurité qu'ils suivent tous les 6 mois.

### 4.3. Fonctionnement des réseaux de l'installation

#### 4.3.1. Raccordement électrique

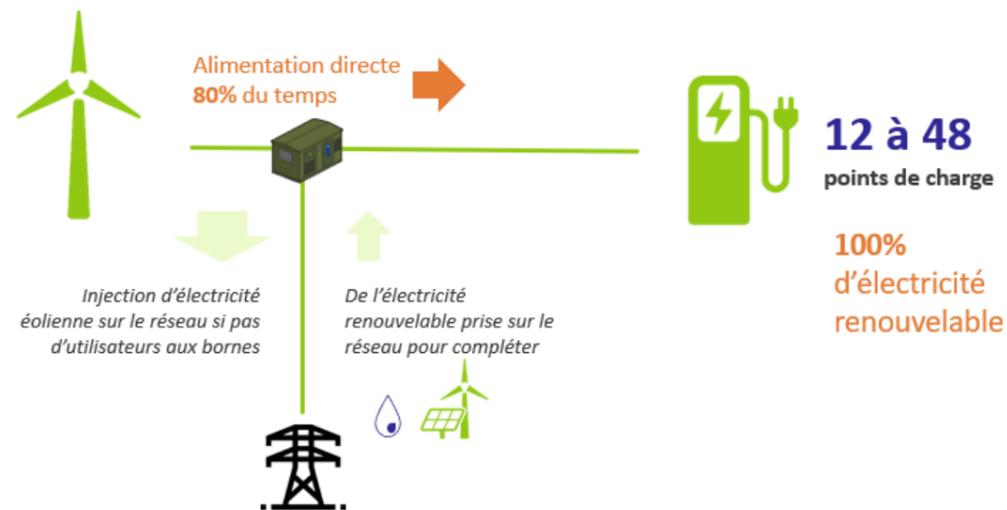


Figure 5 : Raccordement électrique des installations (source : Kallista Energy)

#### Caractéristiques principales de l'ouvrage

Le câblage électrique de l'unité d'alimentation éolienne comprend trois parties distinctes : le câblage éolienne-poste de livraison (PDL), le câblage du PDL à la station de recharge ultra-rapide pour véhicules électriques et le câblage de raccordement du PDL au poste source désigné par le gestionnaire de réseau.

#### Raccordement éolienne-PDL

Le raccordement de l'éolienne au PDL permet de relier le transformateur, intégré dans le mât, au point de raccordement avec la station de recharge et avec le réseau public. Ce réseau comporte également une liaison de télécommunication qui relie l'éolienne au terminal de télésurveillance. Le poste de livraison et les câbles y raccordant l'éolienne constituent le réseau interne de l'unité d'alimentation éolienne et sont soumis à approbation de la construction et de l'exploitation des ouvrages de transport et de distribution d'électricité (article L323-11 du Code de l'Énergie). Le tracé indicatif du raccordement interne est présenté sur la Carte 7 ci-après.

#### Conformité des liaisons électriques

Le pétitionnaire s'engage à respecter les dispositions de l'arrêté du 17 mai 2001 fixant les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les ouvrages électriques. Les liaisons électriques seront donc de fait conformes avec la réglementation technique en vigueur.



#### Caractéristiques du câble électrique

Le réseau de raccordement électrique ou téléphonique (surveillance) entre l'éolienne et le poste de livraison sera enterré sur toute sa longueur, sous la plateforme de l'éolienne. La tension des câbles électriques est de 20 000 V. Les câbles, en aluminium ou en cuivre, seront d'une section comprise entre 3x150 mm<sup>2</sup> et 3x240 mm<sup>2</sup>.

#### Caractéristiques des tranchées

Pour le raccordement interne, les caractéristiques des tranchées sont en moyenne d'une largeur de 50 cm et d'une profondeur minimale de 0,8 à 1,20 mètres selon les cas.

Les impacts directs de la mise en place de ces réseaux enterrés sur le site sont négligeables : les tranchées sont faites sous la plateforme, une surface déjà artificialisée. Les câbles seront enfouis en utilisant de préférence la technique de pose au soc vibrant. Aucun apport ou retrait de matériaux du site n'est nécessaire. Ouverture de tranchées, mise en place de câbles et fermeture des tranchées seront opérées en continu, à l'avancement, sans aucune rotation d'engins de chantier.

#### Poste de livraison

Le poste de livraison est le nœud de raccordement de l'éolienne avant que l'électricité non-consommée par la station de recharge ultra-rapide ne soit injectée vers le réseau public. Pour le projet d'unité d'alimentation de Plounévez-Moëdec, un seul poste de livraison est prévu, il sera situé sur la plateforme de l'éolienne E1.

#### Raccordement au poste source

Ce raccordement 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). Il est lui aussi entièrement enterré.

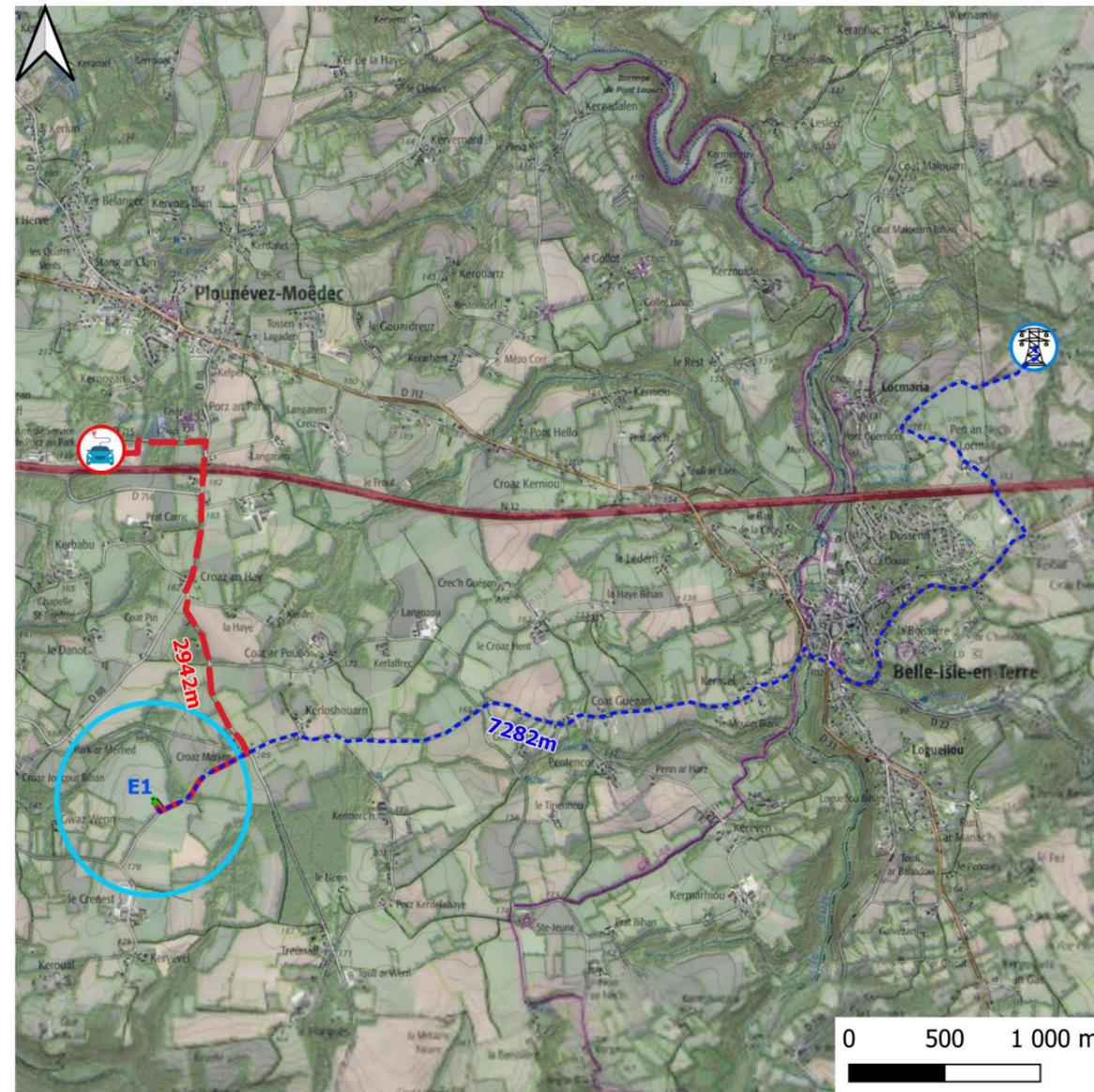
L'unité d'alimentation éolienne de Plounévez-Moëdec sera vraisemblablement raccordée au poste source du réseau électrique public de Belle-Isle-en-Terre. Le tracé indicatif du raccordement externe est présenté sur la Carte 7 ci-après.

#### Raccordement à la station de recharge ultra-rapide

Le réseau électrique qui relie le PDL avec la station de recharge est appelé raccordement à la station de recharge. Ce réseau est réalisé par la société YAWAY Plounévez-Moëdec et est lui aussi entièrement enterré. Pour rappel, la station de recharge ultra-rapide fera l'objet d'une demande administrative distincte.

L'unité d'alimentation éolienne de Plounévez-Moëdec sera raccordée à la station de recharge ultra-rapide située le long de la RN12 via le poste de livraison électrique en suivant le tracé indicatif présenté sur la Carte 7 ci-après.

## 5. Identification des potentiels de dangers de l'installation



Eolienne	Station de recharge	<b>Raccordements (donnés à titre indicatif)</b>
Poste de Livraison (PdL)	Poste source de Belle-Isle-en-Terre	Eolienne - Poste de Livraison
Plateforme		Poste de Livraison - Station de Recharge
Aire d'étude de 500m		Poste de Livraison - Poste Source

Carte 7 : Raccordements internes-externes à l'unité d'alimentation éolienne envisagés

### 4.3.2. Autres réseaux

L'unité d'alimentation éolienne de la station de recharge ultra-rapide pour véhicules électriques de Plounevez-Moëdec ne comporte aucun réseau d'alimentation en eau potable ni aucun réseau d'assainissement. De même, l'éolienne n'est reliée à aucun réseau de gaz.

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 de l'éolienne, des produits contenus dans l'installation, des modes de fonctionnement, etc.

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

### 5.1. Potentiels de dangers 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. Conformément à l'article 16 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation, aucun produit inflammable ou combustible n'est stocké dans les aérogénérateurs ou le poste de livraison en dehors des produits nécessaires à leur fonctionnement.

Les produits identifiés dans le cadre du projet de l'unité d'alimentation éolienne de Plounevez-Moëdec sont utilisés pour le bon fonctionnement de l'éolienne, sa maintenance et son entretien :

- Produits nécessaires au bon fonctionnement des installations (graisses et huiles de transmission, huiles hydrauliques pour systèmes de freinage, etc.) 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, etc.).

L'ensemble de ces produits est listé dans le tableau ci-après. Aucun brûlage des déchets à l'air libre ne sera réalisé puisqu'interdit.

L'ensemble des substances et produits utilisés répond aux exigences de la Directive Européenne relative à la classification, l'emballage et l'étiquetage des substances dangereuses (Directive 67/548/CEE du Conseil, du 27 juin 1967, concernant le rapprochement des dispositions législatives, réglementaires et administratives relatives à la classification, l'emballage et l'étiquetage des substances dangereuses ; modifiée par le nouveau règlement (CE) N° 1272/2008 et la création de l'Agence Européenne des produits chimiques).

Des Equipements de Protection Individuels (EPI) appropriés sont mis à disposition par l'employeur afin de protéger les opérateurs contre les risques chimiques générés par l'utilisation de certains produits.

Les dangers représentés par l'utilisation de certains produits ainsi que les mesures de prévention associées sont détaillés dans des instructions à usage interne ainsi que dans les plans de prévention des risques qui sont présents dans les éoliennes et dont les opérateurs prennent connaissance avant toute intervention. La liste des substances et produits utilisés lors des maintenances est disponible sur demande. Un tableau regroupant les principaux produits ainsi que les dangers leur étant associés est présenté ci-après. Des détails plus précis sur ces produits seront apportés au moment de la mise en service de l'installation.

Code	Désignation	Contenu	Quantités émises	Stockage avant enlèvement	BSD	Opération de traitement
13 02 06	Huiles usagées	Huiles issues des vidanges lors des opérations de maintenance et de dépannage	500 L / tous les 5 ans / éolienne	Cuve fermée sur rétention	Oui	Régénération
15 01 01	Cartons	Contenants des produits utilisés lors des maintenances	-	Container fermé	Non	Recyclage
15 01 02	Emballages plastiques	Contenants des produits utilisés lors des maintenances	-	Container fermé	Non	Recyclage
15 02 02	Matériaux souillés	Chiffons, contenants souillés par de la graisse, de l'huile, de la peinture	250 kg / maintenance	Bacs fermés sur rétention	Oui	Valorisation énergétique
16 01 07	Filtres à huile ou carburant	Filtres remplacés lors des opérations de maintenance et de dépannage	60 kg / maintenance	Fûts fermés sur rétention	Oui	Recyclage
16 05 04	Aérosols	Aérosols usagés de peinture, graisse, solvants, etc. utilisés lors des maintenances et dépannages	10 kg / maintenance	Fûts fermés sur rétention	Oui	Traitement
16 06 01	Batteries au plomb et acide	Batteries des équipements électriques et électroniques remplacées lors des maintenances et dépannages	-	Bacs sur rétention	Oui	Recyclage
17 04 11	Câbles alu	Câbles électriques remplacés lors des maintenances	-	Bacs	Non	Recyclage
20 01 35	DEEE	Disjoncteurs, relais, condensateurs, sondes, prises de courant	60 kg / maintenance	Bacs	Oui	Recyclage
20 01 40	Ferraille	Visserie, ferrailles diverses	-	Bacs	Non	Recyclage
20 03 01	DIB	Equipements de Protection Individuelle usagés, déchets divers (alimentaires, poussières)	-	Container fermé	Non	Valorisation énergétique

BSD / Bordereau de Suivi des Déchets - DEEE / Déchets d'Équipement Électrique et Électronique - DIB / Déchets Industriels Banals

**Tableau 10 : Produits sortants de l'installation**

Les risques associés aux différents produits concernant le site du projet de Plounevez-Moëdec sont :

- L'incendie : des produits combustibles sont présents sur le site. Ainsi, la présence d'une charge calorifique peut alimenter un incendie en cas de départ de feu.

- La toxicité : ce risque peut survenir à la suite d'un incendie créant certains produits de décomposition nocifs, entraînés dans les fumées de l'incendie.
- La pollution : en cas de fuite sur une capacité de stockage, ou d'entraînement dans les eaux d'extinction incendie, la migration des produits liquides dans le sol peut entraîner une pollution.



## 5.2. Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation

Les dangers liés au fonctionnement de l'éolienne sont de cinq types :

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

Ces dangers potentiels sont recensés dans le tableau suivant.

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

**Tableau 11 : Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation (source : guide INERIS/SER/FEE, 2012)**

## 5.3. Réduction des potentiels de dangers à la source

### 5.3.1. Principales actions préventives

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

- Les conditions de vent sont connues grâce aux données du mâât de mesures installé sur le site pendant 12 mois. Le modèle de machines choisi est adapté à ces conditions.
- Lors de la démarche de conception du projet, le porteur du projet a étudié plusieurs scénarii d'implantation et de gabarit afin de déterminer celui qui minimise les impacts vis-à-vis des intérêts mentionnés par l'article L. 511-1 du Code de l'environnement. La variante finale comporte une éolienne de 180 m de hauteur totale et respecte un maximum de contraintes, notamment écologiques et paysagères.
- Dans le cadre de l'étude d'impacts, le choix de la localisation des éoliennes a fait l'objet d'études spécifiques en fonction des contraintes suivantes :
  - L'analyse paysagère ;
  - L'analyse de l'environnement naturel ;
  - L'analyse de l'environnement humain ;
  - L'analyse de l'environnement physique ;
  - Les analyses des contraintes techniques et pratiques agricoles ;
  - La disponibilité foncière ;
  - Les volontés politiques locales.
- Le respect des prescriptions générales de l'arrêté du 26 août 2011 modifié impose au projet :
  - Un éloignement de l'éolienne de 500 mètres des zones dédiées à l'habitation ;
  - Un choix de modèles d'éoliennes respectant des normes de sécurité et disposant d'équipements de prévention des risques ;
  - La réalisation obligatoire d'un contrôle technique des ouvrages.
- Le projet prévoit un éloignement de l'éolienne des routes structurantes du département et de la route communale desservant le site. Il prévoit également un éloignement des lignes de transport d'électricité haute tension.
- Le projet bénéficie de l'expérience de Kallista Energy dans le développement de projets éoliens.

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

- Produits :
  - Aucun stockage dans l'aérogénérateur ou dans le poste électrique ;
  - Apport de la quantité nécessaire et suffisante uniquement ;
  - Personnel formé aux risques présentés par les produits utilisés ;
  - Consignes de sécurité strictes, affichées et connues des employés (interdiction de fumer ou d'apporter une flamme nue, arrêt de l'éolienne lors des opérations de maintenance, équipements de travail adaptés, présence d'équipements de lutte incendie, etc.) ;
  - La maintenance annuelle prévoit un contrôle des systèmes hydrauliques (fuite, niveaux, etc.) ;
  - La tour et la nacelle jouent le rôle de rétentions.
- Installation :
  - Conception de la machine (normes et certifications) ;
  - Maintenance régulière ;

- Contrôle des différents paramètres d'exploitation (vent, température, niveau de vibrations, puissance électrique, etc.) ;
- Fonctions de sécurité ;
- Report des messages d'alarmes au centre de conduite.



### 5.3.2. Utilisation des meilleures techniques disponibles

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

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

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

### 5.3.3. Choix techniques effectués par l'exploitant

En somme, comme le montre la Carte 8 ci-après, l'exploitant a ainsi fait le choix d'une implantation de l'éolienne en dehors de toute zone tampon recommandée vis-à-vis des réseaux existants mais également en conformité avec la réglementation vis-à-vis de l'éloignement aux habitations.

## 6. Analyse des retours d'expérience



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

Il a été possible d'analyser les informations collectées en France et dans le monde par plusieurs organismes divers (associations, organisations professionnelles, littérature spécialisée, etc.) ainsi que par les données disponibles des bases ARIA et IRIS. Ces sources sont cependant très différentes tant en termes de structuration des données qu'en termes de détail de l'information.

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

### 6.1. Inventaires des accidents et incidents en France

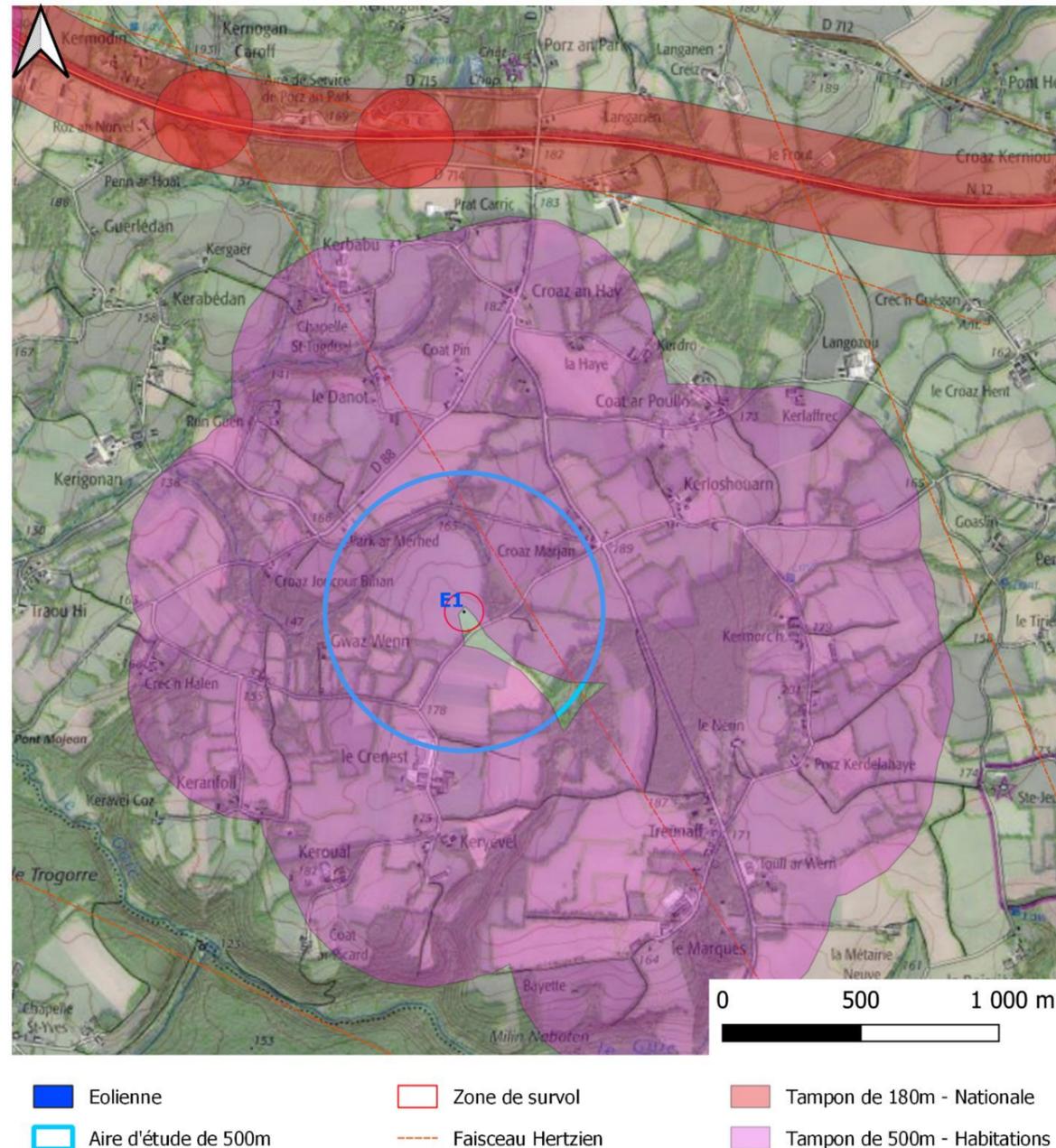
Un inventaire des incidents et accidents en France a été réalisé afin d'identifier les principaux phénomènes dangereux potentiels pouvant affecter le projet éolien de Plounevez-Moëdec. Cet inventaire disponible en Annexe 2 – se base sur le retour d'expérience de la filière éolienne tel que présenté dans le guide technique de conduite de l'étude de dangers (mars 2012), complété par les données disponibles de la base de données ARIA et IRIS (consultation en décembre 2022) ainsi que par certains articles de presse divers (données jusqu'en décembre 2022).

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

- Rapport du Conseil Général des Mines (juillet 2004) ;
- Base de données ARIA : base de données mise à jour tous les 6 mois environ par le Bureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industrielles (BARPI) du Ministère pour la transition écologique (consultation février 2022) ;
- Base de données IRIS (Information - Réactivité - Implication – Sécurité) : liste des accidents survenus sur les parcs français (métropole et Outre-mer) (consultation décembre 2022) ;
- Communiqués de presse du SER-FEE et/ou des exploitants éoliens (consultation décembre 2022) ;
- Site Internet de l'association « Vent de Colère » (consultation décembre 2022) ;
- Site Internet de l'association « Fédération Environnement Durable » (consultation décembre 2022) ;
- Articles de presse divers (consultation décembre 2022) ;
- Données diverses fournies par les exploitants de parcs éoliens en France.

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

Dans l'état actuel, la base de données élaborée par le groupe de travail ayant constitué le guide technique d'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens complété des éléments recensés par Kallista Energy sur les 10 dernières années apparaît comme représentative des incidents majeurs ayant affecté le parc éolien français depuis l'année 2000. L'ensemble de ces sources permet d'arriver à un inventaire aussi complet que possible



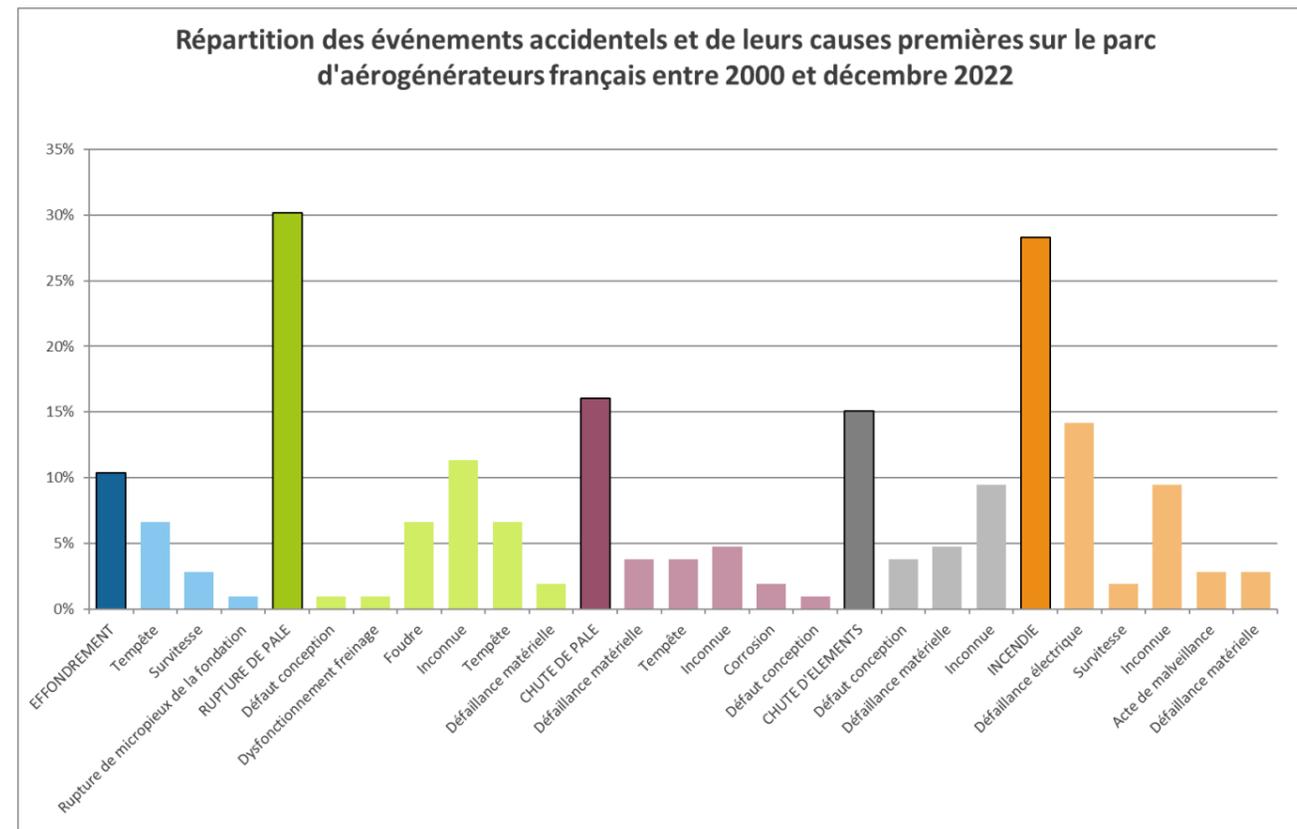
Carte 8 : Choix techniques effectués par l'exploitant

des incidents survenus en France. Un total de 106 incidents est recensé entre 2000 et 2022 par le groupe de travail et les compléments apportés par Kallista Energy.

