

Projet « Bourbriac Nord »

Commune de Bourbriac

Département des Côtes-d'Armor (22)



Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale (DDAE)



**AEPE
Gingko**

Atelier d'écologie paysagère
& environnementale

7, rue de la Vilaine
Saint-Mathurin-sur-Loire
49 250 LOIRE-AUTHION

02 41 68 06 95
www.aepe-gingko.fr
contacts@aepe-gingko.fr

Pièce 6-b : Étude de Dangers

*Mai 2017,
Complété en Juin 2018*

L' AUTORISATION ENVIRONNEMENTALE

À compter du 1er mars 2017, les différentes procédures et décisions environnementales requises pour les projets soumis à la réglementation des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) et les projets soumis à autorisation au titre de la loi sur l'eau (IOTA), sont fusionnées au sein de l'autorisation environnementale.

Par Décret n°2017-81 du 26 janvier 2017, l'article R.181-13 du code de l'environnement fixe les pièces à fournir pour une demande d'autorisation environnementale-type.

L'article D 181-15-2 précise les pièces complémentaires à apporter pour certains dossiers d'autorisation au titre des ICPE (éolien notamment).

PIECES DU DOSSIER DE DEMANDE D' AUTORISATION ENVIRONNEMENTALE

L'architecture retenue pour les pièces du dossier de demande d'autorisation environnementale est la suivante :

- Pièce 1 : CERFA (En attente d'un nouveau Cerfa pour l'autorisation environnementale)
- Pièce 2 : Sommaire inversé
- Pièce 3 : Note de présentation non technique
- Pièce 4 : Description de la demande d'autorisation environnementale
- Pièce 5 : Étude d'impact
- **Pièce 6 : Étude de dangers et son résumé non technique**
- Pièce 7 : Cartes et plans
- Pièce 8 : Accords et Avis liés à la demande d'autorisation environnementale
- Pièce 9 : Dérogation espèces et habitats protégés

Cette pièce constitue l'étude de dangers. Elle est accompagnée par la pièce 6a : Résumé non-technique de l'étude de dangers.

SOMMAIRE GENERAL

II. Préambule.....	9	V. Description de l’installation.....	24
II.1. Objectif de l’étude de dangers.....	9	V.1. Caractéristiques de l’installation.....	24
II.2. Contexte législatif et réglementaire.....	9	V.1.1. Activité de l’installation.....	24
II.3. Nomenclature des installations classées.....	10	V.1.2. Caractéristiques générales d’un parc éolien.....	24
II.4. Démarche générale de l’étude de dangers.....	10	V.1.3. Éléments constitutifs d’un aérogénérateur.....	24
III. Informations générales concernant l’installation.....	11	V.1.4. Composition de l’installation.....	25
III.1. Renseignements administratifs.....	11	V.2. Fonctionnement de l’installation.....	28
III.1.1. Demandeur.....	11	V.2.1. Principe de fonctionnement de l’éolienne.....	28
III.2. Localisation du site.....	12	V.2.2. Les modes de fonctionnement.....	31
III.3. Définition de la zone sur laquelle porte l’étude de dangers.....	13	V.2.3. Sécurité de l’installation.....	32
IV. Description de l’environnement de l’installation.....	13	V.2.4. Opérations de maintenance de l’installation.....	34
IV.1. Environnement humain.....	13	V.2.5. Stockage et flux de produits dangereux.....	34
IV.1.1. Zones urbanisées.....	13	V.2.6. Fonctionnement des réseaux de l’installation.....	36
IV.1.2. Établissements recevant du public (ERP).....	15	VI. Identification des potentiels de dangers de l’installation.....	37
IV.1.3. Installations classées pour la protection de l’environnement (ICPE).....	15	VI.1. Potentiels de dangers liés aux produits.....	37
IV.1.4. Autres activités.....	15	VI.2. Les potentiels de dangers liés aux déchets.....	38
IV.2. Environnement matériel.....	15	VI.3. Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l’installation.....	38
IV.2.1. Voies de communication.....	15	VI.4. Réduction des potentiels de dangers à la source.....	39
IV.2.2. Réseaux publics et privés.....	16	VI.4.1. Principales actions préventives.....	39
IV.3. Environnement naturel.....	17	VI.4.2. La réduction des dangers liés aux produits.....	39
IV.3.1. Contexte climatique.....	17	VI.4.3. La réduction des dangers liés aux installations.....	39
IV.3.2. Risques naturels.....	19	VI.4.4. Utilisation des meilleures techniques disponibles.....	39
IV.4. Synthèse des enjeux et types de terrains.....	22	VII. Analyse des retours d’expérience.....	40
		VII.1. Inventaire des accidents et incidents en France.....	40

VII.2. Inventaire des accidents et incidents à l'international	41	IX.2.2. Chute de glace.....	61
VII.3. Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience	42	IX.2.3. Chute d'éléments de l'éolienne	63
VII.3.1. Analyse de l'évolution des accidents en France	42	IX.2.4. Projection de pales ou de fragments de pales.....	65
VII.3.2. Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents	42	IX.2.5. Projection de glace.....	68
VII.3.3. accidents/Incidents survenus en Bretagne	42	IX.3. Synthèse de l'étude détaillée des risques	70
VII.4. Limites d'utilisation de l'accidentologie.....	43	IX.3.1. Tableau de synthèse des scénarios étudiés	70
VIII. Analyse préliminaire des risques	44	IX.3.2. Synthèse de l'acceptabilité des risques	70
VIII.1. Objectif de l'analyse préliminaire des risques	44	IX.3.3. Cartographie de synthèse des risques	72
VIII.2. Recensement des événements exclus de l'analyse des risques	44	IX.3.4. Cartographies récapitulatives par éolienne	72
VIII.3. Recensement des agressions externes potentielles	44	IX.4. Mesures de limitation des risques.....	75
VIII.3.1. Agressions externes liées aux activités humaines.....	44	IX.4.1. Limitation du risque lié à l'effondrement de l'éolienne	75
VIII.3.2. Agressions externes liées aux phénomènes naturels.....	45	IX.4.2. Limitation du risque lié à la chute de glace.....	75
VIII.4. Scénarios étudiés dans l'analyse générique des risques	46	IX.4.3. Limitation du risque lié à la chute d'éléments.....	75
VIII.5. Effets dominos.....	49	IX.4.4. Limitation du risque de projection de pales et fragments de pales	76
VIII.6. Mise en place des mesures de sécurité	49	IX.4.5. Limitation du risque lié à la projection de glace	76
VIII.7. Conclusion de l'analyse préliminaire des risques	54	IX.5. Moyens de secours et d'intervention	77
IX. Étude détaillée des risques.....	55	IX.5.1. Moyens internes	77
IX.1. Rappel des définitions	55	IX.5.2. Moyens externes.....	77
IX.1.1. Cinétique.....	55	IX.5.3. Traitement de l'alerte	77
IX.1.2. Intensité	55	X. Conclusion de l'étude de dangers	78
IX.1.3. Gravité.....	56	XI. Raccordement électrique : demande d'approbation	79
IX.1.4. Probabilité.....	56	XI.1. Présentation générale du projet.....	79
IX.2. Caractérisation des scénarios retenus	58	XI.2. Thématiques étudiées à l'état initial de l'étude d'impact.....	80
IX.2.1. Effondrement de l'éolienne.....	58	XI.3. Description technique des ouvrages électriques et du poste de livraison (ouvrages privés).....	81

XI.3.2. Le câble / les câbles	82
XI.3.3. Le poste de livraison	83
XI.4. Engagement du porteur de projet.....	83
XI.4.1. Respect des règles de l'art	83
XI.4.2. Contrôle technique des travaux	83
XI.4.3. Information du gestionnaire du réseau public	83
XI.4.4. Information auprès de l'INERIS.....	83
XI.5. Tableau bilan DT/DICT	84
XII. Les annexes	85
Annexe 1 - Bibliographie et références utilisées (EDD)	86
Annexe 2 - Accidentologie (au 01/03/2017)	87
Annexe 3 - Recensement ARIA des accidents survenus en France au 01/03/2017	93
Annexe 4 - Recensement ARIA des accidents liés aux parc éoliens survenus en région Bretagne (EDD).....	98
Annexe 5 - Détail des scénarii génériques d'accidents possibles (EDD)	101
Annexe 6 - Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne (EDD)	104
Annexe 7 - Glossaire des mots utilisés dans l'étude de dangers (EDD)	105
Annexe 8 - Spécifications relatives aux câbles	107
Annexe 9 - Attestation de maîtrise foncière pour la demande d'approbation : câbles électriques	112

