



ENGIE GREEN VALLEE DU LARHON
Communes de Loudéac et Saint Barnabé – Juin 2020

Pièce n°5.1
Etude De Dangers
4 éoliennes et 1 poste de livraison électrique



Adresse de Correspondance :
ENGIE GREEN
Bâtiment VEO15 rue Nina SIMONE
44 032 Nantes

SOMMAIRE

I.	PREAMBULE	5
I.1.	Objectif de l'étude de dangers	5
I.2.	Contexte législatif et réglementaire	5
I.3.	Nomenclature des installations classées	5
II.	INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION	6
II.1.	Renseignements administratifs	6
II.2.	Localisation du site	7
II.3.	Définition de l'aire d'étude.....	7
III.	DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION	8
III.1.	Environnement humain.....	8
III.1.1.	<i>habitations et zones destinées à l'habitation</i>	8
III.1.2.	<i>Etablissements recevant du public (ERP)</i>	8
III.1.3.	<i>Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) et installations nucléaires de base</i>	8
III.1.4.	<i>Autres activités</i>	9
III.2.	Environnement naturel	9
III.2.1.	<i>Contexte climatique</i>	9
III.2.2.	<i>Risques naturels</i>	10
III.3.	Environnement matériel.....	12
III.3.1.	<i>Voies de communication</i>	12
III.3.2.	<i>Réseaux publics et privés</i>	13
III.3.3.	<i>Autres ouvrages publics</i>	13
III.4.	Cartographie de synthèse.....	14
IV.	DESCRIPTION DE L'INSTALLATION	16
IV.1.	Caractéristiques de l'installation	16
IV.1.1.	<i>Caractéristiques générales d'un parc éolien</i>	16
IV.1.2.	<i>Activité de l'installation</i>	17
IV.1.3.	<i>Composition de l'installation</i>	17
IV.2.	Fonctionnement de l'installation.....	17
IV.2.1.	<i>Système de fermeture de la porte</i>	17
IV.2.2.	<i>Balisage des éoliennes</i>	17
IV.2.3.	<i>Protection contre le risque incendie</i>	18
IV.2.4.	<i>Protection contre le risque foudre</i>	18
IV.2.5.	<i>Protection contre la survolte</i>	19
IV.2.6.	<i>Protection contre la tempête</i>	19
IV.2.7.	<i>Protection contre les remontées de nappes affleurantes</i>	19
IV.2.8.	<i>Protection contre l'échauffement</i>	19
IV.2.9.	<i>Protection contre la glace</i>	19
IV.2.10.	<i>Protection contre le risque électrique</i>	20
IV.2.11.	<i>Protection contre le risque de fuite de liquide dans la nacelle</i>	20
IV.2.12.	<i>Sécurité positive de l'éolienne – redondance des capteurs</i>	20
IV.2.13.	<i>Gestion à distance du fonctionnement des éoliennes (SCADA)</i>	20
IV.2.14.	<i>Conception des éoliennes</i>	21
IV.3.	Opérations de maintenance de l'installation	21
IV.3.1.	<i>Planification de la maintenance</i>	21
IV.3.2.	<i>Prise en compte du retour d'expérience</i>	21
IV.3.3.	<i>Stockage et flux de produits dangereux</i>	21
IV.3.4.	<i>Contrôles réglementaires périodiques</i>	21
V.	IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION	23
V.1.	Potentils de dangers liés aux produits.....	23
V.2.	Potentils de dangers liés au fonctionnement de l'installation	23
V.3.	Réduction des potentiels de dangers à la source.....	23
V.3.1.	<i>Principales actions préventives</i>	23
V.3.2.	<i>Utilisation des meilleures techniques disponibles</i>	23
VI.	ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE	23
VI.1.	Base de données	24
VI.2.	Bilan accidentologie matériel	24
VI.3.	Bilan accidentologie humaine	26
VI.4.	Inventaire des accidents et incidents à l'international.....	27
VI.5.	Inventaire des accidents et incidents survenus sur les sites de l'exploitant	27
VI.6.	Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience	28
VI.6.1.	<i>Analyse de l'évolution des accidents en France</i>	28
VI.6.2.	<i>Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents</i>	28
VI.7.	Limites d'utilisation de l'accidentologie	29
VII.	ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES	30
VII.1.	Objectif de l'analyse préliminaire des risques.....	30
VII.2.	Recensement des événements initiateurs exclus de l'analyse des risques.....	30
VII.3.	Recensement des agressions externes potentielles.....	30
VII.3.1.	<i>Agressions externes liées aux activités humaines</i>	30
VII.3.2.	<i>Agressions externes liées aux phénomènes naturels</i>	31
VII.4.	Scénarios étudiés dans l'analyse préliminaire des risques (APR)	31
VII.5.	Effets dominos.....	33
VII.6.	Mise en place des mesures de sécurité.....	33
VII.7.	Conclusion de l'analyse préliminaire des risques	37
VIII.	ETUDE DETAILLEE DES RISQUES	38
VIII.1.	Rappel des définitions	38
VIII.1.1.	<i>Cinétique</i>	38
VIII.1.2.	<i>Intensité</i>	38
VIII.1.3.	<i>Gravité</i>	38

VIII.1.4. Probabilité	39
VIII.1.5. Acceptabilité.....	39
VIII.2. Caractérisation des scénarios retenus.....	39
VIII.2.1. Effondrement de l'éolienne	39
VIII.2.2. Chute de glace	41
VIII.2.3. Chute d'éléments de l'éolienne	42
VIII.2.4. Projection de pales ou de fragments de pales.....	43
VIII.2.5. Projection de glace	45
VIII.3. Synthèse de l'étude détaillée des risques	47
VIII.3.1. Tableaux de synthèse des scénarios étudiés	47
VIII.3.2. Synthèse de l'acceptabilité des risques	48
VIII.3.3. Cartographie des risques.....	49
IX. CONCLUSION.....	51
Annexe 1 – Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne	52
<i>Terrains non bâtis.....</i>	<i>52</i>
<i>Voies de circulation</i>	<i>52</i>
<i>Logements.....</i>	<i>52</i>
<i>Etablissements recevant du public (ERP)</i>	<i>52</i>
<i>Zones d'activité</i>	<i>52</i>
Annexe 2 – Tableau de l'accidentologie française	53
Annexe 3 – Scénarios génériques issus de l'analyse préliminaire des risques	60
<i>Scénarios relatifs aux risques liés à la glace (G01 et G02)</i>	<i>60</i>
<i>Scénarios relatifs aux risques d'incendie (I01 à I07)</i>	<i>60</i>
<i>Scénarios relatifs aux risques de fuites (F01 à F02)</i>	<i>60</i>
<i>Scénarios relatifs aux risques de chute d'éléments (C01 à C03).....</i>	<i>61</i>
<i>Scénarios relatifs aux risques de projection de pales ou de fragments de pales (P01 à P06)</i>	<i>61</i>
<i>Scénarios relatifs aux risques d'effondrement des éoliennes (E01 à E10).....</i>	<i>61</i>
Annexe 4 – Probabilité d'atteinte et Risque individuel.....	62
Annexe 5 – Glossaire.....	62
Annexe 6 – Bibliographie et références utilisées	64

Liste des Cartes :

Carte 1: Localisation du site d'implantation.	7
Carte 2 : de situation de l'aire d'étude	7
Carte 3 : Risques sismiques en France, carte entrée en vigueur en 2011. (Source BRGM)	10
Carte 4 : Les niveaux kérauniques en France en 2004 (nombre de jours d'orage par an en moyenne).	10
carte 5 Localisation du risque potentiel de remontées de nappes.....	Erreur ! Signet non défini.
Carte 6 les abords du parc éolien	Erreur ! Signet non défini.
carte 7 localisation des voies d'accès et câblages inter éoliennes	22
Carte 8 : Périmètres d'étude de l'éolienne 1	49
Carte 9 : Périmètres d'étude de l'éolienne 2	49
Carte 10 : Périmètres d'étude de l'éolienne 3	50
Carte 11 : Périmètres d'étude de l'éolienne 4	50

Liste des figures :

Figure 1 : Distribution directionnelle des directions de vent.....	9
Figure 2 schéma simplifié d'une éolienne.....	16
Figure 3 Emprise au sol d'une éolienne	17
Figure 4 système de communication des éoliennes	20
Figure 5 : Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc éolien français entre 2000 et 2011 (source : SER/FEE/INERIS, 2012)	24
Figure 6 Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2011 (source : SER/FEE/INERIS, 2012).....	27
Figure 7 Répartition des causes premières d'accident pour le parc éolien mondial (source : SER/FEE/INERIS, 2012)	27
Figure 8 : Evolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées (source : INERIS/SER/FEE, 2012)	28

Liste des Tableaux

Tableau 1 : Distances entre les éoliennes et les habitations les plus proches.....	8
Tableau 2 nombre d'habitants et distance au parc éolien des communes proches (Sources INSEE, 2013.).....	8
Tableau 3 les ICPE SEVESO se trouvant à proximité du site d'étude.	8
Tableau 4 les ICPE sous le régime d'Autorisation à proximité du site d'étude.....	9
Tableau 5 Données météorologiques de la station de Plougenast. Source: station Météo France du Mans	9
Tableau 6 le nombre de jours d'orages moyens mensuel, Source : station météo France de Saint Briec (1985-2010).....	10
Tableau 7 : Distance entre les éoliennes et les voies du réseau routier.....	13
Tableau 8 Distance entre éoliennes et lignes électriques.....	13
Tableau 9 synthèse des enjeux humains	16
Tableau 10 coordonnées des éoliennes et du poste de livraison	17
Tableau 11 potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation	23
Tableau 12 : Liste des incidents intervenus en France (source : Base de données ARIA, mise à jour février 2018)	26
Tableau 13 : Liste des accidents humains inventoriés	26
Tableau 14 synthèse des agressions externes	30
Tableau 15 Distances entre éoliennes	30
Tableau 16 synthèse des agressions externes liées aux phénomènes naturels	31
Tableau 17 Analyse des risques	33

Introduction

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

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

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

Les objectifs par filière sont déclinés dans la Programmation Pluriannuelle de l'Energie (PPE). Le décret PPE n°2016-1442 du 27 octobre 2016 relatif à la PPE prévoit en particulier pour l'éolien terrestre les objectifs suivants :

- 15 000 MW de puissance installée au 31 décembre 2018,
- 2 options selon la trajectoire choisie :
 - Basse : 21 800 MW de puissance installée au 31 décembre 2023
 - Haute : 26 000 MW de puissance installée au 31 décembre 2023.

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

En décembre 2019, la puissance installée en France atteint 16.5GW, permettant la production de 34.1 TWh en 2019. Le taux de couverture de la consommation électrique par la production éolienne a donc atteint 7.2 % sur l'année 2019.

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

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

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

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

La loi n°2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement (loi Grenelle II) réaffirme tout d'abord la nécessité du développement de la filière éolienne pour atteindre les objectifs nationaux fixés dans la PPE.

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

Ces éléments font l'objet de la présente étude de dangers.

I. PRÉAMBULE

I.1. OBJECTIF DE L'ÉTUDE DE DANGERS

La présente étude de dangers a pour objet de rendre compte de l'examen effectué par ENGIE Green pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques du parc éolien de Loudéac Saint-Barnabé, autant que technologiquement réalisable et économiquement acceptable, que leurs causes soient intrinsèques aux substances ou matières utilisées, liées aux procédés mis en œuvre ou dues à la proximité d'autres risques d'origine interne ou externe à l'installation.

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

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

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

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

I.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 fournit un cadre méthodologique pour les évaluations des scénarios d'accident majeurs. Il impose une évaluation des accidents majeurs sur les personnes uniquement et non sur la totalité des enjeux identifiés dans l'article L. 511-1. En cohérence avec cette réglementation et dans le but d'adopter une démarche proportionnée, l'évaluation des accidents majeurs dans l'étude de dangers d'un parc d'aérogénérateurs s'intéressera prioritairement aux dommages sur les personnes. Pour les parcs éoliens, les atteintes à l'environnement, l'impact sur le fonctionnement des radars et les problématiques liées à la circulation aérienne feront l'objet d'une évaluation détaillée au sein de l'étude d'impact.

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

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

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

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

I.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 parcs éoliens sont soumis à la rubrique 2980 de la nomenclature des installations classées :

A. – Nomenclature des installations classées			
N°	DÉSIGNATION DE LA RUBRIQUE	A, E, D, S, C (1)	RAYON (2)
2980	Installation terrestre de production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent et regroupant un ou plusieurs aérogénérateurs : 1. Comprenant au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m.....	A	6
	2. Comprenant uniquement des aérogénérateurs dont le mât a une hauteur inférieure à 50 m et au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur maximale supérieure ou égale à 12 m et pour une puissance totale installée : a) Supérieure ou égale à 20 MW..... b) Inférieure à 20 MW.....	A D	6

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

Le parc éolien de la Vallée du Larhon comprend au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure à 50 mètres (1) : cette installation est donc soumise à autorisation (A) au titre des installations classées pour la protection de l'environnement et doit présenter une étude de dangers au sein de sa demande d'autorisation d'exploiter.

II. INFORMATIONS GÉNÉRALES CONCERNANT L'INSTALLATION

II.1. RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS

Le parc éolien de la Vallée du Larhon est porté à 100% par la SAS Engie Green Vallée du Larhon, détenue à 100% par Engie Green SAS.

Né de la fusion entre ENGIE Futures Énergies et MAÏA Eolis puis de la Compagnie du Vent, ENGIE Green est un acteur de référence des énergies renouvelables en France tant dans les domaines du développement que de la construction ou encore de l'exploitation des parcs éoliens. 1300 MW sont aujourd'hui exploités par la société.

Implanté sur 16 sites en France, près de 400 collaborateurs travaillent à la réalisation de projets avec les acteurs locaux.

La société exploite également les deux plus importants parcs photovoltaïques du Groupe ENGIE en France. ENGIE dispose en France de 860MwC solaire installés et exploités.

Engie Green alimente ainsi environ 1 400 000 personnes en électricité verte par an, et dispose actuellement d'un portefeuille de projets en développement de 3000 MW.

ENGIE Green est par ailleurs pleinement engagé dans le développement des énergies marines renouvelables avec notamment la ferme pilote éolienne flottante au large de Leucate en Méditerranée .

ENGIE Green est enfin également doté depuis 2010 d'un Centre de Conduite des Energies Renouvelables, basé à Châlons-en-Champagne, outil unique et innovant qui supervise les actifs éoliens et photovoltaïques du Groupe en France et en Europe. A fin 2016, plus de 1300 MW éoliens et 50MwC solaires sont pilotés à distance depuis ce Centre.

ENGIE GREEN

SAS à associé unique capital social de 30 000 000 euros

Dont le siège social est situé au

Le triade II

215 rue Samuel Morse

34000 Montpellier

Immatriculée au Registre du Commerce et des Sociétés de Nanterre sous le numéro 478 826 753

A noter que la présidente est [Rosaline CORINTHIEN](#)

Afin de permettre l'identification et le développement du parc éolien de la Vallée du Larhon, Engie Green a créé une structure pétitionnaire de la demande de permis de construire : Engie Green Vallée du Larhon.

Il s'agit d'une société par actions simplifiée à associé unique et capital variable au capital minimum de 10 000 euros, elle est immatriculée sous le numéro de SIREN 824 509 467. Son adresse de correspondance est :

Engie Green Vallée du Larhon,

Le Triade II, 215 rue Samuel Morse 34 000 MONTPELLIER

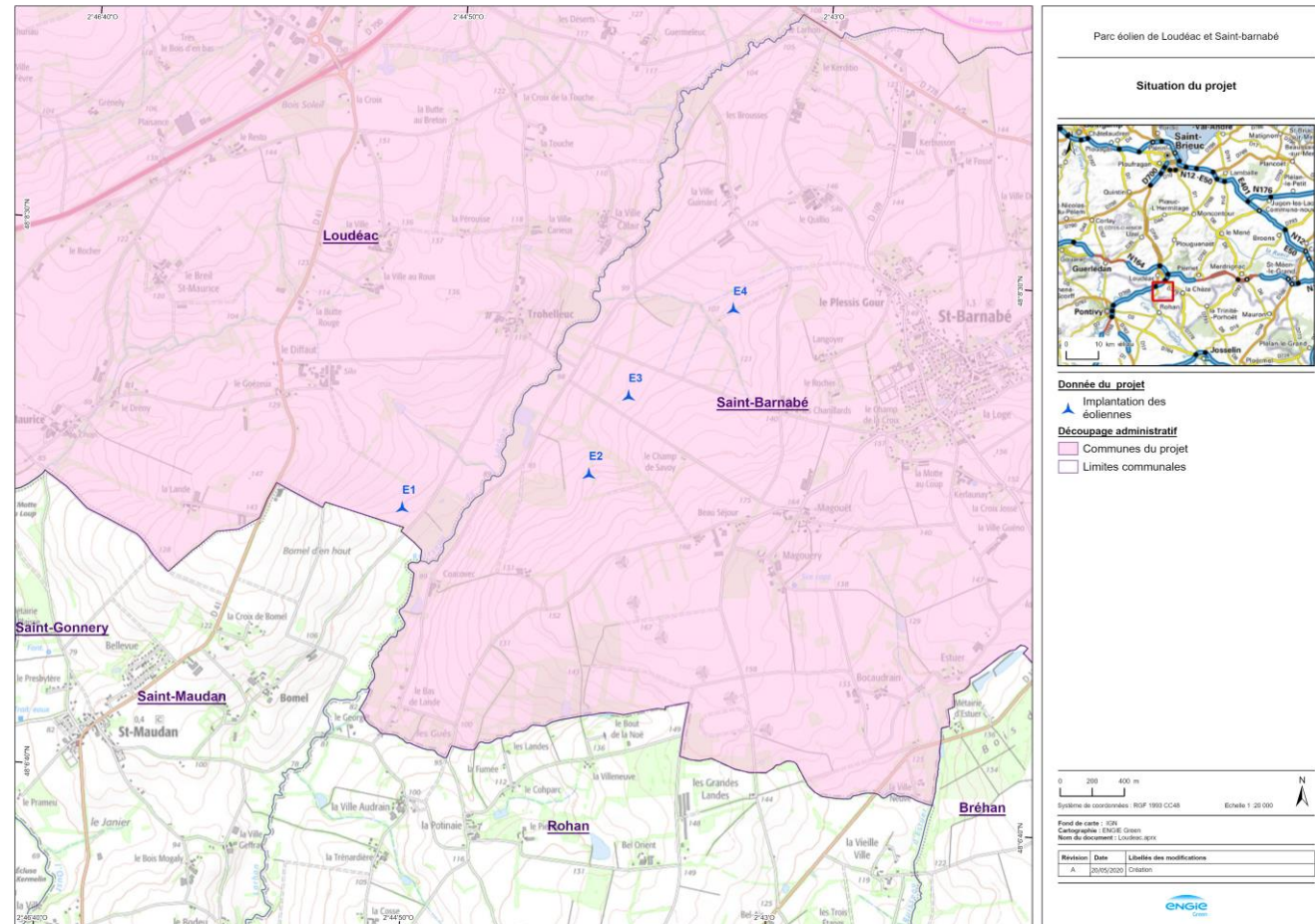
L'équipe du projet :

Nom Prénom	Société	Fonction	Dernier diplôme obtenu
Marine GAGNAIRE	ENGIE GREEN	Chef de Projets	Master aménagement des territoires (ERPUR) Université de Rennes 1
Agathe DU PLESSIS	ENGIE GREEN	Juriste	Master2 droit privé-droit notarial Université de Rennes 1
Fabien HUDIER	ENGIE GREEN	Cartographe SIGiste	Master 2 Sciences de l'information géographique et cartographie Université de Nantes
Daniel MONNIER	ENGIE GREEN	Chef d'Agence Exploitation Ouest	

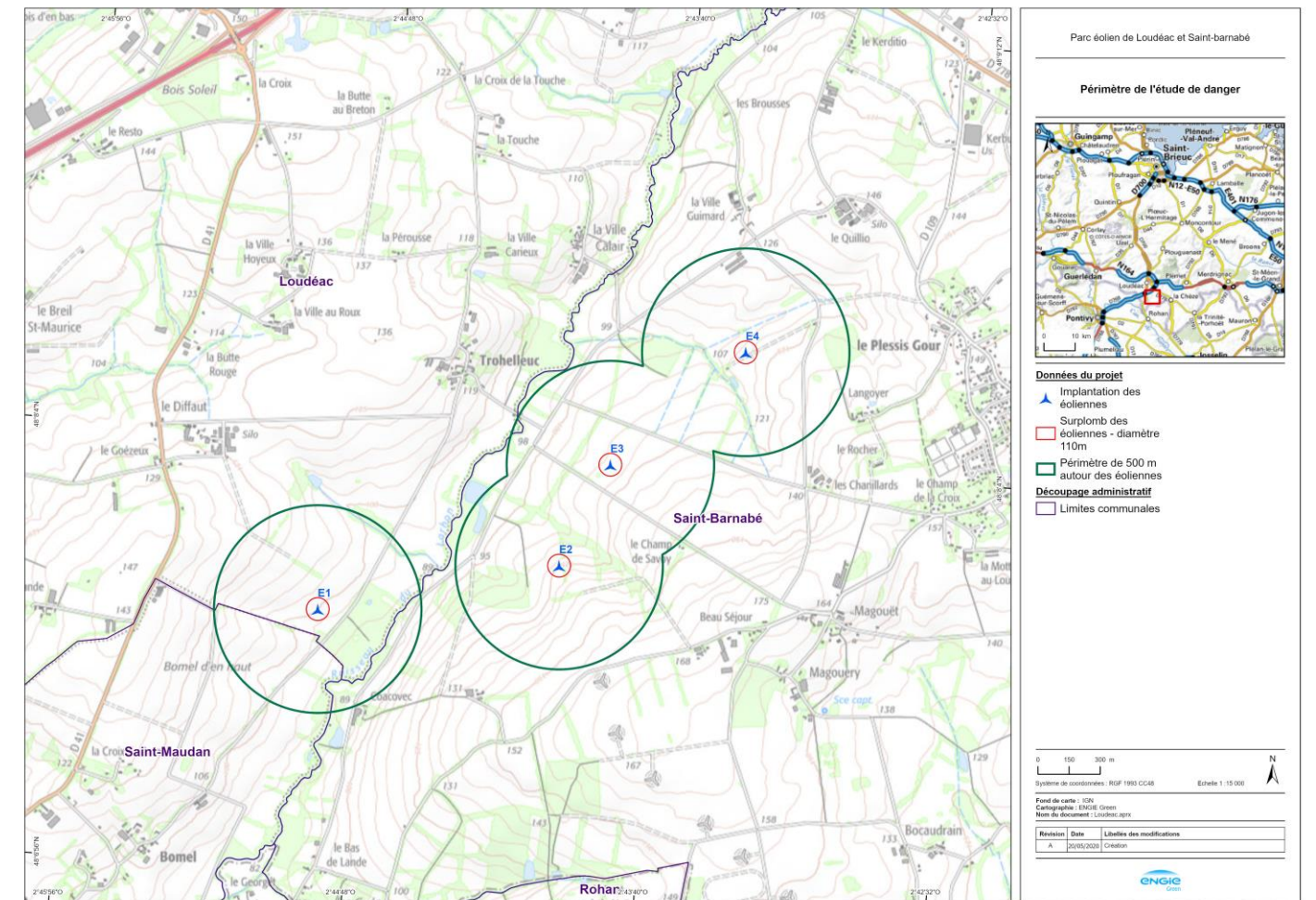
Cette étude de dangers a été réalisée à partir du guide générique de l'INERIS de mai 2012.