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

Le graphique suivant montre la répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateur français entre 2000 et 2022. Cette synthèse exclut les accidents du travail (maintenance, chantier de construction, etc.) et les événements qui n'ont pas conduit à des effets sur les zones autour des aérogénérateurs. Dans ce graphique sont présentés :

- La répartition des événements effondrement, rupture de pale, chute de pale, chute d'éléments et incendie, par rapport à la totalité des accidents observés en France. Elles sont représentées par des histogrammes de couleur foncée.
- La répartition des causes premières pour chacun des événements décrits ci-dessus. Celle-ci est donnée par rapport à la totalité des accidents observés en France. Elles sont représentées par des histogrammes de couleur claire.



Sources : Kallista Energy 2022 (d'après le retour d'expérience de la filière éolienne du guide INERIS 2012, complément d'après consultation bases ARIA et IRIS et articles de presse en décembre 2022)

Figure 6 : Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateurs français entre 2000 et 2022

Par ordre d'importance, les accidents les plus recensés sont les ruptures de pale, les incendies, les chutes de pale et d'autres éléments de l'éolienne, les effondrements. Les principales causes de ces accidents sont liées à la conception des machines, régulièrement mise en cause en cas de tempête, et aux défaillances électriques.

## 6.2. Inventaires des accidents et incidents à l'international



Un inventaire des incidents et accidents à l'international a également été réalisé. Il se base lui aussi sur le retour d'expérience de la filière éolienne fin 2022.

La synthèse ci-dessous provient de l'analyse de la base de données réalisée par l'association Caithness Wind Information Forum (CWIF). Sur les 2697 accidents décrits dans la base de données consultée fin 2022, seuls 1147 sont considérés comme des « accidents majeurs ». Les autres concernant plutôt des accidents du travail, des presque-accidents, des incidents, etc. et ne sont donc pas pris en compte dans l'analyse suivante.

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

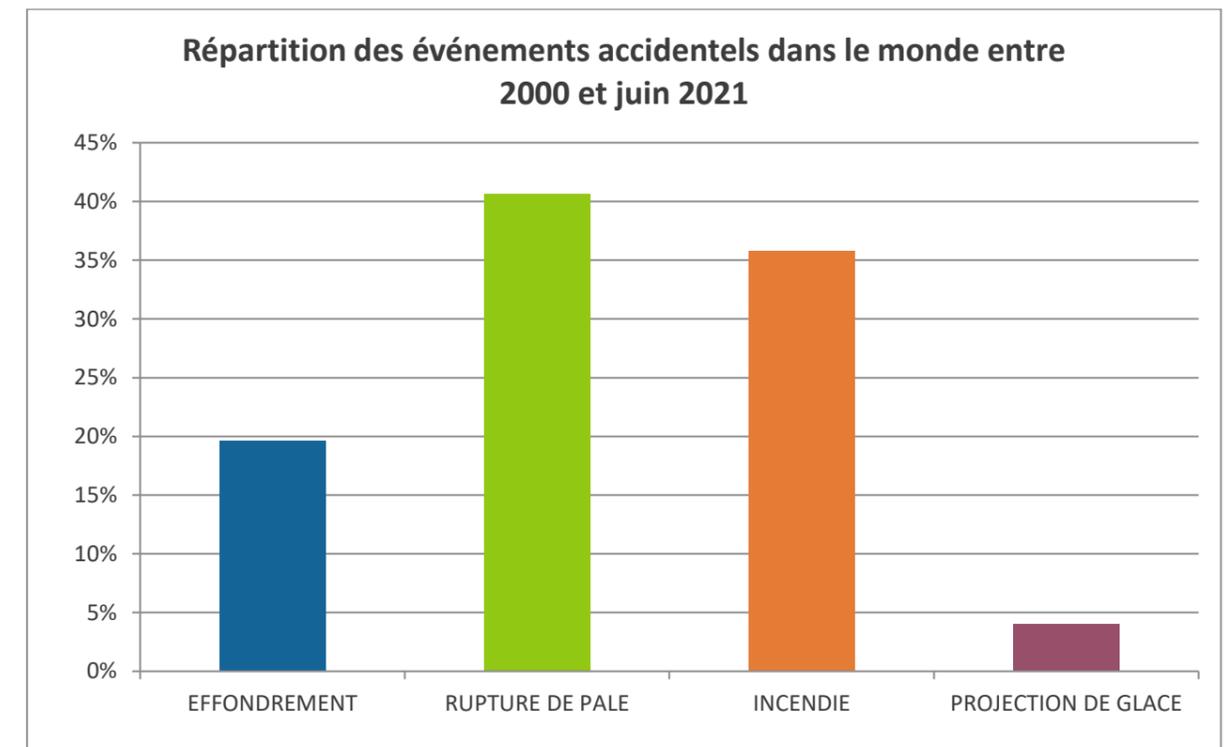


Figure 7 : Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2022 (Source : CWIF)

Ci-après, est présenté le recensement des causes premières pour chacun des événements accidentels recensés entre 2000 et 2011 (données en répartition par rapport à la totalité des accidents analysés). La répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2022 est globalement identique à celle qui avait été observée entre 2000 et 2011 par le groupe de travail de SER/FEE.

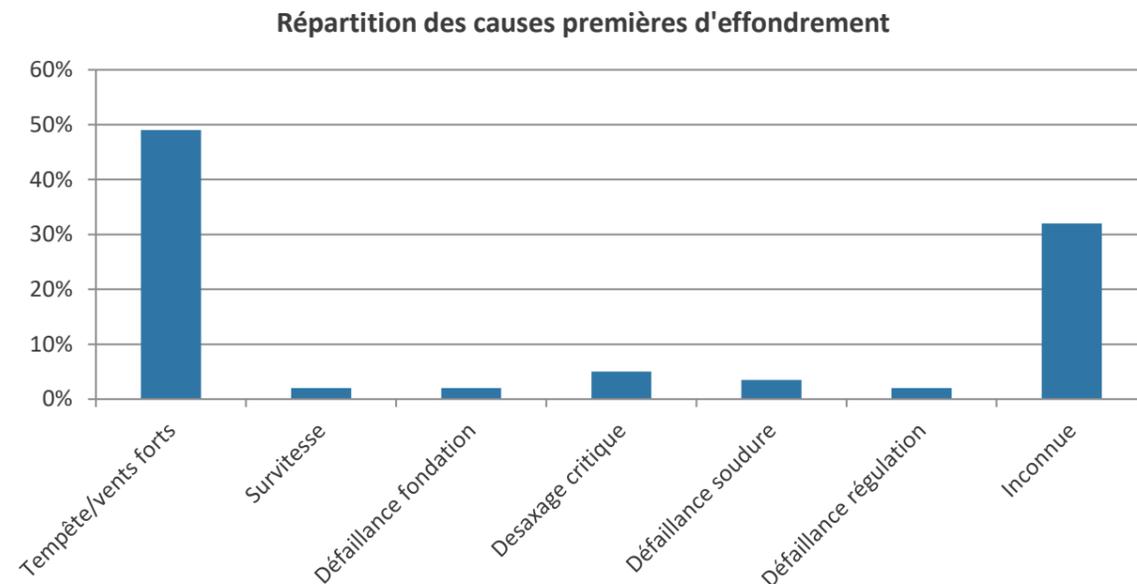


Figure 8 : Répartition des causes premières d'effondrement

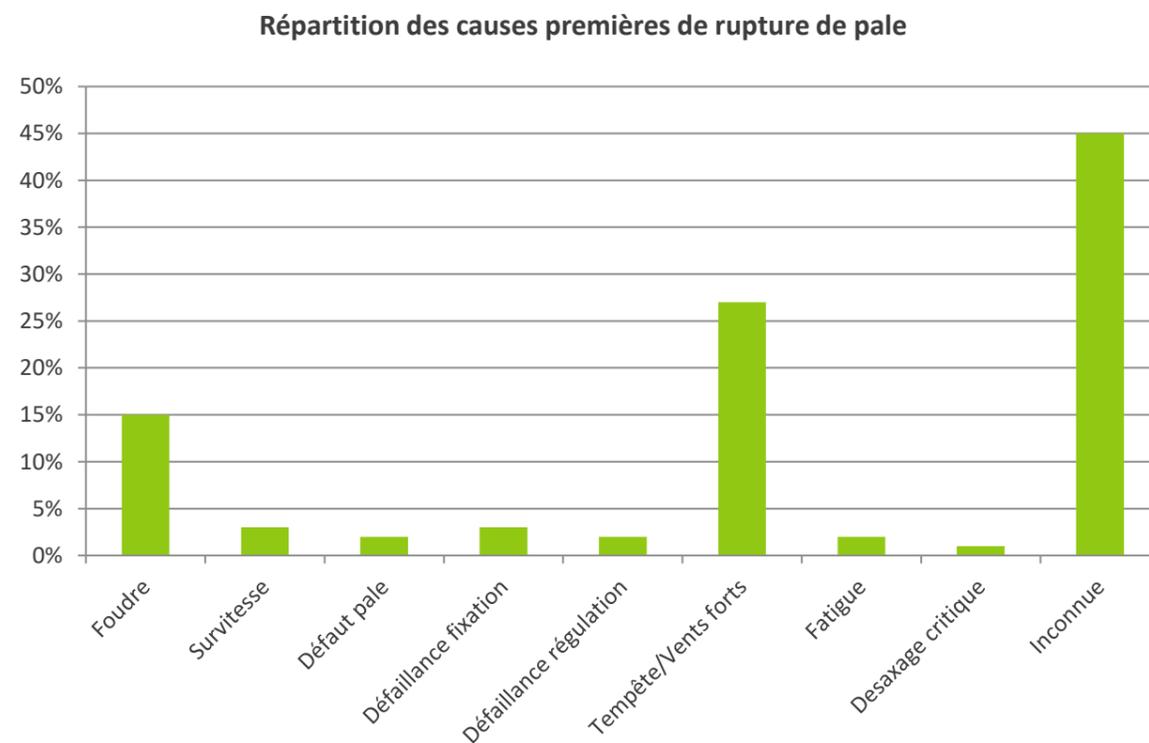


Figure 9 : Répartition des causes premières de rupture de pale

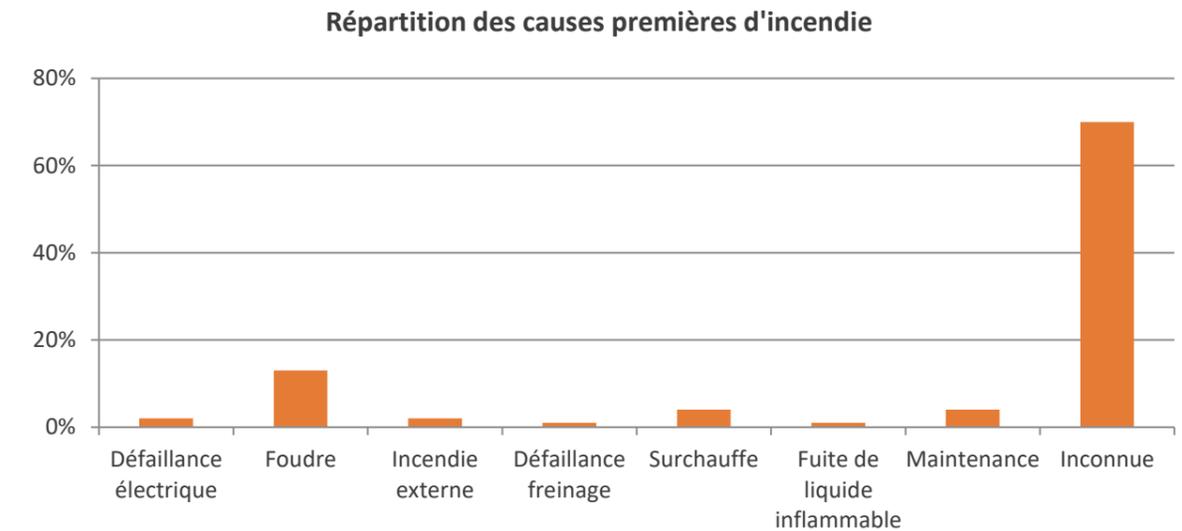


Figure 10 : Répartition des causes premières d'incendies

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. Une part importante relève tout de même de l'inconnu, ceci fait partie des limites du recensement de l'accidentologie : les événements recensés ne sont pas systématiques et détaillés, les causes de certains événements peuvent donc ne pas être référencées.

### 6.3. Inventaires des accidents majeurs sur les sites de l'exploitant

Bien que le projet d'unité d'alimentation éolienne de la station de recharge ultra-rapide pour véhicules électriques de Plounévez-Moëdec sur la commune du même nom fasse l'objet d'un nouveau site d'exploitation, Kallista Energy exploite 26 parcs éoliens en France dont le plus vieux, aujourd'hui renouvelé, avait été mis en service en 2002. Aucun accident majeur n'a été recensé depuis cette date sur l'ensemble des installations exploitées par Kallista Energy.

### 6.4. Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience

#### 6.4.1. Analyse de l'évolution des accidents en France

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

La figure ci-dessous montre cette évolution et il apparaît clairement que le nombre d'accidents n'augmente pas proportionnellement à la puissance éolienne installée (et donc au nombre d'éoliennes installées). Depuis 2005, l'énergie éolienne s'est en effet fortement développée en France, mais le nombre d'accidents par an n'augmente pas significativement.

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. A l'inverse, les éoliennes implantées dans le début des années 2000 commencent à vieillir et cela peut expliquer l'augmentation des incidents depuis 2015.

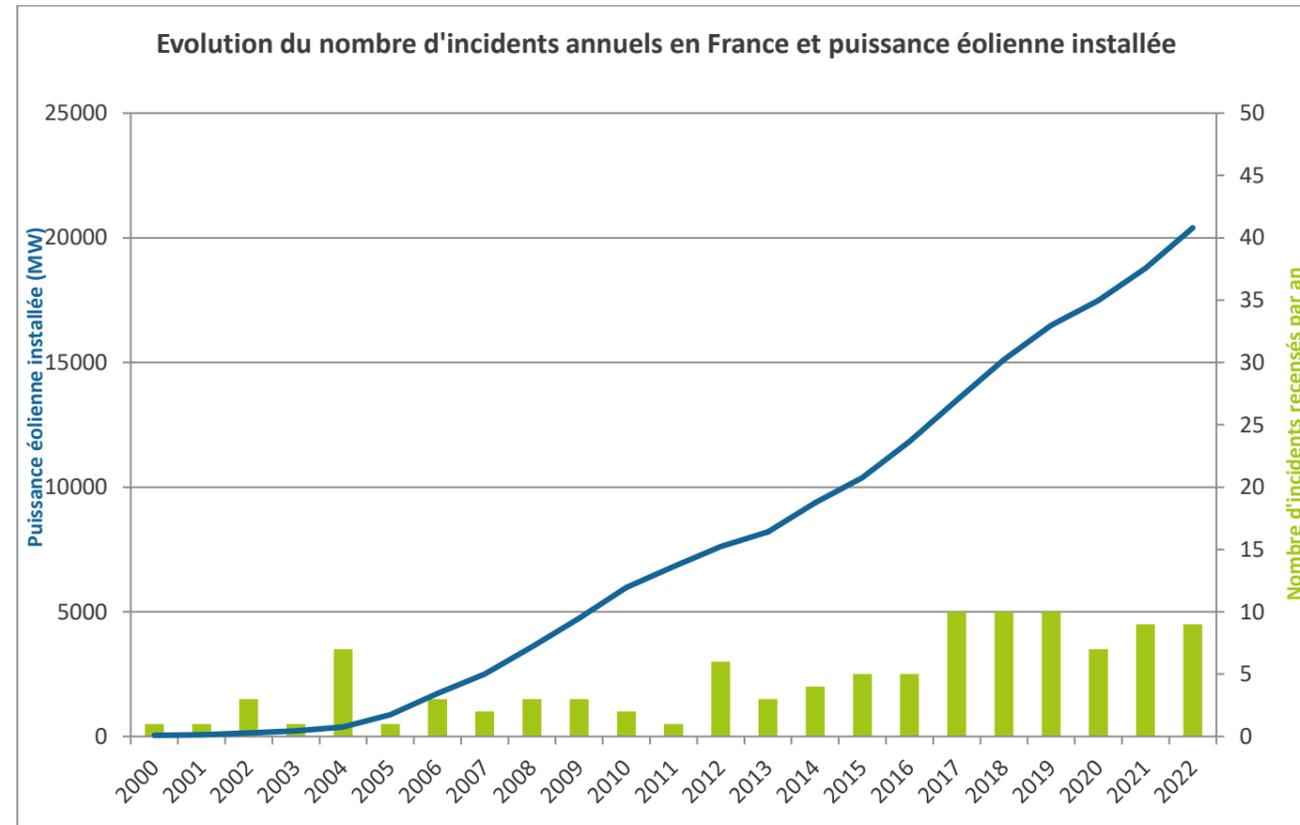


Figure 11 : Évolution du nombre d'incidents annuels en France et de la puissance éolienne installée d'après les bases de données ARIA et IRIS et du SDES (tableau de bord éolien 2022)

#### 6.4.2. Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents

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

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

#### 6.4.3. Limites d'utilisation de l'accidentologie

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

- La non-exhaustivité des événements : ce retour d'expérience, constitué à partir de sources variées, ne provient pas d'un système de recensement organisé et systématique. Dès lors certains événements ne sont pas reportés. En particulier, les événements les moins spectaculaires peuvent être négligés (chutes d'éléments, projections et chutes de glace).

- La non-homogénéité des aérogénérateurs inclus dans ce retour d'expérience : les aérogénérateurs observés n'ont pas été construits aux mêmes époques et ne mettent pas en œuvre les mêmes technologies. Les informations sont très souvent manquantes pour distinguer les différents types d'aérogénérateurs (en particulier concernant le retour d'expérience mondial).



- Les importantes incertitudes sur les causes et sur la séquence qui a mené à un accident : de nombreuses informations sont manquantes ou incertaines sur la séquence exacte des accidents.

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

## 7. Analyse préliminaire des risques

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

### 7.1. 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'accidents potentiels pour une installation (ainsi que des mesures de sécurité) basée sur un questionnement systématique des causes et conséquences possibles des événements accidentels, ainsi que sur le retour d'expérience disponible.

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

### 7.2. Recensement des événements 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.

### 7.3. Recensement des agressions externes potentielles

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

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

#### 7.3.1. Agressions externes liées aux activités humaines

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

Infrastructure	Fonction	Événement redouté	Danger potentiel	Périmètre	Distance par rapport au centre du mât de l'éolienne
Voies de circulation	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Energie cinétique des véhicules et flux thermiques	200 m	Aucune voie structurante dans le périmètre de 200 mètres. La route départementale la plus proche de l'éolienne est située à 545 m. Il existe des routes communales (accès aux parcelles) et des chemins ruraux à vocation agricoles, mais ils sont caractérisés par une très faible fréquentation et un risque nul d'agression externe
Aérodrome	Transport aérien	Chute d'aéronef	Énergie cinétique de l'aéronef, flux thermique	2000 m	Aucun aérodrome dans un périmètre de 2 kilomètres autour de l'éolienne.
Ligne THT	Transport d'électricité	Rupture de câble	Arc électrique, surtensions	200 m	Aucune ligne THT aérienne dans le périmètre de 200 mètres. L'éolienne est située à environ 4,5 km de la ligne RTE de 63kV.

Autres éoliennes	Production d'électricité	Accident générant des projections d'éléments	Energie cinétique des éléments projetés	500 m	Aucune éolienne dans un périmètre de 500 mètres autour de l'éolienne. L'éolienne la plus proche est autorisée et se situe à 3,4 km de l'éolienne du projet.
------------------	--------------------------	--	---	-------	---

Tableau 12 : Agressions externes liées aux activités humaines

#### 7.3.2. Agressions externes liées aux phénomènes naturels

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

Agression externe	Intensité
Vents et tempêtes	La fréquence des vents violents (jours pendant lesquels on enregistre des rafales dont la vitesse est supérieure à 58 km/h) est relativement importante : 83,4 jours par an pour la station de Lannion sur la côte nord à environ 25 km du site et 81,7 jours par an en moyenne pour Pleyber-Christ, dans les terres à environ 32 km à l'ouest du site. Toutes les communes du département des Côtes d'Armor sont concernées par le risque climatique (y compris le risque tempête). La veille météorologique est assurée par Météo-France qui diffuse deux fois par jour (6h et 16h), aux acteurs de l'alerte, une carte de vigilance météorologique précisant le niveau de risque pour les prochaines 24 heures.
Foudre	D'après la carte interactive de foudroiement en France 2012-2021 (Météorage), le département des Côtes d'Armor, et plus largement la région Bretagne, sont concernés par un seuil de foudroiement dit « infime » c'est-à-dire « parmi les 1 % les moins foudroyés ». La densité de foudroiement est de 0,2294 nsg/km <sup>2</sup> /an dans les Côtes d'Armor, inférieure à la moyenne nationale (1,12 nsg/km <sup>2</sup> /an), elle-même considérée comme faible. Il convient également de préciser que les éoliennes respectent la norme IEC 61 400-24, qui permet de protéger l'éolienne de la foudre.
Glissement de sols / affaissement miniers	La ZIP repose en totalité sur des « granites mylonitiques de Kereven », un affleurement qui correspond à une formation magmatique granitoïde. Le risque « retrait-gonflement des argiles » est nul au niveau de l'aire d'étude et aucun mouvement de terrain ni aucune cavité souterraine n'y sont répertoriés.

Tableau 13 : Agressions externes liées aux phénomènes naturels

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

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

- 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.



#### 7.4. Scénarios étudiés dans l'analyse préliminaire des risques

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

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

- Une description des causes et de leur séquençage (événements initiateurs et événements intermédiaires) ;
- Une description des événements redoutés centraux qui marquent la partie incontrôlée de la séquence d'accident ;

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

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

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

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité	Phénomène dangereux	Intensité
G01	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales, le mât et la nacelle	Chute de glace lorsque les éoliennes sont arrêtées	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace (N°2)	Impact de glace sur les enjeux	1
G02	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales	Projection de glace lorsque les éoliennes sont en mouvement	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de la glace (N°1)	Impact de glace sur les enjeux	2
I01	Humidité / Gel	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (N°5)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I02	Dysfonctionnement électrique	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (N°5) 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	Écoulement d'huile hors de la nacelle et le long du mât, puis sur le sol avec infiltration	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
F02	Renversement de fluides lors des opérations de maintenance	Écoulement	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
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



<b>C03</b>	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
<b>P01</b>	Survitesse	Contraintes trop importante sur les pales	Projection de tout ou partie de pale	Prévenir la survitesse (N°4)	Impact sur cible	2
<b>P02</b>	Fatigue Corrosion	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie de pale	Prévenir les effets de la foudre (N°6) Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort (N°12)	Impact sur cible	2
<b>P03</b>	Serrage inapproprié Erreur maintenance – desserrage	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie de pale	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	2
<b>E01</b>	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 de fragments et chute de mât	2
<b>E02</b>	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 de fragments et chute de mât	2
<b>E03</b>	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 de fragments et chute de mât	2
<b>E04</b>	Effondrement engin de levage travaux	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9) Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Chute de fragments et chute de mât	2
<b>E05</b>	Vents forts	Défaillance fondation/fixation fondation mât/défaillance mât	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9) Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort (N°12)	Projection/chute de fragments et chute de mât	2
<b>E06</b>	Fatigue	Défaillance mât	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9) Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Projection/chute de fragments et chute de mât	2
<b>E07</b>	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 de fragments et chute de mât	2
<b>E08</b>	Vents forts	Défaillance fondation	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9) Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort (N°12) Dans les zones cycloniques, mettre en place un système de prévision cyclonique et équiper les éoliennes d'un dispositif d'abattage et d'arrimage au sol (N°13)	Projection/chute fragments et chute mât	2
<b>E09</b>	Fatigue	Défaillance mât	Effondrement éolienne	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	Projection/chute fragments et chute mât	2
<b>E10</b>	Désaxage critique du rotor	Impact pale – mât	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9) Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Projection/chute fragments et chute mât	2

Tableau 14 : Analyse préliminaire des risques (APR)

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

Des précisions sur les différents scénarios décrits dans ce tableau sont disponibles en Annexe 4 -.

## 7.5. Effets dominos

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

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

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

C'est la raison pour laquelle le guide technique propose de négliger les conséquences des effets dominos dans le cadre de la présente étude.

Aucune installation ICPE n'a été identifiée dans l'aire d'étude, soit à moins de 500 mètres de l'éolienne et donc *a fortiori* à moins de 100 m, distance qui constitue la limite de l'évaluation de la probabilité d'impact d'un élément de l'aérogénérateur sur une autre installation ICPE.

## 7.6. Mise en place des mesures de sécurité

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

Les tableaux suivants ont pour objectif de synthétiser les fonctions de sécurité identifiées et mises en œuvre sur l'éolienne de l'unité d'alimentation de la station de recharge ultra-rapide pour véhicules électriques de Plounevez-Moëdec. 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 devront être 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 (de l'équipement).
- **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) : Il s'agit ici de reporter 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.



### 7.6.1. Mesures de sécurité du modèle Enercon

Fonction de sécurité	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	N°	1
<b>Mesures de sécurité</b>	Système de détection de glace ou givre sur les pales de l'aérogénérateur par déduction (analyse des paramètres de puissance). Temps de redémarrage automatique échelonné en fonction de la température extérieure.		
<b>Description</b>	Deux sondes mesurent la température de l'air en nacelle et en pied du mât, afin de détecter si les conditions sont propices à la formation de givre. La présence de glace ou de givre modifie les caractéristiques aérodynamiques de la pale entraînant une dégradation de la courbe de puissance. Lorsque la température est inférieure à 2°C la courbe de puissance à l'instant t est comparée à la courbe de puissance de l'éolienne en condition normale. Une plage de tolérance est définie et les points en dehors de la plage de tolérance sont comptabilisés. A partir d'un certain nombre (donnée paramétrable) de points enregistrés hors de la plage de tolérance, l'éolienne s'arrête automatiquement.		
<b>Indépendance</b>	Non		
<b>Temps de réponse</b>	10 à 30 minutes, conformément à l'article 25 de l'arrêté du 26 août 2011		
<b>Efficacité</b>	100 %		
<b>Tests</b>	Le système de détection de glace par courbe de puissance a été certifié par le bureau TÜV Nord (rapport n°8104206760).		
<b>Maintenance</b>	S'agissant d'un système purement logiciel, il n'y a pas de maintenance spécifique.		