LISTE DES CARTES

Carte 1 : Localisation du projet	12
Carte 2 : Périmètre de l'étude de dangers	13
Carte 3 : Bâtiments dans un rayon de 600 m autour du parc éolien	14
Carte 4 : Les enjeux de l'environnement matériel au sein du périmètre d'étude de dangers	16
Carte 5: Éoliennes du projet et risques naturels	21
Carte 6 : Synthèse des enjeux du périmètre d'étude de dangers et caractérisation des types de terrains	23
Carte 7 : Plan détaillé de l'installation	27
Carte 8 : Zone d'effet du risque d'effondrement de l'éolienne	58
Carte 9 : Zone d'effet du risque de chute de glace	61
Carte 10 : zone d'effet du risque de chute d'éléments	63
Carte 11 : Zone d'effet du risque de projection de pale ou de fragment de pale	65
Carte 12 : Zone d'effet des risques de projection de glace	68
Carte 13 : les zones d'effets des différents risques étudiés	72
Carte 14 : les zones d'effets des différents risques étudiés pour l'éolienne E1	72
Carte 15 : les zones d'effets des différents risques étudiés pour l'éolienne E2	73
Carte 16 : les zones d'effets des différents risques étudiés pour l'éolienne E3	73
Carte 17 : les niveaux de risque au regard des scénarios étudiés	74

LISTE DES PHOTOGRAPHIES

Photo 1 : Ancienne carrière au nord du périmètre immédiat	21
---	----

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : démarche générale de l'étude de dangers	10
Figure 2 : Rose des vents à proximité du site, station de Rostrenen (Météo France)	18
Figure 3 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur (Nordex)	24
Figure 4 : Illustration des emprises au sol d'une éolienne	25
Figure 5 : Le dessin schématique de la nacelle (source : NORDEX)	30
Figure 6 : Dimension de l'éolienne retenue (NORDEX N117)	35
Figure 7 : Schéma de raccordement électrique d'un parc éolien	36
Figure 8 : Causes premières des accidents d'aérogénérateurs en France (source FEE)	40
Figure 9 : Causes des accidents d'aérogénérateurs dans le monde (source FEE)	41
Figure 10 : Causes premières des accidents d'aérogénérateurs dans le monde (source : FEE)	41
Figure 11 : Évolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées (source : FEE)	42
Figure 12 : Nombre d'accidents éoliens recensés par la base ARIA entre 2002 et 2016 en France	42
Figure 13 : panneau de prévention des risques sur un parc éolien de P&T Technologie	75

Liste des Tableaux

Tableau 1 : nomenclature ICPE d'un parc éolien	10	Tableau 29 : évaluation de l'intensité du risque de projection de pale ou de fragment de pale	66
Tableau 2 : Données démographiques des communes autour du périmètre d'étude de dangers (INSEE)	13	Tableau 30 : évaluation de la gravité du risque de projection de pale ou de fragment de pale	66
Tableau 3 : Distance des éoliennes aux habitations les plus proches	14	Tableau 31 : évaluation de l'intensité du risque de projection de morceaux de glace pour les éoliennes	69
Tableau 4 : Liste des ICPE des communes concernées par le périmètre d'étude de dangers	15	Tableau 32 : évaluation de la gravité du risque de projection de morceaux de glace	69
Tableau 5 : moyenne des températures mensuelles en °C entre 1971 et 2013 (Météoclimat)	17	Tableau 33 : synthèse de l'évaluation des risques étudiés	70
Tableau 6 : moyenne des précipitations mensuelles entre 1971 et 2013 (Météoclimat).....	17	Tableau 34 : synthèse de l'acceptabilité des risques	71
Tableau 7 : moyenne d'ensoleillement mensuel entre 1971 et 2013 (Météoclimat)	17	Tableau 35 : Mesures de maîtrise du risque de chute de glace	75
Tableau 8 : les moyennes mensuelles de jours de gelées recensés entre 1971 et 2013 (Météoclimat) ..	17	Tableau 36 : mesures de maîtrise du risque de chute d'éléments	76
Tableau 9 : vitesse du vent moyennée sur 10 mn en m/s entre 1986 et 2000 (Météo France)	18		
Tableau 10 : les arrêtés de catastrophes naturelles de la commune de Bourbriac	19		
Tableau 11 : Coordonnées GPS des éoliennes et du poste de livraison et côte NGF	25		
Tableau 12 : Dimensions envisagées des aménagements du parc éolien	26		
Tableau 13 : Synthèse du fonctionnement des éoliennes Nordex N117-TS106 / 3600	28		
Tableau 14 : liste des produits utilisés dans les aérogénérateurs	37		
Tableau 15 : Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation.....	38		
Tableau 16 : Agressions externes liées aux activités humaines.....	45		
Tableau 17 : agressions externes liées aux phénomènes naturels.....	45		
Tableau 18 : Scénarios génériques d'accidents possibles.....	46		
Tableau 19 : les fonctions de sécurité de l'installation	53		
Tableau 20 : Catégories de scénarios exclus.....	54		
Tableau 21 : Niveaux de gravité	56		
Tableau 22 : Niveaux de probabilité	56		
Tableau 23 : évaluation de l'intensité pour le risque d'effondrement des éoliennes.....	59		
Tableau 24 : évaluation de la gravité pour le risque d'effondrement d'une éolienne	59		
Tableau 25 : évaluation de l'intensité du risque de chute de glace	62		
Tableau 26 : évaluation de la gravité du risque de chute de glace.....	62		
Tableau 27 : évaluation de l'intensité du risque de chute d'éléments de l'éolienne.....	64		
Tableau 28 : évaluation de la gravité du risque de chute d'éléments de l'éolienne	64		

II. PREAMBULE

II.1. OBJECTIF DE L'ÉTUDE DE DANGERS

La présente étude de dangers a pour objet de rendre compte de l'examen effectué par la société « PARC EOLIEN BOURBRIAC SAS » pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques du projet de parc éolien de « Bourbriac Nord » situé sur la commune de Bourbriac.

Elle vise également à s'assurer que le parc éolien est technologiquement réalisable et économiquement acceptable, et analyse les causes des risques qu'ils 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 3 éoliennes du parc de « Bourbriac ». 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 « Bourbriac », 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.

Ce document a été réalisé à partir du modèle d'étude de dangers spécifique aux installations éoliennes validé par la Direction Générale de la Prévention des Risques (DGPR) en mai 2012.

II.2. CONTEXTE LEGISLATIF ET REGLEMENTAIRE

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

L'Article D181-15-2, créé par [Décret n°2017-82 du 26 janvier 2017 - art. 2](#) décret définit le contenu du dossier de demande d'autorisation environnementale. Parmi ces éléments à fournir dans le cadre de l'autorisation environnementale, l'article L181-25 du code de l'environnement, créé par Ordonnance n°2017-80 du 26 janvier 2017 - art. 1, définit l'étude de dangers :

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

Le contenu de l'étude de dangers doit être en relation avec l'importance des risques engendrés par l'installation. En tant que de besoin, cette étude donne lieu à une analyse de risques qui prend en compte la probabilité d'occurrence, la cinétique et la gravité des accidents potentiels selon une méthodologie qu'elle explicite. Elle définit et justifie les mesures propres à réduire la probabilité et les effets de ces accidents. »

D'une manière générale, d'après <http://www.installationsclassées.developpement-durable.gouv.fr>, toute étude de dangers doit s'appuyer sur une description suffisante des installations, de leur voisinage et de leur zone d'implantation.

Elle doit présenter les mesures organisationnelles et techniques de maîtrise des risques et expliciter, s'ils sont pertinents, un certain nombre de points clés fondés sur une démarche d'analyse des risques :

- Identification et caractérisation des potentiels de dangers ;
- Description de l'environnement et du voisinage ;
- Réduction des potentiels de dangers ;
- Présentation de l'organisation de la sécurité ;
- Estimation des conséquences de la concrétisation des dangers ;
- Accidents et incidents survenus (accidentologie) ;
- Évaluation préliminaire des risques ;
- Étude détaillée de réduction des risques ;
- Quantification et hiérarchisation des différents scénarios en termes de gravité, de probabilité et de cinétique de développement en tenant compte de l'efficacité des mesures de prévention et de protection ;
- Évolutions et mesures d'amélioration proposées par l'exploitant ;
- Résumé non technique de l'étude de dangers – Représentation cartographique.