II.2. LOCALISATION DU SITE

Le parc éolien de la Vallée du Larhon, composé de 4 aérogénérateurs et un poste de livraison, est localisé sur les communes de Loudéac et de Saint Barnabé, dans le département des Côtes d’Armor (22), en région Bretagne



carte 1: Localisation du site d'implantation.



carte 2 : Situation de l'aire d'étude

II.3. DÉFINITION DE L'AIRES D'ÉTUDE

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

Chaque aire d'étude correspond à l'ensemble des points situés à une distance inférieure ou égale à 500 m à partir de l'emprise du mât de l'aérogénérateur. Cette distance équivaut à la distance d'effet retenue pour les phénomènes de projection, telle que définie au paragraphe VIII.2.4.

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

III. 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).

III.1. ENVIRONNEMENT HUMAIN

III.1.1. HABITATIONS ET ZONES DESTINÉES À L'HABITATION

Les communes de la CIDERAL, Loudéac et Saint-Barnabé sont actuellement régies par un PLUi approuvé le 5/09/2017.

La zone d'implantation potentielle a été définie à 500 mètres des zones destinées à l'habitation. Les habitations ou hameaux les plus proches du projet de parc éolien sont : La Ville Calaire, Coacovec, Champ de Savoy ainsi que l'habitation située entre le Diffaut et l'élevage de pigeons situés le long de la D41.

Le tableau ci-après indique la distance entre les éoliennes et chacune de ces habitations :

Distance éolienne / habitations	Eolienne 1	Eolienne 2	Eolienne 3	Eolienne 4
Bomel	1169m	2265 m	2717 m	3560 m
Maison située entre le Diffaut et élevage de pigeons	807m	1832 m	2069 m	2814 m
Le Diffaut	944m	1760 m	1906 m	2695 m
La butte Rouge/Les Gouzeux	1387m	2068 m	2113 m	1421 m
Trohelleuc	1262m	1012 m	852 m	912 m
Ville Calaire	2062 m	1436 m	961 m	570 m
Ville Guimard	2726 m	1823 m	1278 m	734 m
Le Quillio	3058 m	2088 m	1553 m	897 m
Plessis Gour	3246 m	2122 m	1675 m	754 m
Les Chanillards	2520 m	1342 m	1045 m	982 m
Champ de Savoy	1767 m	545 m	507 m	1380 m
Beauséjour	1988 m	892 m	1014 m	2067 m
Coacovec d'en Haut	890 m	709 m	1253 m	2503 m
Coacovec d'en Bas	519 m	1155 m	1658 m	2814 m

Tableau 1 : Distances entre les éoliennes et les habitations les plus proches

Le tableau ci-après indique le nombre d'habitants dans les bourgs les plus proches du parc éolien :

Commune	Nombre d'habitants	Distance au parc éolien
Loudeac	1015	5 km
Saint Barnabé	1288	1 km
Saint Maudan	414	2 km
Saint Gonnelly	1083	5 km
Rohan	1650	6 km
Gueltas	511	6 km
Hemonstoir	719	5 km
La Chèze	570	6 km

Tableau 2 nombre d'habitants et distance au parc éolien des communes proches (Sources INSEE, 2015.).

III.1.2. ETABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC (ERP)

Dans la zone d'étude définie au point II.3 et illustrée par cartographie, il apparaît qu'aucun établissement recevant du public (ERP) n'est à recenser.

III.1.3. INSTALLATIONS CLASSÉES POUR LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT (ICPE) ET INSTALLATIONS NUCLÉAIRES DE BASE

La consultation de la liste de la DREAL des établissements classés SEVESO et autres installations à risques (stockages d'engrais, ammoniac, silos et tours aéroréfrigérantes) indique qu'il n'existe aucune installation de ce type dans les limites de la zone d'étude.

Toutefois, on recense deux établissements de type SEVESO en seuil Bas sur la commune de Loudéac.

Ville	Établissement	Seuil Seveso	Activité
Loudéac	UNION INVIVO Magasin d'engrais	SB	Stockage d'engrais ou de phytosanitaires
Loudéac	GAMM Vert Ouest	SB	Stockage d'engrais ou de phytosanitaires
Loudéac	SERMIX	SB	Alimentation animale

Tableau 3 : les ICPE SEVESO se trouvant à proximité du site d'étude (données février 2019).

Voici la liste des installations classées ICPE sous régime Autorisation se trouvant dans les communes voisines. (hors exploitation agricole)

Commune	Nom établissement	Activités
LOUDEAC	ARMOR PROTEINES	Industrie Alimentaire
	BROCELIANDE ALH	Industrie Alimentaire
	CIDERAL (STATION D'EPURATION CALOUE)	Station d'épuration
	CIDERAL ex SMICTOM DE LOUDEAC	Anc décharge
	EFA-ENTREPOTS FRIGORIFIQUES DE L'ARGOAT	Entrepôts frigorifiques
	ENTREMONT ALLIANCE	Industrie Alimentaire
	GALVA INDUSTRIES (STE)	Fabrication de produits métalliques
	GELAGRI BRETAGNE (LOUDEAC)	Commerce de gros
	Guy DAUPHIN Environnement	Collecte, traitement et élimination des déchets
	LOUDEAC VIANDES	Industrie Alimentaire
	LOUSIANE	Industrie automobile
	PATISSERIES GOURMANDES	Industrie Alimentaire
	SARL DACB BEUREL	Collecte, traitement et élimination des déchets
	SERMIX	Commerce de gros
	SMICTOM de Loudéac	Traitement des ordures ménagères
	STEF LOGISTIQUE de Bretagne Sud	Entreposage et services auxiliaires des transport

	VETAGRI (SA)	Alimentation animale
	SOHIER ENVIRONNEMENT	Collecte, traitement et élimination des déchets
	TRISKALIA	Commerce de Gros
	UNION IN VIVO	Commerce de Gros

Tableau 4 : les ICPE sous le régime d'Autorisation à proximité du site d'étude

Les communes de Saint-Maudan et Saint-Barnabé n'accueillent aucune ICPE.

III.1.4. AUTRES ACTIVITÉS

- Activité agricole

Il existe aux alentours du projet éolien plusieurs exploitations agricoles ayant des activités variées. Dans la zone d'étude, la majorité des parcelles sont destinées aux cultures. Cependant, des pâtures et bâtiments d'élevage sont également à recenser.

Les bâtiments recensés dans l'aire d'étude ont une vocation agricole :

- Des poulaillers installés au sud de la Ville Guimard se trouvent à 378m de l'éolienne E4,
- Activité de loisirs

Un circuit de randonnée VTT traverse le site en empruntant des chemins communaux le long de la Vallée du Larhon .

III.2. ENVIRONNEMENT NATUREL

III.2.1. CONTEXTE CLIMATIQUE

Les données météo ci-après proviennent :

- de la station Météo France la plus proche : Plouguenast (à 9 km au nord de Loudéac) pour les données de températures et de précipitations,
- du mât de mesure de vent de 80 mètres installé sur le site pendant 2 années sur le site (février 2016 à février 2018).

	jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
Températures Moyennes Mensuelles (en °C)	6	6.2	8	9.2	12.3	15	17	17.2	15.2	12.5	8.8	6.4
Températures maximales (Moyenne en °C)	8.5	9	11.4	12,9	16.2	19.1	21,1	21,4	19.1	15.7	11.5	9
Températures minimales (Moyenne en °C)	3.5	3.4	4.7	5.6	8.5	10.9	12.9	13.1	11.3	9.3	6	3.9
	jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
Nombre de jour de brouillards	2.9	2.4	2.8	3.9	5.3	.	4.6	5.8	3.6	4.1	2.0	2
Nombre de jour avec orage	0.2	0.3	0.4	0.7	1.1		1.3	1.4.	0.7	.	0.2	0.3

Nombre de jour avec Neige	1.3	2.7	.	0.6	0.2	1.7
Nombre de jour avec grêle	0.5	0.4	0.5	1.1	0.2	.	.	0.1	0.1.	0.1	0.4	
Nombre de jour où la température minimale est inférieure à 0°C (gel)	5.5	4.9	2	0.6	-	-	-	-	-	0.1	2.1	5,5
	jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
Durée d'insolation normales (en heure)	64.8	76.8	118.1	152.4	179.7	198.7	186.3	178.1	160.9	107.	77.8	64.9
Précipitations moyennes (mm)	75.5	65.6.	54.1	63.7	58.4	47.8	42.5.	41.2	59.6	78.2	81.3	82.8

Tableau 5 Données météorologiques de la station de Plouguenast. Source: station Météo France de Saint Brieuc.

- Vent (Fréquence et direction des vents – rose des vents)

Sur la rose des vents ci-dessous, nous pouvons observer la prédominance des vents du sud-ouest et du nord-est (étude vent interne à Engie Green).

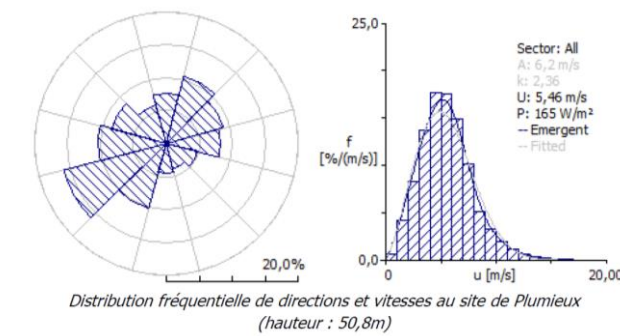


Figure 1 : Distribution directionnelle des directions de vent.

III.2.2. RISQUES NATURELS

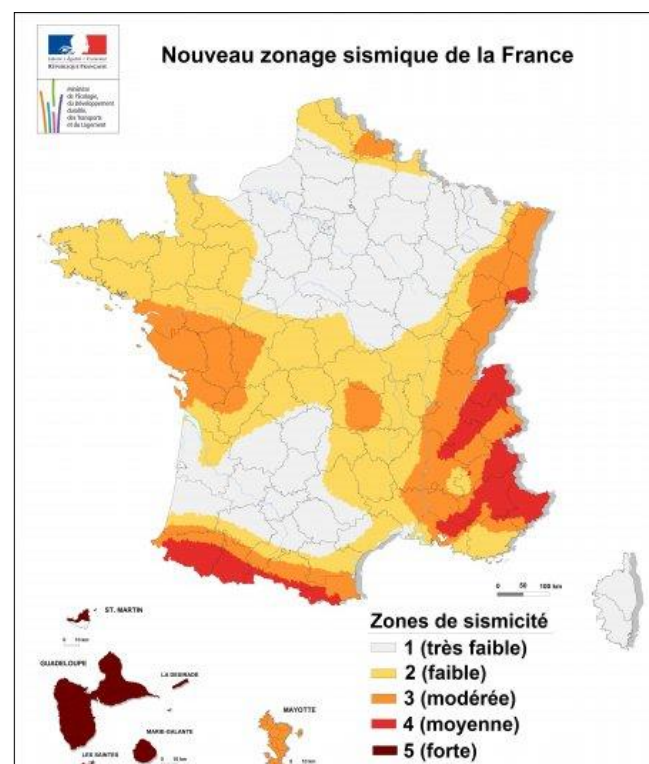
Les risques naturels sont susceptibles de constituer des agresseurs potentiels pour les éoliennes et seront donc pris en compte dans l'analyse préliminaire des risques.

III.2.2.1. ACTIVITÉ SISMIQUE

Afin de prévoir le risque sismique et de pouvoir appliquer les règles de construction parasismiques, un zonage sismique de la France a été réalisé. Ce zonage classe les zones sur une échelle de 5 niveaux :

- Niveau très faible
- Niveau faible
- Niveau modéré
- Niveau moyen
- Niveau fort

La carte ci-après présente l'état du risque sismique en France. La zone d'étude est classée en zone de sismicité 2, c'est-à-dire que le risque sismique est faible sans pour autant être nul.



Carte 3 : Risques sismiques en France, carte entrée en vigueur en 2011. (Source BRGM)

III.2.2.2. MOUVEMENTS DE TERRAIN

Les communes de Loudéac et Saint Barnabé n'ont pas été inventoriées comme communes concernées par le risque mouvement de terrain par la Préfecture des Côtes d'Armor à travers le Document Départemental des risques Majeurs de 2015.

Une cavité d'origine humaine a été recensée au lieu-dit Ville Bougeault (nord Est de la commune) à Loudéac. Aucune cavité souterraine n'est connue sur le territoire de saint Barnabé.

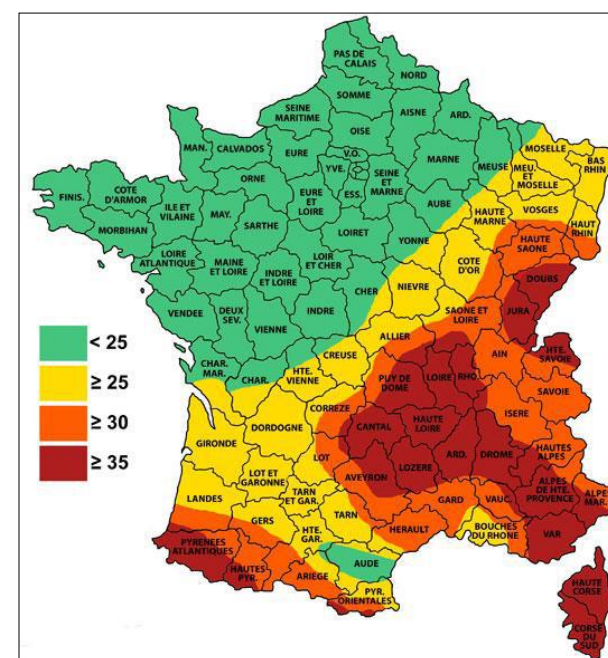
III.2.2.3. RISQUES DE Foudre

Le niveau kéraunique (nombre moyen de jours où le tonnerre est entendu) dans le département des Côtes d'Armor est inférieur à 25 (source : Clear Connect Electronics).

Le nombre moyen de jour d'orage mensuel sur le site varie d'un minimum de 0 pour juin à un maximum de 1.4 pour Aout (Source station météo France de Saint Briec). Le nombre moyen de jours d'orage pour les années 1985 -2010 est de 6,6.

La notion de densité de coup de foudre est moins rudimentaire. En France, cette densité serait de 1 à 3 par km² et par an.

On évalue que 6 % des arrêts de fonctionnement d'une éolienne ont pour origine des orages. Nous verrons quelles installations techniques équipent les éoliennes pour éviter les dommages dus à l'environnement.



Carte 4 : Les niveaux kéraoniques en France en 2004 (nombre de jours d'orage par an en moyenne).

	jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
Nombre de jour avec orage	0,2	0,3	0,4	0,7	1.1	0	1.3	1.4	0.7	0	0.2	0,3

Tableau 6 le nombre de jours d'orages moyens mensuel, Source : station météo France de Saint Briec (1985-2010)

III.2.2.4. TEMPÊTES

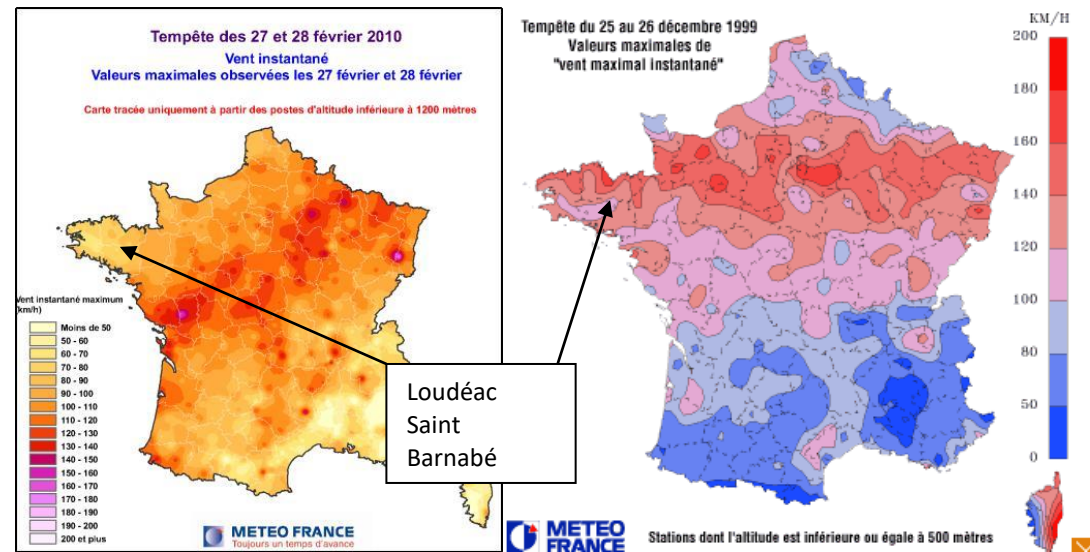
Les Côtes d'Armor sont sujettes aux tempêtes, comme l'ensemble du territoire français, le département a pu vivre à différentes reprises des vents forts à l'origine d'accidents ou d'incidents (coupure électricité, chutes d'arbres, ...).

En moyenne et par an, sur ce département, on observe 3 à 4 situations donnant des rafales de vent dépassant les 100 km/h.

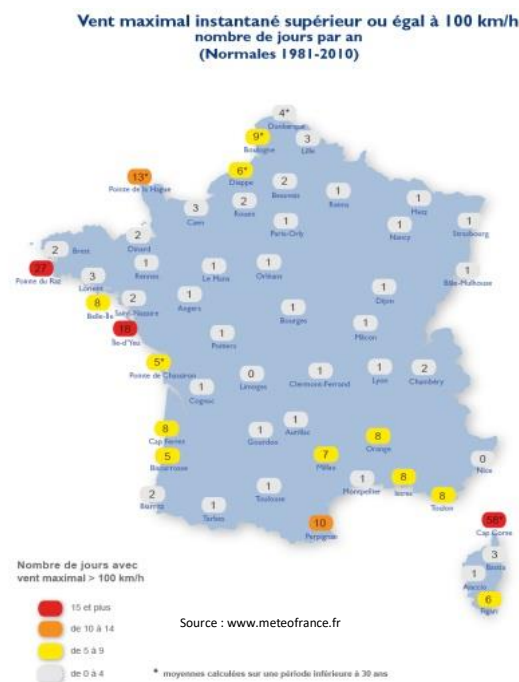
Les dernières tempêtes ayant provoqué des dégâts importants dans les Côtes d'Armor sont :

- l'ouragan de la nuit du 15 au 16 octobre 1987 : les vents maximum enregistrés en rafales ont été de 172 km/h à Bréhat et à 176 km/h à Trémuson ;
- des tempêtes de début 1990 les 25 janvier et 11 février 1990 : le vent maximum enregistré en rafales a été de 151 km/h à Bréhat ;
- la tempête du 26 décembre 1999 : le vent maximum enregistré en rafales a été de 172 km/h à Trémuson.

Les cartes figurant ci-dessous réalisées par Météo France illustrent les vitesses de vent enregistrées lors des tempêtes de 1999 (Lothar et Martin) et de 2010 (Xynthia).



Carte 6: Les tempêtes : valeurs maximales de vents observées.



jour par an

Carte 7 Vent maximal instantané supérieur ou égal à 100km/h par nombre de

Météo France nous indique qu'entre 1985 et 2010 les Côtes d'Armor ne connaissent en moyenne que deux journées et demie où le vent est supérieur à 100km/h contrairement à la pointe du Raz plus exposée avec 27 jours.

Le phénomène des tempêtes est donc présent mais limité.

III.2.2.5. INCENDIES

Le risque de feux de forêt est identifié dans le dossier départemental des risques majeurs. Le taux de surface incendié pour 1 000 hectares de forêt est de 0.3 pour la Bretagne.

En effet, la commune de Loudéac abrite une forêt domaniale, cette dernière se trouve à 5 km de la zone du projet.

La commune de Loudéac présente un taux de boisement de 7,8 %. Elle est donc considérée comme à sensibilité faible.

III.2.2.6. INONDATIONS ET COULÉES DE BOUES

Les communes de Loudéac et Saint-Barnabé ne sont pas concernées par le risque coulée de boues.

Plusieurs ruisseaux traversent le territoire des communes de Loudéac.

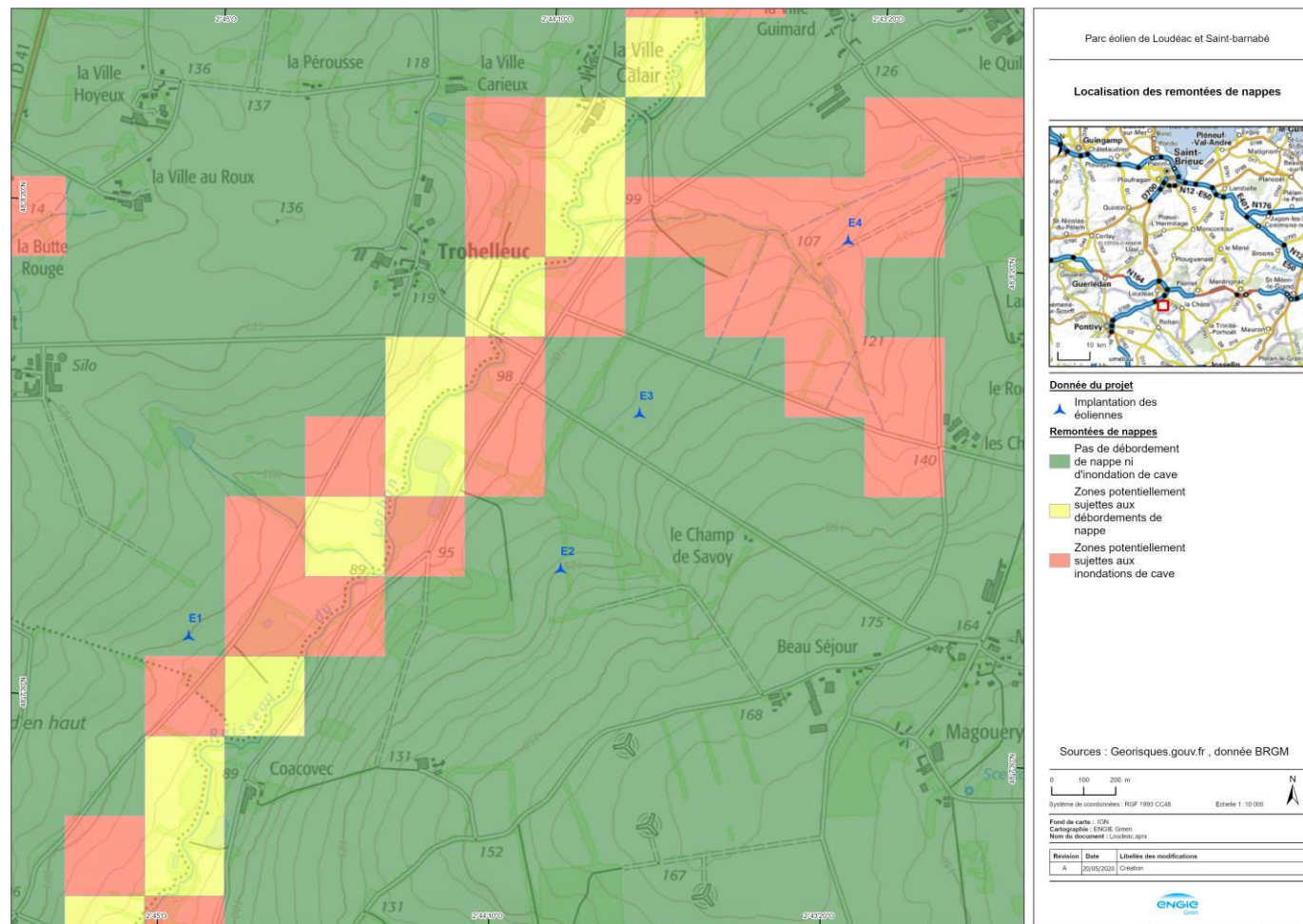
Au regard de la localisation de la zone d'implantation du ruisseau du Larhon, à une altitude nettement supérieure à celle du ruisseau, il est très peu probable que le site soit sujet à ce type de catastrophes naturelles.