Fonction de sécurité	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	N°	2
<b>Mesures de sécurité</b>	Panneautage en pied de machine ainsi que sur les voies d'accès au parc.		



	Eloignement des zones habitées et fréquentées
<b>Description</b>	Mise en place de panneaux informant de la possible formation de glace en pied de machines (conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011).
<b>Indépendance</b>	Oui
<b>Temps de réponse</b>	NA
<b>Efficacité</b>	100 %. Nous considérerons que compte tenu de l'implantation des panneaux et de l'entretien prévu, l'information des promeneurs sera systématique.
<b>Tests</b>	NA
<b>Maintenance</b>	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°	3
<b>Mesures de sécurité</b>	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		
<b>Description</b>	En cas de température anormalement haute, une alarme est émise par le système SCADA au centre de contrôle ENERCON. Si la température dépasse un seuil haut, l'éolienne est mise à l'arrêt et ne peut être relancée qu'après intervention d'un technicien en nacelle, qui procédera à une identification des causes et à des opérations techniques le cas échéant.		
<b>Indépendance</b>	Oui.		
<b>Temps de réponse</b>	NA		
<b>Efficacité</b>	100 %		
<b>Tests</b>	Pas de test.		
<b>Maintenance</b>	Contrôle automatique permanent grâce à des redondances pour les capteurs des principaux composants (génératrices, transformateur). Lors de la maintenance annuelle, vérification de la vraisemblance des informations données par les capteurs par lecture sur le moniteur. Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N°	4
<b>Mesures de sécurité</b>	Détection de survitesse et système de freinage.		
<b>Description</b>	Systèmes de coupure s'enclenchant en cas de dépassement des seuils de vitesse prédéfinis, indépendamment du système de contrôle commande. Le système coupe l'alimentation électrique des pitchs. Les condensateurs électriques du système de sécurité des pitchs se déchargent alors, activant la mise en drapeau des pales. L'éolienne s'arrête en 10 à 15 secondes.		
<b>Indépendance</b>	Oui		
<b>Temps de réponse</b>	Temps de détection < 1 minute L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur conformément aux dispositions de l'arrêté du 26 août 2011.		
<b>Efficacité</b>	100 %		
<b>Tests</b>	Test d'arrêt simple, d'arrêt d'urgence et de la procédure d'arrêt en cas de survitesse avant la mise en service des aérogénérateurs conformément à l'article 15 de l'arrêté du 26 août 2011. Un test de survitesse est également effectué lors de la mise en service de l'installation.		

<b>Maintenance</b>	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 (notamment de l'usure du frein et de pression du circuit de freinage d'urgence.) Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.
--------------------	---

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

Fonction de sécurité	Prévenir les effets de la foudre	N°	6
<b>Mesures de sécurité</b>	Mise à la terre et protection des éléments de l'aérogénérateur.		
<b>Description</b>	Système de protection foudre de l'éolienne dimensionné pour prévenir toute dégradation des pales de l'éolienne conformément à la norme IEC 61400-24. Pour la protection parafoudre extérieure, la pointe de la pale est en aluminium moulé, et un profilé conducteur est relié par un anneau en aluminium à la base de la pale. 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 télécommunication est protégée par des parasurtenseurs de ligne et une protection galvanique. Enfin, une liaison 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.		
<b>Indépendance</b>	Oui		
<b>Temps de réponse</b>	Immédiat dispositif passif		
<b>Efficacité</b>	100 %		
<b>Tests</b>	/		
<b>Maintenance</b>	Contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre inclus dans les opérations de maintenance, conformément à l'article 9 de l'arrêté du 26 août 2011.		



Fonction de sécurité	Protection et intervention incendie	N°	7
<b>Mesures de sécurité</b>	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 fumée relié au système SCADA qui émet une alarme au centre de contrôle ENERCON et prévient Kallista Energy par SMS. Intervention des services de secours		
<b>Description</b>	La technologie ENERCON sans boîte de vitesse permet de réduire le risque d'échauffement provoqué par frottement mécanique. En effet la génératrice ENERCON tourne environ à 20 tours par minute, alors que les génératrices entraînées par une boîte de vitesse tournent à environ 1500 tours par minute. De nombreux capteurs de températures sont présents à proximité de tous les composants critiques : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nacelle</li> <li>- Génératrice</li> <li>- Palier du moyeu</li> <li>- Mât</li> <li>- Armoires électriques</li> <li>- Transformateurs</li> <li>- Ventilateurs et éléments chauffants</li> <li>- Extérieur de la machine</li> </ul> Des seuils d'acceptabilité de niveau de températures sont prédéfinis dans le système de contrôle de l'éolienne pour chacun des capteurs. Des capteurs optiques de fumée sont placés en pied de mât et dans la nacelle. Leur déclenchement conduit 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 ENERCON ainsi qu'à Kallista Energy par SMS, qui se charge de contacter les services d'urgence compétents. 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)		
<b>Indépendance</b>	Oui		
<b>Temps de réponse</b>	< 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.		
<b>Efficacité</b>	100 %		
<b>Tests</b>	Les capteurs optiques de fumée sont testés annuellement (détection volontaire).		
<b>Maintenance</b>	Contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011. Le matériel incendie (type extincteurs) est contrôlé périodiquement par le fabricant du matériel ou un organisme extérieur. Maintenance curative suite à une défaillance du matériel.		

Fonction de sécurité	Prévention et rétention des fuites	N°	8
<b>Mesures de sécurité</b>	Utilisation d'une très faible quantité d'huile (absence de boîte de vitesses) Présence de rétention pour les composants critiques Détecteurs de niveau d'huiles		
<b>Description</b>	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 remplacement des bacs de graisse vides font l'objet de procédures spécifiques. Dans tous les cas, le transfert des huiles s'effectue de manière sécurisée et encadrée par les procédures de maintenance.		

	La propreté des rétentions est vérifiée lors de chaque inspection de la nacelle.
<b>Indépendance</b>	Oui
<b>Temps de réponse</b>	Instantané
<b>Efficacité</b>	100 %
<b>Tests</b>	/
<b>Maintenance</b>	Inspection des niveaux d'huile plusieurs fois par an et de l'état des rétentions plusieurs fois par an.

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

Fonction de sécurité	Prévenir les erreurs de maintenance	N°	10
<b>Mesures de sécurité</b>	Procédure maintenance		
<b>Description</b>	Préconisations du manuel de maintenance Formation du personnel		
<b>Indépendance</b>	Oui		
<b>Temps de réponse</b>	NA		
<b>Efficacité</b>	100 %		
<b>Tests</b>	Il existe des manuels de maintenance spécifiques à chaque modèle d'éolienne. Tout personnel amené à intervenir dans les éoliennes est formé et habilité : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Electriquement, selon son niveau de connaissance ;</li> <li>- Aux travaux en hauteur, port des EPI, évacuation et sauvetage ;</li> <li>- Sauveteur Secouriste du Travail.</li> </ul> Ces habilitations sont recyclées périodiquement suivant la réglementation ou les recommandations en vigueur.		



	Des contrôles des connaissances sont réalisés afin de vérifier la validité de ces habilitations. Des points mensuels concernant la sécurité et les procédures sont effectués avec l'ensemble du personnel de maintenance. Une présentation du fonctionnement de la sécurité est réalisée auprès des nouveaux embauchés.
<b>Maintenance</b>	NA

Fonction de sécurité	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	N°	11
<b>Mesures de sécurité</b>	Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents. Détection et prévention des vents forts et tempêtes Déclenchement du mode tempête = diminution de la prise au vent progressive des pales et arrêt automatique au-delà d'une certaine vitesse de vent.		
<b>Description</b>	Procédure « site vérification » : une étude de vent est menée sur un an afin de vérifier l'adéquation effective des machines. En cas de doute sur l'adéquation des aérogénérateurs, le site est modélisé et une étude de charge est effectuée. Le mode tempête s'enclenche au-delà d'une certaine vitesse de vent, permettant à l'éolienne de continuer à produire mais à puissance réduite. L'éolienne s'arrête complètement au-delà d'un autre seuil de vitesse de vent (Cf Chapitre 4.2.1).		
<b>Indépendance</b>	Oui Ces systèmes s'appuient sur des fonctions et des appareils propres à l'exploitation du parc. Ces données sont cependant analysées par l'automate de sécurité embarqué sur chaque éolienne, dont le rôle est dédié à la sécurité de l'installation.		
<b>Temps de réponse</b>	< 1 min		
<b>Efficacité</b>	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. Si le site est trop turbulent ou les machines trop rapprochées entre elles, il est possible de mettre en place des arrêts sectoriels pour limiter l'impact de la turbulence sur les machines.		
<b>Tests</b>	Procédure de « Site Verification » (contrôle de l'adéquation par rapport à des mesures de fonctionnement)		
<b>Maintenance</b>	Les paramètres d'entrée en cas d'arrêt sectoriel sont régulièrement mis à jour et contrôlés lors des modifications d'hardware ou de software. L'usure de l'éolienne est contrôlée à chaque maintenance.		

Fonction de sécurité	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne par la surveillance de paramètres clés	N°	12
<b>Mesures de sécurité</b>	Capteurs de vibrations entraînant un arrêt de l'éolienne Capteurs de bruit Contrôle de l'entrefer		
<b>Description</b>	Deux capteurs sont placés dans la nacelle pour détecter les accélérations longitudinales et transversales. Au-delà d'une certaine limite (spécifique à chaque modèle d'éolienne) l'éolienne s'arrête puis redémarre automatiquement après un court délai. Si plusieurs niveaux d'oscillation au-delà du seuil d'acceptabilité sont enregistrés au cours d'une période de 24h, le redémarrage automatique est suspendu. L'espace entre le rotor et le stator appelé entrefer ne doit pas être réduit en deçà d'une largeur minimum. Des capteurs mesurent cette largeur et si un certain seuil est atteint, l'éolienne s'arrête puis redémarre automatiquement après un court délai. Si la faute se répète plus d'une fois en 24h, le redémarrage automatique est suspendu.		

	Un capteur de bruit est positionné dans la tête du rotor. En cas de bruits correspondant à des chocs importants (détachement ou rupture d'une pièce) et que la cause ne peut être discernée, p. ex. la grêle pendant un orage, l'éolienne s'arrête.
<b>Indépendance</b>	Oui. Les signaux des capteurs sont traités par l'automate de sécurité embarqué sur chaque éolienne, dont le rôle est dédié à la sécurité de l'installation.
<b>Temps de réponse</b>	Quelques secondes (< 2 min)
<b>Efficacité</b>	100 %
<b>Tests</b>	Les protocoles de maintenance annuelle prévoient la vérification de chacun de ces capteurs.
<b>Maintenance</b>	NA

### 7.6.2. Mesures de sécurité du modèle Vestas

Fonction de sécurité	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	N°	1-a
<b>Mesures de sécurité</b>	Système de déduction de la formation de glace.		
<b>Description</b>	Ce système Vestas déduit la formation de glace sur les pales à partir des données de température et de rendement de l'éolienne (l'accumulation de glace alourdit les pales et diminue le rendement de la turbine). Une configuration du système SCADA permet d'alerter les opérateurs par un message type « Ice Climate ». Une mise à l'arrêt est ensuite effectuée de manière automatique ou manuelle, selon le type de contrat. Les procédures de redémarrage sont définies par l'exploitant.		
<b>Indépendance</b>	Oui		
<b>Temps de réponse</b>	Mise à l'arrêt de la turbine < 1 min		
<b>Efficacité</b>	100 %		
<b>Tests</b>	NA		
<b>Maintenance</b>	Surveillance via la maintenance prédictive		
Fonction de sécurité	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	N°	1-b
<b>Mesures de sécurité</b>	Système de détection de glace sur la nacelle.		
<b>Description</b>	Ce système Vestas est composé d'une sonde vibratoire installée sur la nacelle, permettant d'alerter les opérateurs dès que l'accumulation de glace dépasse un certain niveau. Ce dispositif détecte la formation de glace sur la nacelle, et donc par déduction sur les pales. Lorsqu'il y a détection, la mise à l'arrêt de la turbine est automatique ou manuelle, après vérification de la glace formée, selon le type de configuration demandé.		
<b>Indépendance</b>	Oui		
<b>Temps de réponse</b>	Temps de détection de l'ordre de la seconde Mise en pause de la turbine < 1 min		
<b>Efficacité</b>	100 %		
<b>Tests</b>	NA		



<b>Maintenance</b>	Le système de détection est supervisé par les contrôleurs de la machine. Un warning est envoyé via le SCADA en cas de défaut => maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement		
<b>Fonction de sécurité</b>	<b>Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace</b>	<b>N°</b>	<b>1-c</b>
<b>Mesures de sécurité</b>	Système de détection de glace sur les pales, développé par un fabricant spécialisé		
<b>Description</b>	Ce dispositif est constitué de capteurs de température et d'accéléromètres installés sur les pales et reliés à un serveur de collecte des données. Le dispositif est alors couplé avec le système SCADA qui met la turbine à l'arrêt en cas de détection de formation de glace sur les pales.		
<b>Indépendance</b>	Oui		
<b>Temps de réponse</b>	Temps de détection de l'ordre de la seconde Mise en pause de la turbine < 1 min		
<b>Efficacité</b>	100 %		
<b>Tests</b>	Testé à la mise en service. Surveillance continue des données, via le serveur du fabricant. Déviation des fréquences des pâles supervisées en permanence.		
<b>Maintenance</b>	Vérification annuelle conformément au manuel du fabricant.		

<b>Fonction de sécurité</b>	<b>Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace</b>	<b>N°</b>	<b>2-a</b>
<b>Mesures de sécurité</b>	Système de dégivrage des pales.		
<b>Description</b>	Ce système fonctionne par pulsation d'air chaud sur les pales. Le système de chauffage est couplé avec le système de déduction de la formation de glace. (Voir cas 1-a)		
<b>Indépendance</b>	Oui		
<b>Temps de réponse</b>			
<b>Efficacité</b>			
<b>Tests</b>			
<b>Maintenance</b>			
<b>Fonction de sécurité</b>	<b>Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace</b>	<b>N°</b>	<b>2-b</b>
<b>Mesures de sécurité</b>	Signalisation du risque en pied de machine Eloignement des zones habitées et fréquentées		
<b>Description</b>	Mise en place de panneaux de signalisation en pied de machine informant du risque de chute de glace (conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011).		
<b>Indépendance</b>	Oui		
<b>Temps de réponse</b>	NA		
<b>Efficacité</b>	100 %. Nous considérerons que compte tenu de l'implantation des panneaux et de l'entretien prévu, l'information des promeneurs sera systématique.		
<b>Tests</b>	NA		
<b>Maintenance</b>	Vérification de l'état général du panneau, de l'absence de détérioration, entretien de la végétation afin que le panneau reste visible.		

<b>Fonction de sécurité</b>	<b>Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques</b>	<b>N°</b>	<b>3</b>
<b>Mesures de sécurité</b>	Sondes de température sur pièces mécaniques Suivant les niveaux d'alarme et les capteurs, la machine peut être bridée ou mise à l'arrêt jusqu'à refroidissement. Le redémarrage peut être effectué à distance, si les seuils de température sont au-dessous des seuils d'alarme.		
<b>Description</b>	Des sondes de température sont mises en place sur les équipements ayant de fortes variations de température au cours de leur fonctionnement (paliers et roulements des		

	machines tournantes, enroulements du générateur et du transformateur). Ces sondes ont des seuils hauts qui, une fois dépassés, conduisent à une alarme et à une mise à l'arrêt du rotor.
<b>Indépendance</b>	Oui
<b>Temps de réponse</b>	Temps de détection de l'ordre de la seconde Mise en pause de la turbine < 1 min
<b>Efficacité</b>	100 %
<b>Tests</b>	Surveillance via la maintenance prédictive, avec détection de la déviation de températures de chaque capteur.
<b>Maintenance</b>	Surveillance via la maintenance prédictive, avec détection de la déviation de température de chaque capteur (comparaison avec les données des autres éoliennes du parc). Remplacement de la sonde de température en cas de dysfonctionnement de l'équipement. Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011.

<b>Fonction de sécurité</b>	<b>Prévenir la survitesse</b>	<b>N°</b>	<b>4-a</b>
<b>Mesures de sécurité</b>	Détection de vent fort et freinage aérodynamique par le système de contrôle.		
<b>Description</b>	L'éolienne est mise à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale de 22,5 m/s ou 81 km/h. Cet arrêt est réalisé par le frein aérodynamique de l'éolienne avec mise en drapeau des pales (le freinage est effectué en tournant ensemble les 3 pales à un angle de 85 à 90°, afin de positionner celles-ci en position où elles offrent peu de prise au vent). Cette mise en drapeau est effectuée par le système d'inclinaison des pales « Vestas Pitch System ».		
<b>Indépendance</b>	Oui		
<b>Temps de réponse</b>	Temps de détection de l'ordre de la seconde Mise en pause de la turbine < 1 min 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'article 23 de l'arrêté du 26 août 2011.		
<b>Efficacité</b>	100 %		
<b>Tests</b>	Test d'arrêt simple, d'arrêt d'urgence et de la procédure d'arrêt en cas de survitesse avant la mise en service des aérogénérateurs conformément à l'article 17 de l'arrêté du 26 août 2011. Tests à chaque maintenance préventive.		
<b>Maintenance</b>	Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		
<b>Fonction de sécurité</b>	<b>Prévenir la survitesse</b>	<b>N°</b>	<b>4-b</b>
<b>Mesures de sécurité</b>	Détection de survitesse du générateur		
<b>Description</b>	Les vitesses de rotation du générateur et de l'arbre lent sont mesurées et analysées en permanence par le système de contrôle. Cette mesure redondante permet de limiter les défaillances liées à un seul capteur. En cas de discordance des mesures, l'éolienne est mise à l'arrêt. Si la vitesse de rotation est supérieure à la vitesse d'alarme, l'éolienne est considérée comme étant en survitesse et est donc mise à l'arrêt.		
<b>Indépendance</b>	Oui		
<b>Temps de réponse</b>	Temps de détection de l'ordre de la seconde Mise en pause de la turbine < 1 min		



	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'article 23 de l'arrêté du 26 août 2011.		
<b>Efficacité</b>	100 %		
<b>Tests</b>	Test d'arrêt simple, d'arrêt d'urgence et de la procédure d'arrêt en cas de survitesse avant la mise en service des aérogénérateurs conformément à l'article 17 de l'arrêté du 26 août 2011. Tests à chaque maintenance préventive (tous les ans).		
<b>Maintenance</b>	Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		
<b>Fonction de sécurité</b>	<b>Prévenir la survitesse</b>	<b>N°</b>	<b>4-c</b>
<b>Mesures de sécurité</b>	« Vestas Overspeed Guard » (VOG)		
<b>Description</b>	<p>En complément aux capteurs de mesure de vitesse, un système instrumenté de sécurité est présent (automate totalement indépendant de l'automate de conduite utilisé pour la fonction 4-b), et dispose d'un capteur de vitesse de rotation disposé sur l'arbre lent. Le dépassement d'une vitesse de 17 tours par minute pour la 4 MW ou 18 tours par minute pour la 3,45 MW sur l'arbre lent conduit à la mise à l'arrêt de la machine par mise en drapeau des pales (cette mise en drapeau est assurée par le circuit hydraulique avec l'assistance complémentaire des accumulateurs disposés sur les vérins).</p> <p>En cas d'arrêt par survitesse (déclenchement du VOG), l'éolienne ne peut pas être redémarrée à distance. Il est nécessaire de venir acquitter localement le défaut et d'effectuer un contrôle de la machine avant de relancer l'éolienne.</p>		
<b>Indépendance</b>	Oui		
<b>Temps de réponse</b>	<p>Temps de détection &lt; 1 min</p> <p>Le couplage du système de détection de survitesse au système SCADA permet l'envoi en temps réel d'alertes par SMS et par courriel, selon les instructions de l'exploitant. L'exploitant sera ainsi 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 à l'article 23 de l'arrêté du 26 août 2011.</p>		
<b>Efficacité</b>	100 %		
<b>Tests</b>	Lors de la mise en service de l'aérogénérateur, une série de tests (arrêts simples, d'urgence et de survitesse) est réalisée afin de s'assurer du fonctionnement et de la sécurité de l'éolienne conformément à l'article 17 de l'arrêté du 26 août 2011.		
<b>Maintenance</b>	Vérification du système tous les ans suivant les manuels de maintenance Vestas. Ces vérifications sont consignées dans le document SIF Vestas. Maintenance conforme aux dispositions des articles 17 et 18 de l'arrêté du 26 août 2011.		

<b>Fonction de sécurité</b>	<b>Prévenir les courts-circuits</b>	<b>N°</b>	<b>5</b>
<b>Mesures de sécurité</b>	Détecteur d'arc avec coupure électrique (salle transformateur et armoires électriques).		
<b>Description</b>	<p>Outre les protections traditionnelles contre les surintensités et les surtensions, les armoires électriques disposées dans les nacelles Vestas (qui abritent les divers jeux de barres), sont équipées de détecteurs d'arc électrique. Ce système de capteurs photosensibles a pour objectif de détecter toute formation d'un arc électrique (caractéristique d'un début d'amorçage) qui pourrait conduire à des phénomènes de fusion de conducteurs et de début d'incendie.</p> <p>Le fonctionnement de ces détecteurs commande le déclenchement de la cellule HT située en pied de mât, conduisant ainsi à la mise hors tension de la machine.</p> <p>La remise sous tension puis le recouplage de la machine ne peuvent être faits qu'après inspection visuelle des éléments HT de la nacelle, puis du réarmement du détecteur d'arc et de l'acquiescement manuel du défaut.</p>		

<b>Indépendance</b>	Oui
<b>Temps de réponse</b>	<p>50 millisecondes</p> <p>Le couplage du système de détection d'arc électrique avec le système SCADA permet l'envoi en temps réel d'alertes par SMS et par courriel, selon les instructions de l'exploitant.</p>
<b>Efficacité</b>	100 %
<b>Tests</b>	Test des détecteurs d'arc à la mise en service puis tous les ans.
<b>Maintenance</b>	<p>Les installations électriques font l'objet d'un contrôle avant la mise en service industrielle du parc éolien, puis annuellement conformément à l'article 17 de l'arrêté du 26 août 2011. Ce contrôle donne lieu à un rapport, dit rapport de vérification annuel, réalisé par un organisme agréé.</p> <p>Des vérifications de tous les équipements électriques ainsi que des mesures d'isolement et de serrage des câbles sont intégrés dans le manuel de maintenance préventive Vestas.</p>

<b>Fonction de sécurité</b>	<b>Prévenir les effets de la foudre</b>	<b>N°</b>	<b>6</b>
<b>Mesures de sécurité</b>	Système de protection contre la foudre conçue pour répondre à la classe de protection I de la norme internationale IEC 61400.		
<b>Description</b>	<p>Compte tenu de leur situation et des matériaux de construction, les pales sont les éléments les plus sensibles à la foudre. Des pastilles métalliques en acier inoxydable permettant de capter les courants de foudre sont disposées à intervalles réguliers sur les deux faces des pales. Elles sont reliées entre elles par une tresse en cuivre, interne à la pale. Le pied de pale est muni d'une plaque métallique en acier inoxydable, sur une partie de son pourtour, raccordée à la tresse de cuivre. Un dispositif métallique flexible (nommé LCTU – Lightning Current Transfer Unit) assure la continuité électrique entre la pale et le châssis métallique de la nacelle (il s'agit d'un système de contact glissant comportant deux points de contact par pale). Ce châssis est relié électriquement à la tour, elle-même reliée au réseau de terre disposé en fond de fouille.</p> <p>En cas de coup de foudre sur une pale, le courant de foudre est ainsi évacué vers la terre via la fondation et des prises profondes.</p> <p>L'aérogénérateur peut être équipé en option de « copper cap », c'est à dire d'un habillage de l'extrémité de la pale d'une plaque de cuivre qui améliore le captage de l'arc de foudre et assure ainsi une meilleure protection de la pale.</p>		
<b>Indépendance</b>	Oui		
<b>Temps de réponse</b>	Immédiat, dispositif passif		
<b>Efficacité</b>	100 %		
<b>Tests</b>	Avant la première mise en route de l'éolienne, une mesure de mise à la terre est effectuée.		
<b>Maintenance</b>	Contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre inclus dans les opérations de maintenance, conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011.		

<b>Fonction de sécurité</b>	<b>Protection et intervention incendie</b>	<b>N°</b>	<b>7</b>
<b>Mesures de sécurité</b>	<p>1. Sondes de température sur pièces mécaniques.</p> <p>Suivant les niveaux d'alarme et les capteurs, la machine peut être bridée ou mise à l'arrêt jusqu'à refroidissement.</p>		



	Le redémarrage peut être effectué à distance, si les seuils de température sont au-dessous des seuils d'alarme. 2. Système de détection incendie
<b>Description</b>	<p>1. Des sondes de température sont mises en place sur les équipements ayant de fortes variations de température au cours de leur fonctionnement (paliers et roulements des machines tournantes, enroulements du générateur et du transformateur). Ces sondes ont des seuils hauts qui, une fois dépassés, conduisent à une alarme et à une mise à l'arrêt du rotor.</p> <p>2. Les éoliennes sont équipées par défaut d'un système autonome de détection composé de plusieurs capteurs de fumée et de chaleur disposés aux possibles points d'échauffements tels que :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La chambre du transformateur</li> <li>- Le générateur</li> <li>- La cellule haute tension</li> <li>- Le convertisseur</li> <li>- Les armoires électriques principales</li> <li>- Le système de freinage.</li> </ul> <p>En cas de détection, une sirène est déclenchée, l'éolienne est mise à l'arrêt en « emergency stop » et isolement électrique par ouverture de la cellule en pied de mât. De façon concomitante un message d'alarme est envoyé au centre de télésurveillance via le système de contrôle commande.</p> <p>Le système de détection incendie est alimenté par le réseau secours (UPS).</p> <p>Vis-à-vis de la protection incendie, deux extincteurs sont présents, un dans la nacelle et un en pied de tour (utilisables par le personnel sur un départ de feu).</p>
<b>Indépendance</b>	Oui
<b>Temps de réponse</b>	Temps de détection de l'ordre de la seconde Le couplage des éléments de détection de fumée au système SCADA permet l'envoi en temps réel d'alertes par SMS et par courriel, selon les instructions de l'exploitant. L'exploitant sera ainsi 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 à l'article 23 de l'arrêté du 26 août 2011.
<b>Efficacité</b>	100%
<b>Tests</b>	Test des détecteurs de fumée à la mise en service puis tous les ans.
<b>Maintenance</b>	Contrôle tous les ans du système de détection incendie pour être conforme à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 Le matériel incendie (extincteurs) est contrôlé périodiquement par un organisme spécialisé. Maintenance prédictive sur les capteurs de température.