Plus précisément, l'article D181-15-2, définit le contenu de l'étude de dangers selon le principe de proportionnalité :

« III. L'étude de dangers justifie que le projet permet d'atteindre, dans des conditions économiquement acceptables, un niveau de risque aussi bas que possible, compte tenu de l'état des connaissances et des pratiques et de la vulnérabilité de l'environnement de l'installation.

« Le contenu de l'étude de dangers doit être en relation avec l'importance des risques engendrés par l'installation, compte tenu de son environnement et de la vulnérabilité des intérêts mentionnés à l'article L. 181-3.

« Cette étude précise, notamment, la nature et l'organisation des moyens de secours dont le pétitionnaire dispose ou dont il s'est assuré le concours en vue de combattre les effets d'un éventuel sinistre. Dans le cas des installations figurant sur la liste prévue à l'article L. 515-8, le pétitionnaire doit fournir les éléments indispensables pour l'élaboration par les autorités publiques d'un plan particulier d'intervention.

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

« Le ministre chargé des installations classées peut préciser les critères techniques et méthodologiques à prendre en compte pour l'établissement de l'étude de dangers, par arrêté pris dans les formes prévues à l'article L. 512-5.

« Pour certaines catégories d'installations impliquant l'utilisation, la fabrication ou le stockage de substances dangereuses, le ministre chargé des installations classées peut préciser, par arrêté pris en application de l'article L. 512-5, le contenu de l'étude de dangers portant, notamment, sur les mesures d'organisation et de gestion propres à réduire la probabilité et les effets d'un accident majeur.

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.

II.3. NOMENCLATURE DES INSTALLATIONS CLASSEES

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

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.....	A	6
	b) Inférieure à 20 MW.....	D	

(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.

Tableau 1 : nomenclature ICPE d'un parc éolien

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

II.4. DEMARCHE GENERALE DE L'ETUDE DE DANGERS

Le graphique ci-dessous synthétise les différentes étapes et les objectifs de l'étude de dangers :

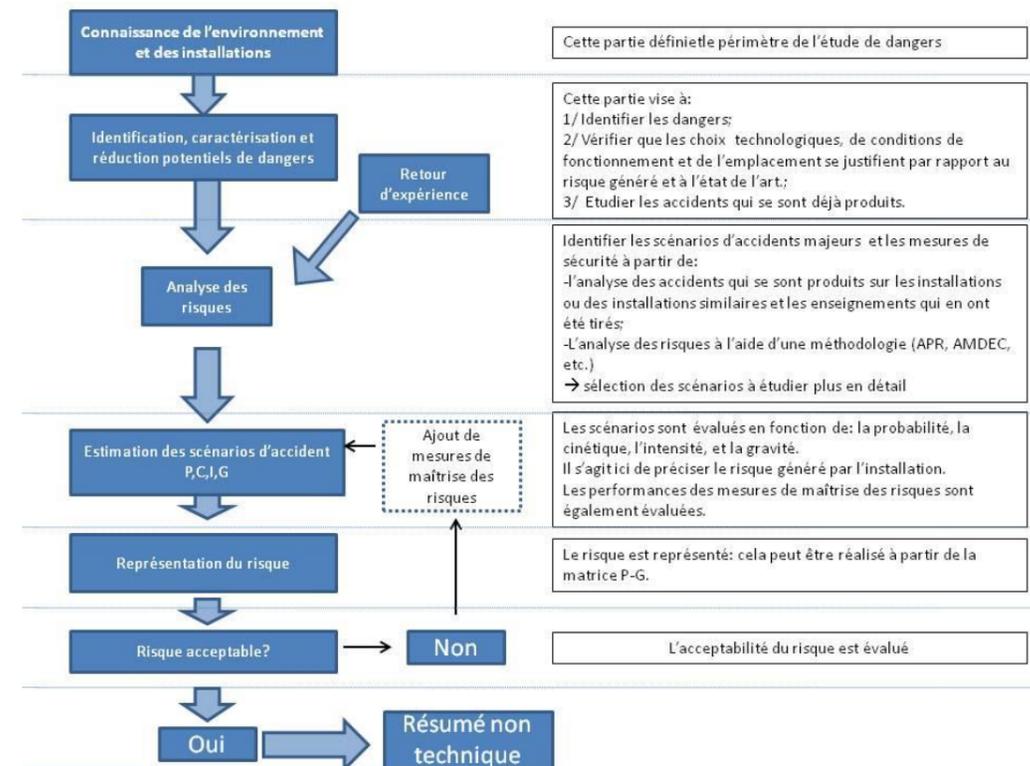


Figure 1 : démarche générale de l'étude de dangers

III. INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION

III.1. RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS

III.1.1. DEMANDEUR

Raison sociale de l'établissement : Parc Éolien Bourbriac

Forme juridique : SAS : Société par Actions Simplifiée

Capital social : 10 000 €

Immatriculation au RCS, numéro : 820 307 668 R.C.S Rennes

Adresse du siège social : Rue du Pré Long – bât C ZAC Val d'Orson – 35770 VERN-SUR-SEICHE

Adresse de l'établissement secondaire : Les Landes, 22390 Bourbriac

Tél: +33 2 99 36 77 40

Signataire de la demande : H.Robert CONRAD

Pour tout renseignement complémentaire à cette demande, veuillez contacter Christophe BIGER, Chargé de projets, Parc Éolien Bourbriac SAS au 02 99 36 05 18

PORTEUR DU PROJET (COORDINATION GLOBALE ET CONCEPTION DU PROJET)

P&T TECHNOLOGIE SAS

Val d'Orson, rue du Pré Long

35770 VERN-SUR-SEICHE

Tél : 02 99 36 77 40



WINDSTROM France

29, rue du Danemark

56400 Brech



AUTEUR DE L'ETUDE DE DANGERS

La rédaction finale de l'étude d'impact a été réalisée par :