III.2.2.7. REMONTÉE DE NAPPES SOUTERRAINES

Le site géorisques.fr identifie une zone sub-affleurante de part et d'autre du ruisseau du Larhon.

Les éoliennes E1, E2, E3 se situent dans une zone où le potentiel de remontées de nappe est très faible à nulle.

L'éolienne 4, quant à elle, se trouve en bordure d'une zone à potentiel très fort mais dans un périmètre identifié comme une zone à risque fort.



Carte 5 : Localisation du risque potentiel de remontées de nappes

III.3. ENVIRONNEMENT MATÉRIEL

III.3.1. VOIES DE COMMUNICATION

III.3.1.1. LE RÉSEAU ROUTIER

Plusieurs voies de communication sont présentes dans l'aire d'étude :

- Des chemins communaux, utilisées par les riverains et exploitants agricoles considérés comme terrains aménagés et non comme axe structurant ;
- Des chemins ruraux, utilisés par les riverains et exploitants agricoles considérés comme terrains aménagés et non comme axes structurants ;
- Des chemins d'exploitations utilisés par les exploitants agricoles considérés comme terrains aménagés et non comme axes structurants.

Distances en mètres	E1	E2	E3	E4
chemin communal n°16	492 m	1673 m	2032 m	2844
chemin rural de trohelleuc	125 m	661 m	362 m	1342m
chemin de coacovec à la ville guimard	412 m	392 m	361 m	424 m
chemin de coacovec à trohelleuc	793 m	415	793 m	1638m
chemin du cas	968 m	159 m	523 m	1370m
chemin de beauséjour	1129 m	154 m	559 m	1200m
chemin rural du champs de savoy à trohelleuc	1308 m	420 m	123 m	932 m
chemin de Trohelleuc	1314 m	661 m	793 m	1039 m
chemin rural de chamillard	1553 m	761 m	210 m	533 m
chemin de la lande de langoyer	2243 m	1210 m	687 m	17 m
chemin rural n°47	2434 m	1085 m	937 m	934 m
chemin de la fontaine Eon au plessis gour	2838 m	1788 m	1274 m	427 m
Chemin rural du Diffaut	915 m	887 m	800 m	1455 m

Tableau 7 : Distance entre les éoliennes et les voies du réseau routier

De par le trafic journalier des voies de communication communales présentes dans la zone d'étude (inférieur à 2000 véhicules/jour), **les voies de circulation communales du site de Loudéac Saint Barnabé sont considérées comme non structurantes**, elles seront incluses dans la catégorie des terrains aménagés mais peu fréquentés.

Aucune voie de circulation structurante ne se trouve dans le périmètre d'étude.

III.3.1.2. INFRASTRUCTURES FERROVIAIRES

Dans l'aire d'étude, aucune infrastructure ferroviaire n'est présente.

III.3.1.3. INFRASTRUCTURES FLUVIALES

Dans l'aire d'étude, aucune infrastructure fluviale n'est présente.

III.3.1.4. INFRASTRUCTURES AÉROPORTUAIRES

Il n'existe pas d'infrastructures aéroportuaires à proximité du projet.

III.3.2. RÉSEAUX PUBLICS ET PRIVÉS

Plusieurs installations publiques et privées sont présentes dans les limites de la zone d'étude :

Plusieurs lignes électriques de basses et moyennes tensions traversent l'aire d'étude. Le gestionnaire de réseau ENEDIS prévoit un éloignement minimal de 40 m de part et d'autre de la ligne électrique moyenne tension.

Eoliennes	Distance à la ligne électrique
E1	164 m
E2	647
E4	528 m
E3	260 m

Tableau 8 Distance entre éoliennes et lignes électriques

L'éolienne la plus proche d'une ligne électrique est l'éolienne 1 ; elle se trouve à 164 m de la ligne électrique.

Le parc éolien d'Engie Green Vallée du Larhon respecte bien les éloignements préconisés.

III.3.3. AUTRES OUVRAGES PUBLICS

Il n'existe aucun périmètre de protection de captage, transport d'hydrocarbures, canalisations de gaz ou autre ouvrage public à répertorier à proximité ou dans la zone d'étude.

III.4. CARTOGRAPHIE DE SYNTHÈSE

En conclusion, nous pouvons observer que les principales activités sur le secteur d'implantation sont agricoles (cultures, prairies, élevages).

Tous les types d'infrastructures ainsi que les habitations et autres établissements présents, au sein et en dehors de la zone d'étude, ont fait l'objet d'une étude approfondie et figurent bien dans les enjeux répertoriés de l'étude de dangers.

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

-



Parc éolien de Loudéac et Saint-barnabé

Abords des installations



Données du projet

- Implantation des éoliennes
- Voies d'accès aux éoliennes
- Emplacement du poste de livraison
- Plateformes
- Surplomb des éoliennes
- Périmètre de 500 m autour des éoliennes

Réseaux routier et électrique

- Lignes basse tension
- Chemins ruraux
- Chemins communaux

Occupation du sol

- Bâtiments industriels
- Espaces boisés
- Surfaces en eau



Fond de carte : IGN
 Cartographie : ENGIE Green
 Nom du document : Loudéac.aprx

Révision	Date	Libellés des modifications
A	20/05/2020	Création



carte 6 les abords du parc éolien

Les enjeux humains peuvent être exposés par secteur :

Secteur	Surface dans la zone d'étude (500m)	Méthode de comptage (circulaire du 10-05-2010)	Distance à l'éolienne la plus proche
Champs cultivés	28,39 ha	1 pers/ 100 ha	0 mètres. Au sein des parcelles concernées.
Bois et forêt (privés)	23,20 ha	1 pers/ 100 ha	0 mètres. Au sein des parcelles concernées
Ligne moyenne tension		–	164m
Bâtiments agricoles élevage ou Hangar de stockage	0,27 ha	4 employés pour l'élevage avicole installé à la Ville Guimard	Hangar le plus proche : 382m
Route communale Chemin ruraux de faible fréquentation	49,62 ha	Routes non structurantes 1 pers/ 10 ha	17 m de la E4 (Chemin de la Lande de Langoyer)
Chemins communaux et chemins privés	15,4h	1/10ha	
Cours d'eau, étangs	0,18 ha	1 pers/ 100 ha	

Tableau 9 synthèse des enjeux humains

Les données précisées dans ce tableau sont indiquées à titre d'information pour l'ensemble du parc dans un rayon de 500 mètres. Un calcul sera effectué par aérogénérateur afin de déterminer le nombre de personnes exposées, suivant les scénarii décrits au cours de cette étude.

IV. 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 V), au regard notamment de la sensibilité de l'environnement décrit précédemment.

IV.1. CARACTÉRISTIQUES DE L'INSTALLATION

IV.1.1. CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES D'UN PARC ÉOLIEN

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

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

- Un réseau de chemins d'accès ;
- Éventuellement des éléments annexes type mât de mesure de vent, aire d'accueil du public, aire de stationnement, etc.

❖ Éléments constitutifs d'un aérogénérateur

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

Les aérogénérateurs se composent de trois principaux éléments :

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

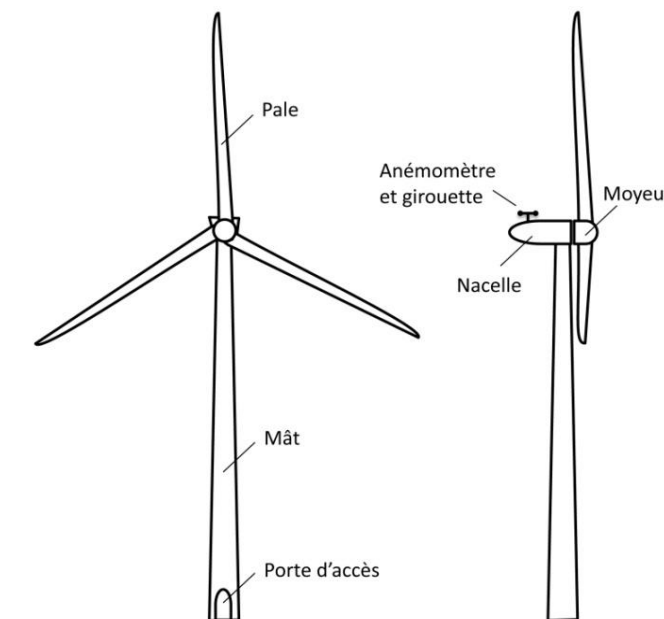


Figure 2 schéma simplifié d'une éolienne

❖ Emprise au sol

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

- **La surface de chantier** est une surface temporaire, durant la phase de construction, destinée aux manœuvres des engins et au stockage au sol des éléments constitutifs des éoliennes.

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

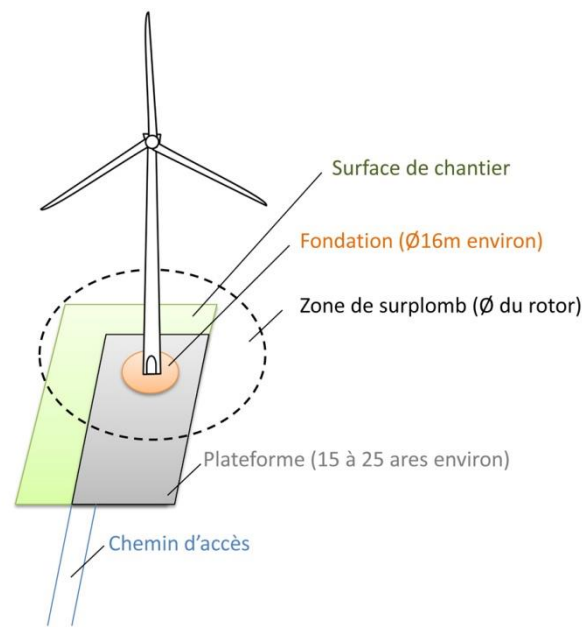


Figure 3 Emprise au sol d'une éolienne

❖ Chemins d'accès

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

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

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

IV.1.2. ACTIVITÉ DE L'INSTALLATION

L'activité principale du parc éolien de la vallée du Larhon est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent avec une hauteur de mât au moyeu de 95 m. Cette installation est donc soumise à la rubrique 2980 des installations classées pour la protection de l'environnement.

IV.1.3. COMPOSITION DE L'INSTALLATION

Le parc éolien de la vallée du Larhon est composé de quatre aérogénérateurs et d'un poste de livraison. Chaque aérogénérateur a une hauteur de moyeu de 95 mètres et un diamètre de rotor de 110 mètres, soit une hauteur totale en bout de pale de 150 mètres.

Le tableau suivant indique les coordonnées géographiques des aérogénérateurs et du poste de livraison dans le système de coordonnées Lambert 93 CC48 :

Numéro de l'éolienne	Longitude (X)	Latitude (Y)	Altitude en mètre NGF
E1	1272421,59	7230071,33	100
E2	1273585,53	7230280,81	124
E3	1273832,8	7230766,66	118
E4	1274485,56	7231308,04	118
Poste de Livraison	1273759	7230681	118

Tableau 10 coordonnées des éoliennes et du poste de livraison

IV.2. FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

L'installation respecte la réglementation en vigueur en matière de sécurité décrite par l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations soumises à autorisation au titre de la rubrique 2980 des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement.

IV.2.1. SYSTÈME DE FERMETURE DE LA PORTE

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. De plus, l'accès aux postes de livraison est fermé à clef.

Un détecteur avertit les personnels d'exploitation et de maintenance en cas d'ouverture d'une porte d'accès à une éolienne.

IV.2.2. BALISAGE DES ÉOLIENNES

Le balisage des éoliennes est défini par les arrêtés du 13 Novembre 2009, 7 Décembre 2010 et 23 avril 2018. **Les éoliennes retenues sont conformes à ces arrêtés.**

La couleur des éoliennes sera conforme aux exigences réglementaires. Toutes les éoliennes constituant le parc éolien, 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, délivré par le service technique de l'aviation civile de la direction générale de l'aviation civile (STAC), en fonction des spécifications techniques correspondantes.

Les balisages sont conformes aux articles L.6351-6 et L.6352-1 du code des transports et R.243-1 et R.244-1 du code de l'aviation civile. Et conformité avec IEC 61 400-1 et 3 et 61 400-22.

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.

IV.2.2.1. BALISAGE LUMINEUX DE JOUR

Chaque éolienne est dotée d'un balisage lumineux de jour assuré par des feux d'obstacle moyenne intensité de type A (feux à éclats blancs de 20 000 candelas [cd]). Ces feux d'obstacle sont installés sur le sommet de la nacelle et disposés de manière à assurer la visibilité de l'éolienne dans tous les azimuts (360°).

IV.2.2.2. 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/m², le crépuscule est caractérisé par une luminance de fond comprise entre 50 cd/m² et 500 cd/m², et la nuit est caractérisée par une luminance de fond inférieure à 50 cd/m². 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/m².

IV.2.3. PROTECTION CONTRE LE RISQUE INCENDIE

IV.2.3.1. SYSTÈME DE DÉTECTION ET D'ALARME

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.

Ce dernier est en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents et de mettre en œuvre les procédures d'urgence dans un délai respectant la réglementation en vigueur (respectivement 15 et 60 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.

IV.2.3.2. SYSTÈME DE LUTTE CONTRE L'INCENDIE

Les éoliennes disposent d'extincteurs et de la possibilité d'installer un système de détection d'incendie.

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 mesure de sécurité, le Service Départemental d'Incendie et de Secours demande la fourniture d'un extincteur par poste de livraison et de trois par machines, positionnés dans le pied de la tour à côté de la porte fermée, sur la première plateforme à gauche de l'échelle et dans la nacelle au niveau de la colonne de la grue.

IV.2.3.3. PROCÉDURE D'URGENCE EN CAS D'INCENDIE

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 dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur, et est formé pour le faire.

En cas d'incendie, des procédures d'urgence permettent au personnel de prendre les mesures nécessaires à l'évacuation de la nacelle, à l'extinction d'un début d'incendie, etc.

Sur le site, le personnel dispose d'extincteurs visibles et facilement accessibles, adaptés aux risques à combattre, et d'une trousse de premiers secours.

Une fois l'autorisation environnementale et 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 ;
- D'établir les procédures à mettre en place (périmètre de sécurité, moyens de lutte incendie externe pouvant être mis en œuvre etc.) ;
- De planifier la réalisation régulière d'exercices d'entraînement.

IV.2.4. PROTECTION CONTRE LE RISQUE Foudre

La fonction principale du système de protection contre la foudre est de protéger les vies et les biens contre les effets destructeurs de la foudre.

Tous les éléments du système sont conçus de manière à résister à l'impact de la foudre, et à ce que le courant de foudre puisse être conduit en toute sécurité aux points de mise à la terre sans dommages ou sans perturbations des systèmes.

Les éoliennes sont protégées contre l'impact de la foudre grâce à un système de transmission allant des récepteurs de pale et de nacelle jusqu'aux fondations, en passant par le carénage, le châssis et la tour. Ce système évite le passage de la foudre à travers les composants critiques. Pour ce qui est des systèmes de protection supplémentaires, le système électrique est doté de protecteurs de surtension.

Tous ces systèmes de protection sont conçus pour atteindre un niveau de protection maximal de classe I conformément à la norme IEC 62305. Les normes IEC 61400-22 et IEC 61024 ont été prises comme normes de référence. 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.

IV.2.5. PROTECTION CONTRE LA SURVITESSE

Chaque éolienne est dotée d'un dispositif de freinage pour diminuer les contraintes mécaniques qui s'exercent sur cette dernière lorsque le vent augmente. Ce dispositif arrête tout fonctionnement de l'éolienne en cas de tempête par exemple. Cela s'effectue par une rotation des pales limitant la prise au vent.

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 et de mettre en œuvre les procédures d'urgence dans un délai respectant la réglementation en vigueur.

En cas d'incident (survitesse, échauffement, incendie), ENGIE Green justifie sa capacité à 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 du fournisseur des machines.

En cas d'intervention, 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. De plus, des dispositifs de sectionnement sont répartis sur l'ensemble de la chaîne électrique 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.

En cas d'accident, nécessitant des moyens externes, l'alerte est donnée au SDIS. Le temps d'intervention de ce service dépendra de l'activité opérationnelle et de la typologie de l'intervention.

IV.2.6. PROTECTION CONTRE LA TEMPÊTE

Tous les principaux composants sont équipés de capteurs de température. Un certain nombre de seuils est prédéfini dans le système de contrôle de l'éolienne.

En cas de dépassement de la vitesse du vent de coupure, si la valeur moyenne sur 10 minutes est supérieure à 25 m/s ou si la valeur moyenne sur 3 secondes est supérieure à 32 m/s, l'éolienne s'arrête. Dans ce cas, 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 du parc, et donne lieu à des analyses et si nécessaire interventions de maintenance sur site afin de corriger les problèmes constatés.

La procédure de coupure sera lancée si la vitesse du vent est supérieure à la vitesse du vent de coupure, en valeur moyennée sur 10 min. Cependant, pour faire face aux rafales, l'éolienne lancera également la procédure de coupure si la vitesse du vent dépasse certains seuils prédéfinis dans le système de contrôle de l'éolienne en valeur moyennée sur 30 s, ou en valeur moyennée sur 1s.

La procédure d'arrêt fera pivoter les pales en position drapeau et arrêtera l'éolienne en toute sécurité.

Après l'arrêt et pour des raisons de sécurité, un délai d'attente doit être respecté avant de procéder au redémarrage de l'éolienne. Ce délai d'attente n'est décompté qu'une fois que la vitesse du vent reste inférieure à 22 m/s pendant plus de 120 s.

IV.2.7. PROTECTION CONTRE LES REMONTÉES DE NAPPES AFFLEURANTES

Los de l'étude de sol et afin de dimensionner les fondations, une analyse du risque de remontée de nappes sera menée notamment grâce à l'installation de piézomètres. A partir de ces mesures, Le bureau d'étude définira la taille de la fondation ainsi que son type de fondation (fondation avec ou sans eau)

Concernant le type de béton retenu, une mesure d'agressivité des eaux sur le béton sera effectuée. En cas d'eaux agressives, un béton spécial sera utilisé afin de supprimer le risque de dégradation des bétons.

Le remblai de fondation sera calculé avec une densité adaptée aux remontées de nappes afin de conserver toute la stabilité nécessaire à la fondation.

Enfin des joints d'étanchéité de type Gummi Press dits GPD seront installées : ils empêchent toute infiltration d'eau dans la fondation par les fourreaux de réseau

Ces différentes mesures de conception permettent de protéger les éoliennes contre le risque de remontées de nappes

IV.2.8. PROTECTION CONTRE L'ÉCHAUFFEMENT

Tous les principaux composants (paliers, freins, systèmes hydrauliques, enroulements d'alternateur) sont équipés de capteurs de température. Un certain nombre de seuils sont prédéfinis dans le système de contrôle de l'éolienne.

En cas de dépassement de seuils (caractéristiques sur chaque type d'aérogénérateur, type de composant et prédéfinis), 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 du parc, et donne lieu à des analyses et si nécessaire interventions de maintenance sur site afin de corriger les problèmes constatés.

La procédure d'arrêt fera pivoter les pales en position drapeau et arrêtera l'éolienne en toute sécurité.

IV.2.9. PROTECTION CONTRE LA GLACE

Durant les mois d'hiver et au début du printemps, du givre puis de la glace peuvent se former sur les pales et la nacelle des éoliennes entraînant un surpoids, un déséquilibre du rotor et des risques de projection de cette glace. La glace sur les pales de l'éolienne diminue sa puissance et augmente les efforts sur la machine. Le balourd, créé, déséquilibre la rotation du rotor.

Les éoliennes sont munies d'un système de gestion qui identifie toute anomalie de fonctionnement. Dans ce cas précis, la présence de glace sur les pales est détectée :

- Lorsqu'une température extérieure basse est associée à une perte de production importante ;
- Par un détecteur de givre installé sur la nacelle (détecteur optionnel).

Dans ces cas, une alarme empêche le démarrage de l'éolienne, ou arrête le fonctionnement de l'éolienne.

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

Des panneaux sont également mis en place, en pied de machine, informant de la chute de glace possible.

IV.2.10. PROTECTION CONTRE LE RISQUE ÉLECTRIQUE

Les installations électriques à l'intérieur de l'éolienne respectent les dispositions de la directive du 17 mai 2006.

Les installations électriques extérieures à l'éolienne 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 l'arrêté du 10 octobre 2000.

IV.2.11. PROTECTION CONTRE LE RISQUE DE FUITE DE LIQUIDE DANS LA NACELLE

Les nacelles des éoliennes sont conçues de sorte que tout écoulement accidentel de liquide provenant d'éléments de la nacelle (huile multiplicateur et liquide de refroidissement principalement) est récupéré dans un bac de rétention. Un réservoir situé dans la tour de l'éolienne, permet ensuite de recueillir les produits de fuite temporairement avant leur évacuation par les moyens appropriés.

Des vérifications des niveaux sont également partie intégrante des opérations de maintenance préventive.

IV.2.12. 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 ...) sur absolument chaque partie de l'éolienne.