Fonction de sécurité	Prévention et rétention des fuites	N°	8
<b>Mesures de sécurité</b>	1. Détecteurs de niveau d'huile et capteurs de pression 2. Capteur de niveau du circuit de refroidissement (niveau bas alarmé avec arrêt après temporisation) 3. Procédure d'urgence 4. Kit antipollution 5. Bacs de rétention		

<b>Description</b>	<p>1. Le circuit hydraulique est équipé de capteurs de pression (une mesure de pression dans le bloc hydraulique de chaque pale) permettant de s'assurer de son bon fonctionnement. Toute baisse de pression au-dessous d'un seuil préalablement déterminé, conduit au déclenchement de l'arrêt du rotor (mise en drapeau des pales). Afin de pouvoir assurer la manœuvre des pales en cas de perte du groupe de mise en pression ou en cas de fuite sur le circuit, chaque bloc hydraulique (situé au plus près du vérin de pale) est équipé d'un accumulateur hydropneumatique (pressurisé à l'azote) qui permet la mise en drapeau de la pale.</p> <p>La pression du circuit de lubrification du multiplicateur fait également l'objet d'un contrôle, asservissant le fonctionnement de l'éolienne.</p> <p>Les niveaux d'huile sont surveillés d'une part au niveau du multiplicateur et d'autre part au niveau du groupe hydraulique. L'atteinte du niveau bas sur le multiplicateur ou sur le groupe hydraulique, déclenche une alarme et conduit à la mise à l'arrêt du rotor.</p> <p>2. Le circuit de refroidissement (eau glycolée) est équipé d'un capteur de niveau bas, qui en cas de déclenchement conduit à l'arrêt de l'éolienne.</p> <p>3. Les opérations de vidange font l'objet de procédures spécifiques. 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. Une procédure Vestas en cas de pollution accidentelle du sol est communiquée au personnel intervenant dans les aérogénérateurs.</p> <p>4. En cas de fuite, les véhicules de maintenance Vestas sont équipés de kits de dépollution composés de grandes feuilles absorbantes. Ces kits d'intervention d'urgence permettent :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• De contenir et arrêter la propagation de la pollution ;</li> <li>• D'absorber jusqu'à 20 litres de déversements accidentels de liquides (huile, eau, alcools ...) et produits chimiques (acides, bases, solvants ...) ;</li> <li>• De récupérer les déchets absorbés.</li> </ul> <p>Si ces kits de dépollution s'avèrent insuffisants, Vestas se charge de faire intervenir une société spécialisée qui récupérera et traitera la terre souillée via les filières adéquates.</p> <p>5. Des bacs de rétention empêchent l'huile ou la graisse de couler le long du mât et de s'infiltrer dans le sol. Les principaux bacs de rétention sont équipés de capteurs de niveau d'huile afin d'informer les équipes de maintenance via les alertes cas de fuite importante. De plus, la plateforme supérieure de la tour a les bords relevés et a les jointures étanches entre plaques d'acier. Cette plateforme fait office de bac de rétention de secours en cas de fuite importante dans la nacelle.</p>
<b>Indépendance</b>	Oui
<b>Temps de réponse</b>	Temps de détection de l'ordre de la seconde Mise en pause de la turbine < 1 min
<b>Efficacité</b>	100 %
<b>Tests</b>	Tests des systèmes hydrauliques à la mise en service, au bout de 3 mois de fonctionnement puis tous les ans suivant les manuels de maintenance Vestas. Ces vérifications sont consignées dans le document SIF Vestas. Dépendant du débit de fuite.
<b>Maintenance</b>	Les vérifications d'absence de fuites sont effectuées à chaque service planifié. Surveillance des niveaux d'huile via des outils d'analyses instantanées ou hebdomadaires. Inspection et maintenance curative en fonction du type de déclenchement d'alarme.



Fonction de sécurité	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)	N°	9
Mesures de sécurité	Contrôles réguliers des fondations et des différents assemblages de structure (ex : brides, joints, etc.) Procédures et contrôle qualité		
Description	<p>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.</p> <p>Vestas remet à chacun de ses clients, un document « Type Certificate » qui atteste de la conformité de l'éolienne fournie au standard IEC 61400-1 (édition 2005). Ainsi la nacelle, le moyeu, les fondations et la tour répondent aux standards IEC 61 400-1. Les pales respectent le standard IEC 61400 -1 ; 12 ; 23.</p> <p>De plus, des organismes compétents externes, mandatés par l'exploitant du parc, produisent des rapports attestant de la conformité de nos turbines à la fin de la phase d'installation.</p> <p>L'article R111-38 du code de la construction et de l'habitation fait référence au contrôle technique de construction. Il est obligatoire, à la charge de l'exploitant et réalisé par des organismes agréés par l'État. Ce contrôle assure la solidité des ouvrages ainsi que la sécurité des biens et des personnes.</p> <p>Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223.</p>		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %		
Tests	NA		
Maintenance	Le plan de maintenance Vestas prévoit le contrôle des brides de fixation, des brides de mât, des fixations des pales et le contrôle visuel du mât trois mois puis un an après la mise en service industrielle puis tous les trois ans, conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011.		

Fonction de sécurité	Prévenir les erreurs de maintenance	N°	10
Mesures de sécurité	Procédure de maintenance.		
Description	Préconisation du manuel de maintenance Formation du personnel		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %		
Tests	Traçabilité : rapport de service		
Maintenance	NA		

Fonction de sécurité	Prévenir la dégradation de l'état des équipements	N°	11
Mesures de sécurité	1. Procédure de contrôle des équipements lors des maintenances planifiées. 2. Suivi de données mesurées par les capteurs et sondes présentes dans les éoliennes Vestas		

	3. CMS
Description	1. Ce point est détaillé dans le chapitre dédié aux maintenances planifiées. 2. L'intégralité des données mesurées par les capteurs et sondes présentes dans les éoliennes Vestas est suivie et enregistrée dans une base de données unique. Ces données sont traitées par des algorithmes en permanence afin de détecter, au plus tôt, les dégradations des équipements. Lorsqu'elle est nécessaire, une inspection de l'équipement soupçonné de se dégrader est planifiée. Les algorithmes de détection et de génération d'alarmes sont en amélioration continue. 3. Présence d'un Condition Monitoring System (CMS) qui permet de suivre par une analyse vibratoire continue, l'état des éléments roulants de la chaîne cinématique du rotor, de l'arbre lent, du multiplicateur, de la génératrice et de leur environnement.
Indépendance	Oui
Temps de réponse	Entre 12 heures et 6 mois selon le type de dégradation
Efficacité	NA
Tests	Traçabilité : rapport de service
Maintenance	NA

Fonction de sécurité	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	N°	12
Mesures de sécurité	1. Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents 2. Mise à l'arrêt sur détection de vent fort et freinage aérodynamique par le système de contrôle 3. Option « Yaw Backup System »		
Description	1. En France, la classification de vents des éoliennes fait référence à la norme « IEC 61400-1 ». Les éoliennes Vestas sont dimensionnées pour chacune de ces classes. Il est donc important de faire correspondre la classe du site avec la classe de la turbine. 2. Les éoliennes sont mises à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale de 22,5 m/s ou 81 km/h. Cet arrêt est réalisé par le frein aérodynamique de l'éolienne avec mise en drapeau des pales. Cette mise en drapeau est effectuée par le système d'orientation des pales « Vestas Pitch System ». 3. En fonction de l'intensité attendue des vents, il est possible d'ajouter en option le « Yaw Backup System ». Ce système maintient la turbine face au vent même en cas de coupure du réseau électrique.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection de l'ordre de la seconde. Mise drapeau des pales < 1 min		
Efficacité	100 %		
Tests	Pitch system testé tous les ans lors des maintenances préventives.		
Maintenance	Tous les ans.		

### 7.6.3. Mesures de sécurité du modèle Nordex



Fonction de sécurité	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	N°	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	Immédiat (L'alarme est déclenchée dès que le capteur est gelé ou détecte de la neige.)		
Efficacité	100 %		
Tests	Tests menés par le concepteur au moment de la construction de l'éolienne		
Maintenance	Vérification des capteurs du système de détection de givre lors des maintenances préventives annuelles.		

Fonction de sécurité	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	N°	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 du 26 août 2011).		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %. Nous considérerons que compte tenu de l'implantation des panneaux et de l'entretien prévu, l'information des promeneurs sera systématique.		
Tests	NA		
Maintenance	Vérification de l'état général du panneau, de l'absence de détérioration, entretien de la végétation afin que le panneau reste visible.		

Fonction de sécurité	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	N°	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 Systèmes de refroidissement indépendants pour le multiplicateur et la génératrice		
Description	/		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %		
Tests	A préciser si possible		

Maintenance	Maintenance préventive annuelle de la génératrice et de son système de refroidissement, ainsi que du multiplicateur (y compris le système de refroidissement de l'huile du multiplicateur). Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.
-------------	---

Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N°	4
Mesures de sécurité	Détection de survitesse et système de freinage. Eléments du système de protection contre la survitesse conformes aux normes IEC 61508 (SIL 2) et EN 954-1		
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	15 à 60s (arrêt de l'éolienne selon le programme de freinage adapté) L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur conformément aux dispositions de l'arrêté du 26 août 2011.		
Efficacité	100 %		
Tests	Test d'arrêt simple, d'arrêt d'urgence et de la procédure d'arrêt en cas de survitesse avant la mise en service des aérogénérateurs conformément à l'article 15 de l'arrêté du 26 août 2011.		
Maintenance	Maintenance préventive annuelle de l'éolienne avec notamment contrôle 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°	5
Mesures de sécurité	Coupure de la transmission électrique en cas de fonctionnement anormal d'un composant électrique.		
Description	Les organes et armoires électriques de l'éolienne sont équipés d'organes de coupures et de protection adéquats et correctement dimensionnés. Tout fonctionnement anormal des composants électriques est suivi d'une coupure de la transmission électrique et à la transmission d'un signal d'alerte vers l'exploitant qui prend alors les mesures appropriées.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	De l'ordre de la seconde		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	Des vérifications de tous les composants électriques ainsi que des mesures d'isolement et de serrage des câbles sont intégrées dans la plupart des mesures de maintenance préventive mises en œuvre. Les installations électriques sont contrôlées avant la mise en service du parc puis à une fréquence annuelle, conformément à l'article 10 de l'arrêté du 26 août 2011.		



Fonction de sécurité	Prévenir les effets de la foudre	N°	6
Mesures de sécurité	Mise à la terre et protection des éléments de l'aérogénérateur.		
Description	Respect de la norme IEC 61 400 – 24 (juin 2010) Parafoudres sur la nacelle + récepteurs de foudre sur les 2 faces des pales Mise à la terre (nacelle/mât, sections de mât, mât/fondation) Parasurtenseurs sur les circuits électriques		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Immédiat dispositif passif		
Efficacité	100 %		
Tests	Mesure de terre lors des vérifications réglementaires des installations électriques		
Maintenance	Contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre inclus dans les opérations de maintenance, conformément à l'article 9 de l'arrêté du 26 août 2011. Contrôle de l'état de l'installation de mise à la terre dans le mât à chaque maintenance préventive.		

Fonction de sécurité	Protection et intervention incendie	N°	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	Vérification de la plausibilité des mesures de température		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011. 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°	8
Mesures de sécurité	DéTECTEURS de niveau d'huiles Systèmes d'étanchéité et dispositifs de collecte / récupération 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. Présence de plusieurs bacs collecteurs au niveau des principaux composants.		

	Les opérations de vidange font l'objet de procédures spécifiques. Dans tous les cas, le transfert des huiles s'effectue de manière sécurisée via un système de tuyauterie et de pompes directement entre l'élément à vidanger et le camion de vidange. Des kits de dépollution d'urgence composés de grandes feuilles de textile absorbant pourront être utilisés afin : – de contenir et arrêter la propagation de la pollution ; – d'absorber jusqu'à 20 litres de déversements accidentels de liquides (huile, eau, alcools ...) et produits chimiques (acides, bases, solvants ...) ; – de récupérer les déchets absorbés. Si ces kits de dépollution s'avèrent insuffisants, une société spécialisée récupérera et traitera le 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°	9
Mesures de sécurité	Surveillance des vibrations Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints, etc.) Procédures qualifiées Attestation du contrôle technique (procédure permis de construire)		
Description	La norme IEC 61 400-1 « Exigence pour la conception des aérogénérateurs » fixe les prescriptions propres à fournir « un niveau approprié de protection contre les dommages résultant de tout risque durant la durée de vie » de l'éolienne. Ainsi la nacelle, le nez, les fondations et la tour répondent au standard IEC 61 400-1. Les pales respectent le standard IEC 61 400-1 ; 12 ; 23. Les éoliennes sont équipées de capteurs de vibration, qui entraînent l'arrêt en cas de dépassement des seuils définis. Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223 (peinture et revêtement anti-corrosion).		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	15 à 60s (arrêt de l'éolienne selon le programme de freinage adapté)		
Efficacité	100 %		
Tests	Déclenchement manuel des capteurs de vibration et vérification de la réponse du système		
Maintenance	Les couples de serrage (brides sur les diverses sections de la tour, bride de raccordement des pales au moyeu, bride de raccordement du moyeu à l'arbre lent, éléments du châssis, éléments du pitch system, couronne du Yam Gear, boulons de fixation de la nacelle...) sont vérifiés au bout de 3 mois de fonctionnement puis tous les 3 ans, conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011. Inspection visuelle du mât et, si besoin, nettoyage lors des maintenances préventives annuelles.		

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

Fonction de sécurité	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	N°	11
Mesures de sécurité	Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents. Détection et prévention des vents forts et tempêtes Arrêt automatique et diminution de la prise au vent de l'éolienne (mise en drapeau progressive des pâles) par le système de conduite		
Description	L'éolienne est mise à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale pour laquelle elle a été conçue.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	15 à 60 s suivant le programme de freinage		
Efficacité	100 % (NB : En fonction de l'intensité attendue des vents, d'autres dispositifs de diminution de la prise au vent de l'éolienne peuvent être envisagés)		
Tests	Test des programmes de freinage lors de la mise en service de l'éolienne. Test automatique du système de freinage mécanique et du fonctionnement de chaque système pitch (freinage aérodynamique) lors de la séquence de démarrage de l'éolienne.		
Maintenance	Maintenance préventive du système pitch (les points contrôlés varient suivant le type de maintenance – T1 / T2 / T3 / T4), notamment vérification du câblage et du système de lubrification automatique, graissage des roulements de pitch. Maintenance préventive du frein mécanique (les points contrôlés varient suivant le type de maintenance – T1 / T2 / T3 / T4), notamment inspection visuelle, vérification de l'épaisseur des plaquettes de frein et des capteurs du frein mécanique.		

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

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

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



## 7.7. Conclusion de l'analyse préliminaire des risques

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

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

Nom du scénario exclu	Justification
<i>Incendie de l'éolienne (effets thermiques)</i>	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 <sup>2</sup> n'est pas atteinte. Dans le cas d'un incendie au niveau du mât les effets sont également mineurs et l'arrêté du 26 août 2011 modifié, encadre déjà largement la sécurité des installations. Ces effets ne sont donc pas étudiés dans l'étude détaillée des risques. Néanmoins il peut être redouté que des chutes d'éléments (ou des projections) interviennent lors d'un incendie. Ces effets sont étudiés avec les projections et les chutes d'éléments.
<i>Incendie du poste de livraison ou du transformateur</i>	En cas d'incendie de ces éléments, les effets ressentis à l'extérieur du bâtiment (poste de livraison) seront mineurs ou inexistant du fait notamment de la structure en béton. De plus, la réglementation encadre déjà largement la sécurité de ces installations (l'arrêté du 26 août 2011 modifié et impose le respect des normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200).
<i>Infiltration d'huile dans le sol</i>	En cas d'infiltration d'huiles dans le sol, les volumes de substances libérés dans le sol restent mineurs. Ce scénario ne sera pas détaillé dans le chapitre de l'étude détaillée des risques car aucune implantation n'est présente dans un périmètre de protection rapprochée d'une nappe phréatique.

Tableau 15 : Scénarii exclus de l'étude détaillée

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

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

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

### 8.1. Rappel des définitions

Les règles méthodologiques applicables pour la détermination de l'intensité, de la gravité et de la probabilité des phénomènes dangereux sont précisées dans l'arrêté ministériel du 29 septembre 2005. Cet arrêté ne prévoit de détermination de l'intensité et de la gravité que pour les effets de surpression, de rayonnement thermique et de nuage 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. Celle-ci 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 des paramètres utilisés, en lien avec les références réglementaires correspondantes.

#### 8.1.1. Cinétique

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

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

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

#### 8.1.2. Intensité

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

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

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

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

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

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

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

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

Tableau 16 : Définition de l'intensité issue du guide technique

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

#### 8.1.3. Gravité

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





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

Tableau 17 : Définition des seuils de gravité de l'arrêté du 29 septembre 2005

### 8.1.4. Probabilité

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

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

Tableau 18 : Définition des échelles de probabilité de l'arrêté du 29 septembre 2005

Dans le cadre de l'étude de dangers des projets 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 à la suite de la présence d'un véhicule ou d'une personne au point d'impact (probabilité d'atteinte). En effet, l'arrêté du 29 septembre 2005 impose une évaluation des probabilités de départ uniquement. Cependant, on pourra rappeler que la probabilité qu'un accident sur une personne ou un bien se produise est très largement inférieure à la probabilité de départ de l'événement redouté.

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

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

Avec :

- $P_{\text{ERC}}$  = probabilité que l'événement redouté central (défaillance) se produise = probabilité de départ ;
- $P_{\text{orientation}}$  = probabilité que l'éolienne soit orientée de manière à projeter un élément lors d'une défaillance dans la direction d'un point donné (en fonction des conditions de vent notamment) ;
- $P_{\text{rotation}}$  = probabilité que l'éolienne soit en rotation au moment où l'événement redouté se produit (en fonction de la vitesse du vent notamment) ;
- $P_{\text{atteinte}}$  = probabilité d'atteinte d'un point donné autour de l'éolienne (sachant que l'éolienne est orientée de manière à projeter un élément en direction de ce point et qu'elle est en rotation) ;
- $P_{\text{présence}}$  = probabilité de présence d'un enjeu donné au point d'impact sachant que l'élément est projeté en ce point donné.

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

### 8.1.5. Acceptabilité

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

L'acceptabilité résulte du croisement entre probabilité et gravité de l'accident.

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



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

Légende de la matrice :

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

Tableau 19 : Définition de l'acceptabilité des risques

## 8.2. Caractérisation des scénarii retenus

Toutes les formules employées dans cette partie sont extraites du guide technique INERIS et peuvent être légèrement adaptées pour plus de cohérence.

Dans le cas de l'unité d'alimentation éolienne de la station de recharge ultra-rapide pour véhicules électriques de Plounévez-Moëdec, 3 modèles d'éoliennes sont envisagés (décrits au Chapitre 4). Ces modèles d'éolienne sont de gabarits similaires mais disposent de caractéristiques techniques légèrement différentes. Afin d'être sûr de caractériser les risques de manière maximisante, une éolienne fictive reprenant les caractéristiques maximales des 3 modèles sera retenue pour les calculs et définie ainsi :

Caractéristique	Abréviation	Maximisante	Unités	Machine correspondante
Puissance nominale	P	4500	kW	Vestas V136
Hauteur du mât	H <sub>m</sub>	111,9	m	Nordex N131
Hauteur du moyeu (centre du rotor)	H	114	m	Nordex N131
Diamètre du rotor	D	138,25	m	Enercon E138
Hauteur totale en bout de pale	H <sub>t</sub>	180	m	Vestas V136
Longueur de la pale	R <sub>p</sub>	67,8	m	Enercon E138
Largeur à la base du mât	L	4,68	m	Enercon E138
Largeur maximale de la pale	LB	4,05	m	Vestas V136
Diamètre de la zone de survol	S	140,14	m	Enercon E138

Tableau 20 : Dimensions de l'éolienne fictive à gabarit maximisant

Les paramètres seront ainsi forcément les plus élevés, quel que soit le modèle finalement retenu pour le projet.

### 8.2.1. Effondrement de l'éolienne

#### Zone d'effet

La zone d'effet de l'effondrement d'une éolienne correspond à une surface circulaire de rayon égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale H<sub>t</sub> = 180 m dans le cas de l'unité d'alimentation éolienne de Plounévez-Moëdec.

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

#### Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène d'effondrement de l'éolienne dans le cas du projet d'unité d'alimentation de Plounévez-Moëdec.

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur de l'éolienne en bout de pale, soit 180 mètres)			
Zone d'impact en m <sup>2</sup>	Zone d'effet du phénomène étudié en m <sup>2</sup>	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
Z <sub>i</sub> = H x L + 3 x R x LB/2	Z <sub>E</sub> = π x (H <sub>t</sub> ) <sup>2</sup>	d = Z <sub>i</sub> /Z <sub>E</sub>	Exposition modérée
945	101 788	0,93% (<1%)	

Tableau 21 : Calcul de l'intensité du scénario d'effondrement

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

#### Gravité

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

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

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

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale, soit 180 mètres)						
Éolienne	Occupation du sol		Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)			Gravité
	Nature	Surface	Catégorie	Hypothèse de comptage	Détail	
E1	Champs, bois	9,96 ha	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	1 pers. / 100 ha	0,1 pers.	Modéré
	Routes communales	0,29 ha	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1 pers. / 10 ha	0,029 pers.	
	Eolienne et infra.	0,28 ha			0,028 pers.	

Tableau 22 : Gravité du scénario d'effondrement

### Probabilité

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

Source	Fréquence	Justification
Guide technique pour le zonage basé sur les risques des éoliennes	$4,5 \times 10^{-4}$	Retour d'expérience
Guide technique sur les spécifications des distances minimales	$1,8 \times 10^{-4}$ (effondrement de la nacelle et de la tour)	Retour d'expérience

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

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 11 événements pour plus de 80 000 années d'expérience, soit une probabilité de l'ordre de  $10^{-4}$  par éolienne et par an.

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

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

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

et permettent de réduire significativement la probabilité d'effondrement. Ces mesures de sécurité sont notamment :

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



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

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

### Acceptabilité

Le tableau suivant rappelle, pour l'éolienne de l'unité d'alimentation de Plounévez-Moëdec, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale soit 180 mètres)			
Éolienne	Gravité	Niveau de risque	Acceptabilité
E1	Modéré	Risque très faible	Acceptable

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

Ainsi, pour l'éolienne de l'unité d'alimentation de Plounévez-Moëdec, le phénomène d'effondrement de l'éolienne constitue un risque acceptable pour les personnes.

### 8.2.2. Chute de glace

#### Conditions 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 au moins un jour de formation de glace par an. Certains secteurs du territoire comme les zones côtières affichent des moyennes variant entre 2 et 7 jours de formation de glace par an.

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

## Zone d'effet

Le risque de chute de glace est cantonné à la zone de survol des pales. Pour l'éolienne du projet, la zone d'effet à donc un **diamètre S = 140,14 m**. Cependant, il convient de noter que, lorsque l'éolienne est à l'arrêt, c'est-à-dire lorsque le phénomène de chute de glace peut se produire, les pales n'occupent qu'une faible partie de cette zone.

## Intensité

Pour le phénomène de chute de glace, le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface d'un morceau de glace ( $S_G = 1 \text{ m}^2$  de façon à majorer la zone d'impact et donc le degré d'exposition) et la superficie de la zone d'effet du phénomène (zone de survol).

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute de glace dans le cas du projet d'unité d'alimentation de Plounévez-Moëdec.

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à la zone de survol, soit 70,07 mètres)			
Zone d'impact en $\text{m}^2$	Zone d'effet du phénomène étudié en $\text{m}^2$	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_i = S_G$	$Z_E = \pi \times (S/2)^2$	$d = Z_i/Z_E$	Exposition modérée
1	15 425	0,01% (<1%)	

Tableau 25 : Calcul de l'intensité du scénario de chute de glace

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

## Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir Paragraphe 8.1.3), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute de glace, dans le rayon inférieur ou égal à la zone de survol :

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

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



Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à la zone de survol, soit 70,07 mètres)							
Éolienne	Occupation du sol		Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)			Gravité	
	Nature	Surface	Catégorie	Hypothèse de comptage	Détail		Total
E1	Champs, bois	1,39 ha	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	1 pers. / 100 ha	0,014 pers.	0,04 pers. exposées	Modéré
	Routes communales	0,01 ha	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1 pers. / 10 ha	0,001 pers.		
	Eolienne et infra.	0,27 ha			0,027 pers.		

Tableau 26 : Gravité du scénario de chute de glace

## Probabilité

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

## Acceptabilité

Le tableau suivant rappelle, pour l'éolienne de l'unité d'alimentation de Plounévez-Moëdec, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à la zone de survol, soit 70,07 mètres)			
Éolienne	Gravité	Niveau de risque	Acceptabilité
E1	Modéré	Risque faible	Acceptable

Tableau 27 : Niveau de risque et acceptabilité du scénario chute de glace

Ainsi, pour l'éolienne de l'unité d'alimentation de Plounévez-Moëdec, le phénomène de chute de glace constitue un risque acceptable pour les personnes.

### 8.2.3. Chute d'éléments de l'éolienne

#### Zone d'effet

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

Le risque de chute d'éléments est cantonné à la zone de survol des pales. Pour l'éolienne du projet, la zone d'effet à donc un diamètre  $S = 140,14$  m.

#### 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 dans le cas du projet d'unité d'alimentation de Plounévez-Moëdec.

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la zone de survol, soit 70,07 mètres)			
Zone d'impact en $m^2$	Zone d'effet du phénomène étudié en $m^2$	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = R \times LB/2$	$Z_E = \pi \times (S/2)^2$	$d = Z_I/Z_E$	Exposition modérée
137	15 425	0,089% (<1%)	

Tableau 28 : Calcul de l'intensité du scénario de chute d'éléments de l'éolienne

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

#### Gravité

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

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

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

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la zone de survol, soit 70,07 mètres)						
Éolienne	Occupation du sol		Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)			Gravité
	Nature	Surface	Catégorie	Hypothèse de comptage	Détail Total	
E1	Champs, bois	1,39 ha	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	1 pers. / 100 ha	0,014 pers.	0,04 pers. exposées <b>Modéré</b>
	Routes communales	0,01 ha	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1 pers. / 10 ha	0,001 pers.	
	Eolienne et infra.	0,27 ha			0,027 pers.	

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

#### 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 » (33 chutes et 30 incendies pour plus de 80 000 années d'expérience, soit une probabilité de l'ordre de  $10^{-4}$  événement par éolienne et par an).