AEPE-Gingko

7 rue de la Vilaine

Saint-Mathurin-sur-Loire

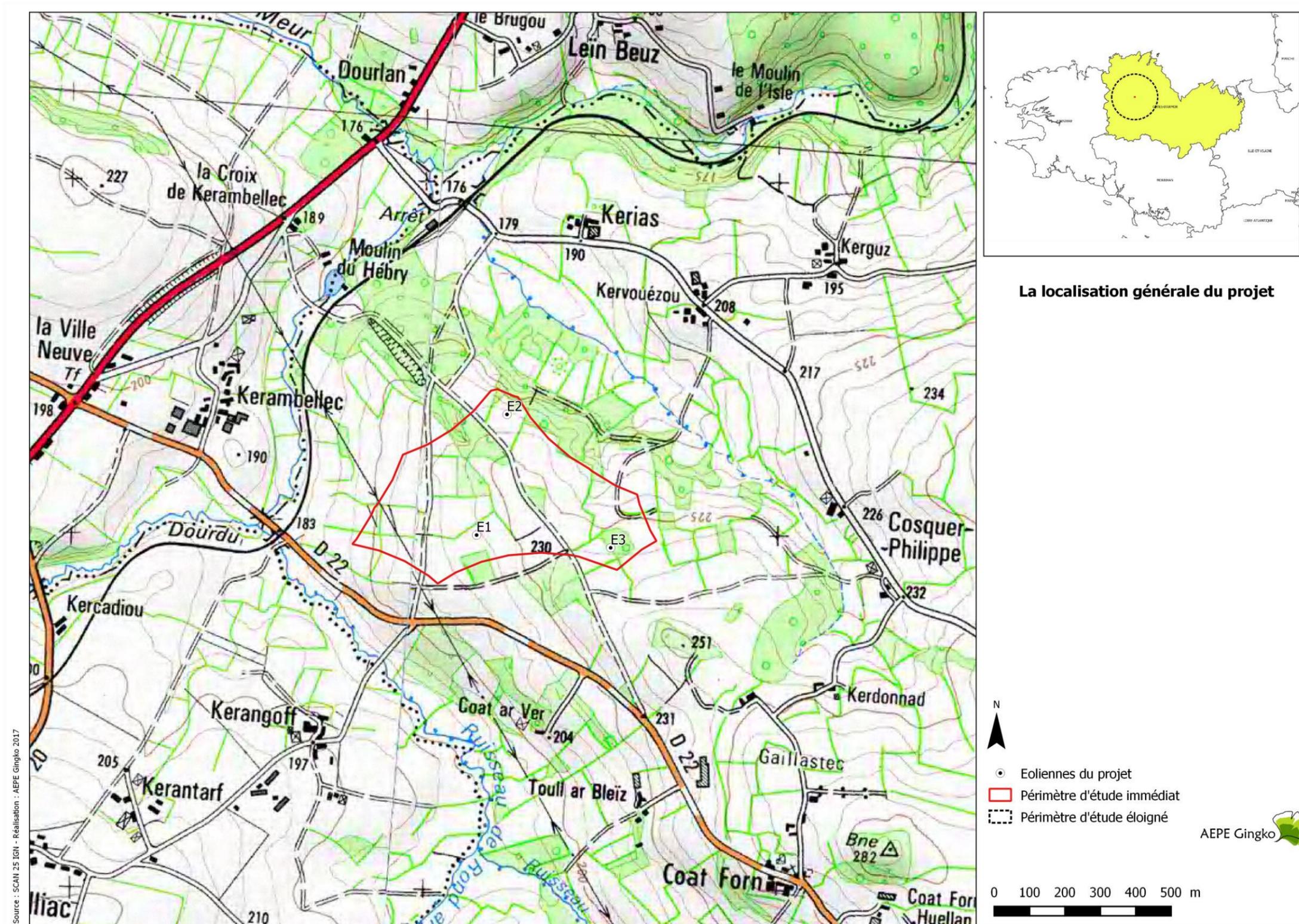
49 250 Loire Authion

Tél: 02 41 68 06 95



Le demandeur est également le futur exploitant du site.

III.2. LOCALISATION DU SITE



Carte 1 : Localisation du projet

III.3. DEFINITION DE LA ZONE SUR LAQUELLE PORTE L'ETUDE DE DANGERS

La zone sur laquelle porte l'étude de dangers pour le projet éolien de « Bourbriac Nord » correspond à l'ensemble des points situés à une distance inférieure ou égale à 500 m à partir du bord du mât des éoliennes.

La définition de la zone d'étude n'intègre pas le poste de livraison. Les modélisations réalisées par le syndicat des énergies renouvelables dans le cadre du guide sur les études de dangers ont en effet démontré l'absence d'effet à l'extérieur du poste de livraison pour chacun des phénomènes dangereux potentiels pouvant l'affecter.



Carte 2 : Périmètre de l'étude de dangers

IV. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION

IV.1. ENVIRONNEMENT HUMAIN

IV.1.1. ZONES URBANISEES

Le périmètre de l'étude de dangers s'inscrit essentiellement sur la commune de Bourbriac, et pour partie (au sud-ouest) sur la commune de Pont-Melvez.

La commune de Bourbriac était régie par un plan d'occupation des sols approuvé le 10 juillet 1987. Conformément à la loi ALUR, ce document d'urbanisme a été rendu caduc au 27 mars 2017. Un projet de plan local d'urbanisme intercommunal (PLUi) est à l'étude. En attendant la finalisation de cette démarche, l'occupation du sol sur la commune de Bourbriac et sur la commune de Pont-Melvez est soumise au règlement national d'urbanisme (RNU).

L'éloignement des éoliennes à plus de 500 m des zones urbanisables est respecté.

De même aucun bâtiment à usage d'habitation, industriel ou commercial n'est recensé au sein du périmètre d'étude de dangers.

Tableau 2 : Données démographiques des communes autour du périmètre d'étude de dangers (INSEE)

Commune	Population		Densité en 2013 (hab/km ²)	Évolution de la population entre 2008 et 2013
	2013	2008		
Bourbriac	2 339	2 346	32,5	- 7 habitants
Gurunhuel	433	399	22,1	+ 34 habitants
Moustéru	698	679	48,9	+ 19 habitants
Pont-Melvez	660	660	28,7	Nulle

La densité d'habitants sur le territoire est faible avec des variations entre 22 et 49 habitants par km². Pour rappel, la densité moyenne sur le territoire métropolitain français en 2013 était de 117 habitant par km². Ces chiffres illustrent le caractère peu peuplé du territoire sur lequel s'inscrit le projet éolien.

Bourbriac constitue l'ensemble le plus peuplé avec plus de 2 300 habitants. Les autres communes ne dépassent pas les 700 habitants et sont essentiellement constitués d'un petit bourg et de hameaux dispersés.

La dynamique démographique de ces communes est assez contrastée. Globalement les variations de population entre 2008 et 2013 sont limitée en nombre (entre - 7 et + 34 habitants), toutefois rapportées au faible nombre d'habitants, elles induisent ponctuellement des taux de croissance notables. La commune de Gurunhel présente

par exemple un taux annuel moyen de croissance de sa population de l'ordre de 1,6 %. A l'inverse, la commune de Bourbriac a connu une légère perte démographique sur cette même période.

À proximité de l'aire d'étude de dangers, un certain nombre de hameaux dispersés, de fermes et maisons isolées sont recensés. Ce bâti, majoritairement d'origine agricole, traditionnel ou non, a pour vocation l'habitat et l'exploitation agricole. Il accueille de ce fait majoritairement des exploitants agricoles et leur famille.

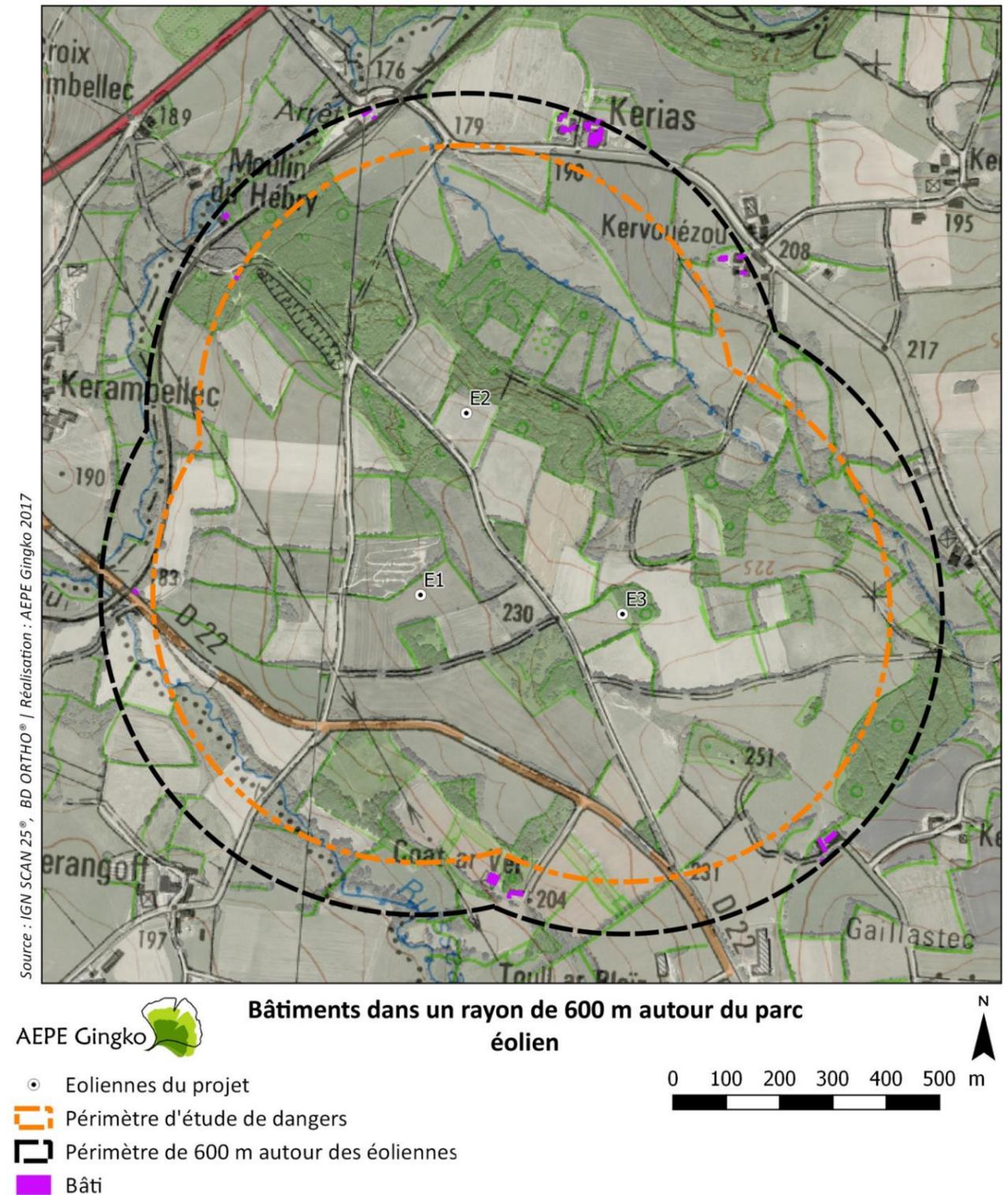
Tableau 3 : Distance des éoliennes aux habitations les plus proches