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

IV.2.13. GESTION À DISTANCE DU FONCTIONNEMENT DES ÉOLIENNES (SCADA)

Les éoliennes sont des équipements de production d'énergie qui sont disposés à l'écart des zones urbanisées et qui ne nécessitent pas de présence permanente de personnel. Bien que certaines opérations nécessitent des interventions sur site, les éoliennes sont surveillées et pilotées à distance.

Pour cela, l'installation est équipée d'un système SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) qui permet le pilotage à distance à partir des informations fournies par les capteurs. Les parcs éoliens sont ainsi reliés à des centres de télésurveillance permettant le diagnostic et l'analyse de leur performance en permanence, ainsi que certaines actions à distance. Ce dispositif assure la transmission de l'alerte en temps réel en cas de panne ou de simple dysfonctionnement.

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,...).

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

1°) Dans le cas où le système SCADA est défectueux

Le réseau SCADA permet le contrôle à distance du fonctionnement des éoliennes. Ainsi, chaque éolienne dispose de son propre SCADA relié lui-même à un SCADA central qui a pour objectif principal :

- De regrouper les informations des SCADAs 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.

2°) 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 du parc.

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, le parc éolien est maintenu sous contrôle soit via le système SCADA propre à la machine, soit par l'arrêt automatique de la machine.

3°) Dans le cas d'une rupture du réseau de fibres optiques

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.

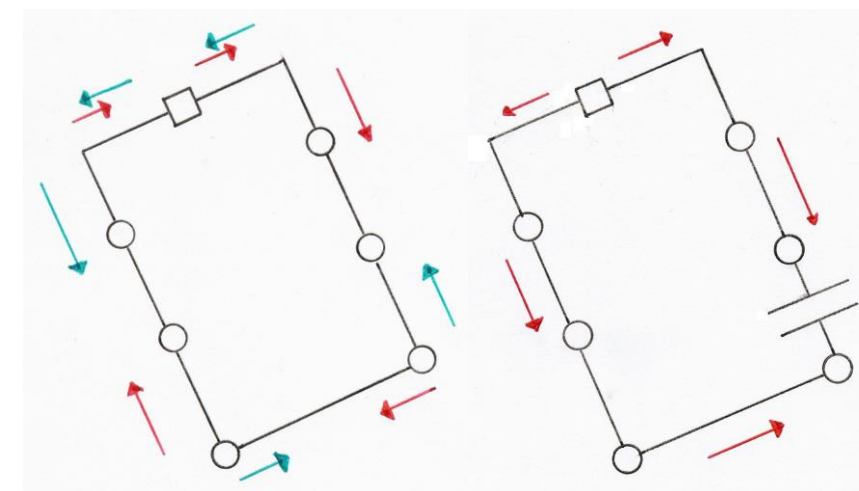


Figure 4 système de communication des éoliennes

Légende : Éolienne ○ SCADA □ Circulation de l'information →

IV.2.14. CONCEPTION DES ÉOLIENNES

1) Certification de la machine

Les éoliennes sont conformes à la norme IEC 61 400-22 et à la Directive « Machines » du 17 mai 2006 ainsi qu'à la norme NF EN 61400-1 (juin 2006) ou CEI 61400-1 (version 2005) ou toute norme équivalente en vigueur dans l'UE. Les éoliennes sont mises à la terre et l'installation répond aux dispositions de la norme IEC 61 400-22.

La société ENGIE GREEN VALLEE DU LARHON tient à disposition de l'Inspection des Installations Classées les rapports des organismes compétents attestant de la conformité des aérogénérateurs à la norme précitée

IV.3. OPÉRATIONS DE MAINTENANCE DE L'INSTALLATION

La maintenance du parc éolien sera réalisée par le Maître d'Ouvrage, conformément à la réglementation en vigueur. En effet, via notamment sa Direction des Opérations et avec l'appui du groupe ENGIE, ENGIE GREEN assure la supervision des achats, la construction ainsi que l'exploitation et la maintenance des installations.

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

- Électriquement, selon son niveau de connaissance ;
- Aux travaux en hauteur, port des Équipements de Protection Individuelle, 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

IV.3.1. PLANIFICATION DE LA MAINTENANCE

1°) Préventive

La maintenance réalisée sur l'ensemble des parcs éoliens est préventive. Elle contribue à améliorer la fiabilité des équipements (sécurité des tiers et des biens) et la qualité de la production (en l'absence de panne subie). Cette maintenance préventive se traduit par la définition de plans d'actions et d'interventions sur l'équipement, par le remplacement de certaines pièces en voie de dégradation afin d'en limiter l'usure, par le graissage ou le nettoyage régulier de certains ensembles.

La société ENGIE GREEN VALLEE DU LARHON dispose d'un manuel d'entretien de l'installation dans lequel sont précisées la nature et les fréquences des opérations d'entretien afin d'assurer le bon fonctionnement de l'installation. Elle tient à jour pour chaque installation un registre dans lequel sont consignées les opérations de maintenance ou d'entretien et leur nature, les défaillances constatées et les opérations correctives engagées.

Trois mois, puis un an après la mise en service industrielle, puis suivant une périodicité qui ne peut excéder trois ans, ENGIE GREEN VALLEE DU LARHON procède à un contrôle de l'aérogénérateur consistant en un contrôle des brides de fixations, des brides de mât, de la fixation des pales et un contrôle visuel du mât.

Selon une périodicité qui ne peut excéder un an, ENGIE GREEN VALLEE DU LARHON procède également à un contrôle des systèmes instrumentés de sécurité.

Ces contrôles font l'objet d'un rapport tenu à la disposition de l'Inspection des Installations Classées.

2°) Curative

En cas de défaillance, les techniciens interviennent rapidement sur l'éolienne afin d'identifier l'origine de la défaillance et y palier. Ils se chargent de réparer et de remettre en fonctionnement les machines lors des pannes et assurent les reconnections aux réseaux.

IV.3.2. PRISE EN COMPTE DU RETOUR D'EXPÉRIENCE

Chaque incident ou défaillance est remonté systématiquement via un rapport détaillé dans une base de données générale. Toutes ces informations sont utilisées dans le cadre d'un processus d'amélioration continue. Ainsi, les principaux axes d'amélioration ont porté sur :

- La mise en sécurité de la machine lors de vents violents ;
- Une meilleure gestion du risque d'incendie de la nacelle ;
- L'amélioration des dispositifs de protection contre les effets de la foudre ;
- La recherche de solutions pour limiter les effets de la formation de glace ou d'accumulation de neige ;
- L'étude de solutions visant à limiter les contraintes sur les équipements, qui peuvent accélérer l'usure et le vieillissement de ces équipements ;
- L'amélioration des systèmes de protection des personnes.

IV.3.3. STOCKAGE ET FLUX DE PRODUITS DANGEREUX

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

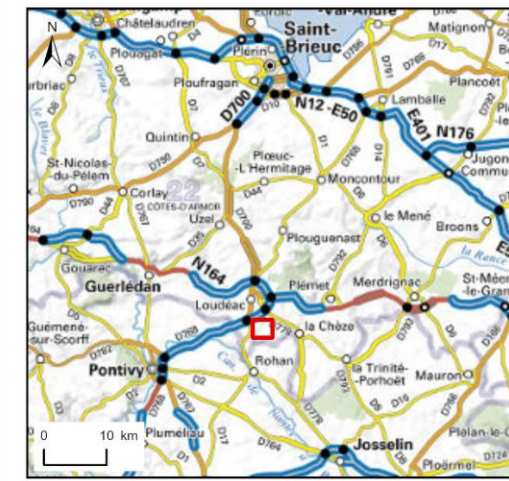
Relatifs aux flux, de l'huile et de la graisse circulent dans l'installation permettant le bon fonctionnement de l'éolienne. Le volume de renouvellement maximum d'huile est de 500 L/générateur/tous les 5 ans.

IV.3.4. CONTRÔLES RÉGLEMENTAIRES PÉRIODIQUES

Les contrôles réglementaires concernent les installations électriques, les équipements et accessoires de levage ou les équipements sous pression (accumulateurs hydropneumatiques). Ils sont réalisés par des organismes agréés. Le matériel incendie est contrôlé périodiquement par le fabricant du matériel ou un organisme extérieur.



Infrastructure liées au projet



Données du projet

- Implantation des éoliennes
- Emplacement du poste de livraison
- Raccordement inter-éoliennes
- Voies d'accès aux éoliennes
- Plateformes
- Surplomb des éoliennes



Fond de carte : IGN
 Cartographie : ENGIE Green
 Nom du document : Loudéac.aprx

Révision	Date	Libellés des modifications
A	20/05/2020	Création



carte 7 localisation des voies d'accès et câblages inter éoliennes

V. IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION

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

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

V.1. POTENTIELS DE DANGERS LIÉS AUX PRODUITS

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

Les produits identifiés dans le cadre du parc éolien de Engie Green Vallée du Larhon sont utilisés pour le bon fonctionnement des éoliennes, leur maintenance et leur entretien :

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

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

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

Les dangers liés au fonctionnement du parc éolien de Engie Green Vallée du Larhon sont de cinq types :

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

Ces dangers potentiels sont recensés dans le tableau suivant :

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

Installation ou système	Fonction	Phénomène redouté	Danger potentiel
Rotor	Transformer l'énergie éolienne en énergie mécanique	Projection d'objets	Energie cinétique des objets
Nacelle	Protection des équipements destinés à la production électrique	Chute de nacelle	Energie cinétique de chute

Tableau 11 potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation

V.3. RÉDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS À LA SOURCE

V.3.1. PRINCIPALES ACTIONS PRÉVENTIVES

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

L'emplacement des installations a été défini selon plusieurs critères techniques, notamment de distances aux habitations, en cohérence avec l'environnement du site (sensibilités naturelles et paysagères). Au regard de l'orientation et de la taille de la zone d'implantation, l'emplacement des installations a été optimisé afin de s'éloigner suffisamment des habitations et zones destinées à l'habitation.

Le choix des aérogénérateurs s'est porté sur des éoliennes de hauteur de mât de 95 m pour un rotor d'un diamètre de 110 m, qui sont adaptées aux caractéristiques de vents locaux et permettent une bonne intégration sur le territoire. La vitesse de rotation nominale du rotor est de 14,9 tours/min.

V.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.

VI. ANALYSE DES RETOURS D'EXPÉRIENCE

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

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

VI.1. BASE DE DONNÉES

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

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 la presse locale ou de bases de données mises en place par des associations :

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

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

Dans l'état actuel, la base de données élaborée par le groupe de travail SER/FEE ayant élaboré le guide technique d'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens apparaît comme représentative des incidents majeurs ayant affecté le parc éolien français depuis l'année 2000. L'ensemble de ces sources permet d'arriver à un inventaire aussi complet que possible des incidents survenus en France.

VI.2. BILAN ACCIDENTOLOGIE MATÉRIEL

Un total de 83 incidents a pu être recensé entre 2000 et 2019 (voir tableau ci-après listant les accidents survenus en France). Les 37 premiers accidents de ce tableau de travail ont été validés par les membres du groupe de travail précédemment mentionné, à travers le guide technique élaboré en mai 2012.

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

Le graphique ci-après montre la répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateur français entre 2000 et 2011. Cette synthèse exclut les accidents du travail (maintenance, chantier de construction, ...) et les événements qui n'ont pas conduits à des effets sur les zones autour des aérogénérateurs. L'identification des causes est nécessairement réductrice. 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.

Par ordre d'importance, les accidents les plus recensés sont les ruptures de pale, les effondrements, les incendies, les chutes de pale et les chutes des autres éléments de l'éolienne dont la cause principale tient aux tempêtes.

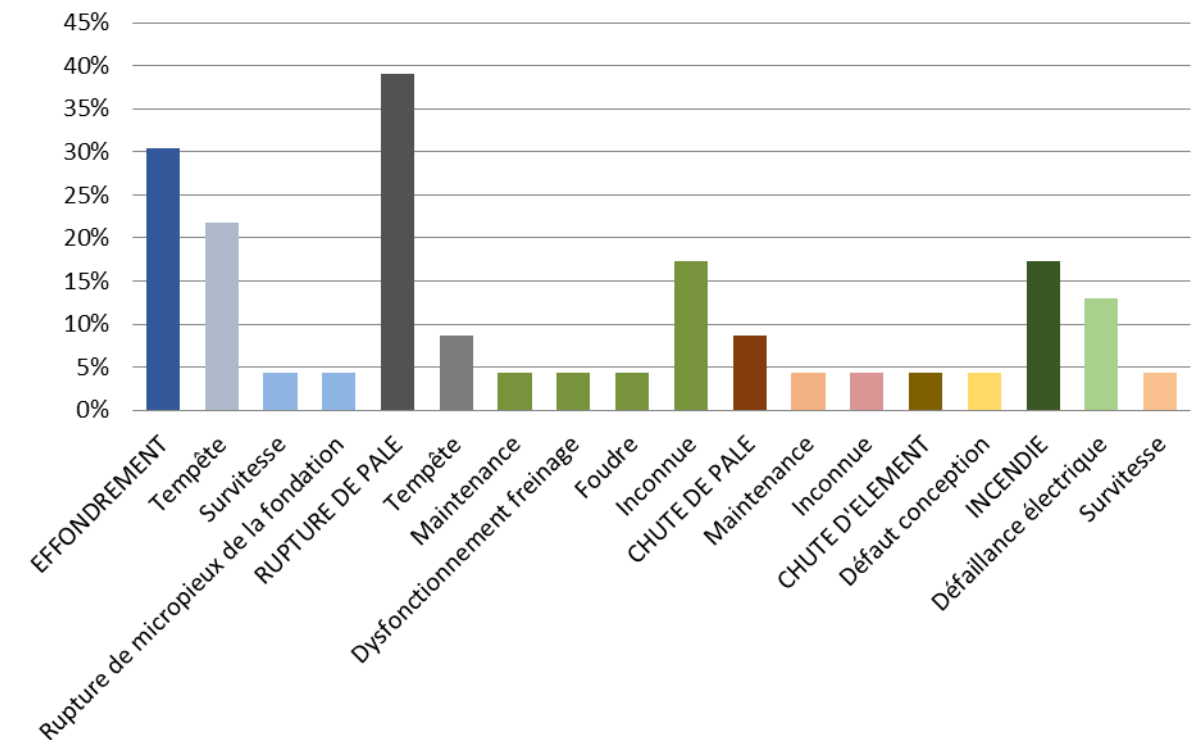


Figure 5 : Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc éolien français entre 2000 et 2011 (source : SER/FEE/INERIS, 2012)

Date	Localisation	Incident
2000	Port la Nouvelle (Aude)	Le mât d'une machine de la ferme éolienne s'est plié lors d'une tempête, suite à la perte d'une pale
2001	Sallèles-Limousis (Aude)	Bris de pale dont la cause n'est pas connue
01/02/2002	Wormhout (Nord)	Bris de pale et mat plié à la suite d'une tempête
25/02/2002	Sallèles-Limousis (Aude)	Bris de pale sur une éolienne bipale, lors d'une tempête
01/07/2002	Port la Nouvelle – Sigean (Aude)	Electrocution et brûlures d'un opérateur par contact avec une partie sous haute tension d'un transformateur
28/12/2002	Nevian (Aude)	Effondrement d'une éolienne suite au dysfonctionnement du système de freinage lors d'une tempête
05/11/2003	Sallèles-Limousis (Aude)	Bris de pales sur 3 éoliennes lié à un dysfonctionnement du système de freinage
2004	Escales-Conilhac (Aude)	Bris des trois pales
02/01/2004	Le Portel - Boulogne-sur-mer (Pas de Calais)	Cassure du mât d'une éolienne et chute de plusieurs pales - Défaut de serrage des boulons servant à relier 2 tronçons du mât (défaillance d'entretien)
20/03/2004	Loon Plage - port de Dunkerque	Une éolienne est abattue par le vent : le mât et une partie de sa fondation ont été arrachés. Cause non identifiée.
22/06/2004	Pleyber-Christ (Finistère)	Premier incident : une pale se brise par vent fort
08/07/2004	Pleyber-Christ (Finistère)	Deuxième incident : une autre pale se brise par vent fort
2005	Wormhout (Nord)	Bris de pale
22/12/2005	Montjoyer-Rochefort (Drôme)	Bris des trois pales et début d'incendie sur une éolienne en raison de vents forts et d'un dysfonctionnement du système de freinage.
07/10/2006	Pleyber-Christ (Finistère)	Troisième incident : une éolienne perd une pale
18/11/2006	Roquetaillade (Aude)	Incendie de 2 éoliennes – Acte de malveillance
03/12/2006	Bondues (Nord)	Effondrement d'une éolienne en zone industrielle, relatif à une tempête
31/12/2006	Ally (Haute-Loire)	Chute de pale lors de la maintenance visant à remplacer les rotors
02/03/2007	Clitours (Manche)	Bris de pale de 4 m de long, projeté à plus de 200 mètres
11/10/2007	Plouvien (Finistère)	Chute d'un élément de la nacelle (la trappe de visite)
Mars 2008	Dinéault (Finistère)	Emballement de l'éolienne (sans bris de pale associé) lors d'une tempête – dysfonctionnement du système de freinage
Avril 2008	Plouguin (Finistère)	Collision d'un petit avion avec une éolienne, sans gravité pour le pilote amateur, vraisemblablement à cause des mauvaises conditions météo l'obligeant à voler au-dessous de l'altitude autorisée
19/07/2008	Erizée-la-Brulée (Meuse)	Chute de pale et projection de morceaux de pale suite à un coup de foudre et un défaut de pale
28/08/2008	Vauvillers (Somme)	Incendie de la nacelle relatif à problème au niveau d'éléments électroniques
26/12/2008	Raival (Meuse)	Chute de pale – cause inconnue
26/01/2009	Clastres (Aisne)	Accident électrique ayant entraîné la brûlure de deux agents de maintenance suite à l'explosion d'un convertisseur
08/06/2009	Bollène (Vaucluse)	Bout de pale éolienne ouverte liée à un coup de foudre

21/10/2009	Froidfond – Espinassière (Vendée)	Incendie de la nacelle – cause inconnue
30/10/2009	Freyssenet (Ardèche)	Incendie de la nacelle relatif à court-circuit faisant suite à une opération de maintenance
20/04/2010	Toufflers (Nord)	Décès d'un technicien (crise cardiaque) au cours d'une opération de maintenance
30/05/2010	Port la Nouvelle (Aude)	Effondrement d'une éolienne – Rotor endommagé par survitesse
19/09/2010	Rochefort-en-Valdaine (Drôme)	Emballement de deux éoliennes et incendie des nacelles lors d'une tempête et relatif à un dysfonctionnement du système de freinage
15/12/2010	Pouillé-les-Côteaux (Loire-Atlantique)	Chute de 3 m d'un technicien de maintenance. Aucune blessure grave
31/05/2011	Mesvres (Saône-et-Loire)	Collision entre train régional et un convoi exceptionnel transportant une pale d'éolienne. Aucun blessé
14/12/2011	Non communiqué	Rupture de pale liée à la foudre
03/01/2012	Non communiqué	Acte de vandalisme : départ de feu au pied de tour
05/01/2012	Widehem (Pas-de-Calais)	Bris de pales – Projection à 380 m
06/02/2012	Lehaucourt (Aisne)	Opération de maintenance dans la nacelle - un arc électrique (690V) blesse deux sous-traitants (brûlure sérieuse au visage et aux mains)
18/05/2012	Fresnay l'Evêque (Eure)	Chute d'une pale au pied d'une éolienne et rupture du roulement qui raccordait la pale au hub
30/05/2012	Port-la-Nouvelle (Aude)	Chute d'une éolienne liée à des rafales de vent de 130 km/h – Eolienne de 1991, tour en treillis (200 kW)
01/11/2012	Vieillespesse (Cantal)	Projection d'un élément de la pale à 70 m du mât pour une éolienne de 2,5 MW
05/11/2012	Sigean (Aude)	Feu sur une éolienne de 660 KW entraînant une chute de pale et enflammant 80 m ² de garrigue environnante
06/03/2013	Conihac-de-la-Montagne (Aude)	Chute d'une pale liée à un problème de fixation entraînant un arrêt automatique de l'éolienne (détection d'échauffement + vitesse de rotation excessive)
17/03/2013	Euivy (Marne)	Incendie dans une nacelle conduisant à la chute d'une pale et une fuite de 450 L d'huile en provenance du multiplicateur. L'origine du feu est liée à une défaillance électrique. Le feu a été maîtrisé en 1 heure
01/07/2013	Cambon-et-Salvergues (34)	Un opérateur remplissant un réservoir d'azote sous pression dans une éolienne est blessé par la projection d'un équipement. Ses voies respiratoires ont également été atteintes lors de l'accident
03/08/2013	Moreac (Morbihan)	Perte de 270 L d'huile hydraulique d'une nacelle élévatrice intervenant sur une éolienne – pollution du sol sur 80 m ²
09/01/2014	Anthény (Ardennes)	Feu dans une nacelle au niveau de la partie moteur
20/01/2014	Sigean (Aude)	Chute d'une pale au pied d'une éolienne suite à un défaut de vibration
14/11/2014	Saint-Cirgues-en-Montagne (Ardèche)	Chute d'une pale d'éolienne
05/12/2014	Fitou (Aude)	Chute d'une pale d'éolienne
29/01/2015	Remigny (Aisne)	Feu d'éolienne
06/02/2014	Lusseray (Deux-Sèvres)	Feu d'éolienne

24/08/2015	Santilly (Eure-et-Loir)	Incendie d'une éolienne
10/11/2015	Mesnil-la-Horgne (Meuse)	Chute du rotor
07/02/2016	Conilhac-Corbières (Aude)	Chute de l'aérovein d'une pale
08/02/2016	Dineault (Finistère)	Chute d'une pale et déchirement d'une autre lors d'une tempête
07/03/2016	Calanhel (Côtes-d'Armor)	Chute d'une pale
28/05/2016	Eure-et-Loir (Janville)	Défaillance d'un raccord sur le circuit de refroidissement de l'huile de la boîte de vitesse de l'éolienne entraînant une fuite d'huile
18/08/2016	Dargies (Oise)	Feu dans une éolienne
18/08/2016	Hescamps (Oise)	Feu dans une éolienne
14/09/2016	Les Grandes Chapelles (Aube)	Electrisation d'un employé dans une éolienne
27/02/2017	Trayes (Deux-Sèvres)	Chute d'un élément d'une pale d'éolienne
06/06/2017	Allones (Sarthe)	Feu dans la nacelle d'une éolienne
24/06/2017	Concy/Canche (Pas-de-Calais)	Chute d'une pale
03/08/2017	Priez (Aisne)	Détachement d'une pale
26/10/2017	Vaux-les-Mouzon (Ardennes)	Décès d'un technicien au cours d'une opération de maintenance
01/01/2018	Bouin (Vendée)	Chute d'une éolienne lors d'une tempête
04/01/2018	Nixéville-Blercourt (Meuse)	Chute d'une pale lors d'un épisode venteux.
06/02/2018	Conilhac-Corbières (Aude)	L'aérovein d'une pale d'éolienne chut au sol à la suite d'un défaut sur l'électronique
01/06/2018	Marsanne (Drôme)	Incendie au pied d'une éolienne. L'évènement est criminel.
05/06/2018	Aumelas (Hérault)	Incendie dans la nacelle d'une des éoliennes. Un dysfonctionnement électrique serait à l'origine de l'incendie.
04/07/2018	Port-la-nouvelle (Aude)	Avarie sur deux des pales d'une éolienne : leurs extrémités se sont disloquées.
28/09/2018	Sauveterre (Tarn)	Incendie au niveau de la nacelle d'une des éoliennes lié à un acte de malveillance.
17/10/2018	Flers-sur-Noye (Somme)	Fuite d'huile dans une éolienne
06/11/2018	Guigneville (Loiret)	Chute d'une éolienne liée à une sur-vitesse
18/11/2018	Conilhac-Corbières	Chute de 3 aéroveins
19/11/2018	Ollezy (Aisne)	Chute de pale
03/01/2019	La Limouzinière (Loire-Atlantique)	Incendie lié à une avarie sur l'aéogénérateur
17/01/2019	Bambiderstroff (Moselle)	Chute d'une pale liée à une défaut d'adhérence
20/01/2019	Roussas (Drôme)	Incendie lié à un acte criminel
23/01/2019	Boutavent (Oise)	Rupture d'un mât
30/01/2019	Roquetaillade (Aude)	Chute d'une pale
27/06/2019	Charly-sur-Marne (Haut-de-France)	Chute d'un morceau de pale sur le parc de la picoterie

Tableau 12 : Liste des incidents intervenus en France
(source : Base de données ARIA, mise à jour juin 2019)

VI.3. BILAN ACCIDENTOLOGIE HUMAINE

Le bilan de l'accidentologie humaine indique que depuis 15 ans environ, en France :

- Aucun tiers, extérieur au parc, n'a été blessé ou tué ;
- Les personnes blessées sont toutes du personnel de maintenance. Neuf accidents sont à déplorer conduisant à huit blessés et trois décès.