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

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

#### Acceptabilité

Le tableau suivant rappelle, pour l'éolienne de l'unité d'alimentation de Plounévez-Moëdec, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la zone de survol, soit 70,07 mètres)			
Éolienne	Gravité	Niveau de risque	Acceptabilité
E1	Modéré	Risque très faible	Acceptable

Tableau 30 : Niveau de risque et acceptabilité du scénario chute d'éléments de l'éolienne

Ainsi, pour l'éolienne de l'unité d'alimentation de Plounévez-Moëdec, le phénomène de chute d'éléments constitue un risque acceptable pour les personnes.

### 8.2.4. Projection de pale ou de fragment de pale

#### Zone d'effet

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

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

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

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

#### Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de pale ou de fragment de pale dans le cas du projet d'unité d'alimentation de Plounévez-Moëdec.

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de l'éolienne)			
Zone d'impact en m <sup>2</sup>	Zone d'effet du phénomène étudié en m <sup>2</sup>	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = R \times LB/2$	$Z_E = \pi \times 500^2$	$d = Z_I/Z_E$	Exposition modérée
137	785 398	0,02% (<1%)	

Tableau 31 : Calcul de l'intensité du scénario de projection de pale ou de fragment de pale

#### Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir Paragraphe 8.1.3), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de projection, dans la zone de 500 m autour de l'éolienne :

- Plus de 1000 personnes exposées → « Désastreux »
- Entre 100 et 1000 personnes exposées → « Catastrophique »
- Entre 10 et 100 personnes exposées → « Important »
- Moins de 10 personnes exposées → « Sérieux »

- Présence humaine exposée inférieure à « une personne » → « Modéré »



Le tableau suivant indique, pour l'éolienne du projet, le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène de projection de pale ou de fragment de pale et la gravité associée :

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de l'éolienne)						
Éolienne	Occupation du sol		Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)			Gravité
	Nature	Surface	Catégorie	Hypothèse de comptage	Détail Total	
E1	Champs, bois	77,25 ha	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	1 pers. / 100 ha	0,77 pers.	1 pers. exposées Sérieux
	Routes communales	1,92 ha			0,192 pers.	
	Bâtiment	0,09 ha	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1 pers. / 10 ha	0,009 pers.	
	Eolienne et infra.	0,29 ha			0,029 pers.	

Tableau 32 : Gravité du scénario de projection de pale ou de fragment de pale

#### Probabilité

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

Source	Fréquence	Justification
Site specific hazard assesment for a wind farm project [4]	$1 \times 10^{-6}$	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

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

Ces valeurs correspondent à une classe de probabilité « B », « C » ou « E ».

Le retour d'expérience français montre également une classe de probabilité « C » (32 événements pour plus de 80 000 années d'expérience, soit une probabilité de l'ordre de  $10^{-4}$  événement par éolienne et par an).

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

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

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

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

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

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

### Acceptabilité

Le tableau suivant rappelle, pour l'éolienne de l'unité d'alimentation de Plounevez-Moëdec, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

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

Tableau 34 : Niveau de risque et acceptabilité du scénario projection de pale ou de fragment de pale

Ainsi, pour l'éolienne de l'unité d'alimentation de Plounevez-Moëdec, le phénomène de projection de pale ou de fragment de pale constitue un risque acceptable pour les personnes.

### 8.2.5. Projection de glace

#### Zone d'effet

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

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

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



Dans le cas de l'éolienne de l'unité d'alimentation de Plounevez-Moëdec, la zone d'effet de la projection de glace correspond à une surface circulaire de rayon égal à  $1,5 \times (H + D) = 1,5 \times (114 + 138,25) = 378,375 \text{ m}$ .

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

#### Intensité

Pour le phénomène de projection de glace, le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface d'un morceau de glace (cas majorant de  $S_G = 1 \text{ m}^2$ ) et la superficie de la zone d'effet du phénomène.

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de glace dans le cas du projet d'unité d'alimentation de Plounevez-Moëdec.

Projection de glace (dans un rayon inférieur ou égal à 378,325 mètres)			
Zone d'impact en $\text{m}^2$	Zone d'effet du phénomène étudié en $\text{m}^2$	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = S_G$	$Z_E = \pi \times (1,5 \times (H+D))^2$	$d = Z_I/Z_E$	Exposition modérée
1	449 774	0,0002% (<1%)	

Tableau 35 : Calcul de l'intensité du scénario de projection de glace

#### Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir Paragraphe 8.1.3), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de projection de glace, dans la zone d'effet de ce phénomène :

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

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

Projection de glace (dans un rayon inférieur ou égal à 378,325 mètres)						
Éolienne	Occupation du sol		Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)			Gravité
	Nature	Surface	Catégorie	Hypothèse de comptage	Détail	
E1	Champs, bois	44,68 ha	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	1 pers. / 100 ha	0,447 pers.	Modéré
	Routes communales	0,91 ha	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1 pers. / 10 ha	0,091 pers.	
	Eolienne et infra.	0,28 ha			0,028 pers.	
					0,57 pers. exposées	

Tableau 36 : Gravité du scénario de projection de glace

### Probabilité

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

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

Une probabilité de type « B » est retenue pour cet événement.

### Acceptabilité

Le tableau suivant rappelle, pour l'éolienne de l'unité d'alimentation de Plounévez-Moëdec, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Projection de glace (dans un rayon inférieur ou égal à 378,325 mètres)				
Éolienne	Gravité	Niveau de risque	Présence de système d'arrêt en cas de détection ou de déduction de glace et de procédure de redémarrage	Acceptabilité
E1	Modéré	Risque très faible	Oui	Acceptable

Tableau 37 : Niveau de risque et acceptabilité du scénario projection de glace

Ainsi, pour l'éolienne de l'unité d'alimentation de Plounévez-Moëdec, le phénomène de projection de glace constitue un risque acceptable pour les personnes.

## 8.3. Synthèse de l'étude détaillée des risques



### 8.3.1. Tableau de synthèse des scénarii étudiés

Le tableau suivant récapitule, pour chaque événement redouté central retenu pour l'éolienne du projet d'unité d'alimentation de Plounévez-Moëdec, les paramètres de risques : la cinétique, l'intensité, la gravité et la probabilité.

Scénario	Zone d'effet (rayon)	Cinétique	Intensité	Gravité	Probabilité	Niveau de risque
Effondrement de l'éolienne	Disque de rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale (180 m)	Rapide	Exposition modérée	Modéré	D	Très faible
Chute de glace	Zone de survol (70,07 m)	Rapide	Exposition modérée	Modéré	A	Faible
Chute d'éléments de l'éolienne	Zone de survol (70,07 m)	Rapide	Exposition modérée	Modéré	C	Très faible
Projection de pale ou de fragment de pale	Disque de rayon 500 m autour de l'éolienne (500 m)	Rapide	Exposition modérée	Sérieux	D	Très faible
Projection de glace	Disque de rayon 1,5 x (H + D) autour de l'éolienne (378,375 m)	Rapide	Exposition modérée	Modéré	B	Très faible

Tableau 38 : Synthèse des scénarii étudiés

### 8.3.2. Synthèse de l'acceptabilité des risques

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

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



## 9. Conclusion

Après description de l'installation et de son environnement, il ressort que les potentiels de dangers de l'unité d'alimentation éolienne de la station de recharge ultra-rapide pour véhicules électriques de Plounévez-Moëdec sont relatifs :

- à des causes externes :
  - présence d'ouvrages (voies de communications) ;
  - risques naturels (vents violents, foudre, mouvements de terrains, tremblements de terres, inondations, givre ou gel).
- à des causes internes liées au fonctionnement de l'installation et aux produits utilisés :
  - chute d'éléments de l'éolienne (boulons, morceaux d'équipements, pale, etc.) ;
  - projection d'éléments (morceaux de pale, brides de fixation, etc.) ;
  - effondrement de tout ou partie de l'éolienne ;
  - échauffement de pièces mécaniques ;
  - court-circuit électrique (éolienne ou poste de livraison).

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

Une analyse préliminaire des risques a été réalisée, basée d'une part sur l'accidentologie permettant d'identifier les accidents les plus courants et d'autre part sur une identification des scénarii d'accidents potentiels.

Cinq scénarii sont ressortis de l'analyse préliminaire et ont fait l'objet d'une étude détaillée des risques :

- Effondrement de l'éolienne
- Chute de glace
- Chute d'éléments de l'éolienne
- Projection de pale ou de fragment de pale
- Projection de glace

Pour chaque scénario d'accident, l'étude a procédé à une analyse systématique des mesures de maîtrise des risques. Ces scénarii regroupent plusieurs causes et séquences d'accident. Une cotation en cinétique, intensité, gravité et probabilité de ces événements permet de caractériser les risques pour toutes les séquences d'accidents. Une recherche d'enjeux humains vulnérables a été réalisée dans les périmètres d'effet de chaque scénario, permettant de repérer les interactions possibles entre les risques et les enjeux. L'analyse de la gravité et de la probabilité permet de classer le risque de chaque scénario selon la matrice de criticité inspirée de la circulaire du 10 mai 2010.

**Après étude détaillée des risques, selon la méthodologie préconisée dans le guide technique, il apparaît que les mesures organisationnelles et les moyens de sécurité mis en œuvre dans le cadre du projet d'unité d'alimentation éolienne de la station de recharge ultra-rapide pour véhicules électriques de Plounévez-Moëdec, permettent de maintenir le risque, pour ces cinq phénomènes étudiés, à un niveau acceptable.**

GRAVITÉ (conséquences sur les personnes exposées au risque)	Classe de Probabilité				
	E Événement possible mais extrêmement peu probable	D Événement très improbable	C Événement improbable	B Événement probable	A Événement courant
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux		Projection de pale			
Modéré		Effondrement de l'éolienne	Chute d'éléments	Projection de glace	Chute de glace

Tableau 39 : Définition des niveaux de risques selon la matrice de criticité de la circulaire du 10 mai 2010

Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée que :

- aucun accident n'apparaît dans les cases rouges de la matrice ;
- l'accident de chute de glace figure en case jaune. Pour cet accident, il convient de souligner que les fonctions de sécurité détaillées dans la partie 7.6 sont mises en place.

### 8.3.3. Cartographie des risques

La carte de synthèse des risques est présentée page suivante pour l'éolienne du projet de Plounévez-Moëdec. Elle fait apparaître, pour les scénarii détaillés dans le tableau de synthèse :

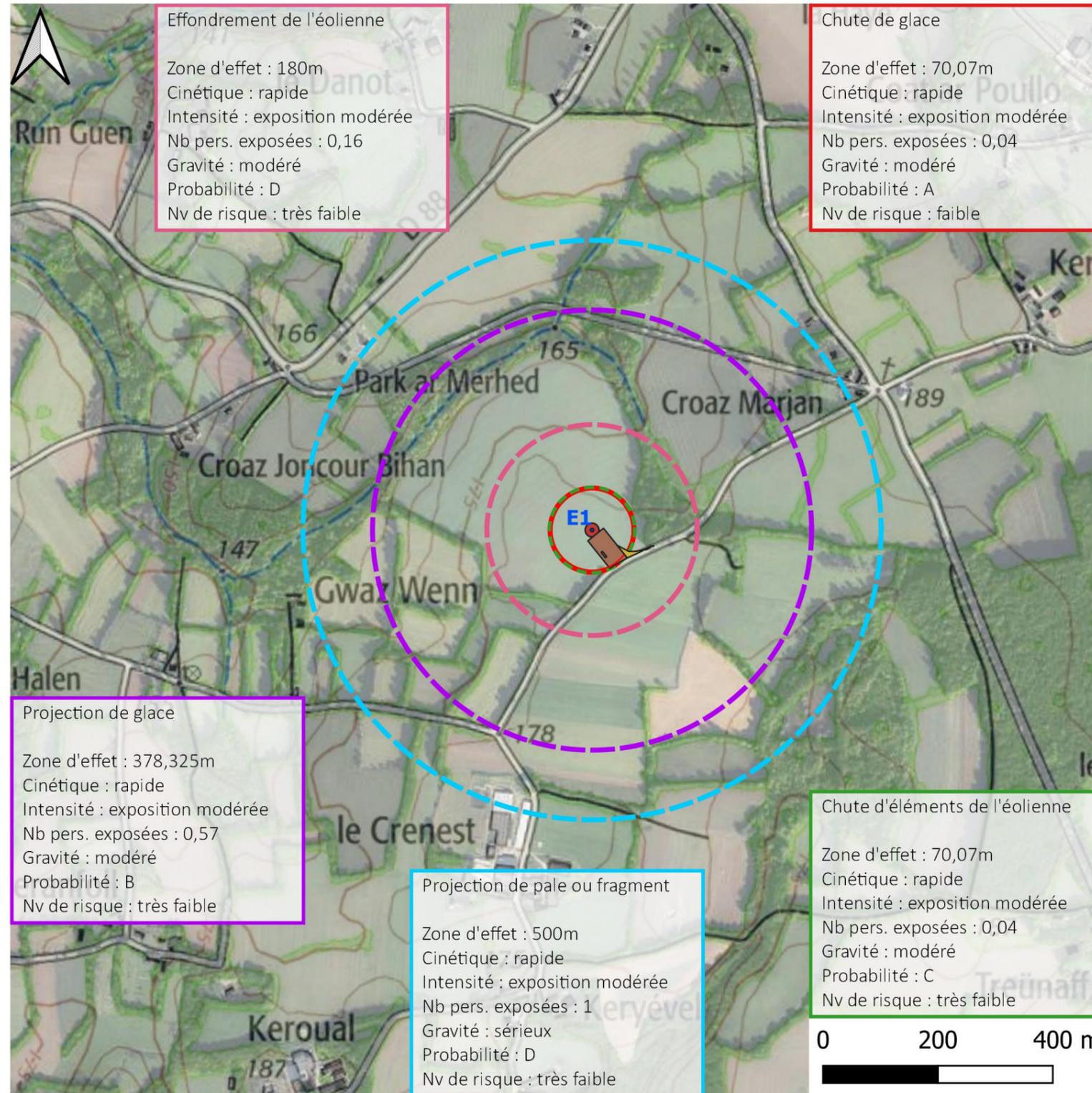
- Les enjeux étudiés dans l'étude détaillée des risques ;
- L'intensité des différents phénomènes dangereux dans les zones d'effets de chaque phénomène dangereux ;
- Le nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) exposées par zone d'effet.



# KallistaEnergy

Projet d'unité d'alimentation éolienne de la station de recharge ultra-rapide pour véhicules électriques de Plounévez-Moëdec

## Carte des risques - E1



### Éléments du projet

- Eolienne
- Poste de livraison (PdL)
- Fondation
- Plateforme
- Zone de survol
- Accès temporaire

### Zones d'effet des scenarii étudiés

- Effondrement de l'éolienne
- Chute de glace
- Chute d'éléments de l'éolienne
- Projection de pale ou fragment de pale
- Projection de glace

Sources : IGN, Kallista Energy

Echelle : 1 / 10 000

Carte 9 : Cartographie de synthèse des risques de l'éolienne du projet

## 10. Annexes

### 10.1. Annexe 1 - Issue du guide technique : Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne

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 (Chapitre 3), de comptabiliser les enjeux humains présents dans les ensembles homogènes (terrains non bâtis, voies de circulation, zones habitées, ERP, zones industrielles, commerces, etc.) 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 (Chapitre 8).

#### Terrains non bâtis

Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, forêts, friches, marais, etc.) : 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, etc.) : compter 1 personne par tranche de 10 hectares.

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

#### Voies de circulation

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

#### 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.

#### Voies de circulation automobiles

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

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

Nombre de personnes exposées sur voies de communication structurantes en fonction du linéaire et du trafic										
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.

#### Logements

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

#### Etablissements recevant du public (ERP)

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

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

Les chiffres précédents peuvent être remplacés par des chiffres issus du retour d'expérience local pour peu qu'ils restent représentatifs du maximum de personnes présentes et que la source du chiffre soit soigneusement justifiée. Une distance d'éloignement de 500 m aux habitations est imposée par la loi. La présence d'habitations ou d'ERP ne se rencontreront peu en pratique.

#### Zones d'activité

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

## 10.2. Annexe 2 – Tableau de l'accidentologie française

Légende NC. : Non communiqué

Le tableau ci-dessous a été établi par le groupe de travail constitué pour la réalisation du guide technique et complété par la suite. Il recense l'ensemble des accidents et incidents connus en France concernant la filière éolienne entre 2000 et 2022. L'analyse de ces données est présentée au Chapitre 6 de l'étude de dangers.



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	nov-00	Port la Nouvelle	Aude	0,5	1993	Non	Le mât d'une éolienne s'est plié lors d'une tempête suite à la perte d'une pale (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	-
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
Maintenance	01/07/2002	Port la Nouvelle – Sigean	Aude	0,66	2000	Oui	Grave électrisation avec brûlures d'un technicien	Lors de mesures pour cartériser la partie haute d'un transformateur 690V/20kV en tension. Le mètre utilisé par la victime, déroulé sur 1,46m, s'est soudainement plié et est entré dans la zone du transformateur, créant un arc électrique.	Rapport du CGM	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Effondrement	28/12/2002	Névian - Grande Garrigue	Aude	0,85	2002	Oui	Effondrement d'une éolienne suite au dysfonctionnement du système de freinage	Tempête + dysfonctionnement du système de freinage	Rapport du CGM. Site Vent de Colère Article de presse (Midi Libre)	-
Rupture de pale	05/11/2003	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pales en bois (avec inserts) sur trois éoliennes. Morceaux de pales disséminés sur 100 m.	Dysfonctionnement du système de freinage	Rapport du CGM. Article de presse (Midi Libre du 15/11/2003)	-
Rupture de pale	2004	Escales-Conilhac	Aude	0,75	2003	Non	Bris de trois pales		Site Vent de Colère	Information peu précise
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 2,5 m à 50m, mat intact	Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage)	Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004)	Incident identique à celui s'étant produit 15 jours auparavant
Rupture de pale + incendie	22/12/2004	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75	2004	Non	Bris des trois pales et début d'incendie sur une éolienne (survitesse de plus de 60 tr/min)	Survitesse due à une maintenance en cours, problème de régulation, et dysfonctionnement du système de freinage	Base de données ARIA. Article de presse (La Tribune du 30/12/2004). Site Vent de Colère	-
Rupture de pale	2005	Wormhout	Nord	0,4	1997	Non	Bris de pale		Site Vent de Colère	Information peu précise
Rupture de pale	08/10/2006	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2004	Non	Chute d'une pale de 20 m pesant 3 tonnes	Allongement des pales et retrait de sécurité (débridage), pas de REX suite aux précédents accidents sur le même parc	Site FED. Articles de presse (Ouest France). Journal FR3	-
Incendie	18/11/2006	Roquetaillade	Aude	0,66	2001	Oui	Acte de malveillance : explosion de bonbonne de gaz au pied de 2 éoliennes. L'une d'entre elles a mis le feu en pieds de mat qui s'est propagé jusqu'à la nacelle.	Malveillance / incendie criminel	Communiqués de presse exploitant Articles de presse (La Dépêche, Midi Libre)	-
Effondrement	03/12/2006	Bondues	Nord	0,08	1993	Non	Sectionnement du mât puis effondrement d'une éolienne dans une zone industrielle	Tempête (vents mesurés à 137Kmh)	Article de presse (La Voix du Nord)	-
Rupture de pale	31/12/2006	Ally	Haute-Loire	1,5	2005	Oui	Chute de pale lors d'un chantier de maintenance visant à remplacer les rotors	Accident faisant suite à une opération de maintenance	Site Vent de Colère	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident pendant la phase chantier)
Rupture de pale	mars-07	Clitourps	Manche	0,66	2005	Oui	Rupture d'un morceau de pale de 4 m et éjection à environ 80 m de distance dans un champ	Cause non éclaircie	Site FED Interne exploitant	-
Chute d'élément	11/10/2007	Plouvien	Finistère	1,3	2007	Non	Chute d'un élément de la nacelle (trappe de visite de 50 cm de diamètre)	Défaut au niveau des charnières de la trappe de visite. Correctif appliqué et retrofit des boulons de charnières effectué sur toutes les machines en exploitation.	Article de presse (Le Télégramme)	-
Emballement	mars-08	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	avr-08	Plouguin	Finistère	2	2004	Non	Léger choc entre l'aile d'un bimoteur Beechcraftch (liaison Ouessant-Brest) et une pale d'éolienne à l'arrêt. Perte d'une pièce de protection au bout d'aile. Mise à l'arrêt de la machine pour inspection.	Mauvaise météo, conditions de vol difficiles (sous le plafond des 1000m imposé par le survol de la zone) et faute de pilotage (altitude trop basse)	Articles de presse (Le Télégramme, Le Post)	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)	-	
Maintenance	26/01/2009	Clastres	Aisne	2,75	2004	Oui	Accident électrique ayant entraîné la brûlure de deux agents de maintenance	Accident électrique (explosion d'un convertisseur)	Base de données ARIA	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)	
Rupture de pale	08/06/2009	Bollène	Vaucluse	2,3	2009	Oui	Bout de pale d'une éolienne ouvert	Coup de foudre sur la pale	Interne exploitant	Non utilisable dans les chutes ou les projections (la pale est restée accrochée)	
Incendie	21/10/2009	Froidfond - Espinassière	Vendée	2	2006	Oui	Incendie de la nacelle	Court-circuit dans transformateur sec embarqué en nacelle ?	Article de presse (Ouest-France) Communiqué de presse exploitant Site FED	-	
Incendie	30/10/2009	Freysenet	Ardèche	2	2005	Oui	Incendie de la nacelle	Court-circuit faisant suite à une opération de maintenance (problème sur une armoire électrique)	Base de données ARIA Site FED Article de presse (Le Dauphiné)	-	
Maintenance	20/04/2010	Toufflers	Nord	0,15	1993	Non	Décès d'un technicien au cours d'une opération de maintenance	Crise cardiaque	Article de presse (La Voix du Nord 20/04/2010)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)	
Effondrement	30/05/2010	Port la Nouvelle	Aude	0,2	1991	Non	Effondrement d'une éolienne	Le rotor avait été endommagé par l'effet d'une survitesse. La dernière pale (entière) a pris le vent créant un balourd. Le sommet de la tour a plié et est venu buter contre la base entraînant la chute de l'ensemble.	Interne exploitant	-	
Incendie	19/09/2010	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75	2004	Non	Emballement de deux éoliennes et incendie des nacelles.	Maintenance en cours, problème de régulation, freinage impossible, évacuation du personnel, survitesse de +/- 60 tr/min	Articles de presse Communiqué de presse SER-FEE	-	
Maintenance	15/12/2010	Pouillé-les-Côteaux	Loire Atlantique	2,3	2010	Oui	Chute de 3 m d'un technicien de maintenance à l'intérieur de l'éolienne. L'homme de 22 ans a été secouru par le GRIMP de Nantes. Aucune fracture ni blessure grave.		Interne SER-FEE	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)	
Transport	31/05/2011	Mesvres	Saône-et-Loire	-	-	-	Collision entre un train régional et un convoi exceptionnel transportant une pale d'éolienne, au niveau d'un passage à niveau  Aucun blessé		Article de presse (Le Bien Public 01/06/2011)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident de transport hors site éolien)	
Rupture de pale	14/12/2011	Non communiqué	N.c.	2,5	2003	Oui	Pale endommagée par la foudre. Fragments retrouvés par l'exploitant agricole à une distance n'excédant pas 300 m.	Foudre	Interne exploitant	Information peu précise sur la distance d'effet	
Incendie	03/01/2012	Non communiqué	N.c.	2,3	2006	Oui	Départ de feu en pied de tour. Acte de vandalisme : la porte de l'éolienne a été découpée pour y introduire des pneus et de l'huile que l'on a essayé d'incendier. Le feu ne s'est pas propagé, dégâts très limités et restreints au pied de la tour.	Malveillance / incendie criminel	Interne exploitant	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (pas de propagation de l'incendie)	
Rupture de pale	05/01/2012	Widehem	N.c.	0,75	2000	Non	Bris de pales, dont des fragments ont été projetés jusqu'à 380 m.  Aucun blessé et aucun dégât matériel (en dehors de l'éolienne).	Tempête + panne d'électricité	Article de presse (La Voix du Nord 06/01/2012) Vidéo DailyMotion Interne exploitant	-	
Maintenance	06/02/2012	Lehaucourt	Ainse	N.c.	N.c.	N.c.	au cours d'une opération de maintenance dans la nacelle d'une éolienne de 100 m de hauteur, un arc électrique (690 V) blesse deux sous-traitants, l'un gravement (brûlures aux mains et au visage) et l'autre légèrement (brûlures aux mains). Les victimes portaient leurs EPI lors des faits. Un accident similaire s'était produit en 2009 (ARIA 35814).	Non communiqué	Aria	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)	
Rupture de pale	11/04/2012	SIGEAN	Aude	N.c.	N.c.	N.c.	Une éolienne se met en arrêt automatique suite à l'apparition d'un défaut à 10 h. Des agents de maintenance la réarment à 12h14. Un défaut de vibration apparaît 11 minutes plus tard. Sur place, les techniciens constatent la présence d'un impact sur le mât et la projection à 20 m d'un débris de pale long de 15 m.	foudre	Aria		
Chute de pale	18/05/2012	Chemin d'Ablis	Eure-et-Loir	52	2008	Oui	Chute d'une pale au pied d'une éolienne en plein champ	Corrosion	Aria	-	
Effondrement	30/05/2012	PORT-LA-NOUVELLE	Aude	0,2	1991	Non	Les rafales de vent à 130 km/h observées durant la nuit ont provoqué l'effondrement de la tour en treillis de 30 m de haut. Construit en 1991, l'aérogénérateur de 200 kW faisait partie des premières installations de ce type en	Tempête	Aria		