Éolienne la plus proche	Habitation la plus proche (en violet sur la carte qui suit))	Commune	Distance des habitations au centre du mât de l'éolienne la plus proche*
E1	Coat ar Ver	Bourbriac	579
E2	Kervouézou	Bourbriac	553
E3	Coat ar Ver	Bourbriac	551

*(Mât = 2,15 m de rayon)

Les bâtiments recensés au sein du périmètre de 600 m autour des éoliennes concernent 4 lieux-dits :

- Kerias au nord
- Kervouézou au nord
- Gaillastec au sud est
- Coat ar Ver au sud



Carte 3 : Bâtiments dans un rayon de 600 m autour du parc éolien

Aucun (ou partie de bâtiments) n'est recensé au sein du périmètre d'étude de dangers ou en bordure.

IV.1.2. ÉTABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC (ERP)

Aucun établissement recevant du public n'est recensé dans la zone d'étude de dangers.

IV.1.3. INSTALLATIONS CLASSEES POUR LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT (ICPE)

SEVESO

Aucun établissement SEVESO ni installation nucléaire de base (INB) n'est présent dans les limites de la zone d'étude de danger.

ICPE

Autour du projet, les installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) concernent essentiellement des élevages : porcs, bovins, volailles, lapins... Ce type d'installation n'induit pas de sensibilité particulière dans le cadre du projet.

Cinq installations classées concernent des activités autres que l'élevage. Il s'agit des quatre parcs éoliens et de la déchèterie de Bourbriac. Aucun de ces établissements n'est situé au sein du périmètre d'étude rapproché, le plus proche étant distant de 3,6 km du projet.

À cette distance, aucun risque industriel ne peut être envisagé au regard du type d'installation identifié

Tableau 4 : Liste des ICPE des communes concernées par le périmètre d'étude de dangers

Nom	Rubrique	Régime	Activité	Distance au périmètre immédiat
Déchèterie CdC Pays de Bourbriac	2710	D	Déchèteries aménagées pour les usagers	5,3 km
	2710	D	Déchèteries aménagées pour les usagers	
	2791	A	Déchets non dangereux (traitement)	
EDP Renewables France SAS	2980	A	Installation terrestre de production d'électricité	4,3 km
Elec Trawinds Bretagne 1 SAS	2980	A	Installation terrestre de production d'électricité	3,6 km
EDP Renewables France SAS	2980	A	Installation terrestre de production d'électricité	4 km
EDP Renewables France SAS	2980	A	Installation terrestre de production d'électricité	3,6 km

IV.1.4. AUTRES ACTIVITES

Hormis l'agriculture, la zone d'étude de dangers n'accueille aucune autre activité qu'elle soit commerciale, ou industrielle.

La présence d'une ligne très haute tension à proximité du projet implique la présence ponctuelle de personnel de maintenance sur le site.

IV.2. ENVIRONNEMENT MATERIEL

IV.2.1. VOIES DE COMMUNICATION

Au sein du périmètre de l'étude de dangers (500 m autour des éoliennes du projet de Bourbriac) sont recensées les infrastructures suivantes :

IV.2.1.1. CHEMINS DE FER

La voie ferrée Guingamp-Carhaix traverse en limite ouest du périmètre de dangers, à 504 m de l'éolienne E1.

IV.2.1.2. AUTOROUTES, ROUTES NATIONALES, ET AXES STRUCTURANTES (> 2000 VH/J)

AXES STRUCTURANTS RECENSES AU SEIN DU PERIMETRE D'ETUDE DE DANGERS

Aucun axe structurant ne traverse le périmètre d'étude de dangers.

ROUTES ET VOIES NON STRUCTURANTES (< 2000 VEH/J)

Le périmètre de l'étude de dangers comprend également un réseau de liaisons locales et voies communales, servant à desservir les hameaux et fermes qui entourent le projet, ainsi que des chemins d'exploitation utilisés pour l'accès aux parcelles agricoles.

Les routes sont peu fréquentées car elles desservent uniquement les hameaux. Les chemins d'exploitation sont quant à eux uniquement fréquentés par les agriculteurs ou promeneurs car ils desservent uniquement les parcelles agricoles (nombreux chemins en impasse).

La fréquentation de ces voies est donc très inférieure à 2000 véhicules/jour au regard de son unique rôle de transit local, De ce fait elles n'appartiennent pas aux voies de circulation structurantes et s'inscrivent dans la catégorie d'enjeu liée aux « terrains aménagés mais peu fréquentés ».

Le périmètre d'étude est ainsi traversé par la RD22, sur un linéaire de 1 139 m ; par un réseau de voies communales et chemins agricoles pour 5 600 m.

L'ensemble de ces voies non-structurantes représente un linéaire total de l'ordre de 6 739 m.