Année	Nb. Individu	Blessure	Cause
2002	1	Electrocution et brulure	Contact avec le transformateur
2009	2	Brûlure	Explosion du convertisseur
2010	1	Décès	Crise cardiaque
2010	1	Blessure légère	Chute de 3 m dans la nacelle
2011	1	Décès	Ecrasement lors du levage d'éléments d'éolienne
2012	2	Brûlure	Arc électrique
2013	1	Fracture du nez et atteinte des voies respiratoires	Projection d'un embout d'alimentation du réservoir d'azote sous pression et jet de gaz au visage
2016	1	Brûlure	Arc électrique
2017	1	Décès	Circonstances non encore établies, épisode survenu lors d'une opération de maintenance

Tableau 13 : Liste des accidents humains inventoriés

A ce jour, en France, aucun accident affectant des tiers ou des biens appartenant à des tiers n'est à déplorer. Les seuls accidents de personnes recensés en France relèvent de la sécurité du travail dans des locaux où des appareils à haute tension sont en service ou lors de phases de construction et de maintenance.

VI.4. INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS À L'INTERNATIONAL

Un inventaire des incidents et accidents à l'international a également été réalisé.

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

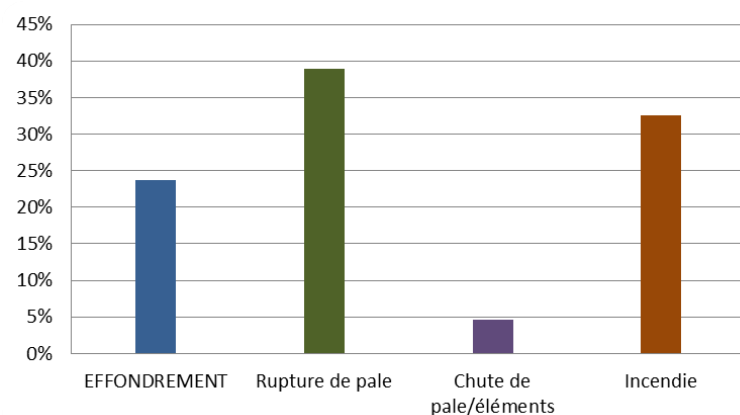
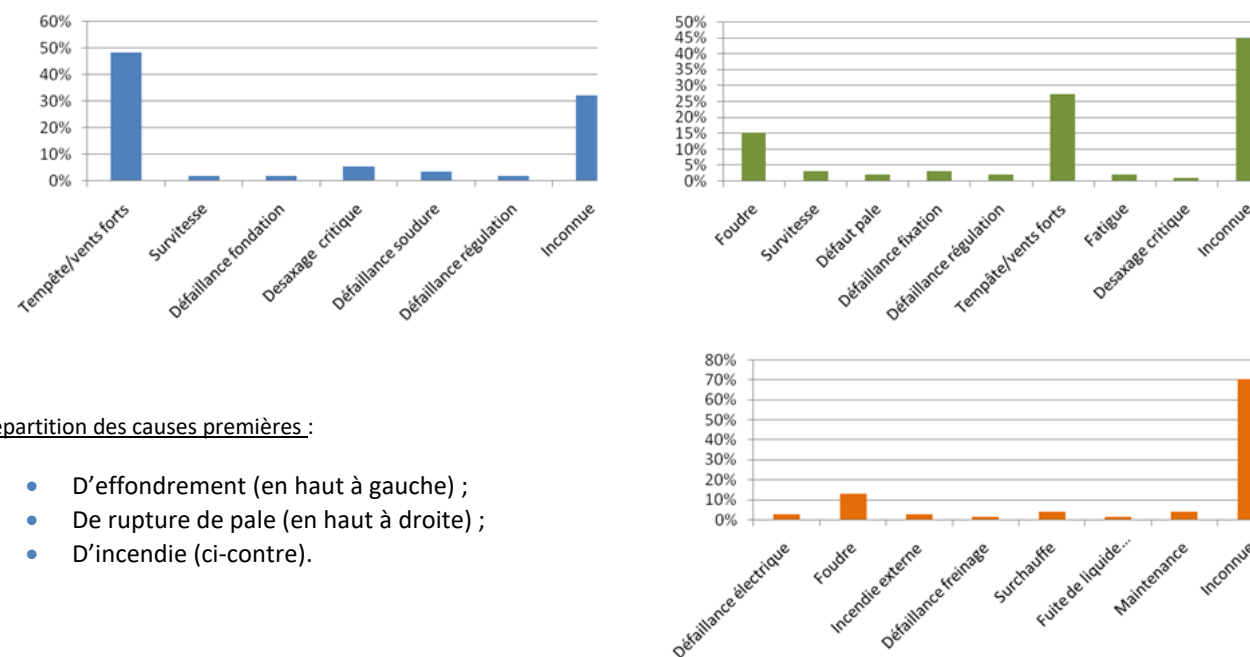


Figure 6 Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2011 (source : SER/FEE/INERIS, 2012)



Répartition des causes premières :

- D'effondrement (en haut à gauche) ;
- De rupture de pale (en haut à droite) ;
- D'incendie (ci-contre).

Figure 7 Répartition des causes premières d'accident pour le parc éolien mondial (source : SER/FEE/INERIS, 2012)

VI.5. INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS SURVENUS SUR LES SITES DE L'EXPLOITANT (DONNEES DE 1999 A 2019)

Engie Green Vallée du Larhon ayant été créée spécifiquement pour l'exploitation du parc éolien de Loudeac Saint Barnabé, à la date de rédaction de la présente étude aucun accident n'est à déclarer sur les sites exploités par Engie Green Vallée du Larhon (source : ENGIE Green, 2020).

Pionnière française de l'énergie éolienne (première éolienne raccordée au réseau électrique installée en 1991), la société ENGIE Green possède et exploite, en France, un ensemble de 91 parcs éoliens terrestres pour une puissance totale installée de plus de 1 300 MW à la fin 2017. Les accidents matériels suivants ont été recensés sur les sites que la société exploite, sans provoquer ni blessés ni décès :

- Survitesse et effondrement d'une éolienne à Port-la-Nouvelle en 1999 :

Une coupure de courant prolongée – durant 4 jours – due aux effets de la tempête de 1999 a entraîné une utilisation excessive des batteries de l'éolienne permettant de maintenir l'éolienne en drapeau et le système de frein à disque en pression. Les batteries se sont vidées et le système de freinage s'est relâché, entraînant ainsi une survitesse et un effondrement de la machine. Les dommages ont été uniquement matériels. Sur les éoliennes actuelles, l'autonomie du système de freinage est désormais beaucoup plus longue et il fonctionne différemment : s'il n'y a plus d'alimentation électrique un système « passif » bloque la rotation du rotor.

- Chute d'une éolienne à Névia en décembre 2002 :

En phase de mise en service, une éolienne s'est couchée du fait d'un problème de montage de la part du fournisseur. Les dommages ont été uniquement matériels.

- Incendie de deux éoliennes à Roquetaillade en 2007 :

Un incendie a démarré au niveau de deux éoliennes suite à un acte de malveillance. Des bouteilles de gaz et du fioul agricole ont été retrouvés à l'intérieur de chacune après fracturation des portes d'entrée. Les dommages ont été uniquement matériels ;

- Incendie d'une éolienne à Sigean en août 2007 :

Un incendie a démarré en phase de maintenance lors du test du système de freinage par disque. Les disques se sont échauffés du fait d'un manque d'huile hydraulique. Les techniciens ont arrêté rapidement l'incendie.

- Incendie d'une éolienne à Froidfond sur le site de l'Espinassière en 2009 :

Un incendie s'est déclenché suite à un court-circuit du transformateur. Cet incendie n'a pas entraîné de dégâts pour les riverains et l'environnement.

- Effondrement d'une éolienne à Port-la-Nouvelle en mai 2010 :

Emballement et effondrement pendant le remplacement d'une boîte de vitesse. Eolienne datant de la fin des années 80 (V25) sans système de mise en sécurité, aujourd'hui toutes les éoliennes en sont équipées.

- Bris d'un morceau de pale de l'éolienne 7 du parc de Sigean, le 11/04/2012 :

Suite à un défaut apparu le matin, des techniciens sont intervenus pour redémarrer l'éolienne. Quelques minutes après l'intervention, un défaut de vibration s'est activé et le technicien a retrouvé un morceau de pale d'environ 15 m à une distance 20 m de la tour, et a constaté un impact sur la tour. Cette intervention a nécessité le remplacement du rotor et du tronçon de tour endommagé.

- Incendie de l'éolienne 1 du parc de Sigean, le 05/11/2012 :

L'incendie a débuté au niveau de l'armoire de contrôle, puis s'est propagé à la nacelle par conduction et par un effet cheminée (aspiration de l'air depuis le pied de l'éolienne vers la nacelle). Cet incendie serait dû à l'explosion de condensateurs dans l'armoire de contrôle.

- Rupture de pale, Rézentières, 01/11/2012

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.

- Détachement de la pale de l'éolienne 20 du parc de Roquetaillade, le 07/03/2013 :

Une des pales de l'éolienne est tombée à l'aplomb de la tour. Cette chute a été causée par la rupture des vis de fixation. Afin de remédier au problème, le constructeur a remplacé l'ensemble des rondelles traditionnelles par des rondelles chanfreinées.

- **Détachement de la pale de l'éolienne 6 du parc de Sigean, le 20/01/2014 :**

La chute de cette pale est liée à un défaut de la pièce de transition entre la pale et le moyeu. Le rotor a été remplacé et un contrôle des éoliennes ayant le même type de fixation a été réalisé.

- **Projection d'une extrémité de pales, Fitou, 05/12/2014**

A leur arrivée, des techniciens de maintenance constatent que l'extrémité d'une pale d'une éolienne est au sol. Il s'agit d'une des 2 parties de l'aérofrein de la pale. 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.

- **Détachement de la pale de l'éolienne 18 du parc de Roquetaillade, le 05/04/2015 :**

Une des pales de l'éolienne est tombée à proximité de la tour. Cette chute a été causée par la rupture des vis liant la pale au moyeu. Afin de remédier au problème, le constructeur a remplacé l'ensemble des vis des éoliennes du même type, et suit périodiquement l'évolution des serrages de chacune d'entre elles.

- **29/06/2014 - Eolienne E02 - Parc de Fitou (mise en service : 2002).**

Le capot d'une éolienne Nordex N60 de 1,3 MW avec capot amovible et ouverture en sandwich a été retrouvée au sol à environ 250 m de l'éolienne avec la partie en fibres et une partie de l'armature métallique arrachée. Aucun témoin, aucun blessé et aucune conséquence si ce n'est la destruction du capot et son changement ultérieur. La partie concernée mesurait 4 x 6 m et pesait moins de 150 Kg. Après investigation, la cause de ce détachement serait due à un défaut de conception et à une fragilité dans la structure (détails dans fiche ci-jointe N° 30). Suite à l'incident, un capot neuf a été installé et des renforcements de la structure installés.

- **19/05/2015 – Eolienne E06 – Nordex N60 – parc de Fitou.**

Arrachage du capot de l'éolienne lors d'une période de forts vents. Le capot est tombé à environ 300 m de l'éolienne. Aucun blessé ni aucun dégât autre que le capot. Après analyse, il s'avère que la cause principale de cet arrachement est un oubli de verrouillage du capot suite à l'intervention d'un sous-traitant. Suite à cet incident, des mesures organisationnelles ont été mises en place pour limiter cette source d'erreur (sensibilisation, affichage, renfort procédure).

- **04/07/2018 – Eolienne A – Vestas V39 - Parc de Port La Nouvelle**

Emballage de la machine (survitresse) qui a entraîné l'arrachement de morceaux de pales. Aucune victime. Causes techniques de cet incident en cours d'investigation.

→ **03/01/2018 éolienne 05 -SENVION MM92- Parc de La Limouzinière-**

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. L'analyse du système de surveillance mettrait en évidence un phénomène harmonique à la fréquence de rotation de la génératrice.

- **30/01/2019 – Roquetaillade – Eolienne Gamesa G47:**

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.

- **27/06/2019 – Picoterie :**

A leur arrivée pour une intervention de maintenance sur l'éolienne N°5 du parc, deux techniciens du mainteneur constate qu'une pale de l'éolienne n°7 forme un angle anormal et demandent l'arrêt à distance de celle-ci. Le morceau de pale abimé de l'éolienne n°7 se décroche alors et tombe dans le champ.

VI.6. SYNTHÈSE DES PHÉNOMÈNES DANGEREUX REDOUTÉS ISSUS DU RETOUR D'EXPÉRIENCE

VI.6.1. ANALYSE DE L'ÉVOLUTION DES ACCIDENTS EN FRANCE

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

La figure ci-dessous illustrant cette évolution fait apparaître clairement que **le nombre d'incidents n'augmente pas proportionnellement au nombre d'éoliennes installées**. Depuis 2005, l'énergie éolienne s'est en effet fortement développée en France, mais le nombre d'incidents par an reste relativement constant.

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

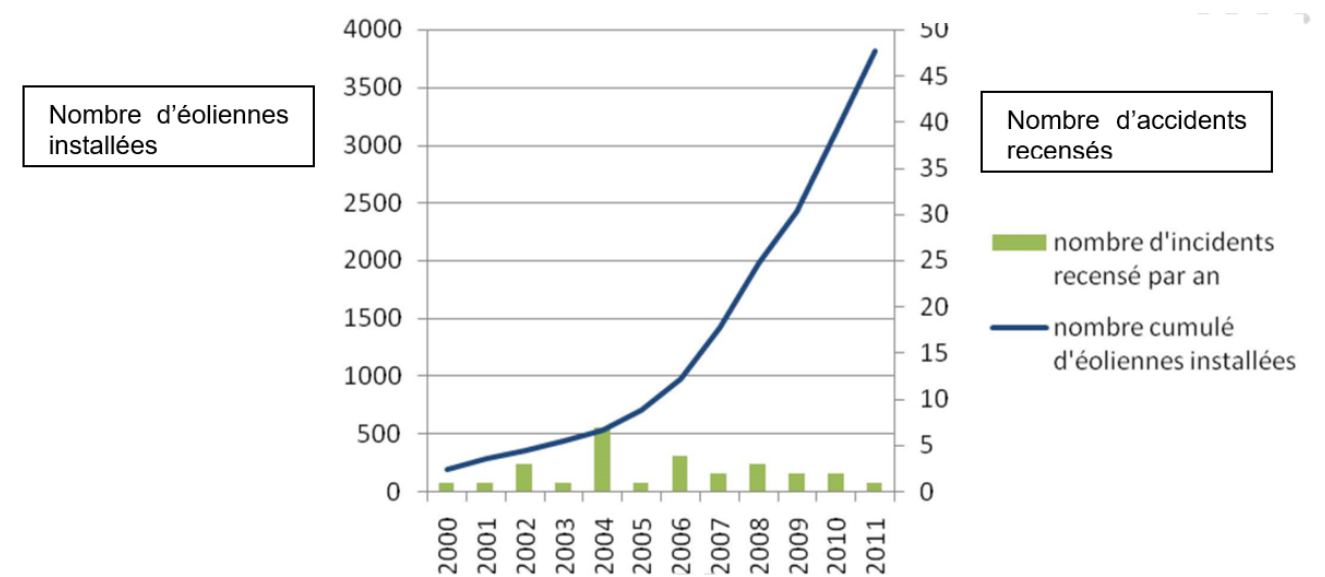


Figure 8 : Evolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées (source : INERIS/SER/FEE, 2012)

VI.6.2. ANALYSE DES TYPOLOGIES D'ACCIDENTS LES PLUS FRÉQUENTS

Comme le montre l'arbre de défaillance de nombreux phénomènes peuvent être à l'origine d'incidents et d'accidents. Toutefois, la tempête (vent fort) associée à un dysfonctionnement du système de freinage est l'une des principales causes.

Les retours d'expérience de la filière éolienne française et internationale permettent d'identifier les principaux événements redoutés suivants :

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

VI.7. 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 comporte de nombreuses incertitudes à une échelle détaillée.

VII. ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES

VII.1. OBJECTIF DE L'ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES

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

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

VII.2. RECENSEMENT DES ÉVÉNEMENTS INITIATEURS EXCLUS DE L'ANALYSE DES RISQUES

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

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

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

- inondations
- séismes d'amplitude suffisante pour avoir des conséquences notables sur les infrastructures
- incendies de cultures ou de forêts
- pertes de confinement de canalisations de transport de matières dangereuses
- explosions ou incendies générés par un accident sur une activité voisine de l'éolienne

VII.3. RECENSEMENT DES AGRESSIONS EXTERNES POTENTIELLES

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

Traditionnellement, deux types d'agressions externes sont identifiés :

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

Les tableaux suivants constituent une synthèse des agressions externes identifiées.

VII.3.1. AGRESSIONS EXTERNES LIÉES AUX ACTIVITÉS HUMAINES

Le tableau ci-dessous synthétise les principales agressions externes identifiées :

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

Infrastructure	Fonction	Événement redouté	Danger potentiel	Périmètre	Distance par rapport au mât des éoliennes
Voies de circulation	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Energie cinétique des véhicules et flux thermiques	200 m	Pas de voie de circulation structurante au sein du périmètre d'étude Seules quelques routes communales
Aérodrome	Transport aérien	Chute d'aéronef	Energie cinétique de l'aéronef, flux thermique	>2000 m	Pas d'aérodrome à proximité du parc
Ligne moyenne tension	Distribution d'électricité	Rupture de câble	Arc électrique, surtensions	200 m	Seule l'éolienne n°1 se trouve à 164 m.
Autres aérogénérateurs	Production d'électricité	Accident générant des projections d'éléments	Energie cinétique des éléments projetés	500 m	Se reporter au tableau ci-dessous.

Tableau 14 synthèse des agressions externes

Distances entre éoliennes	E2	E3	E4
E1	1182m	1573m	2406m
E2		545m	1366m
E3			848m

Tableau 15 Distances entre éoliennes

VII.3.2. AGRSSIONS EXTERNES LIÉES AUX PHÉNOMÈNES NATURELS

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

Agression externe	Intensité
Vents et tempête	Aucun évènement de vents violents n'a été recensé sur site, mise à part les tempêtes de 1999 et de 2010
Foudre	Respecte la norme IEC 61 400-24 (Juin 2010) ou EN 62 305 – 3 (Décembre 2006)
Glissement de sols/ affaissement miniers	Les parcelles d'implantation des éoliennes ne sont pas concernées par ce risque. Seuls trois évènements de type inondation ont été recensés sur la commune. Du fait de l'altitude de la zone d'implantation d'aérogénérateurs, tout risque d'inondation est écarté.
Remontées de nappe	Analyse le risque de remontée de nappes sur la base de piézomètres installés lors de l'étude de sol. Mesure d'agressivité des eaux sur le béton (adaptation du béton si les eaux sont agressives) Dimensionnement en conséquence de la fondation (taille et type de fondation proposé) Le remblai de fondation sera aussi calculé avec une densité adaptée aux remontées de nappes ou non Utilisation des joints d'étanchéité de type Gummi Press dits GPD empêchant toute infiltration d'eau dans la fondation par les fourreaux réseau

Tableau 16 synthèse des 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.

VII.4. SCÉNARIOS ÉTUDIÉS DANS L'ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES (APR)

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

Le tableau ci-dessous présente une 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 ;
- une description des *fonctions de sécurité* permettant de prévenir l'évènement redouté central ou de limiter les effets du phénomène dangereux ;
- une description des *phénomènes dangereux* dont les effets sur les personnes sont à l'origine d'un accident ;
- une évaluation préliminaire de la zone d'effets attendue de ces événements.

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

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

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

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
I06	Rongeur	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2
I07	Défaut d'étanchéité	Perte de confinement	Fuites d'huile isolante	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Incendie au poste de transformation Propagation de l'incendie	2
F01	Fuite système de lubrification Fuite convertisseur Fuite transformateur	Ecoulement hors de la nacelle et le long du mât, puis sur le sol avec infiltration	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
F02	Renversement de fluides lors des opérations de maintenance	Ecoulement	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
C01	Défaut de fixation	Chute de trappe	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Impact sur cible	1
C02	Défaillance fixation anémomètre	Chute anémomètre	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	1
C3	Défaut fixation nacelle – pivot central – mât	Chute nacelle	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	1
P01	Survitesse	Contraintes trop importantes sur les pales	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la sur vitesse (N°4)	Impact sur cible	2
P02	Fatigue Corrosion	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9) Prévenir les risques de dégradation de	Impact sur cible	2

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
				l'éolienne en cas de vent fort (N°11)		
P03	Serrage inapproprié Erreur maintenance – desserrage	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	2
E01	Effets dominos autres installations	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E02	Glissement de sol	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E05	Crash d'aéronef	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E07	Effondrement engin de levage travaux	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les erreurs de maintenance (N°10) Actions de prévention mises en œuvre dans le cadre du plan de prévention (N°12)	Chute fragments et chute mât	2
E08	Vents forts	Défaillance fondation	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9) Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort (N°11)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E09	Fatigue	Défaillance mât	Effondrement éolienne	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort (N°11) Prévenir les défauts de stabilité de	Projection/chute fragments et chute mât	2

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
				l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9)		
E10	Désaxage critique du rotor	Impact pale – mât	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9) Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Projection/chute fragments et chute mât	2

Tableau 17 Analyse des risques

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

Des précisions sur les différents scénarios décrits dans ce tableau sont disponibles en annexe 3.