							France. Il était à l'arrêt pour réparations au moment des faits. Le site, ouvert au public, est sécurisé.		
Projection d'élément	01/11/2012	VIEILLESPESE	Cantal	2,5	2011	N.c.	Un élément de 400 g constitutif d'une pale d'éolienne est projeté à 70 m du mât, à l'intérieur de la parcelle clôturée du parc de 4 aérogénérateurs de 2,5 MW mis en service en 2011.	Non communiqué	Aria
Incendie	05/11/2012	SIGEAN	Aude	0,66	N.c.	N.c.	Le feu s'est déclaré dans l'armoire électrique en pied d'éolienne. Un dysfonctionnement de disjoncteur situé sur l'éolienne a entraîné la propagation de courants de court-circuit faisant fondre les câbles et entraînant un départ d'incendie dans la nacelle. Un dysfonctionnement du frein de l'éolienne à la suite de la perte des dispositifs de pilotage résultant de l'incendie en pied pourrait avoir agi comme circonstance aggravante.	défaillance électrique	Aria
Chute de pale	06/03/2013	CONILHAC-DE-LA-MONTAGNE	Aude	N.c.	N.c.	N.c.	A la suite d'un défaut de vibration détecté à 19h05, une éolienne se met automatiquement à l'arrêt. Sur place le lendemain à 9 h, des techniciens du constructeur trouvent au sol l'une des 3 pales qui s'est décrochée avant de percuter le mât. L'éolienne est mise en sécurité (2 pales restantes mises en drapeau, blocage du rotor, inspection du moyeu). Un périmètre de sécurité de 30 m est établi au pied de l'éolienne et la municipalité interdit l'accès à la zone. L'accident est déclaré à l'inspection des installations classées 48 h plus tard. L'une des pales de cette éolienne avait déjà connu un problème de fixation en novembre 2011. Les fixations de cette pale au moyeu avaient été remplacées et le serrage des vis des 2 autres avait été contrôlé en avril 2012. La veille du défaut de vibration, la machine s'était arrêtée après la détection d'un échauffement du frein et d'une vitesse de rotation excessive de la génératrice. Un technicien l'avait remise en service le matin même de l'accident sans avoir constaté de défaut.	Non communiqué	Aria
Incendie	17/03/2013	EUVY	Marne	N.c.	2011	N.c.	Des usagers de la N4 signalent vers 15h30 un feu dans la nacelle d'une éolienne. L'exploitant arrête 7 des 18 aérogénérateurs du parc. Un périmètre de sécurité de 150 m est mis en place. Le sinistre émet une importante fumée. Une des pales tombe au sol, une autre menace de tomber. Des pompiers spécialisés dans l'intervention en milieu périlleux éteignent le feu en 1 h. 450 l d'huile de boîte de vitesse s'écoulent, conduisant l'exploitant à faire réaliser une étude de pollution des sols. Le parc, mis en service en 2011, avait déjà connu un incendie quelques mois plus tôt selon la presse.	défaillance électrique	Aria
Déchirure de pale	20/06/2013	LABASTIDE-SUR-BESORGUES	Ardèche	N.c.	N.c.	N.c.	Un impact de foudre endommage vers 15h30 une éolienne : une pale est déchirée sur 6 m de longueur, le boîtier basse tension et le parafoudre en tête d'installation au poste de livraison sont détruits. Des installations du réseau électrique et téléphonique sont également endommagées.	foudre	Aria
Maintenance	01/07/2013	CAMBON-ET-SALVERGUES	Hérault	N.c.	N.c.	N.c.	un opérateur est blessé par la projection d'une partie amovible de l'équipement sur lequel il intervient. L'intervention porte sur l'appoint en azote d'un accumulateur sous pression. Suite à cet accident l'exploitant modifie ses procédures de maintenance et renforce la formation des techniciens sur les aspects risques. Pour l'heure, il suspend les opérations de remplissage des accumulateurs dans les hubs d'éolienne et fait réaliser cette opération en atelier. Une modification des accumulateurs est également envisagée pour utiliser des modèles avec vanne intégrée.	défaillances organisationnelles	Aria
Perte d'huile	03/08/2013	MOREAC	Morbihan	N.c.	N.c.	N.c.	Une nacelle élévatrice utilisée pour une intervention de maintenance sur une éolienne perd 270 l d'huile hydraulique. Le produit pollue le sol sur 80 m <sup>2</sup> . 25 t de terres polluées sont excavées et envoyées en filière spécialisée.	incident de maintenance	Aria
Incendie	09/01/2014	ANTHENY	Ardennes	N.c.	N.c.	N.c.	incendie de la nacelle (rotor intact)	incident électrique	Aria
Chute de pale	20/01/2014	Sigean	Aude	N.c.	N.c.	N.c.	Arrêt automatique à la suite d'un défaut « vibration ». Chute d'une pale de 20 m au pied du mât	Non communiqué	Aria
Chute de pale	14/11/2014	SAINT-CIRGUES-EN-MONTAGNE	Ardèche	N.c.	N.c.	N.c.	La pale d'une éolienne chute vers 15h10 lors d'un orage. Des rafales de vent atteignent les 130 km/h. L'élément principal chute au pied de l'éolienne, mais certains débris sont projetés à 150 m. Les secours établissent un périmètre de sécurité et ferment la voie d'accès. L'exploitant sécurise la pale endommagée et bloque la rotation de la nacelle. L'installation est expertisée et les 8 autres éoliennes du parc sont inspectées.	Tempête	Aria
Chute de pale	05/12/2014	FITOU	Aude	N.c.	N.c.	N.c.	A leur arrivée dans un parc éolien, des techniciens de maintenance constatent que l'extrémité d'une pale d'éolienne est au sol. Il s'agit d'une des 2 parties de l'aérofrein de la pale. Cette partie, en fibre de verre, mesure 3 m de long. Elle est retrouvée à 80 m du mât. La seconde partie de l'aérofrein constitue sa partie mécanique interne. Ces éléments-là sont encore en place sur la pale. L'éolienne est arrêtée et mise en sécurité, la pale endommagée vers le bas. L'exploitant effectue une inspection visuelle des pales des 8 autres éoliennes du parc. En première approche, l'exploitant attribue l'incident à une défaillance matérielle ou à un décollement sur les plaques en fibre de verre. Les morceaux récupérés au sol sont envoyés au centre de maintenance de l'exploitant pour expertise.	Non communiqué	Aria



Incendie	29/01/2015	REMIGNY	Aines	N.c.	N.c.	Oui	A 6h25 un feu se déclare dans une éolienne. Celle-ci est automatiquement mise à l'arrêt sur alarme du détecteur de fumée. Sur place à 7h30, des employés constatent la présence de flammes et de fumée. Ils alertent les pompiers. A cause des fumées, ces derniers ne parviennent pas à approcher de la source de l'incendie. Ils doivent attendre leur dissipation. A 9h20 ils réussissent à progresser dans l'éolienne et éteignent l'incendie. Les dommages matériels sont estimés à 150 k€. Les 1 500 l d'eau utilisés pour le nettoyage sont pompés. Un défaut d'isolation au niveau des connexions des conducteurs de puissance serait à l'origine du sinistre. Le câble mis en cause assure la jonction entre la base et le haut de la tour. Ce défaut aurait provoqué un arc électrique entre 2 phases ce qui aurait initié l'incendie. L'éolienne n'était pas encore en exploitation, mais en phase de test. L'exploitant prévoit de tester la qualité de l'isolation de tous les câbles de puissance avant la mise en service. Il prévoit également de réaliser des mesures thermiques sur tous les câbles de puissance à 80% de leur charge nominale.	Incident électrique	Aria
Incendie	06/02/2015	LUSSERAY	Deux-Sèvres	N.c.	N.c.	N.c.	Vers 15h30, un feu se déclare dans une éolienne, au niveau d'une armoire électrique où interviennent 2 techniciens. Ces derniers éteignent l'incendie avec 2 extincteurs. L'éolienne est hors service le temps des réparations.	Incident électrique	Aria
Chute de pale	05/04/2015	ROQUETAILLADE	Aude	N.c.	N.c.	N.c.	Vers 1h24, une alarme due à un défaut vibratoire est remontée. L'éolienne s'arrête automatiquement. Lors du déplacement des techniciens sur site vers 12h17, ils constatent la présence d'une pale au sol en pied de tour, les 2 autres pales étant toujours solidaires du moyeu. L'éolienne est mise en sécurité (impossibilité de redémarrage à distance et mise en drapeau des pales afin qu'il n'y ait pas de prise au vent). Un périmètre de sécurité d'environ 100 m autour de l'éolienne est mis en place et la municipalité interdit l'accès à la zone. Au vu de l'historique accidentel sur ce parc éolien (ARIA 43576), l'inspection des installations classées demande l'arrêt immédiat des 4 éoliennes de même technologies du parc. Les 2 autres pales sont inspectées sans qu'il ne soit relevé de défaut. La pale est évacuée 2 jours plus tard.	L'exploitant contrôle le couple de serrage de l'ensemble des vis de fixation des pales au moyeu des 4 éoliennes de même technologie. La grande majorité des vis sont en mauvais état (déformation, rouille, usure,...).	Aria
Incendie	24/08/2015	SANTILLY	Eure-et-Loir	N.c.	N.c.	N.c.	Un feu se déclare vers 13h30 sur le moteur d'une éolienne situé à 90 m de hauteur. La nacelle étant trop haute pour la grande échelle des pompiers, ces derniers décident de laisser brûler le foyer sous surveillance. Les chemins menant à l'éolienne sont interdits à la circulation.	Non communiqué	Aria
Chute des pales et du rotor	10/11/2015	MENIL-LA-HORGNE	Meuse	N.c.	N.c.	N.c.	Vers 22h30, les 3 pales et le rotor d'une éolienne, dont la nacelle se situe à 85 m de haut, chutent au sol. Le transformateur électrique, à son pied, est endommagé. De l'huile s'en écoule mais reste confinée dans la rétention. Le centre de supervision à distance du parc constate la perte de communication avec l'éolienne. Il la découple du réseau. Le lendemain, les agents de maintenance constatent sur place la rupture du rotor. Ils sécurisent la zone. Les 6 autres éoliennes du parc sont mises à l'arrêt. Les débris, disséminés sur 4000 m², sont ramassés. Au total 54 éoliennes du même modèle sont installées en France. Les services du ministère du développement durable demandent au fabricant d'établir un programme de contrôle adapté. A la suite des contrôles effectués sur les autres arbres lents du même parc d'éolienne, 2 d'entre eux sont remplacés.	Selon l'exploitant, les premières constatations indiqueraient une défaillance de l'arbre lent, qui assure la jonction entre le rotor et la multiplicatrice. Elle trouverait son origine dans un défaut de fabrication de la pièce. Une non-conformité dans le processus de moulage de cette pièce de fonderie en acier est suspectée. Un défaut métallurgique, de type inclusion de laitier, aurait fragilisé la pièce et conduit à sa rupture par fatigue. Les contrôles réalisés sur les autres éoliennes du parc ont mis en évidence que ce type de défaut était présent sur un des autres arbres lents, au même niveau que celui accidenté.	Aria
Rupture de l'aérofrein d'une pale et chute d'élément	07/02/2016	CONILHAC-CORBIERES	Aude	N.c.	N.c.	N.c.	Vers 11h30, l'aérofrein d'une des 3 pales d'une éolienne se rompt et chute au sol. L'exploitant procède à l'arrêt de l'ensemble du parc éolien à distance. Les secours sécurisent les lieux.	Les premières investigations indiqueraient qu'un point d'attache du système mécanique de commande de l'aérofrein (système à câble) se serait rompu, ce qui aurait actionné l'ouverture de l'aérofrein. Du fait des fortes charges présentes sur le rotor, l'axe en carbone qui maintient l'aérofrein à la pale et/ou le point d'ancrage de cet axe, se serait alors rompu. Une campagne de contrôle des pales, aérofreins et de la chaîne de sécurité de chaque éolienne est réalisée.	Aria
Chute des pales	08/02/2016	DINEAULT	Finistère	0,3	1999	non	Lors d'une tempête, des vents à 160 km/h endommagent une éolienne : une pale chute au sol, une autre se déchire. La pale rompue est retrouvée à 40 m du pied du mat. Dans les 2 cas, les manchons des pales sont restés arrimés au moyeu. L'exploitant met en sécurité les 4 éoliennes du parc. Les secours établissent un périmètre de sécurité de 350 m.	Tempête	Aria
Chute des pales	07/03/2016	CALANHEL	Côtes d'Armor	0,8	N.c.	N.c.	Vers 18 h, une des pales d'une éolienne se rompt et chute à 5 m du pied du mât. La turbine s'arrête automatiquement. L'exploitant est alerté par un agriculteur. Un intervenant se rend sur place et constate les dégâts. Le mât est endommagé dans sa partie haute, causé par un choc avec la pale, sans présenter de risque de chute. Il balise la zone pour prévenir des chutes possibles d'éléments du rotor. 8 autres turbines du parc sont mises à l'arrêt. Les 2 dernières, ayant fait l'objet d'une révision intégrale récente, sont maintenues en fonctionnement.	A l'origine, une rupture du système d'orientation.	Aria



							Le lendemain, le site est sécurisé. La pale est déplacée, en dehors de la zone de culture. Les gros débris composés de matériaux composites et d'éléments mécaniques métalliques, projetés sur 50 m, sont regroupés pour expertise. La totalité des 54 billes de roulement est récupérée. Les débris de petite taille ne pouvant être retirés intégralement, les exploitants des parcelles agricoles concernées sont informés. La zone d'entreposage est balisée.	L'inspection des éléments mécaniques au sol et du rotor permet d'envisager une défaillance du système d'orientation de la pale. Celle-ci aurait entraîné la rupture de la couronne extérieure du roulement à bille puis la libération de la couronne intérieure solidaire de la pale. L'éolienne avait fait l'objet d'une maintenance complète en septembre 2015. Son roulement ne présentait pas d'usure anormale. Cependant, une série d'alarmes était survenue le matin de l'événement. Une panne sur un groupe hydraulique avait nécessité l'intervention des équipes de maintenance. Après réparation, l'éolienne avait été redémarrée vers 14 h.		
								L'exploitant prend les mesures immédiates suivantes : démantèlement de l'éolienne impactée ; réalisation d'un protocole de contrôle, par le fabricant, du roulement et de la boulonnerie de toutes les pales avant redémarrage des unités arrêtées ; inhibition du réarmement automatique de la turbine sur apparition d'une alarme de dysfonctionnement du système d'orientation des pales ; limitation de la puissance produite à 650 kW (au lieu de 800 kW) pour une période d'observation de 7 jours.		
Perte d'huile	28/05/2016	JANVILLE	Eure-et-Loir	N.c.	N.c.	N.c.	À 15h15, un employé constate un écoulement d'huile sous la nacelle d'une éolienne. Il arrête celle-ci et contacte l'équipe de maintenance. Arrivés à 17 h, les agents mettent en place des absorbants. L'écoulement d'huile est récupéré avant d'avoir atteint le sol.	La défaillance d'un raccord sur le circuit de refroidissement de l'huile de la boîte de vitesse de l'éolienne est à l'origine de la fuite. L'installation est réparée 2 jours plus tard.	Aria	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (pas de propagation de l'huile)
Incendie	10/08/2016	HESCAMPS	Somme	1	2008	N.c.	Vers 15 h, un feu se déclare dans la partie haute d'une éolienne, au niveau du rotor. Un technicien maîtrise l'incendie avant l'arrivée des pompiers. Il redescend seul les 70 m de l'échelle intérieure de l'éolienne. Il est légèrement intoxiqué par les fumées. Les pompiers contrôlent l'extinction complète et procèdent à la ventilation.	Une défaillance électrique serait à l'origine du départ de feu.	Aria	
Incendie	18/08/2016	DARGIES	Oise	2	2014	N.c.	Un technicien de maintenance d'un parc éolien constate vers 9 h qu'une éolienne ne tourne plus. Il découvre que de la fumée s'échappe de la tête de l'aérogénérateur, à 80 m de haut. Des pompiers spécialisés dans les interventions en milieux périlleux effectuent une reconnaissance en partie haute de la machine. Ils ouvrent une trappe de ventilation.	Une défaillance électrique serait à l'origine de l'incendie. L'armoire électrique ou le pupitre de commande en serait le point de départ.	Aria	
Maintance	14/09/2016	LES GRANDES-CHAPELLES	Aube	N.c.	N.c.	N.c.	Vers 15 h, un employé est électrisé alors qu'il intervient dans le nez d'une éolienne. Les pompiers spécialisés dans les interventions en hauteur évacuent la victime consciente.	Non communiqué	Aria	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	Nord	N.c.	N.c.	N.c.	Une fissure de 6,5 m de long est constatée sur une pale d'une éolienne. L'exploitant arrête l'installation. Le constructeur de l'éolienne expertise la pale. Le dommage est situé sur l'habillage de la pale et n'affecte pas la partie structurelle. Selon le constructeur, ce défaut est réparable et ne nécessite pas le remplacement de l'intégralité de la pale. Si les conditions climatiques le permettent, une intervention sans dépose de la pale sera privilégiée. Selon le constructeur, le défaut est un cas isolé et ne présente pas de caractère générique.	Non communiqué	Aria	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (événement unique et sans répercussion sur les personnes)
Rupture des pales d'une éolienne	12/01/2017	TUCHAN	Aude	0,6	2002	N.c.	Vers 4 h, au cours d'un épisode de vents violents, les 3 pales d'une éolienne chutent au sol. L'exploitant collecte les morceaux de fibre de carbone répartis autour du 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 induite une contrainte importante en flexion sur la partie arrière, à l'entrée dans le multiplicateur, provoquant sa rupture. Aucune faiblesse n'est identifiée dans la structure de la matière de l'arbre. Les contrôles réalisés sur les autres installations de son parc ne détectent pas d'anomalie.	Aria	
Chute d'une pale d'une éolienne	18/01/2017	NURLU	Somme	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. 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 27m.	Selon la presse, la tempête survenue quelques jours auparavant pourrait être à l'origine de la chute.	Aria	
Rupture d'une pale	27/02/2017	LAVALLEE	Meuse	2	2011	N.c.	Lors d'un orage, la pointe d'une pale d'éolienne se rompt. L'extrémité, de 7 à 10 m, est retrouvée au sol, en 3 morceaux, à 200 m de l'éolienne. L'ensemble du parc éolien, qui compte 4 éoliennes de 2 MW et 80 m de haut, est mis à l'arrêt. Les débris sont ramassés et traités par une société spécialisée, pour expertise.	Déclenchement d'un violent orage qui, malgré la mise à l'arrêt de la machine, a entraîné la rupture de l'extrémité d'une pale.	Aria	



							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 a été mis en service en février 2011.			
Rupture d'une pale et chute de morceaux de pale	27/02/2017	TRAYES	Deux-Sèvres	N.c	N.c	N.c	Vers 22 h, le système d'exploitation d'un parc éolien émet des alarmes portant sur l'éolienne n°4 : mise à l'arrêt de l'éolienne et incohérence entre les vitesses de rotation du rotor et de l'arbre de la génératrice électrique. Le lendemain matin, l'exploitant constate sur place que les 7 derniers mètres d'une pale de 44 m, se sont désolidarisés. Plusieurs fragments de la pale sont projetés jusqu'à 150 m du mât, haut lui-même de 78 m. L'exploitant place les 5 éoliennes en position de sécurité et initie des expertises. Il collecte les débris et sécurise le site.	L'exploitant envisage les facteurs suivants, seuls ou combinés, comme cause du bris de pale : défaut au niveau du bord d'attaque de la pale ; impact de la foudre ; fortes rafales de vent. À l'issue des contrôles sur les 4 autres éoliennes du parc, 2 d'entre elles sont remises en service. Des défauts sont découverts sur les 2 autres : les plans de collages entre la poutre structurelle interne (le spar) et les demi-coques aérodynamiques (blade 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.	Aria	
Incendie	06/06/2017	ALLONNES	Eure-et-Loir	N.c	2014	N.c	Vers 18 h, un feu se déclare dans la nacelle d'une éolienne. 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.	Aria	
Chute d'une pale d'éolienne due à la foudre	08/06/2017	AUSSAC-VADALLE	Charente	N.c	2010	N.c	Durant la nuit lors d'un orage, une partie d'une pale d'une éolienne chute au sol. Le lendemain matin, l'exploitant arrête les 4 éoliennes de son parc. Il collecte les débris tombés dans une zone de 50 à 100 m du mât et met en place un balisage. Il avertit l'exploitant agricole propriétaire du champ où est installée l'éolienne.	L'expertise réalisée par le fabricant de la pale conclut qu'un impact de foudre est à l'origine de sa rupture. Survenu à 35 cm de l'extrémité, il a entraîné la rupture du bord de fuite, puis une déchirure du fragment. Le dispositif de protection contre la foudre ne montre pas de défaut.	Aria	
Chute d'une pale d'éolienne	24/06/2017	CONCHY-SUR-CANCHE	Pas-de-Calais	N.c	N.c	N.c	Vers 23h30, une pale d'une éolienne se brise au niveau de sa jonction avec le rotor dans un parc éolien. La pale chute à la verticale, au pied du mât. Les quelques débris projetés sont présents dans un rayon de 20 m. 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.	Non communiqué	Aria	
Chute d'un aérofrein d'une éolienne	17/07/2017	FECAMP	Seine-Maritime	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.	Aria	
Perte d'huile	24/07/2017	MAURON	Morbihan	N.c.	N.c.	N.c.	Une fuite d'huile est détectée vers 17 h sur une éolienne. 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 <sup>2</sup> en réalisant 7 sondages du sol. Seule une zone de pollution de 2 m <sup>2</sup> sur 10 cm de profondeur est identifiée au pied du mât. Une société de traitement évacue ces graviers impactés.	La rupture d'un flexible du circuit hydraulique du à sa vétusté de l'aérogénérateur en est à l'origine.	Aria	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (pas de propagation de l'huile)
Bris d'une pale d'éolienne	05/08/2017	PRIEZ	Aisne	N.c	N.c	N.c	Vers 3 h une pale d'éolienne se brise en son milieu et tombe au sol. Les débris sont retrouvés par l'exploitant au pied du mât le matin. Il en sécurise l'accès et fait surveiller la zone. L'inspection des installations classées demande la mise à l'arrêt de tous les aérogénérateurs du parc dans l'attente de la compréhension de l'événement.	Non communiqué	Aria	



Chute du carénage d'une éolienne	08/11/2017	ROMAN	Eure	N.c	N.c	N.c	En fin d'après-midi, le carénage de la pointe de la nacelle d'une éolienne tombe au sol dans un parc éolien. Cette pièce, en matériaux composites, mesure 2 m de diamètre et pèse plusieurs dizaines de kg. Elle supporte une armoire électrique. Les agents de maintenance, avertis par une alarme "arrêt automatique turbine" à 17h30, se rendent sur place le lendemain matin. Ils sécurisent l'accès à la zone et préviennent l'exploitant agricole de la parcelle. L'ensemble du parc éolien est mis à l'arrêt.	L'exploitant conclut que la chute du carénage est due à un défaut d'assemblage de ses boulonnages. La procédure n'aurait pas été respectée lors du montage des turbines. La tête de chaque boulon doit reposer sur 2 rondelles (l'une en vinyle, l'autre métallique) permettant de répartir les efforts. Il s'avère que les rondelles métalliques étaient absentes. Les contraintes étaient donc mal réparties et la fibre de verre s'est arrachée autour des rondelles vinyles. 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.	Aria	
Chute d'une éolienne lors d'une tempête	01/01/2018	BOUIN	Vendée	2,5	2003	N.c.	En début de matinée lors d'une tempête, le mât d'une éolienne de 60 m de haut se brise en 2. Les 55 m supérieurs de l'éolienne chutent au sol. Des débris s'éparpillent sur une surface assez importante. Le rotor est enfoncé dans le sol. Les pompiers mettent en place un périmètre de sécurité. L'exploitant arrête les 7 autres éoliennes du parc et met en place un gardiennage.	L'exploitant réalise une expertise de l'éolienne mise en service en 2003, conjointement avec son fabricant. 3 jours avant l'accident, alors que le vent souffle à plus de 40 m/s, le contrôle de l'orientation des 3 pales de l'éolienne est perdu. Le système de contrôle des pales stoppe 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.	Aria	
Chute d'une pale d'éolienne	04/01/2018	NIXEVILLE-BLERCOURT	Meuse	2	N.c.	N.c.	Dans un parc éolien, l'extrémité d'une pale d'une éolienne de 2 MW se rompt lors d'un épisode venteux. Un morceau de 20 m chute au sol. L'exploitant sécurise la zone. Les morceaux les plus éloignés sont ramassés à 200 m. Un gardiennage est mis en place 24 h/24.	Episode venteux	Aria	
Chute de l'aérofrein d'une pale d'éolienne	06/02/2018	CONILHAC-CORBIERES	Aude	N.c.	N.c.	N.c.	Vers 11h30, l'aérofrein d'une pale d'éolienne chute au sol dans un parc éolien. L'équipe technique présente sur site arrête l'aérogénérateur. La zone est sécurisée, les débris ramassés.	À la suite d'un défaut sur l'électronique de puissance, l'éolienne est passée en arrêt automatique par sollicitation du freinage aérodynamique. Lors de l'ouverture de l'aérofrein en bout de pale, son axe de fixation en carbone s'est rompu provoquant sa chute. Un accident similaire est survenu sur ce parc 2 ans auparavant.	Aria	
Incendie	01/06/2018	MARSANNE	Drôme	N.c.	N.c.	N.c.	Vers 2h30, un feu se déclare au pied d'une éolienne dans un parc composé de 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€.	Aria	
Incendie	05/06/2018	AUMELAS	Hérault	N.c.	N.c.	N.c.	Un feu se déclare vers 18h45 dans la nacelle d'une éolienne de 70 m de haut. 10 minutes plus tard, l'exploitant 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 <sup>2</sup> 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.	Aria	
Chute des extrémités de deux pales d'une éolienne	04/07/2018	PORT-LA-NOUVELLE	Aude	N.c.	N.c.	N.c.	Vers 18 h, une avarie est constatée sur 2 des pales d'une éolienne : leurs extrémités se sont disloquées. Des éléments ont été projetés à 150 m du mât après s'être décrochées. L'exploitant met en place un périmètre de sécurité. L'aérogénérateur est mis en position de sécurité. Un gardiennage permanent est mis en œuvre le temps de l'évacuation de tous les débris (jusqu'au 08/07 20 h).	Non communiqué	Aria	