IV.2.2. RESEAUX PUBLICS ET PRIVES

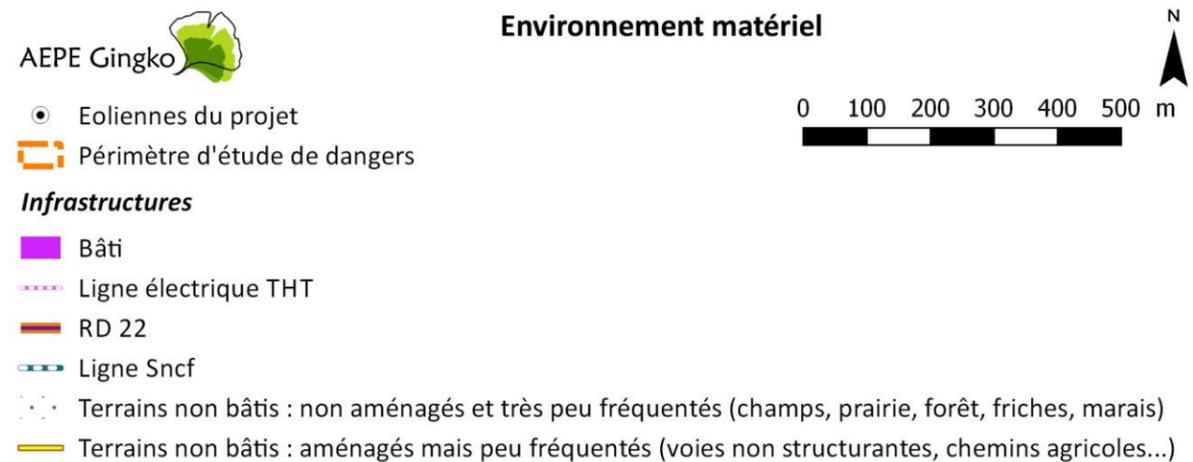
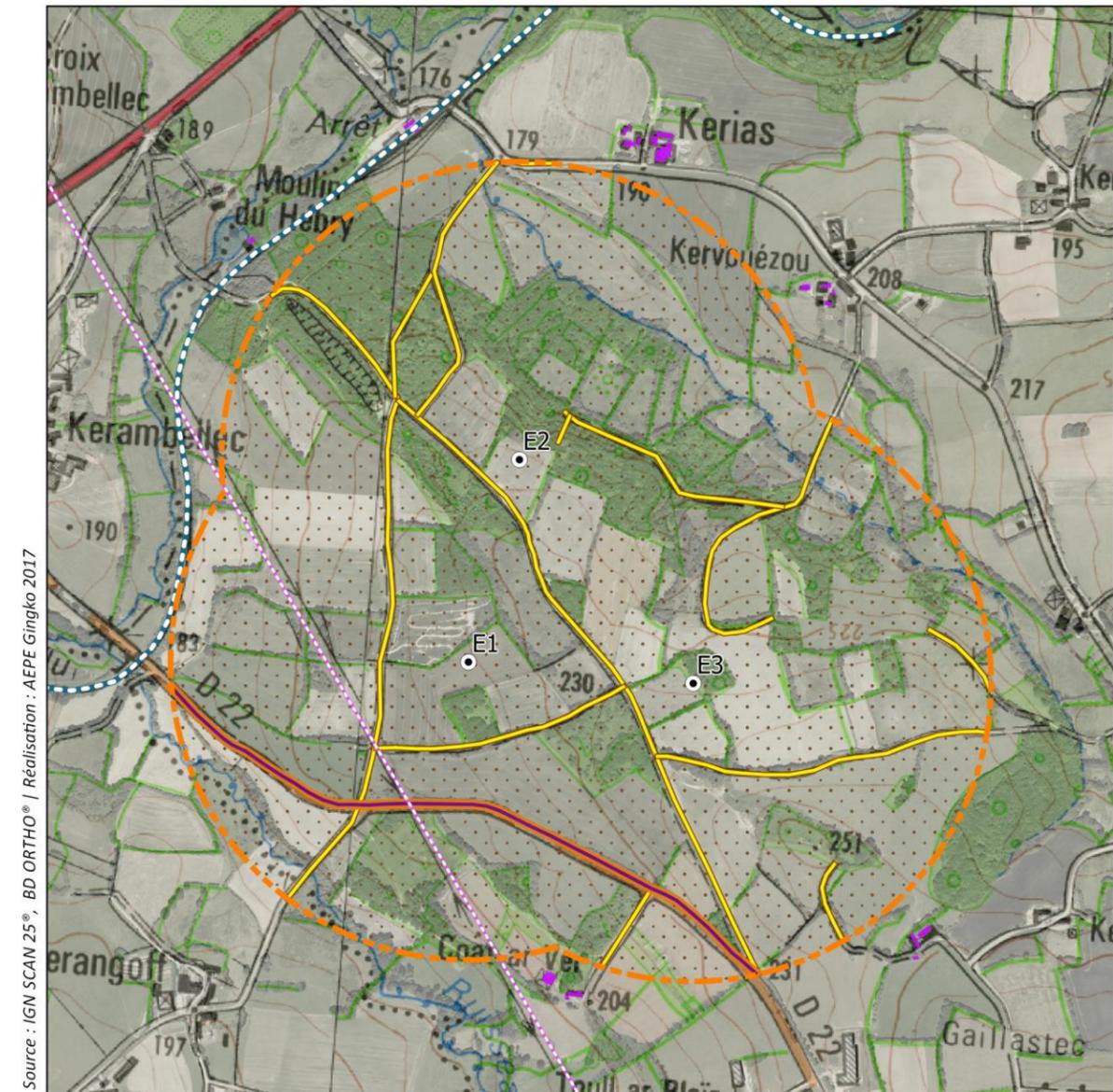
De la consultation des principaux services gestionnaires d'infrastructures ou de servitudes, il apparaît que le site d'implantation :

- se localise en dehors des servitudes aéronautiques ou radioélectriques de Météo France, de l'Aviation Civile, et de l'armée de l'air.
- Se localise en secteur utilisé par l'aérodrome de Morlaix Ploujean, géré par la CCI. Aucune servitude régissant l'implantation des éoliennes ou leur hauteur ne concerne le projet.
- n'a aucune servitude due à une installation classée ou site SEVESO pouvant induire des risques industriels ;
- n'est pas concerné par un périmètre de protection d'un captage destiné à l'alimentation en eau potable,
- n'est pas concerné par un ouvrage de transport de gaz à haute pression ;
- n'est pas concerné par des faisceaux hertziens ;

Le périmètre d'étude de dangers est concerné par :

- un ouvrage de transport d'électricité très haute tension (THT) ;

L'éolienne E1, la plus proche a été positionnée de façon à respecter un recul suffisant vis-à-vis de cette ligne à haute tension, conformément aux prescriptions du gestionnaire (RTE), à savoir une hauteur totale d'éolienne en bout de pale + 20 m.



Carte 4 : Les enjeux de l'environnement matériel au sein du périmètre d'étude de dangers

IV.3. ENVIRONNEMENT NATUREL

IV.3.1. CONTEXTE CLIMATIQUE

IV.3.1.1. LES TEMPERATURES

Du fait de la présence proche de l'océan atlantique qui joue un rôle de régulateur thermique, les températures sont relativement douces tout au long de l'année. La moyenne annuelle est de 10,6°C. L'hiver est assez peu marqué (2,7°C de température mensuelle moyenne minimale en janvier) et l'été est doux (21,3°C de température mensuelle moyenne maximale pour le mois d'août).

Période	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Température minimale	2,7	2,6	3,8	4,9	7,8	10,3	12,3	12,4	10,7	8,4	5,3	3,4
Température maximale	7,4	8,2	10,6	12,7	15,9	19	21,2	21,3	18,8	14,8	10,7	8,2
Température moyenne	5,1	5,4	7,2	8,8	11,9	14,6	16,8	16,9	14,7	11,6	8	5,8

Tableau 5 : moyenne des températures mensuelles en °C entre 1971 et 2013 (Météoclimat)

IV.3.1.2. LES PRECIPITATIONS

Le site d'étude est localisé sur la façade nord-atlantique française. Le secteur est globalement arrosé du fait de la récurrence des entrées maritimes issues des flux de nord-ouest. Ainsi la pluviosité est relativement régulière sur l'année et importante (de l'ordre de 1099 mm par an). Les précipitations les plus élevées se manifestent d'octobre à février (moyennes mensuelles supérieures à 100 mm) avec un pic sur le mois de décembre. Les mois d'été sont moins pluvieux, la moyenne mensuelle minimale étant enregistrée en juin avec environ 50 mm.

Période	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Précipitations (mm)	129,6	106,4	91	76,6	81,2	52,1	59,7	58,7	79,4	113,5	115,7	136,1

Tableau 6 : moyenne des précipitations mensuelles entre 1971 et 2013 (Météoclimat)

IV.3.1.3. L'ENSOLEILLEMENT

La durée annuelle d'ensoleillement varie en France métropolitaine entre 1 500 et 2 900 h. Le site d'étude dispose d'un ensoleillement moyen de 1 554 h par an ce qui le place dans la fourchette basse à l'échelle du territoire français. Par ailleurs, l'ensoleillement est très nettement concentré sur la période d'avril à septembre avec une moyenne mensuelle de plus de 150 h, soit environ 5h de soleil par jour. À contrario les mois d'hiver sont très peu ensoleillés : 60 heures de soleil en moyenne pour les mois de décembre et janvier, soit environ 2 h d'ensoleillement par jour.

Période	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Ensoleillement (h)	60,9	78,9	117	157,8	177,5	191,1	189,4	179,6	158,9	107,2	75,3	60,8

Tableau 7 : moyenne d'ensoleillement mensuel entre 1971 et 2013 (Météoclimat)

IV.3.1.4. LES JOURS DE GEL

La situation de la zone d'étude dans un climat breton doux régulé par la masse de l'océan atlantique proche induit un nombre de jour de gel relativement limité. Les fortes gelées (température inférieure à 5°C) sont recensées moins de 2 jours par an en moyenne. Elles se concentrent particulièrement sur les mois de décembre, janvier et février. Les températures de grand froid (inférieure à -10°C) sont quant à elles anecdotiques (0,16 jour par an).

Période	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Gelée (Tn<=0°C)	7,4	6,8	3,6	1,5	0	0	0	0	0	0	2,1	6,6	28,16
Forte Gelée (Tn<=-5°C)	1,0	0,7	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,3	2,16
Grand Froid (Tn<=-10°C)	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,16

Tableau 8 : les moyennes mensuelles de jours de gelées recensés entre 1971 et 2013 (Météoclimat)

IV.3.1.5. LES ORAGES

La Bretagne est la région française offrant la moins importante densité de foudroiement du territoire français avec une moyenne de l'ordre de 0,3 impacts de foudre au sol par km² et par an.