VII.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 ».

Par conséquent, n'ayant pas recensé d'autres installations ICPE dans l'aire d'étude du parc éolien, les conséquences des effets dominos seront négligeables.

VII.6. MISE EN PLACE DES MESURES DE SÉCURITÉ

Les tableaux suivants ont pour objectif de synthétiser les fonctions de sécurité identifiées et mises en œuvre sur les éoliennes du parc éolien d'Engie Green Vallée du Larhon. Dans le cadre de la présente étude de dangers, les fonctions de sécurité sont détaillées selon les critères suivants :

- **Fonction de sécurité** : il est proposé ci-dessous un tableau par fonction de sécurité. Cet intitulé décrit l'objectif de la ou des mesure(s) de sécurité : il s'agira principalement de « empêcher, éviter, détecter, contrôler ou limiter » et sera en relation avec un ou plusieurs événements conduisant à un accident majeur identifié dans l'analyse des risques. Plusieurs mesures de sécurité peuvent assurer une même fonction de sécurité.

- **Numéro de la fonction de sécurité** : ce numéro vise à simplifier la lecture de l'étude de dangers en permettant des renvois à l'analyse de risque par exemple.
- **Mesures de sécurité** : cette ligne permet d'identifier les mesures assurant la fonction concernée. Dans le cas de systèmes instrumentés de sécurité, tous les éléments de la chaîne de sécurité 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, pour permettre à l'inspection de comprendre leur fonctionnement
- **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. Il s'agit ici de vérifier que la mesure de maîtrise des risques agira « à temps » pour prévenir ou pour limiter les accidents majeurs. Dans le cadre d'une étude de dangers éolienne, l'estimation de ce temps de réponse peut être simplifiée et se contenter d'une estimation d'un temps de réponse maximum qui doit être atteint. Néanmoins, et pour rappel, la réglementation impose les temps de réponse suivants :
 - une mesure de maîtrise des risques remplissant la fonction de sécurité « limiter les conséquences d'un incendie » doit permettre de détecter un incendie et de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes ;
 - une seconde mesure maîtrise des risques remplissant la fonction de sécurité « limiter les conséquences d'un incendie » doit permettre de détecter un incendie et de mettre en œuvre une procédure d'arrêt d'urgence dans un délai de 60 minutes ;
- **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. Il s'agit de vérifier qu'une mesure de sécurité est bien dimensionnée pour remplir la fonction qui lui a été assignée.
- **Test (fréquence)** : dans ce champ sont rappelés les tests/essais qui seront réalisés sur les mesures de maîtrise des risques. Conformément à la réglementation, un essai d'arrêt, d'arrêt d'urgence et d'arrêt à partir d'une situation de survitesse seront réalisés avant la mise en service de l'aérogénérateur. Dans tous les cas, les tests effectués sur les mesures de maîtrise des risques seront tenus à la disposition de l'inspection des installations classées pendant l'exploitation de l'installation.
- **Maintenance (fréquence)** : ce critère porte sur la périodicité des contrôles qui permettront de vérifier la performance de la mesure de maîtrise des risques dans le temps. Pour rappel, la réglementation demande qu'à minima : un contrôle tous les ans soit réalisé sur la performance des mesures de sécurité permettant de mettre à l'arrêt, à l'arrêt d'urgence et à l'arrêt à partir d'une situation de survitesse et sur tous les systèmes instrumentés de sécurité.

Fonction de sécurité	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	N° de la fonction de sécurité	1
Mesures de sécurité	Système de détection ou de déduction de la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. Procédure adéquate de redémarrage.		
Description	Système de détection redondant du givre permettant, en cas de détection de glace, une mise à l'arrêt rapide de l'aérogénérateur. Le redémarrage peut ensuite se faire soit automatiquement après disparition des conditions de givre, soit manuellement après inspection visuelle sur site.		
Indépendance	Non Les systèmes traditionnels s'appuient généralement sur des fonctions et des appareils propres à l'exploitation du parc. En cas de danger particulièrement élevé sur site (survol d'une zone fréquentée sur site soumis à des conditions de gel importantes), des systèmes additionnels peuvent être envisagés.		
Temps de réponse	Quelques minutes (<60 min.) conformément à l'article 25 de l'arrêté du 26 août 2011		
Efficacité	100 %		
Tests	Tests menés par le concepteur au moment de la construction de l'éolienne		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement		

Fonction de sécurité	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	N° de la fonction de sécurité	2
Mesures de sécurité	Panneautage 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° de la fonction de sécurité	3
Mesures de sécurité	Capteurs de température des pièces mécaniques Définition de seuils critiques de température pour chaque type de composant avec alarmes Mise à l'arrêt ou bridage jusqu'à refroidissement		
Description	Si à tout moment, la température d'un composant de l'aérogénérateur atteint un niveau inacceptable, l'éolienne commence à limiter la puissance de sortie, pour réduire les températures globales des composants de l'éolienne. Dans le même temps, la puissance de sortie est réduite, un avertissement est affiché et un compteur de perte d'énergie commence. Par exemple, les composants d'éolienne qui sont surveillés pourraient inclure : <ul style="list-style-type: none"> • roulement principal • Carter d'huile de la boîte de vitesse • roulements du multiplicateur • roulements de la génératrice • Enroulement de l'alternateur 		

	<ul style="list-style-type: none"> • Nacelle • assemblage de base de mât • unité de commande des convertisseurs Si l'une de ces unités excède la température spécifique maximum, l'éolienne commence à réduire la puissance de la génératrice.
Indépendance	Oui
Temps de réponse	NA
Efficacité	100 %
Tests	Les capteurs sont testés lors de la mise en service de l'éolienne.
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011. Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.

Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	4
Mesures de sécurité	Détection de survitesse et système de freinage.		
Description	Les systèmes de pitch des pales agissent en tant que système de freinage principal pour l'éolienne. Dans des conditions normales de fonctionnement, le freinage se fait par la mise en drapeau des pales. Toute pale mise en drapeau est conçue pour freiner le rotor, et chaque pale du rotor a sa propre réserve d'énergie pour fournir une puissance au moteur électrique en cas de panne du réseau. La turbine est également équipée d'un frein mécanique situé à la sortie (grande vitesse) dans l'arbre de la boîte de vitesses. Ce frein est appliqué uniquement comme un frein auxiliaire du frein aérodynamique principal et pour empêcher la rotation de la machine selon les besoins de certaines activités. ¹		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection < 1 minute L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur conformément aux dispositions de l'arrêté du 26 août 2011. ²		
Efficacité	100 %		
Tests	Test d'arrêt simple, d'arrêt d'urgence et de la procédure d'arrêt en cas de survitesse avant la mise en service des aérogénérateurs conformément à l'article 15 de l'arrêté du 26 août 2011.		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 (notamment de l'usure du frein et de pression du circuit de freinage d'urgence.) Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

¹ La mise en drapeau d'une seule pale permet d'éviter une survitesse. Si deux pales sont mises en drapeau, l'éolienne s'arrêtera. En cas de coupure réseau, les moteurs de pale sont secourus par des batteries afin de mettre les pales en drapeau. Un frein hydraulique installé sur l'arbre rapide permet d'arrêter l'éolienne en cas de survitesse ou de situation d'urgence.

² Cette information remonte vers le Centre de Conduite de l'exploitant et du mainteneur. L'alerte peut être donnée par l'exploitant ou le mainteneur.

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

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

Fonction de sécurité	Protection et intervention incendie	N° de la fonction de sécurité	7
Mesures de sécurité	Capteurs de températures sur les principaux composants de l'éolienne pouvant permettre, en cas de dépassement des seuils, la mise à l'arrêt de la machine Système de détection incendie relié à une alarme transmise à un poste de contrôle Intervention des services de secours		
Description	DéTECTEURS de fumée qui lors de leur déclenchement conduisent à la mise en arrêt de la machine et au découplage du réseau électrique. De manière concomitante, un message d'alarme est envoyé au centre de télésurveillance. L'éolienne est également équipée de 2 extincteurs (un dans la nacelle, un en pied de mât) 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 ³ sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal		

³ Cette information remonte vers le Centre de Conduite de l'exploitant et du mainteneur. L'alerte peut être donnée par l'exploitant ou le mainteneur.

	de l'aérogénérateur. Le temps d'intervention des services de secours est quant à lui dépendant de la zone géographique. Le centre d'incendie et secours le plus proche se trouve à 5 km du parc éolien. ⁴		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011. Le matériel incendie (type extincteurs) est contrôlé périodiquement par le fabricant du matériel ou un organisme agréé. ⁵ Maintenance curative suite à une défaillance du matériel.		

Fonction de sécurité	Prévention et rétention des fuites	N° de la fonction de sécurité	8
Mesures de sécurité	DéTECTEURS de niveau d'huiles Procédure d'urgence Kit antipollution		
Description	Nombreux détecteurs de niveau d'huile permettant de détecter les éventuelles fuites d'huile et d'arrêter l'éolienne en cas d'urgence. Les opérations de vidange font l'objet de procédures spécifiques. Dans tous les cas, le transfert des huiles s'effectue de manière sécurisée via un système de tuyauterie et de pompes directement entre l'élément à vidanger et le camion de vidange. Des kits de dépollution d'urgence composés de grandes feuilles de textile absorbant pourront être utilisés afin : – de contenir et arrêter la propagation de la pollution ; – d'absorber jusqu'à 20 litres de déversements accidentels de liquides (huile, eau, alcools ...) et produits chimiques (acides, bases, solvants ...) ; – de récupérer les déchets absorbés. Si ces kits de dépollution s'avèrent insuffisants, une société spécialisée récupérera et traitera le gravier souillé via les filières adéquates, puis le remplacera par un nouveau revêtement.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Dépendant du débit de fuite		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	Inspection des niveaux d'huile plusieurs fois par an		

Fonction de sécurité	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)	N° de la fonction de sécurité	9
Mesures de sécurité	Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints, etc.) Procédures qualités Attestation du contrôle technique (procédure permis de construire)		
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.		

⁴ Le centre d'incendie et de secours le plus proche se situe sur la commune d'Aubigné Racan, à 5 km du parc éolien de Lavernat. S'il n'y a pas d'intervenant dans l'éolienne, un périmètre de sécurité sera établi par les pompiers ou l'exploitant ou le mainteneur.

⁵ Les extincteurs (à poudre ou CO2) sont contrôlés annuellement par des organismes habilités (Sicli, Desautel...) Tous les 10 ans, les extincteurs sont renouvelés.

	Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223.
Indépendance	Oui
Temps de réponse	NA
Efficacité	100 %
Tests	NA
Maintenance	Les couples de serrage (brides sur les diverses sections de la tour, bride de raccordement des pales au moyeu, bride de raccordement du moyeu à l'arbre lent, éléments du châssis, éléments du pitch system, couronne du Yam Gear, boulons de fixation de la nacelle...) sont vérifiés au bout de 3 mois de fonctionnement puis tous les 3 ans, conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011.

Fonction de sécurité	Prévenir les erreurs de maintenance	N° de la fonction de sécurité	10
Mesures de sécurité	Procédure maintenance		
Description	Préconisations du manuel de maintenance Formation du personnel		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %		
Tests	L'exploitant vérifie les rapports de maintenance transmis par le mainteneur par rapport au protocole de maintenance prévu sur les éoliennes.		
Maintenance	NA		

Fonction de sécurité	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	N° de la fonction de sécurité	11
Mesures de sécurité	Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents. Détection et prévention des vents forts et tempêtes Arrêt automatique et diminution de la prise au vent de l'éolienne (mise en drapeau progressive des pales) par le système de conduite		
Description	L'éolienne est mise à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale (25 m/s) pour laquelle elle a été conçue.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Le système de l'éolienne est mis à l'arrêt lorsque la vitesse de vent moyenne excède : - 25 m/s dans un intervalle de temps de 600 secondes - 28 m/s dans un intervalle de temps de 30 secondes - 30 m/s dans un intervalle de temps de 3 secondes Si la vitesse de vent moyenne reste en dessous de 22 m/s dans un intervalle de temps de 300 secondes l'éolienne redémarre à nouveau.		
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. ⁶		
Tests	Test des capteurs à la mise en service et à chaque maintenance		
Maintenance	Annuelle		

Fonction de sécurité	Actions de prévention mises en œuvre dans le cadre du plan de prévention	N° de la fonction de sécurité	12
----------------------	--	-------------------------------	----

Mesures de sécurité	Elaboration du plan de prévention, mise en œuvre des mesures définies
Description	Moyens humains, techniques et organisationnels mis en place dans le cadre du plan de prévention établi annuellement dans le cadre des opérations de maintenance, incluant une visite commune avec les entreprises intervenantes pour identifier les risques sur site ainsi que les mesures de prévention et d'urgence
Indépendance	Oui
Temps de réponse	NA
Efficacité	100%
Tests	Visite Sécurité 1 fois/an sur site par les entreprises intervenantes et vérification de l'application des consignes du plan de prévention.
Maintenance	Annuelle - ou à chaque opération non-routinière (intervention d'une grue externe par exemple)

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.

⁶ La mise en drapeau d'une seule pale permet d'éviter une survitesse. Si deux pales sont mises en drapeau, l'éolienne s'arrêtera. En cas de coupure réseau, les moteurs de pale sont secourus par des batteries afin de mettre les pales en drapeau. Un frein hydraulique installé sur l'arbre rapide permet d'arrêter l'éolienne en cas de survitesse ou de situation d'urgence.

VII.7. CONCLUSION DE L'ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES

Dans le cadre de l'analyse préliminaire des risques génériques des parcs éoliens, trois catégories de scénarios ont été exclues de l'étude détaillée de Loudéac Saint Barnabé en raison de leur faible intensité :

Nom du scénario exclu	Justification
Incendie de l'éolienne (effets thermiques)	<p>En cas d'incendie de nacelle, et en raison de la hauteur des nacelles, les effets thermiques ressentis au sol seront mineurs. Par exemple, dans le cas d'un incendie de nacelle située à 50 mètres de hauteur, la valeur seuil de 3 kW/m² n'est pas atteinte. Dans le cas d'un incendie au niveau du mât les effets sont également mineurs et l'arrêté du 26 Août 2011 encadre déjà largement la sécurité des installations. Ces effets ne sont donc pas étudiés dans l'étude détaillée des risques.</p> <p>Néanmoins il peut être redouté que des chutes d'éléments (ou des projections) interviennent lors d'un incendie. Ces effets sont étudiés avec les projections et les chutes d'éléments.</p>
Incendie du poste de livraison ou du transformateur	<p>En cas d'incendie de ces éléments, les effets ressentis à l'extérieur des bâtiments (poste de livraison) seront mineurs ou inexistant du fait notamment de la structure en béton. De plus, la réglementation encadre déjà largement la sécurité de ces installations (l'arrêté du 26 août 2011 [9] et impose le respect des normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200)</p>
Infiltration d'huile dans le sol	<p>En cas d'infiltration d'huiles dans le sol, les volumes de substances libérées dans le sol restent mineurs.</p>

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

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

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

VIII. ETUDE DÉTAILLÉE DES RISQUES

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

VIII.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 toxique.

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

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

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

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

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

VIII.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.

VIII.1.2. INTENSITÉ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

VIII.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.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

VIII.1.5. ACCEPTABILITÉ

Pour chaque scénario est associée une classe de probabilité qui permettra de définir l'acceptabilité des installations quant à l'exposition aux personnes et la gravité de chaque phénomène retenu comme danger potentiel.

La matrice de criticité ci-dessous, adaptée de la circulaire du 29 septembre 2005 reprise dans la circulaire du 10 mai 2010 sera utilisée.

GRAVITÉ	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux	Yellow	Red	Red	Red	Red
Catastrophique	Yellow	Yellow	Red	Red	Red
Important	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red
Sérieux	Green	Green	Yellow	Yellow	Red
Modéré	Green	Green	Green	Green	Yellow

Légende de la matrice

Niveau de risque	Couleur	Acceptabilité
Risque très faible	Green	acceptable
Risque faible	Yellow	acceptable
Risque important	Red	non acceptable

Pour l'ensemble des scénarios retenus et des installations éoliennes prévues sur site, un état des lieux de la nature du site (cultures, infrastructures, etc.) sera effectué afin de déterminer le nombre de personnes exposées aux phénomènes retenus. Enfin, un classement par éolienne définira l'acceptabilité aux risques.

VIII.2. CARACTÉRISATION DES SCÉNARIOS RETENUS

VIII.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, soit 150 m pour les quatre éoliennes du parc de la Vallée du Larhon.

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

❖ Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène d'effondrement de l'éolienne dans le cas du parc éolien de Engie Green Vallée du Larhon, R est la longueur de pale (R= 54 mètres), de forme triangulaire avec une base de largeur LB de 3,6 m (largeur maximale de la pale), H la hauteur du mât (prise au moyeu, H 95 m) et L la largeur moyenne du mât (L= 3 mètres)

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_i = (H) \times L + 3 \times R \times LB / 2$	$Z_e = \pi \times (H+R)^2$	$d = Z_i / Z_e$	exposition modérée
95x3 + 3x54x 3.6/2 = 380 +291,6 La zone d'impact est de : 671,6 m ²	3,1416 x (95+54) ² La zone d'effet est de : 69 746 m ²	Le degré d'exposition est de - 0,009 soit 0,9 %	

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

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

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	0,068	Sérieux
E2	0.059	Sérieux
E3	0.069	Sérieux
E4	0.069	Sérieux

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

Un calcul précis a été réalisé pour chaque machine, afin de déterminer le nombre de personnes permanentes exposées dans la zone d'effet du phénomène, soit dans un rayon égal à la hauteur de l'éolienne en bout de pale.

En fonction du nombre de personnes permanentes exposées dans le périmètre donné, il apparaît que le niveau de gravité associé est sérieux.

❖ Probabilité

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

Source	Fréquence	Justification
Guide for risk based zoning of wind turbines [5]	4,5 x 10 ⁻⁴	Retour d'expérience
Specification of minimum distances [6]	1,8 x 10 ⁻⁴ (effondrement de la nacelle et de la tour)	Retour d'expérience

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

Le retour d'expérience français montre également une classe de probabilité « C ». En effet, il a été recensé seulement 7 événements pour 15 667 années d'expérience⁷, soit une probabilité de 4,47 x 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'assemblages

⁷ Une année d'expérience correspond à une éolienne observée pendant une année. Ainsi, si on a observé une éolienne pendant 5 ans et une autre pendant 7 ans, on aura au total 12 années d'expérience.

- système de détection des survitesses et un système redondant de freinage
- système de détection des vents forts et un système redondant de freinage et de mise en sécurité des installations – un système adapté est installé en cas de risque cyclonique

On note d'ailleurs, dans le retour d'expérience français, qu'aucun effondrement n'a eu lieu sur les éoliennes mises en service après 2005.

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

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

❖ Acceptabilité

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc de Loudéac Saint Barnabé, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) tel que défini dans le tableau au point VIII.1.5. :

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Sérieux	Acceptable
E2	Sérieux	Acceptable
E3	Sérieux	Acceptable
E4	Sérieux	Acceptable

Ainsi, pour le parc éolien de Loudéac Saint Barnabé, nous pouvons observer que le phénomène d'effondrement des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

VIII.2.2. CHUTE DE GLACE

❖ Considérations générales

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

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

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

❖ Zone d'effet

Le risque de chute de glace est cantonné à la zone de survol des pales, soit un disque de rayon égal à un demi diamètre de rotor autour du mât de l'éolienne. Pour le parc éolien de Loudéac Saint Barnabé, la zone d'effet à donc un rayon de 51,5 mètres. Cependant, il convient de noter que, lorsque l'éolienne est à l'arrêt, les pales n'occupent qu'une faible partie de cette zone.

❖ Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute de glace dans le cas du parc éolien de Loudéac Saint Barnabé Z_i est la zone d'impact, Z_E est la zone d'effet, R est la longueur de pale ($R= 54$ mètres), SG est la surface du morceau de glace majorant ($SG= 1$ m²).

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à $D/2 =$ zone de survol)			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_i = SG$	$Z_E = \pi \times R^2$	$d = Z_i / Z_E$	exposition modérée
1	$\pi \times 54^2$ 9160,9m ²	0.00010 Soit 0,010%	

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

❖ Gravité

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

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

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

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	0.009	Modérée
E2	0.0095	Modérée
E3	0.009	Modérée
E4	0.0139	Modérée

Il est à noter que l'éloignement des éoliennes aux zones d'habitations, voies de communications et autres infrastructure, la zone de survol des éoliennes sont des terrains non aménagés et très peu fréquentés (1 personne pour 100 ha d'après la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010). Après étude du nombre de personnes permanentes exposées au risque de chute d'éléments de l'éolienne pour l'ensemble des 4 machines dans le périmètre du survol, le niveau de gravité associé est donc modéré.

❖ Probabilité

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

❖ Acceptabilité

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc d'Engie Green Vallée du Larhon, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) tel que défini dans le tableau au point VIII.1.5. :

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Modérée	Acceptable
E2	Modérée	Acceptable
E3	Modérée	Acceptable
E4	Modérée	Acceptable

Le calcul de la zone de survol effectué pour chaque aérogénérateur a permis d'identifier le degré d'exposition à ce type de phénomène et de caractériser la gravité et le niveau de risque associé. Ainsi, après évaluation de la classe de probabilité de A et le degré d'exposition à ce type de risque, il apparaît que le phénomène de chute de glace des éoliennes constitue, pour le parc éolien de Loudéac Saint-Barnabé un risque acceptable pour les personnes.

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

Cette mesure permettra de réduire les risques pour les personnes potentiellement présentes sur le site lors des épisodes de grand froid.

VIII.2.3. CHUTE D'ÉLÉMENTS DE L'ÉOLIENNE

❖ Zone d'effet

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

Le risque de chute d'élément est cantonné à la zone de survol des pales, c'est-à-dire une zone d'effet correspondant à un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor.

❖ Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du parc éolien de la vallée du Larhon. d est le degré d'exposition Z_i la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, R la longueur de pale (R= 54m) et LB la largeur de la base de la pale (LB= 3,93 m). Les longueurs prises en compte sont d'un demi-rotor pour la pale, et la largeur maximale pour la base.

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
Z _i = R*LB/2	Z _E = π x R ²	d = Z _i /Z _E	exposition forte
54x 3.9/2 = 105,3	π x 54 ² 9160,9m ²	0.011 soit 1,11% (1 % < d < 5 %)	

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

❖ Gravité

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

Si le phénomène de chute d'élément engendre une zone d'exposition forte :

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

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

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	0.009	Sérieux
E2	0.0095	Sérieux
E3	0.009	Sérieux
E4	0.0139	Sérieux

Il est à noter que pour le parc éolien de Loudéac Saint-Barnabé, la totalité des zones de survol de l'éolienne sont des terrains non aménagés et très peu fréquentés (1 personne pour 100 ha d'après la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010) parcourues par des chemins communaux.