Incendie	28/09/2018	SAUVETERRE	Tarn	N.c.	N.c.	N.c.	Un incendie s'est déclaré au parc éolien situé près du col de Salettes à la limite des départements du Tarn, de l'Aude et de l'Hérault. Dans cette zone difficile d'accès et fortement boisée, les sapeurs-pompiers ont rapidement engagé de nombreux moyens ainsi qu'une cinquantaine de soldats du feu venus des centres de secours de Labastide-Rouairoux, Mazamet, Castres, Labruguière, Brassac, Sorèze, de l'Aude, de l'Hérault et du PC mobile de Saint-Juéry. Près de trois hectares ont été détruits mais plusieurs sapeurs-pompiers équipés de quatre véhicules étaient toujours sur place en fin d'après-midi et prévoient d'y rester toute la nuit afin d'éviter tout redépart de feu.	Selon les premières constatations effectuées par les gendarmes du PSIG de Saint-Amans, de la BR de Castres et de l'identification criminelle, un problème électrique dans le moteur d'une des éoliennes perché à 70 mètres de hauteur aurait provoqué cet incendie.	Article de presse (La Dépêche du 28/09/2018)	
Perte d'huile	17/10/2018	FLERS-SUR-NOYE	Somme	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. 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 de 2 000 m². 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.	Aria	
Effondrement d'une éolienne	6-7/11/2018	LA MARDELLE	Loiret	3	2010	N.c.	Vers 6 h, une éolienne, de 140 m de haut en bout de pale, s'effondre dans un parc éolien composé de 2 aérogénérateurs (3 MW). Des riverains donnent l'alerte. L'exploitant arrête l'autre éolienne ainsi que les éoliennes de même type dans 4 autres parcs. 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. Un arrêt de mesures d'urgence est signé par le préfet.	Le rapport d'analyse par l'exploitant est tierce expertisé. Il est conclu 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 de secours (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. Des batteries étaient déconnectées (circuit ouvert) sur chacune des pales ; le déclenchement de l'arrêt d'urgence désactive la boucle de régulation du système d'orientation des pales, 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 et donc la plupart des batteries étaient en défaut au moment du déclenchement de l'arrêt d'urgence ; le paramétrage et la gestion des alarmes : tentatives de redémarrage automatique toutes les 5 minutes après un arrêt sur alarme. La détection des tensions basses n'a été effective que sur une pale sur trois ; 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.	Aria	
Chute d'aérofreins des pales d'une éolienne	18/11/2018	CONILHAC-CORBIERES	Aude	N.c.	N.c.	N.c.	Les 3 aérofreins en extrémité des pales d'une éolienne chutent au sol, au pied du mât. L'équipe technique constate l'incident en se rendant sur site le lendemain en raison de l'arrêt de l'aérogénérateur. L'installation est mise en sécurité. Les débris, contenus dans un rayon de 150 m au pied du mât, sont ramassés et stockés avant traitement et recyclage en filaire agréée. 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 (ARIA 51122).	Non communiqué	Aria	
Chute de pale	19/11/2018	OLLEZY	Aisne	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.	Non communiqué	Aria	



Incendie	2- 3/01/2019	LA LIMOUZINIÈRE	Loire-Atlantique	N.c.	N.c.	N.c.	Vers minuit, un feu se déclare au niveau de la nacelle d'une éolienne de 78 m de haut. Des riverains donnent l'alerte. L'exploitant arrête les 4 autres éoliennes du parc à 2h05. De nombreux débris enflammés tombent au sol. Un feu se déclare au pied de l'aérogénérateur. Les pompiers mettent en place un périmètre de sécurité de 150 m. Ils quittent le site à l'arrivée de la société de maintenance vers 3h35 puis de l'exploitant vers 5h15. Un kit anti-pollution est mis en place par l'exploitant afin de contenir les coulures d'huile le long du mât. Ces huiles s'enflamment au niveau du sol. L'exploitant parvient à éteindre 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. Une incertitude majeure plane sur leur tenue mécanique. Des traces d'huile hydraulique sont présentes jusqu'à 100 m du pied du mât. L'exploitant met en place un balisage et un gardiennage. Le périmètre de sécurité est porté à 200 m. L'exploitant envisage de démanteler la machine mais l'opération s'avère compliquée en raison du risque de chute d'éléments. Début février, l'essentiel des déchets de fibre de verre sont ramassés.	Selon les premiers éléments de l'enquête, une avarie sur la génératrice de l'éolienne semble à l'origine de l'incendie. Celle-ci avait été bridée à 50 % de sa puissance depuis une quinzaine de jours à la suite de la détection d'une usure de roulement par le système de surveillance vibratoire. Une intervention de maintenance, effectuée le 28/12, avait mis fin à ces vibrations caractéristiques d'un défaut de roulement. Cependant, des signes de délignage avaient fait leur apparition. Selon l'exploitant, l'analyse du système de surveillance mettrait en évidence un phénomène harmonique à la fréquence de rotation de la génératrice.	Aria	
Chute d'un bout de pale	17/01/2019	BAMBIDERSTROFF	Moselle	N.c.	N.c.	N.c.	Vers 15 h 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 cœur 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.	Aria	
Incendie	20/01/2019	ROUSSAS	Drôme	N.c.	N.c.	N.c.	Dans la nuit, un feu se déclare sur 2 éoliennes d'un parc composé de 12 aérogénérateurs. Les éoliennes sont lourdement endommagées.	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 (ARIA 51675).	Aria	
Effondrement	23/01/2019	BOUTAVENT	Oise	1,2	2011	N.c.	Vers 14h40, le mât de 66 m d'une éolienne se plie en 2 en son milieu. Des débris sont projetés dans un rayon de 300 m. Les pompiers mettent en place un périmètre de sécurité de 500 m. Une coupure de courant impacte vers 13h30 le parc éolien comptant 2 aérogénérateurs. Les pales de l'éolienne accidentée ne se sont pas mises en drapeau et sont restées en position de production, alors que le générateur était à l'arrêt. La machine est entrée en survitesse jusqu'à la dislocation d'une pale. Le balourd en résultant aurait conduit au pliage du mât. Le fabricant met les 21 autres éoliennes du même modèle à l'arrêt.	Selon l'exploitant, l'absence de passage en position de sécurité des pales est due à une chute de tension au niveau des batteries pilotant la rotation des pales en cas de coupure de l'alimentation électrique. Il effectue des tests sur toutes les batteries des éoliennes du même constructeur et effectue les remplacements nécessaires. Il modifie également son plan de maintenance : tous les 2 ans, une des 3 pales sera équipée de batteries neuves. Il fixe l'âge maximal d'une batterie en exploitation à 6 ans.	Aria	
Chute de pale	30/01/2019	ROQUETAILLADE	Aude	N.c.	N.c.	N.c.	Vers 13 h, une pale d'une éolienne se rompt et chute au sol. 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 des installations classées.	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.	Aria	
Foudre	02/04/2019	EQUANCOURT	Somme	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 cm <sup>2</sup> . 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.		Aria	
Fissuration sur des roulements de pales d'éoliennes	12/02/2019	AUTECHAUX	Doubs	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 réalise des inspections de cette pièce sur 3 de ses parcs éoliens comprenant 43 éoliennes. Ces contrôles mettent en évidence 6 fissurations sur des roulements de pale, positionnés entre la base de la pale et le moyeu.	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.	Aria	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (événement sans répercussion potentielle sur les personnes)



Maintenance	15/04/2019	CHAILLY-SUR-ARMANCON	Côte-d'Or	N.c.	N.c.	N.c.	Vers 12h15, un sous-traitant est électrisé par un courant de 20 000 V dans une éolienne. Les pompiers interviennent sur les lieux. Un technicien effectue des reconnaissances au sommet de l'éolienne afin de vérifier si celle-ci est endommagée. L'éolienne est sécurisée par le personnel de maintenance. La victime est légèrement blessée. Elle est transportée en centre hospitalier.		Aria	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Incendie	18/06/2019	QUESNOY-SUR-AIRAINES	Somme	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.	Aria	
Incendie	25/06/2019	AMBON	Morbihan	1,67	2008	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 500 m est mis en place. Le parc est mis à l'arrêt. Des éléments structurels de l'éolienne chutent au sol. L'incendie est maîtrisé vers 18h50.	Non communiqué	Aria	
Chute d'un bout de pale	27/06/2019	CHARLY-SUR-MARNE	Aisne	N.c.	N.c.	N.c.	Vers 9 h, deux techniciens intervenant sur une éolienne pour maintenance constatent qu'une pale d'une autre éolienne présente un angle anormal. Ils demandent au centre de maintenance l'arrêt à distance de cette éolienne. Vers 9h30, lors de la mise à l'arrêt, le bout de la pale abîmée est projeté en 2 morceaux, l'un à 15 m de l'éolienne, l'autre à 100 m dans l'enceinte du parc éolien. Chaque morceau correspond à une face de la pale. À la demande des techniciens, l'éolienne est arrêtée à distance. 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. La vitesse du vent au moment du détachement était comprise entre 6 et 7 m/s. La température extérieure était de 22 °C sachant que de très fortes chaleurs sévissaient pendant la période.	Non communiqué	Aria	
Maintenance	25/09/2019	LES VILLAGES-VOVEENS	Eure-et-Loir	N.c.	N.c.	N.c.	Les deux unités de Chartres et de Dreux du Groupe de recherche et d'intervention en milieu périlleux (Grimp) sont intervenues aux Villages-Vovéens, ce mercredi 25 septembre 2019, vers 13 heures, pour évacuer un homme blessé en haut d'une éolienne, à cent dix mètres de hauteur. D'autres pompiers des Villages-Vovéens étaient sur place. Le capitaine des pompiers, David Coeur-Joly, qui a dirigé les opérations, explique : "Un technicien est tombé de sa hauteur alors qu'il se trouvait près de la nacelle située en haut de l'éolienne." Selon l'officier, le blessé, âgé de 28 ans, se plaignait de douleurs au niveau des cervicales.		Article EchoRepublicain : <a href="https://www.lechorepublicain.fr/villages-voveens-28150/actualites/un-technicien-blesse-en-haut-d-une-eolienne-aux-villages-voveens_13649253/">https://www.lechorepublicain.fr/villages-voveens-28150/actualites/un-technicien-blesse-en-haut-d-une-eolienne-aux-villages-voveens_13649253/</a>	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance).
Chute d'élément	fin-nov 2019	SANTERRE ENERGIES	Somme	2,5	2017	Oui	Fin novembre, le nez de l'éolienne s'est désolidarisé de l'engin. Il est tombé, sans causer de dommage. Situé au centre des pâles, sur le moyeu, au centre du rotor, cette pièce est d'origine. C'est en 2014 que ce parc de quatre machines a été érigé par le développeur éolien Valeco. Charge au constructeur, General Electric-Alstom, de réparer l'engin.	La cause ? « Un endommagement des fixations, dû à l'usure », indique le professionnel.	Article CourrierPicard : <a href="https://premium.courrier-picard.fr/id61053/article/2020-01-10/le-nez-de-leolienne-du-plessier-rozainvillers-qui-chute-sera-bientot-replace">https://premium.courrier-picard.fr/id61053/article/2020-01-10/le-nez-de-leolienne-du-plessier-rozainvillers-qui-chute-sera-bientot-replace</a>	
Chute d'un bout de pale	09/12/2019	Theil-Rabier Montjean	Charente	2	2016	Oui	L'éolienne N°5 a perdu une demi-pale. « Lundi 9 décembre, vers 18h, mon mari travaillait dehors lorsqu'il fut surpris par un grand bruit provenant de l'éolienne N°5 dont le rotor semblait s'être emballé, relate Dominique Ravaut, maire de la Forêt-de-Tessé. Puis ce fut un « bang », comme celui d'un avion passant « le mur du son ». L'éolienne s'est arrêtée, une pale était cassée. » L'éolienne N°5 fait partie d'un champ de douze éoliennes Vestas V110 érigées sur les communes de Theil-Rabier, La Forêt-de-Tessé, Montjean, Villiers-le-Roux et Saint-Martin du Clocher.	A l'issue des premières analyses il a été constaté qu'il n'y pas eu d'emballage du rotor. Le bruit émis étant probablement dû au déséquilibre de la pale dans ses dernières rotations. Le bang qui a suivi pourrait être associé au bris de la pale.	Article Charente Libre : <a href="https://www.charentelibre.fr/2019/12/14/la-foret-de-tesse-une-pale-de-l-eolienne-n-5-s-est-brisee-une-expertise-est-lancee,3531693.php">https://www.charentelibre.fr/2019/12/14/la-foret-de-tesse-une-pale-de-l-eolienne-n-5-s-est-brisee-une-expertise-est-lancee,3531693.php</a>	
Chute d'un bout de pale	10/02/2020	Entre Montbrehain et Beaurevoir	Aisne	N.c.	N.c.	N.c.	Entre Montbrehain et Beaurevoir, une pale d'éolienne a cédé sous les fortes rafales de vent. Plusieurs morceaux se sont décollés et ont été projetés à plus de 100 m dans un champ à proximité. Le propriétaire du champ a prévenu la société propriétaire de l'engin qui a envoyé des techniciens venus de Dieppe sécuriser les lieux.	Tempête Ciara	Article Aisne Nouvelle : <a href="https://www.aisnenouvelle.fr/id68135/article/2020-02-10/eolienne-brisee-entrepot-devaste-maison-detruite-coupures-de-courant-ciara-sest">https://www.aisnenouvelle.fr/id68135/article/2020-02-10/eolienne-brisee-entrepot-devaste-maison-detruite-coupures-de-courant-ciara-sest</a>	
Construction	18/02/2020	Montbrehain	Aisne	N.c.	N.c.	N.c.	Peu après 8 heures, ce mardi 18 février, un grave accident du travail s'est produit sur le chantier d'éolienne actuellement en cours sur la commune de Montbrehain. Un employé chargé de faire des prélèvements de ciment s'est retrouvé coincé entre une pompe à béton et la barre d'encastrement de l'arrière d'un camion toupie qui manœuvrait pour déverser son contenu.		Article Aisne Nouvelle : <a href="https://www.aisnenouvelle.fr/id69753/article/2020-02-18/un-ouvrier-transporte-l-hopital-apres-un-accident-sur-le-chantier-deoliennes-de?bot=1">https://www.aisnenouvelle.fr/id69753/article/2020-02-18/un-ouvrier-transporte-l-hopital-apres-un-accident-sur-le-chantier-deoliennes-de?bot=1</a>	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de construction).
Chute d'un bout de pale	25/02/2020	Theil-Rabier Montjean	Charente	2	2016	Oui	« L'exploitation des parcs éoliens de Theil-Rabier et Montjean est suspendue à compter de la notification du présent arrêté ». Delphine Balsa, secrétaire générale de la préfecture a signé mardi un arrêté qui impose l'arrêt immédiat des douze		Article Charente Libre : <a href="https://www.charentelibre.fr/2020/02/27/deux-pales-d-eoliennes-se">https://www.charentelibre.fr/2020/02/27/deux-pales-d-eoliennes-se</a>	



							éoliennes du parc de Montjean – Theil-Rabier (1). Une décision inédite en Charente qui fait suite aux deux accidents successifs des 9 décembre et 25 février. A chaque fois une pale s'était brisée, projetant au sol des débris.		brisent-en-moins-de-trois-mois-dans-le-nord-charente,3566319.php	
Incendie partiel	29/02/2020	Boisbergues	Somme	2	2015	Oui	L'une des deux éoliennes implantées en 2015 par la société InnoVent, basée dans le Nord, sur le village de Boisbergue près de Bernaville, a été endommagée par incendie le samedi 29 février. Les secours ont été dépêchés sur place après que des témoins aient constaté des fumées sortir du mât. Le sinistre a été contenu entre le pied et la tête du mât.	Selon les premières observations, il s'agirait d'un problème hydraulique qui aurait fait couler de l'huile sur des câbles très chauds.	Article Le Journal d'Abbeville : <a href="https://actu.fr/hauts-de-france/boisbergues_80108/gros-coup-chaud-dans-une-eolienne-boisbergue-pres-bernaville_31843812.html">https://actu.fr/hauts-de-france/boisbergues_80108/gros-coup-chaud-dans-une-eolienne-boisbergue-pres-bernaville_31843812.html</a>	
Construction	11/03/2020	Artigues-Ollières	Var	N.c.	N.c.	N.c.	Ce mercredi 11 mars en début d'après-midi, un homme âgé d'une cinquantaine d'années est décédé suite à un accident du travail sur un chantier d'installation éolienne près d'Ollières. Les premiers éléments ont révélé que la victime a été écrasé par un touret d'une tonne.		Article VarMatin : <a href="https://www.varmatin.com/faits-divers/un-homme-meurt-sur-un-chantier-eolien-a-ollieres-478511">https://www.varmatin.com/faits-divers/un-homme-meurt-sur-un-chantier-eolien-a-ollieres-478511</a>	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de construction).
Incendie	24/03/2020	BOULESTE	Aveyron	2	2010	Non	L'alerte a été donnée ce mardi 24 mars peu avant 10 heures par un agriculteur riverain des lieux du sinistre. Neuf pompiers et plusieurs gendarmes dépêchés, un impressionnant panache de fumée, visible à plusieurs kilomètres... et un risque de chute de la génératrice de 67 mètres de hauteur, en proie aux flammes pour une raison encore indéterminée.		Article CentrePresse : <a href="https://www.centrepresseaveyron.fr/2020/03/24/une-eolienne-en-feu-au-parc-de-la-bouleste-a-flavin,8816364.php">https://www.centrepresseaveyron.fr/2020/03/24/une-eolienne-en-feu-au-parc-de-la-bouleste-a-flavin,8816364.php</a>	
Chute de pale	27/06/2020	La Ferrière	Côtes-d'Armor	2,5	2015	Oui	La chute a été constatée ce samedi matin dans un parc éolien de La Ferrière. Six éoliennes de 2 mégawatts y ont été inaugurées en 2015. Ce samedi en début d'après-midi, la société exploitante, P & T Technologie, et le constructeur, Nordex, sont venus apprécier les dégâts. Pour l'instant aucune hypothèse n'est avancée. Enquête en cours Les 5 autres éoliennes du parc ont été également stoppées. "Ils sont passés faire de la maintenance sur le site ces 15 derniers jours", remarque le maire. Pour l'heure, la préoccupation est de comprendre comment un tel incident a pu se produire.	Inconnue	Article Presse : <a href="https://france3-regions.francetvinfo.fr/bretagne/cotes-d-armor/pale-eolienne-20-tonnes-s-ecrase-champ-plemet-cotes-armor-1847354.html">https://france3-regions.francetvinfo.fr/bretagne/cotes-d-armor/pale-eolienne-20-tonnes-s-ecrase-champ-plemet-cotes-armor-1847354.html</a>	
Incendie	01/08/2020	Issenlas	Ardèche	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 interviennent au sol pour éteindre des dépôts de feu de broussailles. La fumée s'estompée 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.  Des résidus en combustion ont atteint le sol, ce qui a provoqué des dégâts sur 20 m <sup>2</sup> 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. Les caractéristiques du joint associées à une faiblesse locale d'isolement de la génératrice ont entraîné la combustion du joint. 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. Un nettoyage à la glace carbonique des suies présentes autour de la génératrice est effectué 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.	Aria	
Chute de pale	12/01/2021	Saint-Georges-sur-Arnon (Parc des Vignes)	Indre	2,5	2010	Oui	Onze tonnes à terre pour une longueur de 47 mètres, la pale est tombée dans le champ et l'éolienne s'est immédiatement arrêtée. « Le site a été immédiatement sécurisé et nous avons décidé de stopper les quatre autres éoliennes, assure un responsable du développeur Aquo. Il y a eu une défaillance technique et les analyses techniques sont déjà en cours. Nous n'avons jamais connu ce type d'incident et a priori, ce n'est pas le vent. » Depuis dix ans que ces cinq éoliennes fonctionnent, l'édile dit qu'il n'y a eu jusque-là « que des incidents mineurs ».	Inconnue	<a href="https://www.lanouvellerepublique.fr/indre/l-eolienne-perd-sa-pale-de-11-tonnes">https://www.lanouvellerepublique.fr/indre/l-eolienne-perd-sa-pale-de-11-tonnes</a>	
Chute de pale	14/02/2021	Parc de L'Osière	Hauts-de-France	2,3	N.c.	Oui	"Une éolienne du parc de l'Osière, qui comprend 7 éoliennes sur les communes de Courchamps et Priez, a perdu les deux tiers d'une de ses pales dans la nuit de jeudi à vendredi. La pale est tombée au pied de l'éolienne et n'a pas provoqué de dégât"	Inconnue	<a href="https://www.lunion.fr/id232764/article/2021-02-14/une-eolienne-de-priez-perd-les-34-dune-pale">https://www.lunion.fr/id232764/article/2021-02-14/une-eolienne-de-priez-perd-les-34-dune-pale</a>	
Construction	24/04/2021	Erquy (plage de Caroual)	Côtes-d'Armor	N.c.	En construction	N.c.	"Dans la nuit du vendredi au samedi 24 avril, vers 4h du matin, un cocktail molotov a été lancé sur le chantier de raccordement de la plage de Caroual, à Erquy, où les	Opposant(s) au projet du parc éolien	<a href="https://www.francebleu.fr/infos/faits-divers-justice/erquy-un-cocktail-">https://www.francebleu.fr/infos/faits-divers-justice/erquy-un-cocktail-</a>	Ne concerne pas directement l'étude de



							travaux ont commencé le 15 mars dernier. Un vigile, seul présent sur place, a pu rapidement arrêter le feu." Celui-ci n'a d'ailleurs pas été blessé. »		molotov-sur-le-chantier-du-parc-eolien-1619260784	dangers (sans repercussion sur les personnes)
<b>Incident technique</b>	28/07/2021	Saint-Brieuc	Côtes-d'Armor	N.c	En construction	N.c	"Ce mercredi 28 juillet 2021 peu avant 8h, le commandant de l'Aeolus a à nouveau signalé au CROSS Corsen que l'une de ses trois foreuses venait de subir un incident technique lors de sa remontée à bord : quelques dizaines de litres d'huile hydraulique de type panolin HLP SYNTH 46 se sont ainsi déversées majoritairement sur le pont du navire mais aussi en mer."	Inconnue	Article Franceinfo: <a href="https://france3-regions.francetvinfo.fr/bretagne/cotes-d-armor/saint-brieuc/chantier-eolien-en-baie-de-saint-brieuc-nouvel-incident-technique-de-foreuse-les-travaux-sont-suspendus-2196526.html">https://france3-regions.francetvinfo.fr/bretagne/cotes-d-armor/saint-brieuc/chantier-eolien-en-baie-de-saint-brieuc-nouvel-incident-technique-de-foreuse-les-travaux-sont-suspendus-2196526.html</a>	Cet accident concerne un chantier éolien offshore, elle ne concerne pas directement l'étude de dangers
<b>Chute d'éléments</b>	20/10/2021	Coole	Marne	3,2	2021	Oui	Inconnue	Inconnue	Iris	
<b>Rupture de pale</b>	20/10/2021	Auzay	Vendée	4	2021	Oui	Inconnue	Inconnue	Iris	
<b>Rupture de pale</b>	26/10/2021	Charly-sur-Marne	Aisne	2	2009	N.c	L'éolienne E2 était à l'arrêt suite à un impact de foudre enregistré le 30/08/2021 qui a endommagé le bout de la pale. Deux expertises ont été réalisées pour définir le protocole de réparation. La réparation était planifiée pour commencer le 29/11/2021. Le 26/10/2021 à 18h00 : le maintenancier Vestas a averti l'exploitant du bris du bout de la pale. Immédiatement un périmètre de sécurité a été matérialisé. La tempête Aurore a eu lieu le 21/10/2021 et un évènement de fort vent le 25/10/2021 a été enregistré sur le parc.	Foudre (tempête Aurore)	Iris	
<b>Rupture de pale</b>	03/12/2021	La Souterraine	Creuse	2	2014	N.C	Une pale s'est cassée, elle est tombée au sol à environ 60m du pied de l'éolienne sans occasionner d'autres dégâts. L'ensemble des éoliennes du parc éolien ont été arrêtées à titre préventif. Le 112 a été contacté dès 16h45. Appel à la mairie de La Souterraine à 16h47 puis à la mairie de Saint Agnan à 17h25 (déjà au courant). Les deux mairies (La Souterraine et Saint Agnan de Versillat), les gendarmes et pompiers se sont rendus sur site vers 17h30. La DREAL a été contactée à 18h49. Un périmètre de sécurité a été installé par l'exploitant vers 01h00 dans la nuit de vendredi à samedi. Conséquences environnementales : l'incident a généré X tonnes de déchets (poids de la pale) qui seront traités par un prestataire agréé, conformément à la réglementation en vigueur. Pas de pollution des terres. Rupture de la pale côté moyeu (la racine de la pale est restée fixée au moyeu sur environ 2-3 mètres). Les causes profondes seront à déterminer suite aux premières expertises qui seront menées la semaine du 6 au 10 décembre. D'éventuelles améliorations pourront être envisagées en fonction des conclusions de l'expertise.	Inconnue	Iris	
<b>Chute d'un aérofrein d'une éolienne</b>	24/12/2021	Fécamp	Seine-Maritime	0,9	2006	N.c	Ne pouvant redémarrer à distance l'éolienne n°1 du parc, une équipe de maintenance de EDF Renouvelables Services s'est déplacée le matin du 27/12 pour dépanner l'éolienne. En arrivant sur site, ils ont constaté qu'un aérofrein sur une des pales était manquant. L'équipe l'a retrouvé à 150m dans le champ jouxtant l'éolienne. Selon les données SCADA, l'évènement est survenu le 24/12 à 21h09. La vitesse du vent était de 4,5 m/s. Dans l'attente de l'expertise, les 4 autres éoliennes du parc ont été mises à l'arrêt.	Inconnue	Iris	
<b>Incendie électrique câble</b>	28/12/2021	Treilles	Aude	1,3	2000	N.c	Arrêt d'exploitation. Sécurisation des pales sur pitchs hydrauliques à renforcer par rotor lock	Inconnue	Iris	
<b>Fuite/Deversement d'huile</b>	11/02/2022	Oresmaux II	Somme	2,2	N.c	N.c	Pendant une maintenance, Vestas a informé Enertrag d'une fuite sur l'éolienne 2 du parc d'Oresmaux II, par mail avec photos. L'huile a coulé en abondance le long du mat et a commencé à s'écouler sur la plateforme, en proximité immédiate du mat. Vestas a immédiatement appliqué un kit antipollution au sol pour contenir la propagation de la nappe d'huile et dépêché une équipe pour commencer le nettoyage. Après précisions par téléphone, Vestas a mandaté des techniciens pour inspecter en profondeur les origines et causes de la fuite puis mettre en place des mesures pour éviter sa reproduction. Nous attendons les résultats de cette inspection sous la forme d'un rapport détaillant le ou les produit(s) et la quantité ayant fuité, disponible la semaine du 21/02/2022 d'après Vestas.	Inconnue	Iris	
<b>Perte de liaison satellitaire</b>	09/03/2022	Treilles	Aude	1,5	N,c	N,c	Suite à la cyberattaque concernant un satellite, la communication en provenance du parc a été perdue - modem HS. Le parc était à l'arrêt suite à un problème technique sur l'installation HT. Il ne sera remis en service qu'après correction de la communication également.	Cyberattaque	Iris	