IV.3.1.6. LES VENTS

La Bretagne dispose de manière générale d'un des gisements éoliens les plus importants à l'échelle française et européenne. Les vents sont présents toute l'année et donc très favorables à l'exploitation éolienne. La moyenne annuelle (vent moyenné sur 10 mn) à une altitude de 10 m sur la station de Saint-Brieuc est de 4,7 m/s. Le maximum est relevé au mois de janvier et le minimum au mois d'août.

Période	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Vitesse en m/s	5,7	5,6	5,1	5,1	4,4	4,2	4,0	3,7	4,2	4,7	4,9	5,4

Tableau 9 : vitesse du vent moyennée sur 10 mn en m/s entre 1986 et 2000 (Météo France)

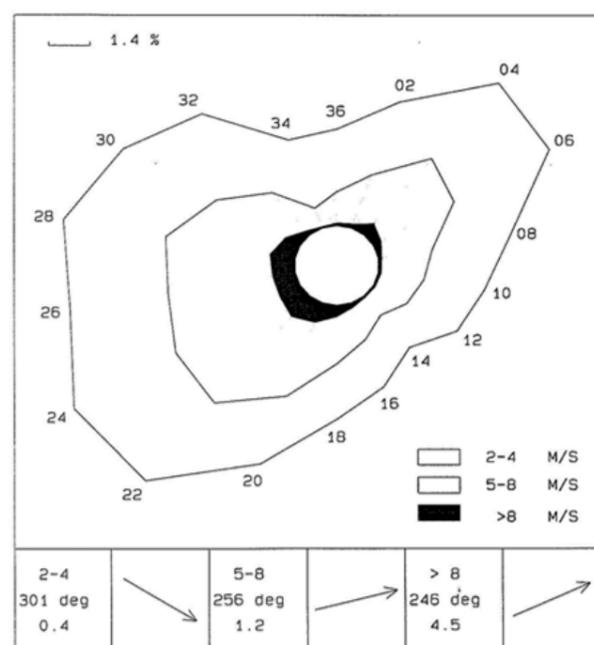


Figure 2 : Rose des vents à proximité du site, station de Rostrenen (Météo France)

IV.3.2. RISQUES NATURELS

IV.3.2.1. LES ARRETES DE RECONNAISSANCE DE CATASTROPHE NATURELLE

Tableau 10 : les arrêtés de catastrophes naturelles de la commune de Bourbriac

Type de catastrophe	Date de la catastrophe	Date de l'arrêté
Inondations et coulées de boue	Du 28/06 au 30/06/1986	Le 17/10/1986
Tempête	Du 15/10 au 16/10/1987	Le 24/10/1987
Inondations et coulées de boue	Du 17/01 au 30/01/1995	Le 06/02/1995
Inondations, coulées de boue, glissements et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	Du 25/12 au 29/12/1999	Le 29/12/1999
Inondations et coulées de boue	Du 09/01 au 12/01/2010	Le 09/04/2010

Ces arrêtés concernent essentiellement les phénomènes d'inondations et de coulées de boue. Ils sont généralement concentrés aux abords des cours d'eau et dans les points bas du territoire, ce qui ne correspond pas à la situation en point haut du périmètre d'étude immédiat. Ce type de phénomène ne concerne donc pas directement le secteur potentiel d'implantation des éoliennes.

Le phénomène de tempête, assez présent en région Bretagne, est quant à lui susceptible de jouer sur une installation éolienne. Il devra donc être pris en considération dans le choix des éoliennes et de leur méthode d'ancrage au sol.

IV.3.2.2. LES TEMPETES

Le secteur est très rarement soumis à des vents violents. Bien qu'infime, il existe un risque de dégradation des éoliennes par des vents violents. Cependant, les retours d'expérience des nombreuses éoliennes installées à l'étranger montrent que ce phénomène, bien qu'existant, reste très rare.

Le dernier arrêté de catastrophe naturelle concernant une tempête sur la commune de Bourbriac date de 1987.

IV.3.2.3. LA SISMICITE

La commune de Bourbriac est localisée dans une zone de sismicité faible.

L'arrêté du 15 septembre 2014 modifiant l'arrêté du 22 octobre 2010 définit chaque catégorie de bâtiment. Parmi les modifications de cet arrêté, on peut noter que seuls « les bâtiments des centres de production collective d'énergie répondant au moins à l'un des trois critères suivants, quelle que soit leur capacité d'accueil feront l'objet d'une attestation :

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

Si le parc éolien ne dépasse pas une puissance électrique de 40 MW, il ne sera pas nécessaire d'insérer dans le dossier de demande de permis de construire, un document établi par un contrôleur technique, attestant qu'il a fait connaître au maître d'ouvrage son avis sur la prise en compte, au stade de la conception, des règles parasismiques et paracycloniques anciennement prévues par l'article L. 563-1 du code de l'environnement (article A431-10 et 431-16 du code de l'urbanisme). De même, il ne sera pas obligatoire d'établir une attestation à joindre à la déclaration d'achèvement des travaux (article 462-4 du code de l'urbanisme).

Les centres de production eux-mêmes, c'est-à-dire éoliennes, ne sont pas soumis à l'arrêté du 22 octobre 2010, qui ne concerne que les bâtiments. Les éoliennes dont la hauteur du mât et de la nacelle au-dessus du sol est supérieure ou égale à 12 mètres sont soumises au contrôle technique obligatoire en vertu de l'article R 111-38 du code de la construction et de l'habitation. C'est dans ce cadre que l'ensemble des contrôles relatifs aux aléas techniques susceptibles d'être rencontrés dans la réalisation des ouvrages est effectué.

IV.3.2.4. LES RISQUES D'INONDATION

La commune de Bourbriac est concernée par le programme d'actions de prévention contre les inondations (PAPI) du Blavet qui a été adopté en 2012. Ce programme concerne toutefois la partie sud de la commune, le bassin versant du Blavet, et donc pas le périmètre d'étude de dangers.

De même, le Trieux est concerné par un atlas des zones inondables (AZI). Toutefois les parties amont de ses affluents (ici le ruisseau du Bois de la Roche) ne sont pas concernées par ce document.

Notons également que le risque d'inondation lente concerne une grande partie de la Bretagne. Le site du projet se localise à des altitudes nettement supérieures aux cours d'eau les plus proches et n'est de ce fait pas directement concerné par le risque d'inondation.

IV.3.2.5. LE RISQUE DE RUPTURE DE BARRAGE

D'après le dossier départemental des risques majeurs des Côtes d'Armor, les communes du périmètre d'étude rapproché ne sont pas concernées par le risque de rupture de barrage.

IV.3.2.6. LES PLANS DE PREVENTION DES RISQUES

Un programme d'actions de préventions contre les inondations (PAPI) concerne Bourbriac :

- PAPI BLAVET : Labellisé le 13/12/2011 et dont la convention a été signée le : 16/07/2012 ;

La situation du projet sur une butte et l'éloignement aux cours d'eau mènent à considérer le risque inondation comme nul au droit du projet.

La commune de Bourbriac n'est pas concernée par d'autres plans de prévention des risques.

IV.3.2.7. LES RISQUES LIES AUX CAVITES

D'après le site www.bdcavite.net aucune cavité connue n'est recensée à l'échelle du périmètre d'étude rapproché du projet. La cavité la plus proche est située sur la commune de Bourbriac, au lieu-dit Crec'h Vihan, à 4,2 km au sud du périmètre d'étude immédiat. Il s'agit d'un ouvrage civil (code BREAW0020622).

À cette distance, il n'induit aucun enjeu particulier pour le projet.

IV.3.2.8. LES RISQUES DE MOUVEMENTS DE TERRAIN

D'après le site <http://www.georisques.gouv.fr/dossiers/mouvements-de-terrain> qui recense les mouvements de terrain répertoriés par commune, aucun mouvement de terrain n'est connu sur Bourbriac.

La présence d'une ancienne carrière au centre du périmètre d'étude induit que des mouvements de terrains, toutefois d'ampleur limitée sont possibles sur les secteurs aux abords immédiats de cette ancienne carrière.