Après étude du nombre de personnes permanentes exposées au risque de chute d'éléments de l'éolienne, le niveau de gravité associé est donc jugé sérieux.

❖ Probabilité

Peu d'éléments sont disponibles dans la littérature pour évaluer la fréquence des événements de chute de pales ou d'éléments d'éoliennes. Le retour d'expérience connu en France montre que ces événements ont une classe de probabilité « C » (2 chutes et 5 incendies pour 15 667 années d'expérience, soit 4.47×10^{-4} événement par éolienne et par an).

Ces événements correspondent également à la définition qualitative de l'arrêté du 29 Septembre 2005 d'une probabilité « C » : « 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 chaque aérogénérateur du parc de Loudéac Saint Barnabé, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) tel que défini dans le tableau au point VIII.1.5.

Avec une classe de probabilité « C », le risque de chute d'éléments pour chaque aérogénérateur est évalué comme acceptable dans le cas d'un nombre de personnes permanentes (ou équivalent) inférieur à 10 dans la zone d'effet.

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

Après estimation du nombre de personnes exposées dans une zone d'effet équivalente à la zone de survol des pales de l'éolienne, il apparaît que le degré d'exposition au risque est classé comme forte. Ainsi, pour le parc éolien de Loudéac-Barnabé le phénomène de chute d'éléments de l'éolienne constitue un risque acceptable pour les personnes.

VIII.2.4. PROJECTION DE PALES OU DE FRAGMENTS DE PALES

❖ Zone d'effet

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

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

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

- 1300 m rapporté pour un accident à Hundhammerfjellet en Norvège le 20/01/2006
- 1000 m rapporté pour un accident à Burgos en Espagne le 09/12/2000
- Toutefois, pour ces deux accidents, les sources citées ont été vérifiées par le SER-FEE et aucune distance de projection n'y était mentionnée. Les distances ont ensuite été vérifiées auprès des constructeurs concernés et dans les deux cas elles n'excédaient pas 300 m.
- Ensuite, pour l'ensemble des accidents pour lesquels une distance supérieure à 400 m était indiquée, les sources mentionnées dans le recueil ont été vérifiées de manière exhaustive (articles de journal par exemple), mais aucune d'elles ne mentionnait ces mêmes distances de projection. Quand une distance était écrite dans la source, il pouvait s'agir par exemple de la distance entre la maison la plus proche et l'éolienne, ou du périmètre de sécurité mis en place par les forces de l'ordre après l'accident, mais en aucun cas de la distance de projection réelle.

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

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

❖ Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du parc éolien de la Vallée du Larhon (d est le degré d'exposition, ZI la zone d'impact, ZE la zone d'effet, R la longueur de pale (R= 54 m, soit un demi rotor) et LB la largeur de la base de la pale (LB= 3,9 m, ici la largeur maximale de la pale est utilisée).

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = R * LB / 2$	$Z_E = \pi * R_{500m}^2$	$d = Z_I / Z_E$	Exposition modérée
105,3	785 400 m ²	0.013 % (inférieur à 1%)	

❖ Gravité

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

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

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

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	0,71	Modéré
E2	0,42	Modéré
E3	0,89	Modéré
E4	4,93	Sérieux

Après étude du nombre de personnes permanentes exposées au risque de projection de pales pour l'ensemble des 4 éoliennes dans le périmètre de 500 mètres, le niveau de gravité associé est donc considéré comme Modéré pour l'éolienne 1,2,3 et Sérieux pour l'éolienne 4 du fait de la présence la présence de salariés sur les exploitations agricoles (4 pour celles du Quilio)

❖ Probabilité

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

❖ Acceptabilité

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc de Loudéac, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) tel que défini dans le tableau au point VIII.1.5. :

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Modérée	Acceptable
E2	Modérée	Acceptable
E3	Modérée	Acceptable
E4	Sérieux	Acceptable

Dans le périmètre de chaque éolienne est calculé le nombre de personnes permanentes exposées, en fonction de la nature et du nombre des infrastructures, cultures, présentes dans l'aire d'étude associée à l'évènement accidentel. Ainsi, pour le parc éolien de La vallée du Larhon le phénomène de projection de tout ou partie de pale des éoliennes est estimé sur une zone de 500 mètres autour de l'éolienne, et constitue un risque acceptable pour les personnes.

VIII.2.5. PROJECTION DE GLACE

❖ Zone d'effet

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

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

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

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

❖ Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de glace dans le cas du parc éolien de la vallée du Larhon d est le degré d'exposition, Z_i la zone d'impact, Z_e la zone d'effet, D le diamètre du rotor (D= 110m), H la hauteur au moyeu (H=95 m), et SG la surface majorante d'un morceau de glace.

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de R _{PG} = 1,5 x (H+D) autour de l'éolienne)			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
Z _i = SG	Z _e = π x [1,5*(H+D)] ²	d=Z _i /Z _e	Exposition modérée
1	π x [1,5*(95+110)] ² 297 057m ²	0,00000333% (< 1 %)	

❖ Gravité

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

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

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

Sur la base de cet élément, nous ne prendrons pas en compte l'autoroute pour le phénomène de projection de morceaux de glace, les personnes étant, sur une infrastructure routière, protégées dans leur véhicule.

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

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de $R_{PG} = 1,5 \times (H+D)$ autour de l'éolienne)		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	0.33	Modéré
E2	0.18	Modéré
E3	0.36	Modéré
E4	0.33	Modéré

Dans le périmètre défini par la formule $R_{PG} = 1,5 \times (H+D)$, dans le périmètre de chaque éolienne est calculé le nombre de personnes permanentes exposées, en fonction de la nature et du nombre des infrastructures, cultures, présentes dans l'aire d'étude associée à l'évènement accidentel.

Le niveau de gravité se traduit par un degré modéré pour les 4 éoliennes .

❖ Probabilité

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

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

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

❖ Acceptabilité

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc de la Vallée du Larhon, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) tel que défini dans le tableau au point VIII.1.5.

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

Ainsi, pour le parc éolien de la Vallée du Larhon le phénomène de projection de glace constitue un risque acceptable pour les personnes.

VIII.3. SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE DÉTAILLÉE DES RISQUES

VIII.3.1. TABLEAUX DE SYNTHÈSE DES SCÉNARIOS ÉTUDIÉS

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

Il est important de noter que l'agrégation des éoliennes au sein d'un même profil de risque ne débouche pas sur une agrégation de leur niveau de probabilité ni du nombre de personnes exposées car les zones d'effet sont différentes.

Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité	Probabilité	Numéro d'éolienne	Gravité
Effondrement de l'éolienne	Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine $Z_E = 69746 \text{ m}^2$	Rapide	Exposition modérée	D (pour des éoliennes récentes) ⁸	E1	Sérieux
					E2	Sérieux
					E3	Sérieux
					E4	Sérieux
Chute de glace	Zone de survol $Z_E = 9160 \text{ m}^2$	Rapide	exposition modérée	A	E1	Modéré
					E2	Modéré
					E3	Modéré
					E4	Modéré
Chute d'élément de l'éolienne	Zone de survol $Z_E = 9160 \text{ m}^2$	Rapide	exposition forte	C	E1	Sérieux
					E2	Sérieux
					E3	Sérieux
					E4	Sérieux
Projection d'éléments de l'éolienne	500 m autour de l'éolienne $Z_E = 785\,400 \text{ m}^2$	Rapide	exposition modérée	D (pour des éoliennes récentes) ⁹	E1	Modéré
					E2	Modéré
					E3	Modéré
					E4	Sérieux
Projection de glace	1,5 x (H + D) autour de l'éolienne $Z_E = 285\,578 \text{ m}^2$	Rapide	exposition modérée	B	E1	Modéré
					E2	Modéré
					E3	Modéré
					E4	Modéré

⁸ Voir paragraphe VIII.2.1

⁹ Voir paragraphe VIII.2.4

VIII.3.2. SYNTHÈSE DE L'ACCEPTABILITÉ DES RISQUES

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

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

GRAVITÉ	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux		Projection d'éléments E4	Chute d'éléments de l'éolienne		
		Effondrement de l'éolienne			
Modéré		Projection d'éléments E1,E2,E3		Projection de glace	Chute de glace

Légende de la matrice

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

Au regard de la matrice de criticité, complétée pour l'ensemble des scénarios étudiés dans l'analyse des risques, il apparaît que les risques générés par le parc éolien sont acceptables. **Au regard de l'acceptabilité de chaque aérogénérateur, le risque généré par le parc éolien de La Vallée du Larhon pour chacun des phénomènes étudiés est donc acceptable.**

Mesures de sécurité :

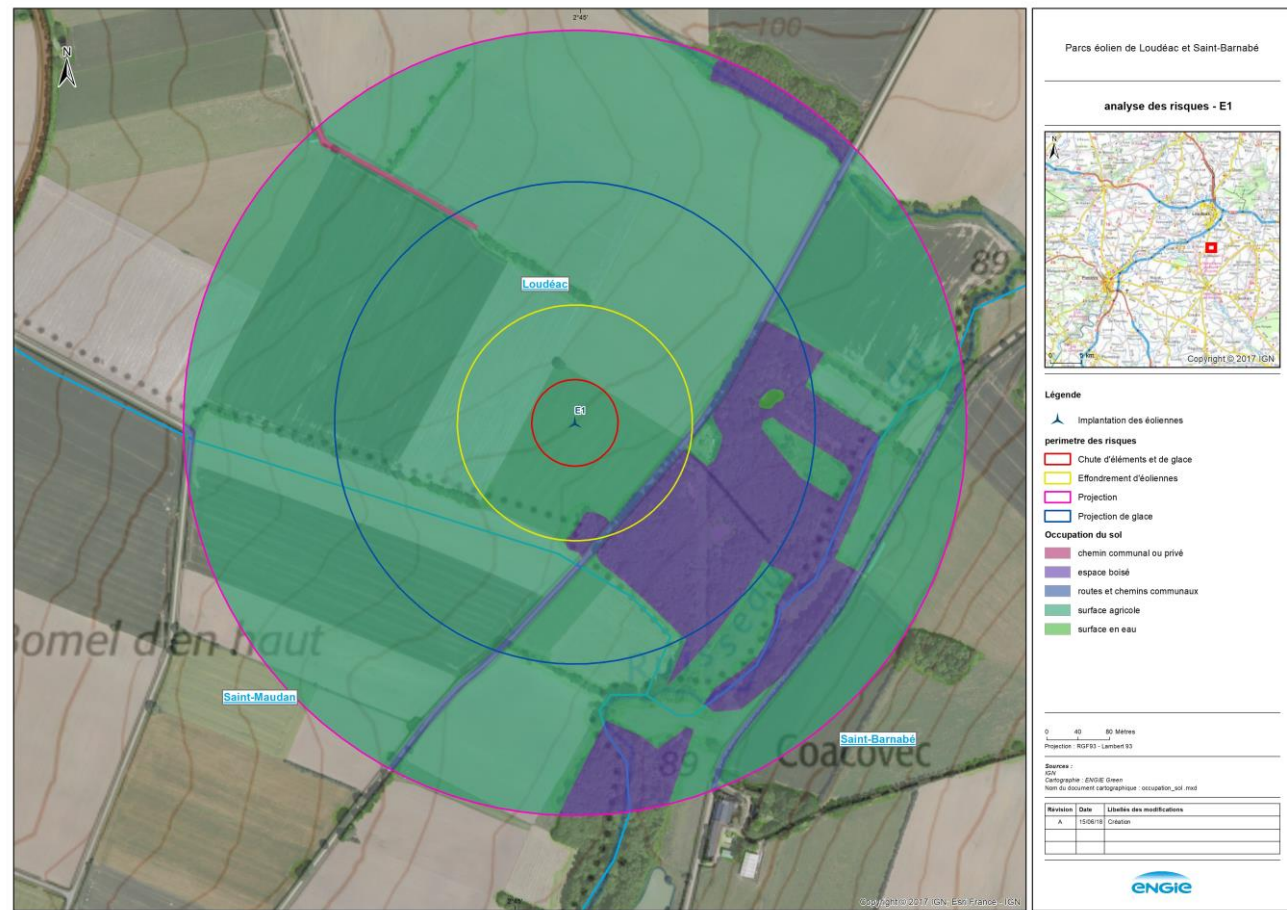
Bien que le risque reste acceptable, il convient de rappeler les mesures de sécurité prises pour les types d'accidents dont les risques apparaissent faibles (cases jaunes).

Concernant la chute et la projection d'éléments de l'éolienne, les scénarios recensés dans la partie VII.4 ont permis d'établir les mesures de sécurité qui seront mises en place, à savoir la prévention des défauts de stabilité et d'assemblage de l'éolienne ainsi que la prévention des erreurs de maintenance. Ainsi, les certifications des machines respectant les normes en vigueur, de même que les contrôles réguliers couplés à une maintenance sérieuse par des équipes formées, contribuent à éviter ce type d'accident et limiter le risque.

En cas de conditions climatiques entraînant la formation de dépôts de givre ou de glace sur les pales de l'éolienne susceptibles de chuter ou d'être projetés dans l'environnement de l'installation, les éoliennes, dont le constructeur est certifié, sont équipées d'un système de détection qui arrête automatiquement l'éolienne. La formation de glace sur les pales modifie leurs propriétés aérodynamiques, ce qui perturbe la production des éoliennes. Ce problème peut être détecté en comparant la courbe de puissance mesurée à la courbe de puissance caractéristique. Si la différence entre les deux est trop importante l'éolienne est arrêtée automatiquement. Elle reste arrêtée jusqu'à ce qu'elle soit réinitialisée manuellement par un technicien sur place. Avant redémarrage, le technicien s'assure de sa propre sécurité de même que celle des personnes situées à proximité. Rappelons qu'en leur qualité de propriétaires de l'ensemble des éléments du parc, les sociétés d'exploitation des parcs éoliens sont tenues d'une obligation de maintenance des installations du parc et de veiller à leur bon fonctionnement.

VIII.3.3. CARTOGRAPHIE DES RISQUES

Eolienne E1 :



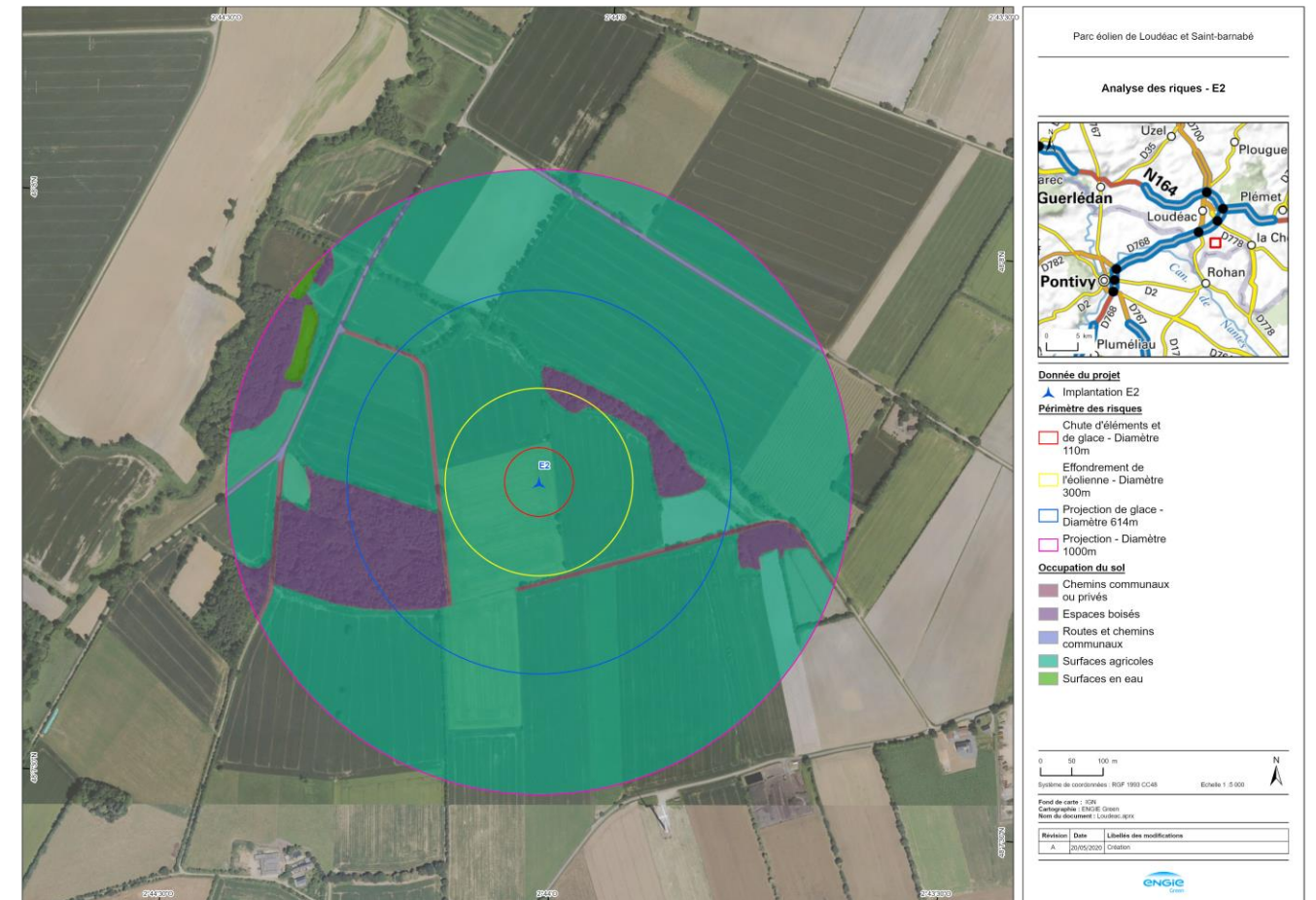
Carte 8 : Périmètres d'étude de l'éolienne 1

Concernant l'éolienne n°1, les périmètres de chute d'éléments et de glace, d'effondrement de machine et de projection de glace concernent des terres agricoles, une portion de route communale et des espaces boisés.

Phénomène	Intensité	Nombre de personnes permanentes exposées	Gravité	Probabilité	Niveau de risque
Chute d'éléments	Exposition forte	0,009	Sérieux	C	Faible
Chute de glace	Exposition modérée	0,0094	Modéré	A	Faible
Effondrements	Exposition modérée	0,068	Sérieux	D	Très faible
Projection de morceaux de glace	Exposition modérée	0,33	Modéré	B	Très Faible
Projection de pale ou fragment de pale	Exposition modérée	0,71	Modéré	D	Très faible

L'implantation de l'éolienne 1 présente donc un risque acceptable pour l'environnement voisin.

Eolienne E2 :



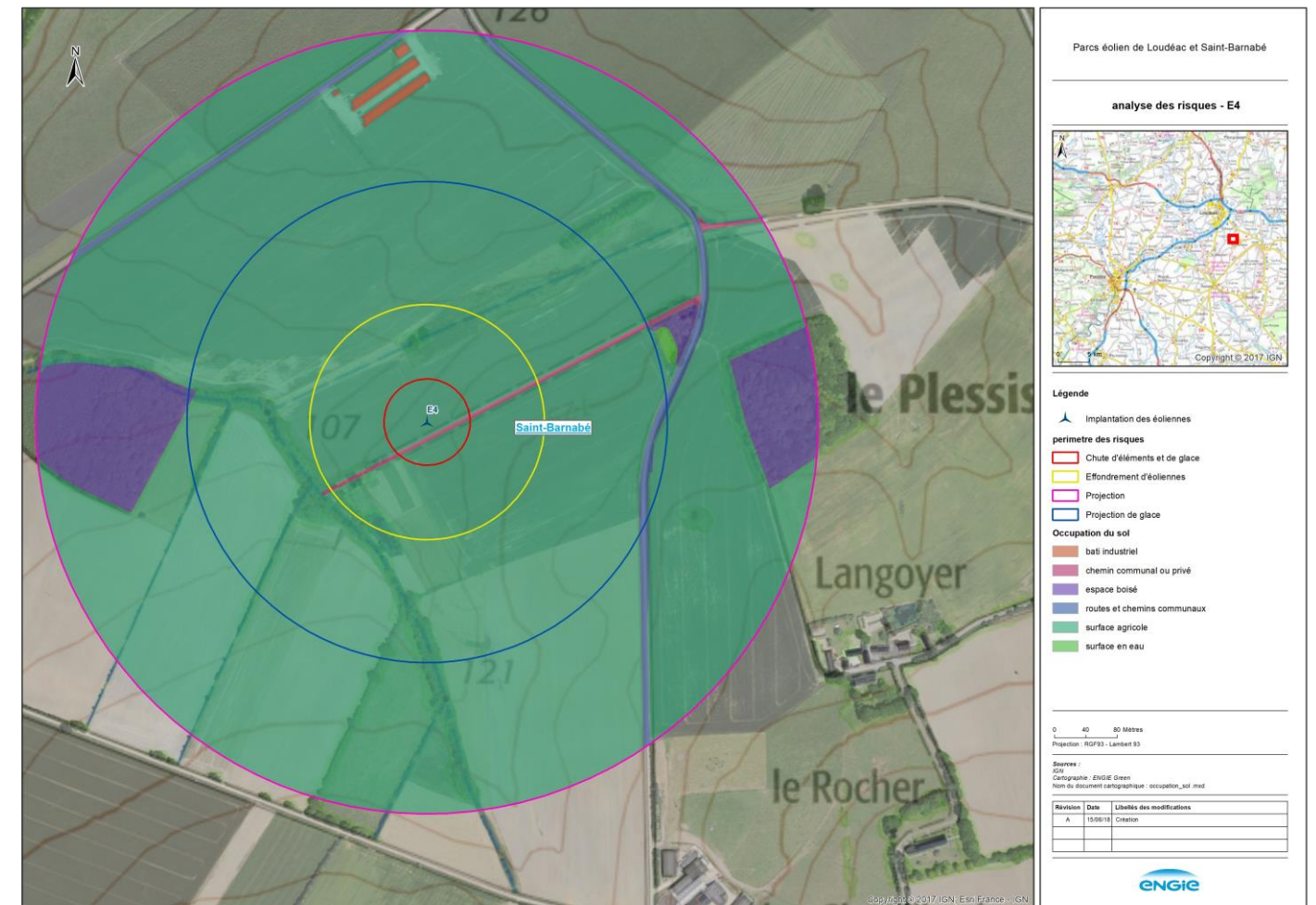
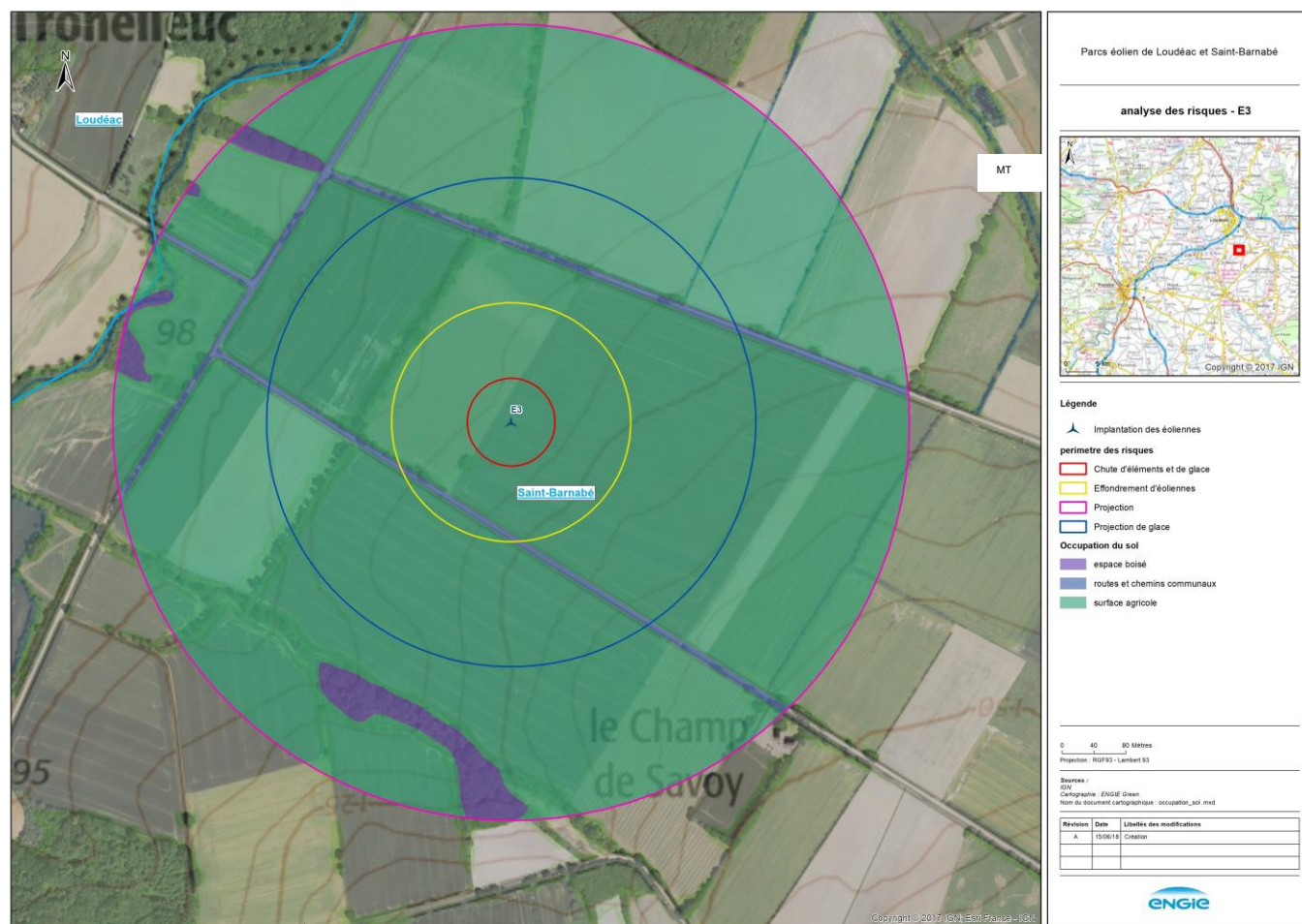
Carte 9 : Périmètres d'étude de l'éolienne 2