Fuite d'huile hydraulique	24/03/2022	Lislet	Aisne	2	N,c	N,c	<p>A 10H09, l'Alarme 203 "Low pressures on hydraulic group" a été déclenchée. Un opérateur alerté par cette alarme s'est rendu sur site constatant la présence d'huile sur le mat, le sol comprenant notre plateforme, le chemin d'accès et deux parcelles voisines du parc.</p> <p>La fuite a été causé par la rupture du sertissage d'un flexible faisant la liaison entre la nacelle (rotating) vers le hub. Avec la perte de pression, le flexible a été éjecté dans le hub. La machine est mise à l'arrêt automatiquement.</p> <p>Un kit a été posé autour du mat et la fondation a été épongée avec du papier absorbant</p> <p>Une équipe de maintenance est intervenue en fin de matinée pour trouver l'origine de la fuite et l'arrêter. et ils ont commencé le nettoyage intérieur</p> <p>La flexible a été changé le lendemain et la machine a été mise en run.</p> <p>Une société a été mandatée pour réaliser des prélèvements et analyses des sols potentiellement pollués.</p>	Rupture sertissage d'un flexible	Iris
Rupture de pale	02/04/2022	Saint-Félix-Lauragais	Haute-Garonne	1,6	2009	N.c.	Inconnue	Inconnue	Iris
Chute d'éléments	08/04/2022	Saint-Paul-du-Bois	Maine-et-Loire	2,4	2019	Oui	Inconnue	Inconnue	Iris
Incendie	20/04/2022	Saint-Germainmont	Ardenes	2,05	2011	N.c.	<p>Parc à l'arrêt</p> <p>Eolienne E9 : Nacelle brûlée + pale</p> <p>Coupage de la tension éolienne E9 à E10 pour éviter les risques dues aux infiltration d'eau</p> <p>Sécurisation du site par un périmètre de sécurité qui impacte plusieurs parcelles agricoles</p>	Inconnue	Iris
Chute de pale	30/04/2022	Conilhac-de-la-Montagne	Aude	0,85	2008	N.c.	<p>30.04.2022:</p> <p>Vent : 9m/s temps clair 18:00.</p> <p>Une pale s'est cassée et est tombée au pied de l'éolienne sans occasionner d'autres dégâts.</p> <p>Ouverture cellule de crise interne, information de la Préfecture/Mairie/Constructeur/DREAL.</p> <p>Mise à l'arrêt à distance des installations.</p> <p>Rencontre de l'exploitant avec la gendarmerie le jour de l'évènement (22:15).</p> <p>Balisage formel.</p> <p>01.05.2022:</p> <p>L'exploitant est présent sur le site à l'aube.</p> <p>Balisage intégral et positionnement d'une société de gardiennage 24/7.</p> <p>Inspection préalable constructeur en présence de l'exploitant.</p> <p>Bilan: Destruction de la pale suite à rupture au niveau du moyeu, sans autre conséquence identifiée en date de déclaration</p>	Rupture au niveau du moyeu	Iris
Feu / Incendie entraînant des dommages limités sur une ou plusieurs éoliennes	24/06/2022	Mahalon	Finistère	1,5	01/08/2007	N.c.	<p>Départ de feu en pied de machine :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Les techniciens présents; pas de blessé.</li> <li>- Equipements en pied de machine détruit par l'incendie, Cellule HTA/Convertisseur/Câblages contigus atteints à différents degrés.</li> </ul> <p>Autres dégâts qu'à l'ouvrage : Néant</p> <p>Pollution environnementale: Néant</p> <p>Le parc reste à l'arrêt.</p>	Inconnue	Iris
Chute d'élément(s)	11/07/2022	le Haut-Corlay	Côtes-d'Armor	1,5	31/01/2006	N.c.	<p>Le 11/07/22 à 14h30 (vent 6 m/s, température : 35 °C) , lors d'une visite de l'exploitant sur le parc, une trappe d'accès au hub s'est détachée et a chuté au sol, devant la porte d'accès à la machine, sans faire de blessé.</p> <p>La trappe a été mise en sécurité à l'intérieur de la machine et le maintenancier a été prévenu du problème immédiatement.</p> <p>Une équipe de maintenance s'est rendue sur la machine concernée le 12/07/22 au matin pour essayer de remettre en place la trappe, sans succès. La chaleur semble être la cause de la défaillance. Avec les fortes chaleurs la fibre du nose cone du hub se dilate, rendant le système de verrou de la trappe inefficace.</p>	Forte chaleur inhabituelle	Iris



Incendie avec perte totale ou partielle d'une ou plusieurs éoliennes	05/08/2022	Bourbriac	Côtes-d'Armor	2	01/01/2009	N.c.	<p>05 Aout 2022: 13:07 : coupure au niveau du poste de livraison du parc éolien de Bourbriac  13:14 : technicien EDPR informé de la coupure  13:29 : EDPR informé de l'incendie  13:33 : Appel aux pompiers, déjà prévenus précédemment par une riveraine  13:39 : EDPR sur place. Poste de livraison coupé du 20kV.  Suite de la journée : - Arrivée des pompiers assez rapide pour sécurisation de la zone et extinction des petits départs de feu proches des pièces tombées au sol dans le champ avoisinant.  - Pas de tentative d'extinction de la nacelle ou des pales  - Gendarmerie également présente l'après-midi  - Accès au parc bloqué et publication d'un arrêté municipal interdisant l'accès à la route menant à l'éolienne  - Mise en place d'un gardiennage 24/24 dès le soir  - Le feu s'est éteint durant la nuit  Conditions météorologiques (dernière donnée enregistrée à 13:00 sur E3 par le logiciel SCADA) : - Direction du vent : N-E 24,4° - Vitesse de vent moyenne : 7,5 m/s - Puissance active : 891kW</p>	Inconnue	Iris
Fuite / Déversement d'huile	10/08/2022	Cussy-les-Forges	Yonne	2,2	01/06/2022	Oui	<p>1. Description du problème : Alarm TBS- Pilot press low apparue le 10 aout vers 01:00 heure locale  2. Check &amp; travaux réalisés : • Check visuel HUB  • Block verin locage blade détaché ( voir photo) -&gt; pas retrouvé les vis dans le HUB  • Pipe hydraulique cassé ( liaison entre manifold B et C en position X1 et X2) fuite sur ce tuyau -&gt; PIPE A CHANGER  • Premier nettoyage dans le HUB car pas mal d'huile présente -&gt; l'huile a coulé en pied de tour sans atteindre le sol environnant</p>	Pièces défectueuses	Iris
Incendie avec perte totale ou partielle d'une ou plusieurs éoliennes	22/08/2022	Coole	Marne	2	30/06/2012	N.c.	<p>Nacelle brûlée  Mise à l'arrêt des 6 éoliennes du parc</p>	Non communiqué	Iris
Fuite / Déversement d'huile	14/09/2022	Cussy-les-Forges	Yonne	2,2	01/06/2022	Oui	<p>Grosse fuite dans le hub : • Resserrage du raccord • Nettoyage du hub • Ajout de 40L d'huile • Nettoyage du hub et de l'armoire électrique • Remise en route et contrôle de fuite RAS</p>	Un raccordement hydraulique de vérin de blade lock n'était pas serré	Iris
Fuite / Déversement d'huile	14/09/2022	les Touches	Loire-Atlantique	2,5	08/06/2015	N.c.	<p>Le 19/09. Les techniciens se sont rendus sur le parc pour une maintenance programmée et ont constaté une trainée d'huile sur la tour.  En nacelle, constat d'un suintement au niveau du sertissage d'un flexible du circuit de refroidissement de la gearbox (3bar de pression). Environ 80L d'huile dans le bac de rétention en nacelle + une vingtaine de L le long de la tour.  Les traces s'arrêtent environ 10m sous la nacelle, pas d'huile au sol, pas de pollution.  Mise en place préventif de boudins absorbants en pied de machine.</p>	Inconnue	Iris
Fuite / Déversement d'huile	04/10/2022	Villeneuve-la-Comtesse	Charente-Maritime	2,1	03/01/2022	Oui	<p>Fuite d'huile</p>	Défaut resserrage filtre d'huile	
Fuite / Déversement d'huile	17/11/2022	Leffincourt	Ardennes	2	11/10/2020	N.c.	<p>Fuite au niveau d'un organe de lubrification de la multiplicatrice. Une centaine de litres d'huile ont coulé à l'intérieur du fût.  L'huile a été retenue sur les 2 plateformes supérieures de l'éolienne. L'éolienne s'est mise à l'arrêt en conséquence de la basse pression d'huile dans le circuit hydraulique.  L'équipe de maintenance a nettoyé la nacelle et les 2 plateformes supérieures. Une vérification et un test du système hydraulique a été réalisé et a permis le redémarrage de l'éolienne en toute sécurité.  Pas de fuite conséquente au niveau de l'extérieur du fût. Traces d'huile le long du fût de l'éolienne. Réactivité des équipes de maintenance par la mise en place d'un kit anti-pollution dans la journée, pas pollution au-delà</p>	Inconnue	Iris
Rupture de pale(s)	25/11/2022	Plélan-le-Grand	Ille-et-Vilaine	2	01/11/2008	N.c.	<p>La turbine (E2) du parc de Plélan-le-grand a une pale endommagée.  Après la remise en route de la turbine suite à une panne en bas de la turbine, l'éolienne s'est mise en fonctionnement normal à 10h27 le 25/11/2022. A 11h49, suite à l'appel d'un riverain qui a entendu un bruit de craquement, la turbine a de suite été arrêtée à distance.  Aucune conséquence humaine et environnementale.  Conséquence sociale : fermeture de la route "la Jossetais" pour sécurisation du périmètre en attendant les investigations techniques complémentaires.  Conséquences économiques : arrêt de la production de la turbine en attendant les réparations et arrêt du parc en attendant les investigations techniques.  Il semble que la turbine a été foudroyée et que la puissance de l'impact a endommagé l'intérieur de la pale.  Aucun défaut n'était à priori visible depuis l'extérieur.</p>	Foudroiement d'une pale	Iris

### 10.3. Annexe 3 - Tableau de conformité à l'arrêt du 26 août 2011 modifié, relatif aux ICPE



Article de l'arrêt du 26/08/11, modifié par l'arrêt du 22/06/20	Disposition	Données constructeur	Autres données	Conformité
3	Distance > 500 m des habitations Distance > 300 m d'une installation nucléaire ou d'une ICPE	-	> 505m > 500m	OUI
4	Distance d'éloignement des radars Aucune gêne du fonctionnement des équipements militaires	-	Préconsultation du Ministère de la Défense afin de construire un projet jugé acceptable	OUI
5	Etude stroboscopique dans le cadre de bureaux à moins de 250 m	-	Non concerné mais une étude d'ombres portées a été réalisée	OUI
6	Limitation du champ magnétique (100 microteslas à 50-60 Hz)	Type Certificate Conformity Evaluation has been carried out according to IEC 61400-22 2010 "Wind Turbines - Part 22 : Conformity Testing and Certification Conformity Evaluation has been carried out according to BEK 73-2013 "Bekendtgørelse om teknisk certificeringsordning for vindmøller" This certificate attests compliance with IEC 61400-1 ed.3 incl. amd. 1 and IEC 61400-22 concerning the design and manufacture	Les distances d'éloignement par rapport aux habitations permettent d'affirmer que le champ magnétique n'aura aucun impact potentiel sur les personnes (voir Paragraphe 3.1 du présent document)	OUI
7	Voie carrossable pour permettre l'intervention des services d'incendie et de secours Accès bien entretenu et abords de l'installation maintenus en bon état de propreté.	-	L'accès à l'éolienne se fait directement par une voie communale Le stationnement des véhicules des techniciens sera réalisé sur une zone de stationnement dédiée : l'accès sera donc en permanence dégagé pour les secours	OUI
8	Conformité aux dispositions de la norme NF EN 61 400-1 ou IEC 61 400- dans leur version en vigueur à la date de dépôt du dossier de demande d'autorisation environnementale ou toute norme équivalente en vigueur dans l'Union Européenne	Type Certificate Conformity Evaluation has been carried out according to IEC 61400-22 2010 "Wind Turbines - Part 22 : Conformity Testing and Certification Conformity Evaluation has been carried out according to BEK 73-2013 "Bekendtgørelse om teknisk certificeringsordning for vindmøller" This certificate attests compliance with IEC 61400-1 ed.3 incl. amd. 1 and IEC 61400-22 concerning the design and manufacture		OUI
9	Mise à la terre de l'installation Conformité à la norme IEC 61 400-24 (dans sa version en vigueur à la date de dépôt du dossier de demande d'autorisation environnementale)	Type Certificate Conformity Evaluation has been carried out according to IEC 61400-22 2010 "Wind Turbines - Part 22 : Conformity Testing and Certification Conformity Evaluation has been carried out according to BEK 73-2013 "Bekendtgørelse om teknisk certificeringsordning for vindmøller" This certificate attests compliance with IEC 61400-1 ed.3 incl. amd. 1 and IEC 61400-22 concerning the design and manufacture		OUI
10	Conformité de la directive du 17 mai 2006 Conformités aux normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200 dans leur version en vigueur à la date de dépôt du dossier de demande d'autorisation environnementale	Type Certificate Conformity Evaluation has been carried out according to IEC 61400-22 2010 "Wind Turbines - Part 22 : Conformity Testing and Certification Conformity Evaluation has been carried out according to BEK 73-2013 "Bekendtgørelse om teknisk certificeringsordning for vindmøller" This certificate attests compliance with IEC 61400-1 ed.3 incl. amd. 1 and IEC 61400-22 concerning the design and manufacture		OUI
11	Balisage approprié	Type Certificate Conformity Evaluation has been carried out according to IEC 61400-22 2010 "Wind Turbines - Part 22 : Conformity Testing and Certification Conformity Evaluation has been carried out according to BEK 73-2013 "Bekendtgørelse om teknisk certificeringsordning for vindmøller" This certificate attests compliance with IEC 61400-1 ed.3 incl. amd. 1 and IEC 61400-22 concerning the design and manufacture	Balisage conforme aux normes et arrêtés en vigueur	OUI
12	Suivi environnemental sur l'avifaune et les chiroptères - Une fois au cours des 12 mois de fonctionnement	-	Un tel suivi sera réalisé, notamment d'après les préconisations de l'étude écologique réalisée dans le cadre de l'étude d'impact environnementale	OUI



	<p>- Puis renouvellement dans les 12 mois si mise en évidence d'un impact significatif</p> <p>- Puis au moins une fois tous les 10 ans</p> <p>Dépôt des données brutes collectées dans l'outil de télé-service de "dépôt légal de données de biodiversité" créé en application de l'arrêté du 17 mai 2018 et transmission de chaque rapport de suivi environnemental à l'inspection des installations classées</p>			
13	Accès à l'intérieur des aérogénérateurs et du poste de livraison fermés à clef	-	Accès à l'intérieur de l'éolienne et du poste de livraison impossible et interdit aux personnes ne faisant pas partie du personnel d'exploitation	OUI
14	Affichage des consignes de sécurité, d'interdiction de pénétrer dans l'aérogénérateur, de la mise en garde des risques d'électrocution et de risque de chute de glace.	-	Présence et affichage clair des consignes de sécurité au niveau de la plateforme	OUI
15	Formation du personnel sur les risques, les moyens pour les éviter, les procédures d'urgence et mise en place d'exercice d'entraînement	-	Affichage du plan de secours et des coordonnées des moyens de secours en cas d'accident ou d'incident	OUI
16	Interdiction d'entreposer des matériaux combustibles ou inflammables à l'intérieur des éoliennes.	-	Les techniciens de maintenance possèdent des formations en interne concernant le travail à effectuer. Ils sont également soumis à l'obtention de plusieurs habilitations, mises à jour périodiquement :	OUI
17	Essais d'avant mise en service et contrôle périodique (arrêt, arrêt d'urgence et arrêt survitesse)	Réalisation d'essais prouvant le bon fonctionnement des installations.	- Travail en hauteur ;	OUI
18	Contrôle des brides de fixations, des brides de mât, de la fixation des pales et contrôle visuel du mât (3 mois, puis un an après la mise en service, puis tous les 3 ans).	La société construisant les éoliennes fournit les rapports de torquage de leur sous-traitant	- Habilitation électrique BT/HT ;	OUI
19	Tenue, par l'exploitant, d'un manuel d'entretien dans lequel sont précisés la nature et les fréquences des opérations.	La société construisant les éoliennes fournit un manuel listant l'ensemble des tâches à accomplir lors de la maintenance, l'ensemble des protocoles de maintenance, ainsi que les fiches d'intervention des équipes de maintenance permettant ainsi à l'exploitant d'établir et de tenir à jour le registre cité par l'arrêté.	- Sauveteur secouriste du travail ;	OUI
	Tenue également d'un registre dans lequel sont consignées les opérations de maintenance ou d'entretien et leur nature, les défaillances constatées et les opérations correctives engagées.		- Certificat d'aptitude par la médecine du travail.	
			Les habilitations de l'ensemble des techniciens sont mises à disposition des sociétés Kallista Energy et Yaway Plounevez-Moëdec. Les consignes de sécurité enseignées aux techniciens sont celles conformes à l'article 22 de l'arrêté du 26/08/2011, tel que modifié par l'arrêté du 22 juin 2020.	
			Le personnel de maintenance procède annuellement à des exercices d'entraînement aux situations d'urgence. Les scénarii effectués sont l'évacuation d'une personne sur l'échelle et l'évacuation de l'éolienne en cas d'incendie. Ces exercices d'entraînement sont assurés le cas échéant en lien avec les services de secours.	
			Les maintenances comprennent une phase finale de nettoyage de l'éolienne afin de maintenir propre les installations et ne laisser aucun déchet.	
			Le manuel de sécurité indique l'interdiction d'entreposage de matériaux dangereux.	
			Réalisation des tests lors des opérations de maintenance préventive (dont la périodicité n'excède pas 1 an).	
			L'exploitant s'engage à remettre un rapport de test lors de la réception validant ces éléments.	
			L'exploitant s'engagera à remettre au moins annuellement un rapport de contrôle et de bon fonctionnement conformément aux procédures du fabricant des aérogénérateurs.	
			Les contrôles correspondants, faisant partie des opérations de maintenance préventive, sont consignés et répertoriés dans les protocoles de maintenance, suivis par l'exploitant.	
			La société YAWAY Plounevez-Moëdec dispose des rapports de service et des rapports mensuels indiquant :	
			- Les interventions réalisées sur site ;	
			- Le descriptif des actions correctives réalisées ;	
			- Les arrêts mensuels par éolienne.	
			Le registre sera fourni à l'inspecteur des installations classées.	



20	Gestion des déchets	Lors de la maintenance préventive, le constructeur fait installer des containers appelés Eolainer. Les déchets engendrés par les maintenances y sont ramenés et triés dans les différents compartiments puis collectés pour leur traitement/valorisation. Des bordereaux de suivi des déchets sont ensuite transmis à l'exploitant.	Les déchets seront triés et stockés de manière à éviter toute contamination du sol. Lors de la production de déchets dangereux, un Bordereau de Suivi des Déchets (BSD) sera émis. La société Kallista Energy, qui assistera la société YAWAY Plounevez-Moëdec dans le chantier, utilise une charte de suivi de chantier afin de prévenir la gestion des déchets tout au long de cette phase.	OUI
21	Elimination des déchets non dangereux		Les déchets provenant de la zone d'implantation du projet éolien sont gérés par la SICTOM locale. Ils sont traités par incinération avec valorisation énergétique.	OUI
22	Des consignes de sécurité sont établies et portées à la connaissance du personnel en charge de l'exploitation et de la maintenance. Les consignes de sécurité indiquent également les mesures à mettre en œuvre afin de maintenir les installations en sécurité.	La société construisant les éoliennes fournit à ses employés un manuel de sécurité et un plan d'évacuation et participe aux formations annuelles du personnel. Un plan de prévention annuel comprenant une analyse des risques et les moyens mis en œuvre pour les éviter est également lu au personnel	Les sociétés Kallista Energy et YAWAY Plounevez-Moëdec s'engagent à former leur personnel sur les consignes de sécurité du site. Un plan de prévention annuel comprenant une analyse des risques et les moyens mis en œuvre pour les éviter est également lu au personnel. Un plan d'évacuation est affiché en pied d'éolienne (intérieur).	OUI
23	Mise en place d'un système de détection d'incendie ou de survitesse. Mise en œuvre des procédures d'arrêt d'urgence dans un délai maximal de 60 minutes. Transmission de l'alerte dans un délai de 15 minutes.	Compatibilité couverture GSM : un système d'alerte automatique équipe chaque éolienne et permet d'alerter les secours ainsi que l'exploitant de l'installation en cas de danger. Les communications et en particulier les signaux d'alarme sont assurés en cas d'urgence.	L'aérogénérateur est doté d'un système de détection qui permet d'alerter, à tout moment, l'exploitant ou un opérateur qu'il aura désigné, en cas d'incendie ou d'entrée en survitesse de l'aérogénérateur. La société Kallista Energy, qui assistera la société YAWAY Plounevez-Moëdec dans l'exploitation de l'éolienne, justifie sa capacité d'alerter les services d'urgence dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur grâce à son contrat de maintenance 24h/24 et 7j/7 ainsi que grâce à la supervision en temps réel.	OUI
24	Moyens de lutte contre l'incendie à disposition dans chaque aérogénérateur (système d'alarme et deux extincteurs)	-	En cas d'accident, des procédures d'urgence permettent au personnel présent sur le site ou au centre de conduite de prendre les mesures nécessaires à l'évacuation de la nacelle, à l'extinction d'un début d'incendie, ... Sur site, le personnel dispose de plusieurs extincteurs visibles et facilement accessibles (situés en bas du mât et dans la nacelle) adaptés aux risques à combattre, et d'une trousse de premiers secours. Une fois les différentes autorisations administratives nécessaires obtenues, un plan d'intervention sera réalisé avec les services de secours afin de lister : - Les noms et numéros des services secours à contacter ; - Les procédures à mettre en place (périmètre de sécurité, moyens de lutte incendie externe pouvant être mis en œuvre...) ; - La réalisation régulière d'exercices d'entraînement. Pour faciliter l'accès aux secours, le stationnement des véhicules des techniciens sera réalisé sur une zone de stationnement dédiée et les voies d'accès seront régulièrement entretenues. L'accès sera en permanence dégagé.	OUI
25	Mise en place d'un système de détection de formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur	Le système de détection de glace (qui équipe toutes les éoliennes) repose sur une comparaison entre différentes données (températures, vitesse de vent et production). Si une différence entre les productions réelle et attendue est mesurée, sous certaines conditions de température et de vent, l'éolienne s'arrête automatiquement. La remise en route est automatique, après disparition des conditions de givre.	L'exploitant garantit la conservation du système opérationnel et l'utilisation de la procédure d'exploitation conforme à la réglementation en vigueur.	OUI
26-27-28	Emergence contrôlée du bruit, limitation sonore des engins de chantier et suivi des mesures	La société construisant les éoliennes fournit aux sociétés Kallista Energy et YAWAY Plounevez-Moëdec la courbe de puissance acoustique des éoliennes.	L'adéquation en termes d'urgence sonore de la machine avec le site sera à la charge du Maître d'Ouvrage. Les seuils réglementaires maximum à proximité des éoliennes seront respectés, de jour comme de nuit. Et le bruit total chez les riverains ne comportera pas de tonalité marquée au sens de la réglementation ICPE. La réception acoustique suivra les prescriptions de l'article 28 de l'arrêté du 26/08/11 modifié. Les règles de chantier imposées aux sous-traitants suivent les prescriptions de l'article 27 du 26/08/11 modifié.	OUI
29	Modalité des opérations de démantèlement, de remise en état et de réutilisation, recyclage, valorisation ou élimination des déchets du chantier		La société Kallista Energy, qui assistera la société YAWAY Plounevez-Moëdec respectera la réglementation en vigueur pour le démantèlement du du projet de l'unité de production de la Vallée de la Craie actuel ainsi que pour son renouvellement.	
30-31-32	Garanties financières		La société Kallista Energy, qui assistera la société YAWAY Plounevez-Moëdec respectera la réglementation pour le mode de calcul du montant des garanties financières.	

## 10.4. Annexe 4 - Issue du guide technique : Scénarii génériques issus de l'analyse préliminaire des risques

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

Le tableau générique issu de l'analyse préliminaire des risques est présenté dans la partie 7.4 de l'étude de dangers. Il peut être considéré comme représentatif des scénarios d'accident pouvant potentiellement se produire sur les éoliennes et pourra par conséquent être repris à l'identique dans les études de dangers.

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

### Scénarii relatifs aux risques liés à la glace (G01 et G02)

#### Scénario G01

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

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

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

#### Scénario G02

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

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

### Scénarii relatifs aux risques d'incendie (I01 et I07)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### Scénarii relatifs aux risques de fuites (F01 et F02)

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

Une attention particulière est à porter aux mesures préventives des parcs présents dans des zones protégées au niveau environnemental, notamment en cas de présence de périmètres de protection de captages d'eau potable (identifiés comme enjeux dans le descriptif de l'environnement de l'installation). Dans ce dernier cas, un hydrogéologue agréé devra se prononcer sur les mesures à prendre en compte pour préserver la ressource en eau,

tant au niveau de l'étude d'impact que de l'étude de danger. Plusieurs mesures pourront être mises en place (photographie du fond de fouille des fondations pour montrer que la nappe phréatique n'a pas été atteinte, comblement des failles karstiques par des billes d'argile, utilisation de graisses végétales pour les engins, ...).

### Scénario F01

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

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

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

Deux événements peuvent être aggravants :

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

### Scénario F02

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

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

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

Ce scénario est à adapter en fonction des produits utilisés.

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

### Scénarii relatifs aux risques de chutes (C01 et C03)

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

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

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

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

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

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

L'emballement de l'éolienne constitue un facteur aggravant en cas de projection de tout ou partie d'une pale. Cet emballement peut notamment être provoqué par la perte d'utilité dans les scénarios incendies.



### Scénario P01

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

### Scénario P02

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

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

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

### Scénario P03

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

### Scénarii relatifs aux risques d'effondrement des éoliennes (E01 et E10)

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

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

## 10.5. Annexe 5 - Issu du guide technique : Probabilité d'atteinte et risque individuel

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## 10.6. Annexe 6 - Issue du guide technique : Glossaire

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



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

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

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

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

**Evènement initiateur** : Evénement, 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.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Attention aux confusions possibles :

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

**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 document sont listés et explicités ci-dessous :

**ICPE** : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement

**SER** : Syndicat des Energies Renouvelables

**FEE** : France Energie Eolienne (dont le nouveau nom est France Renouvelables)

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

**EDD** : Etude de dangers

**APR** : Analyse Préliminaire des Risques

**ERP** : Etablissement Recevant du Public

## 10.7. Annexe 7 – Issu du guide technique : 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 du 26 août 2011 modifié relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement
- [10] Arrêté du 29 Septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation
- [11] Circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 Juillet 2003
- [12] Bilan des déplacements en Val-de-Marne, édition 2009, Conseil Général du Val-de-Marne
- [13] Arrêté du 29 Septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation
- [14] Alpine test site Güttsch : monitoring of a wind turbine under icing conditions- R. Cattin et al.
- [15] Wind energy production in cold climate (WECO), Final report - Bengt Tammelin et al. – Finnish Meteorological Institute, Helsinki, 2000
- [16] Rapport sur la sécurité des installations éoliennes, Conseil Général des Mines - Guillet R., Leteutrois J.-P. - juillet 2004
- [17] Risk analysis of ice throw from wind turbines, Seifert H., Westerhellweg A., Kröning J. - DEWI, avril 2003
- [18] Wind energy in the BSR: impacts and causes of icing on wind turbines, Narvik University College, novembre 2005