Concernant l'éolienne n°2, les périmètres d'effondrement de chute d'éléments et de glace et de projection de glace concernent des terres agricoles et boisées. Le périmètre de projection d'éléments inclut une portion de route communale ainsi qu'un chemin communal.

Phénomène	Intensité	Nombre de personnes permanentes exposées	Gravité	Probabilité	Niveau de risque
Chute d'éléments	Exposition forte	0,00955	Sérieux	C	Faible
Chute de glace	Exposition modérée	0,009535	Modéré	A	Faible
Effondrements	Exposition modérée	0,0597	Sérieux	D	Très faible
Projection de morceaux de glace	Exposition modérée	0,18	Modéré	B	Très Faible
Projection de pale ou fragment de pale	Exposition modérée	0,427	Modéré	D	Très faible

La nouvelle implantation de l'éolienne 2 présente un risque acceptable pour l'environnement voisin.

Eolienne E3 :



Carte 10 : Périmètres d'étude de l'éolienne 3

Concernant l'éolienne n°3, les périmètres de chute d'éléments et de glace, d'effondrement de machine concernent des terres agricoles et des portions de routes communales. Les périmètres de projection d'éléments incluent une troisième route communale ainsi que quelques boisements

Phénomène	Intensité	Nombre de personnes permanentes exposées	Gravité	Probabilité	Niveau de risque
Chute d'éléments	Exposition forte	0.0094	Sérieux	C	Faible
Chute de glace	Exposition modérée	0.0094	Modéré	A	Faible
Effondrements	Exposition modérée	0.069	Sérieux	D	Très faible
Projection de morceaux de glace	Exposition modérée	0.36	Modéré	B	Très Faible
Projection de pale ou fragment de pale	Exposition modérée	0,89	Modéré	D	Très faible

L'implantation de l'éolienne 3 présente un risque acceptable pour l'environnement voisin.

Eolienne E4 :

Carte 11 : Périmètres d'étude de l'éolienne 4

Concernant l'éolienne n°4, le périmètre d'effondrement de machine et de chutes d'éléments concernent un chemin communal ainsi que des terres agricoles.

Les périmètres relatifs aux projections d'éléments et de glaces incluent également des boisements et des bâtiments agricoles.

Phénomène	Intensité	Nombre de personnes permanentes exposées	Gravité	Probabilité	Niveau de risque
Chute d'éléments	Exposition forte	0.013	Sérieux	C	Faible
Chute de glace	Exposition modérée	0.013	Modéré	A	Faible
Effondrements	Exposition modérée	0,069	Sérieux	D	Très faible
Projection de morceaux de glace	Exposition modérée	0,33	Modéré	B	Très faible
Projection de pale ou fragment de pale	Exposition modérée	4,93	Sérieux	D	Très faible

L'implantation de l'éolienne 4 présente un risque acceptable pour l'environnement voisin.

IX. CONCLUSION

L'étude de Dangers du projet de la vallée du Larhon s'est attachée à recenser les diverses infrastructures et activités présentes dans l'environnement des éoliennes sur le site de La vallée du Larhon, et à rendre compte de l'ensemble des démarches réalisées pour concevoir le projet, analyser les dangers inhérents et présenter les mesures de sécurité prises.

Les différentes activités et infrastructures, présentes dans la zone d'étude des 500 mètres autour des éoliennes ont fait l'objet d'une attention particulière afin de déterminer le niveau de risque pour chaque installation. Ainsi, les surfaces dédiées à l'agriculture, à l'arboriculture, les fréquentations des routes et chemins de randonnées, de même que les bâtiments agricoles, ont été répertoriés et comptabilisés pour permettre d'affiner l'intensité et la gravité par type d'accident, développées dans l'analyse des risques. L'activité agricole induit une présence saisonnière et assez irrégulière, de même pour la pratique de la randonnée sur les chemins traversant la zone.

L'étude des accidents ayant eu lieu en Europe et dans le monde indique que les probabilités d'accidents liés au fonctionnement d'un parc éolien sont très faibles et qu'ils prennent leur origine le plus souvent dans des défauts de conception de fondations, des modifications du modèle initial du constructeur, ou une mauvaise utilisation du système de sécurité visant à éviter la survitesse de rotation du rotor. Les accidents sont de plus souvent liés à des conditions climatiques particulières.

Le recensement des potentiels de dangers et cette analyse de l'accidentologie ont permis de répertorier et classer les différents types et occurrences de phénomènes, afin de retenir 5 scénarios majeurs redoutés (effondrement de l'éolienne, chute d'éléments, chute de glace, projection d'éléments, projection de glace). L'analyse des risques a ainsi pu rendre compte pour chaque phénomène étudié le niveau de risque associé à chaque éolienne dans son environnement.

D'un point de vue global, le site de Loudéac Saint-Barnabé affiche un environnement principalement agricole dont le choix technique (potentiel vent, distances aux habitations, servitudes, etc.) apparaît comme adéquat pour le développement éolien. Le recensement des diverses infrastructures et activités du site démontrent bien cet aspect. Les calculs précis effectués pour chaque aérogénérateur, dans les périmètres définis pour chaque scénario retenu dans l'analyse des risques, ont permis de définir comme acceptables les risques d'accidents. Il est important de noter que la plupart des éléments nécessaires aux calculs des zones d'impacts ont été majorés afin de ne pas sous-estimer l'intensité et la gravité des phénomènes retenus dans l'analyse des risques.

La conception du parc éolien s'appuie sur un ensemble de mesures préventives afin de prévenir tous les risques potentiels. Ces mesures s'appliquent en amont du projet en choisissant d'installer des éoliennes neuves et de se conforter à toutes les exigences du constructeur, garantissant un niveau très élevé de sûreté. La phase de chantier intègre également un ensemble de procédures qui visent à réaliser les travaux conformément aux plans établis, à relever toute défaillance, à assurer la sécurité des personnes et des tiers sur le chantier.

Comme prévu par la loi, le maître d'ouvrage nommera un coordinateur de sécurité qui rédigera un plan de coordination lors de la phase de planification des travaux. Ce plan prévoira la mise en place de l'ensemble des infrastructures liées à la sécurité, à la santé et à l'hygiène du personnel. Sa réalisation sera le fruit d'une collaboration entre l'ensemble des intervenants du chantier.

L'accès au chantier sera interdit au public. La signalisation correspondante sera convenue dans le plan de coordination sécurité (PGC) ou les plans individuels de chaque entreprise intervenante (PPSPS : Plan Particulier de Sécurité et Protection de la Santé).

La mise en place des mesures préventives doit éviter que des accidents se produisent sur le parc. Les maintenances préventives, organisées en moyenne à intervalles de 6 mois, permettent de maintenir un état de fonctionnement correct des éoliennes et de détecter d'éventuels défauts ou usures prématurées. Ces interventions, ainsi que les maintenances correctives, sont encadrées par un plan de prévention des risques.

Enfin, le centre de conduite de ENGIE permet de procéder à des manœuvres télécommandées en cas d'accident, grâce aux outils de surveillance à distance et en temps réel (scada, alarmes, caméras, ...) afin de renforcer la sûreté des installations pendant leur exploitation.

ANNEXE 1 – 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 (partie III.4), de comptabiliser les enjeux humains présents dans les ensembles homogènes (terrains non bâtis, voies de circulation, zones habitées, ERP, zones industrielles, commerces...) situés dans l'aire d'étude de l'éolienne considérée.

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

Terrains non bâtis

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

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

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

Voies de circulation

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

Voies de circulation 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.

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.

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.

ANNEXE 2 – TABLEAU DE L'ACCIDENTOLOGIE FRANÇAISE

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

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

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Rupture de pale	2004	Escales-Conilhac	Aude	0,75	2003	Non	Bris de trois pales		Site Vent de Colère	Information peu précise
Rupture de pale + incendie	22/12/2004	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75	2004	Non	Bris des trois pales et début d'incendie sur une éolienne (survitesse de plus de 60 tr/min)	Survitesse due à une maintenance en cours, problème de régulation, et dysfonctionnement du système de freinage	Base de données ARIA Article de presse (La Tribune du 30/12/2004) Site Vent de Colère	-
Rupture de pale	2005	Wormhout	Nord	0,4	1997	Non	Bris de pale		Site Vent de Colère	Information peu précise
Rupture de pale	08/10/2006	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2004	Non	Chute d'une pale de 20 m pesant 3 tonnes	Allongement des pales et retrait de sécurité (débridage), pas de REX suite aux précédents accidents sur le même parc	Site FED Articles de presse (Ouest France) Journal FR3	-
Incendie	18/11/2006	Roquetaillade	Aude	0,66	2001	Oui	Acte de malveillance: explosion de bonbonne de gaz au pied de 2 éoliennes. L'une d'entre elles a mis le feu en pieds de mat qui s'est propagé jusqu'à la nacelle.	Malveillance / incendie criminel	Communiqués de presse exploitant Articles de presse (La Dépêche, Midi Libre)	-
Effondrement	03/12/2006	Bondues	Nord	0,08	1993	Non	Sectionnement du mât puis effondrement d'une éolienne dans une zone industrielle	Tempête (vents mesurés à 137Kmh)	Article de presse (La Voix du Nord)	-
Rupture de pale	31/12/2006	Ally	Haute-Loire	1,5	2005	Oui	Chute de pale lors d'un chantier de maintenance visant à remplacer les rotors	Accident faisant suite à une opération de maintenance	Site Vent de Colère	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident pendant la phase chantier)
Rupture de pale	03/2007	Clitourps	Manche	0,66	2005	Oui	Rupture d'un morceau de pale de 4 m et éjection à environ 80 m de distance dans un champ	Cause pas éclaircie	Site FED Interne exploitant	-
Chute d'élément	11/10/2007	Plouvien	Finistère	1,3	2007	Non	Chute d'un élément de la nacelle (trappe de visite de 50 cm de diamètre)	Défaut au niveau des charnières de la trappe de visite. Correctif appliqué et retrofit des boulons de charnières effectué sur toutes les machines en exploitation.	Article de presse (Le Télégramme)	-
Emballement	03/2008	Dinéault	Finistère	0,3	2002	Non	Emballement de l'éolienne mais pas de bris de pale	Tempête + système de freinage hors service (boulon manquant)	Base de données ARIA	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (événement unique et sans répercussion potentielle sur les personnes)
Collision avion	04/2008	Plouguin	Finistère	2	2004	Non	Léger choc entre l'aile d'un bimoteur Beechcraftch (liaison Ouessant-Brest) et une pale d'éolienne à l'arrêt. Perte d'une pièce de protection au bout d'aile. Mise à l'arrêt de la machine pour inspection.	Mauvaise météo, conditions de vol difficiles (sous le plafond des 1000m imposé par le survol de la zone) et faute de pilotage (altitude trop basse)	Articles de presse (Le Télégramme, Le Post)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident aéronautique)
Rupture de pale	19/07/2008	Erize-la-Brûlée - Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Oui	Chute de pale et projection de morceaux de pale suite à un coup de foudre	Foudre + défaut de pale	Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain 22/07/2008)	-
Incendie	28/08/2008	Vauvillers	Somme	2	2006	Oui	Incendie de la nacelle	Problème au niveau d'éléments électroniques	Dépêche AFP 28/08/2008	-

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Rupture de pale	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	Non communiqué	2,5	2003	Oui	Pale endommagée par la foudre. Fragments retrouvés par l'exploitant agricole à une distance n'excédant pas 300 m.	Foudre	Interne exploitant	Information peu précise sur la distance d'effet

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Incendie	03/01/2012	Non communiqué	Non communiqué	2,3	2006	Oui	Départ de feu en pied de tour. Acte de vandalisme : la porte de l'éolienne a été découpée pour y introduire des pneus et de l'huile que l'on a essayé d'incendier. Le feu ne s'est pas propagé, dégâts très limités et restreints au pied de la tour.	Malveillance / incendie criminel	Interne exploitant	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (pas de propagation de l'incendie)
Rupture de pale	05/01/2012	Widehem	Pas-de-Calais	0,75	2000	Non	Bris de pales, dont des fragments ont été projetés jusqu'à 380 m. Aucun blessé et aucun dégât matériel (en dehors de l'éolienne).	Tempête + panne d'électricité	Article de presse (La Voix du Nord 06/01/2012) Vidéo DailyMotion Interne exploitant	-
Chute d'une pale	18/05/2012	Du chemin d'Ablis	Eure et Loire	2	2008	oui	Chute d'une pale de 46 m. la pale s'est décrochée alors que les régimes de vents n'impliquaient pas d'arrêt sécurité de la machine.	-	Article de presse (le figaro du 22 mai 2012)	-
Chute d'éolienne	30/05/2012	Port la Nouvelle		0.2	1991		Un promeneur signale à 7h30 la chute d'une éolienne. Les rafales de vent à 130 km/h observées durant la nuit ont provoqué l'effondrement de la tour en treillis de 30 m de haut. Construit en 1991, l'aérogénérateur de 200 kW faisait partie des premières installations de ce type en France. Il était à l'arrêt pour réparations au moment des faits. Le site, ouvert au public, est sécurisé.	-	Base de données ARIA	-
Chute d'un élément d'une pale d'éolienne	01/11/2012	Vieillespesse		2.5	2011		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.	-	Base de données ARIA	

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Feu d'éolienne	05/11/2012	Sigean		0.66			Feu qui se déclare dans l'éolienne de 660 KW. Des projections incandescentes enflamment 80m2 de garrigue environnantes. À la suite une chute de pale		Base de données ARIA	
Rupture d'une panne d'éolienne	06/03/2013	CONILHAC-DE-LA-MONTAGNE					L'une des 3 pales s'est décrochée avant de percuter le mât.			Rupture d'une panne d'éolienne
Feu d'éolienne	17/03/2013	Euvy	LA Marne				Feu dans la nacelle d'une éolienne. Une des pâles tombe au sol, une autre menace de tomber.	Défaillance électrique	Base de données ARIA	
Éolienne touchée par la foudre	20/06/2013	LABASTIDE-SUR-BESORGUES	L'Ardeche				Un impact de foudre endommage une éolienne. Une pale se déchire sur 6m de longueur. L'exploitant change les 3 pâles et redémarre l'éolienne.	Foudre	Base de données ARIA	
Incident sur un accumulateur dans une éolienne.	01/07/2013	CAMBON-ET-SALVERGUES	l'Hérault				Projection d'une partie amovible de l'équipement		Base de données ARIA	
Déversement d'huile hydraulique dans un parc éolien	03/08/2013	MOREAC	Morbihan				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 m². 25 t de terres polluées sont excavées et envoyées en filière spécialisée.	Fuite d'huile	Base de données ARIA	
Feu d'éolienne	09/01/2014	ANTHENY	Ardennes	2,5MW			Un feu se déclare au niveau de la partie moteur d'une éolienne de 2,5 MW.			Feu d'éolienne

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Chute d'une pale d'éolienne.	14/11/2014	SAINT-CIRGUES-EN-MONTAGNE	Ardèche						Base de données ARIA	
Feu d'éolienne	29/01/2015	REMIGNY	Saône-et-Loire				Un feu se déclare dans une éolienne.			
Feu d'éolienne	06/02/2015	LUSSERAY	Deux-Sèvres				Vers 15h30, un feu se déclare dans une éolienne, au niveau d'une armoire électrique où interviennent 2 techniciens. Ces derniers éteignent l'incendie avec 2 extincteurs. L'éolienne est hors service le temps des réparations.		Base de données ARIA	
Feu d'éolienne	24/08/2015	SANTILLY	Eure-et-Loire				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.		Base de données ARIA	

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Chute de l'ascenseur d'une éolienne	28/09/2015	ALLEMAGNE - 00 - STORKOW	00				Dans un parc éolien un ascenseur s'écrase au pied du mat d'une des éoliennes. L'accident fait un mort. Les 5 éoliennes du parc ont été mises en service en 2003. L'expertise se concentre sur le treuil à câble passant ainsi que sur le dispositif anti-chute. Le fabricant de ces éléments informe les exploitants qui en disposent afin de réaliser des contrôles. Certains prennent la décision de fermer leurs ascenseurs.	Le treuil à câble et/ou le dispositif anti-chute	Base de données ARIA	
Fuite d'huile dans une éolienne.	28/05/2016	JANVILLE	Eure-et-Loire				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. L'exploitant engage une campagne de remplacement des raccords identiques du parc.			

ANNEXE 3 – SCÉNARIOS 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 VII.4.. 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).

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

Scénario G01

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

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

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

Scénario G02

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

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

Scénarios relatifs aux risques d'incendie (I01 à I07)

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

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

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

- Découper l'installation en plusieurs parties : rotor, nacelle, mât, fondation et poste de livraison ;

Déterminer à l'aide de mot clé les différentes causes (cause 1, cause 2) d'incendie possibles.

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

- Concernant le défaut de conception et fabrication : Contrôle qualité
- Concernant le non-respect des instructions de montage et/ou de maintenance : Formation du personnel intervenant, Contrôle qualité (inspections)
- Concernant les causes externes dues à l'environnement : Mise en place de solutions techniques visant à réduire

l'impact. Suivant les constructeurs, certains dispositifs sont de série ou en option. Le choix des options est effectué par l'exploitant en fonction des caractéristiques du site.

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

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

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

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

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

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

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

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.

Scénarios relatifs aux risques de fuites (F01 à F02)

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

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

Scénario F01

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

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

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

Deux événements peuvent être aggravants :

- 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.

Scénarios relatifs aux risques de chute d'éléments (C01 à C03)

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

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

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

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

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

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

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

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

Scénarios P03

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

Scénarios relatifs aux risques d'effondrement des éoliennes (E01 à E10)

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

- Erreur de dimensionnement de la fondation : Contrôle qualité, respect des spécifications techniques du constructeur de l'éolienne, étude de sol, contrôle technique de construction ;

Non-respect des instructions de montage et/ou de maintenance : Formation du personnel intervenant

- Causes externes dues à l'environnement : séisme, ...

ANNEXE 4 – 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_{ERC} = probabilité que l’événement redouté central (défaillance) se produise = probabilité de départ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ANNEXE 5 – GLOSSAIRE

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

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

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

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

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

Evénement initiateur : 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.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Attention aux confusions possibles :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Enfin, quelques sigles utiles employés dans la présente étude sont listés et explicités ci-dessous :

ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement

SER : Syndicat des Energies Renouvelables

FEE : France Energie Eolienne (branche éolienne du SER)

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

EDD : Etude de dangers

APR : Analyse Préliminaire des Risques

ERP : Etablissement Recevant du Public

ANNEXE 6 – 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 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement
- [10] Arrêté du 29 Septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation
- [11] Circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 Juillet 2003
- [12] Bilan des déplacements en Val-de-Marne, édition 2009, Conseil Général du Val-de-Marne
- [13] Arrêté du 29 Septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation
- [14] Alpine test site Gütisch : monitoring of a wind turbine under icing conditions- R. Cattin et al.
- [15] Wind energy production in cold climate (WECO), Final report - Bengt Tammelin et al. – Finnish Meteorological Institute, Helsinki, 2000
- [16] Rapport sur la sécurité des installations éoliennes, Conseil Général des Mines - Guillet R., Leteurtois J.-P. - juillet 2004
- [17] Risk analysis of ice throw from wind turbines, Seifert H., Westerhellweg A., Kröning J. - DEWI, avril 2003
- [18] Wind energy in the BSR: impacts and causes of icing on wind turbines, Narvik University College, novembre 2005