Les éoliennes du projet sont éloignées de ce secteur d'ancienne carrière et ne présentent donc pas d'enjeu particulier.



Photo 1 : Ancienne carrière au nord du périmètre immédiat

IV.3.2.9. LES RISQUES LIES AUX FEUX DE FORET ET DE LANDE

Bourbriac ne fait pas partie des communes à risque identifiées à l'échelle du département. Notons toutefois la présence au sein du périmètre d'étude, de zones de landes potentiellement sensibles au feu. Celles-ci sont en outre connectées à des parcelles boisées au nord du site susceptibles d'induire des secteurs de propagation suite à un départ de feu.

IV.3.2.10. L'ALEA RETRAIT/GONFLEMENT D'ARGILE

D'après www.argiles.fr, les risques sur le périmètre d'étude de dangers sont considérés comme nuls à faibles. Cela n'impose donc pas de précautions particulières pour la conception d'ouvrages éoliens.

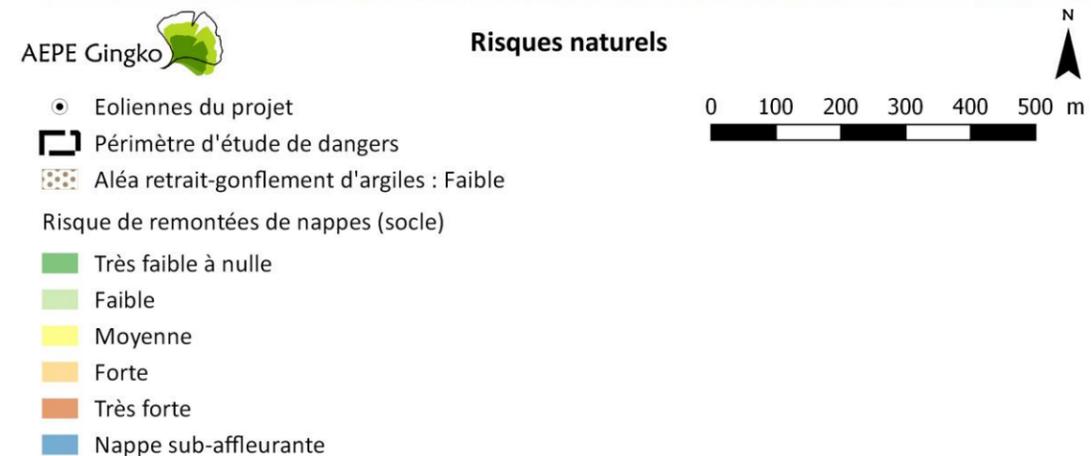
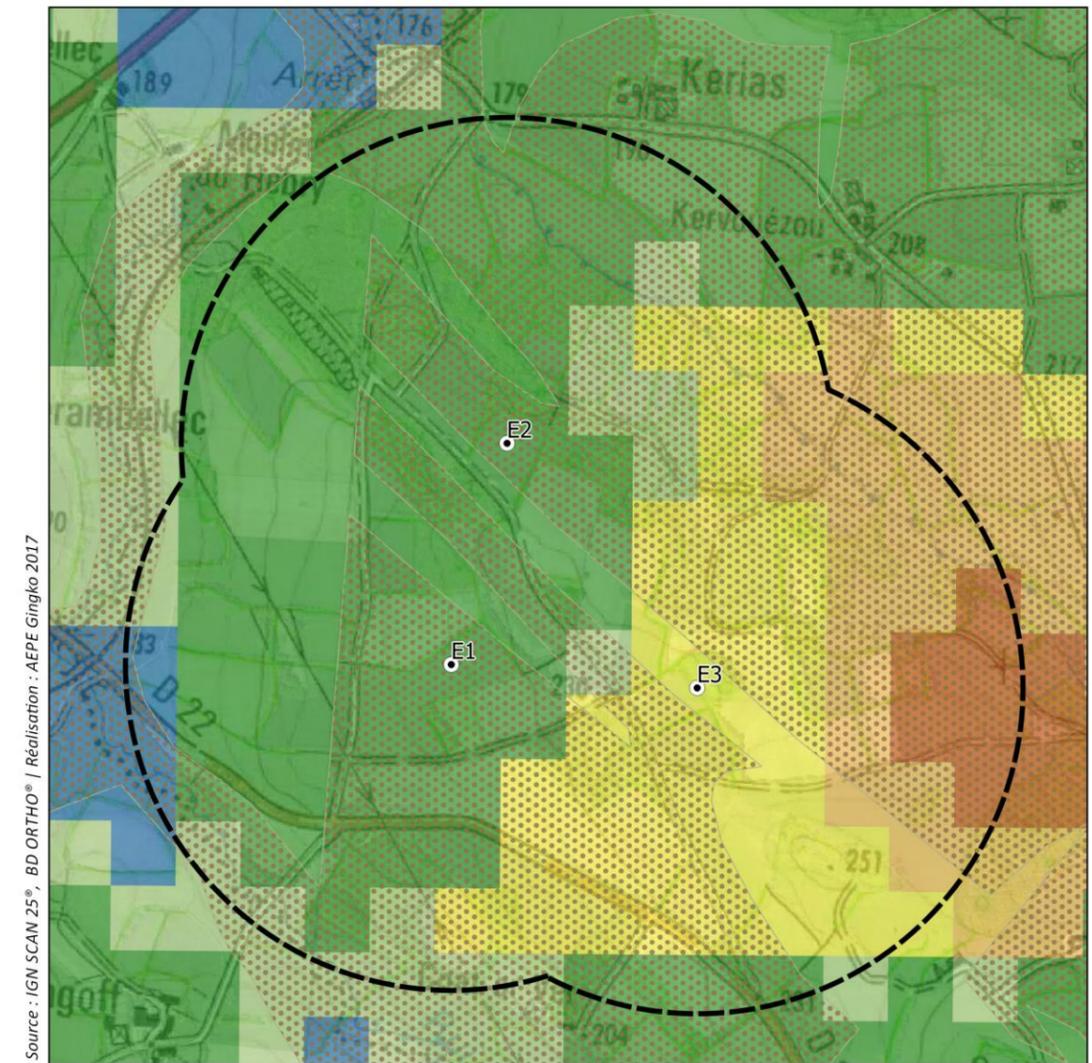
Les éoliennes E1 et E2 sont en secteur à risque faible, l'éolienne E3 en secteur à risque nul. (Cf. : carte ci-après)

IV.3.2.11. LE RISQUE DE REMONTEES DE NAPPES

La partie ouest du périmètre d'étude se situe en zone de sensibilité très faible à inexistante alors que la partie est se localise dans un secteur de sensibilité moyenne. Notons qu'aux alentours du site, les zones à enjeux de remontée de nappe sont essentiellement liées aux vallons.

Les éoliennes E1 et E2 sont en secteur de sensibilité « très faible à nulle ». L'éolienne E3 est en zone de sensibilité « moyenne » vis-à-vis de ce risque lié à la remontée de nappes. (Cf. : carte ci-après)

Au regard de sa situation en point haut, le secteur du projet présente un enjeu globalement faible au risque de remontée de nappe du socle



Carte 5: Éoliennes du projet et risques naturels

IV.4. SYNTHÈSE DES ENJEUX ET TYPES DE TERRAINS

Le périmètre d'étude de dangers est quasiment exclusivement constitué de parcelles agricoles. Il est traversé par des chemins d'exploitation, des routes communales et la RD22 qui supporte moins de 1 000 véhicules par jour.

La RD 787, qui passe à plus de 800 m de l'éolienne la plus proche (E2) est suffisamment distante de celle-ci pour que les risques soient nuls. Aucun bâtiment agricole n'est recensé au sein du périmètre d'étude de dangers.

Ainsi, deux types de terrains composent la zone d'étude de dangers :

- Les parcelles agricoles correspondent à des « terrains non aménagés et très peu fréquentés ». Les éléments fournis par la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers permettent d'estimer la fréquentation à 1 personne par tranche de 100 ha.
- Les routes départementales, les voies communales, les chemins d'exploitation correspondent à des voies de communication non structurantes concernées par la rubrique « terrains aménagés mais peu fréquentés ». Les éléments fournis par la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers permettent d'estimer la fréquentation à 1 personne par tranche de 10 ha.

De la consultation des principaux services gestionnaires d'infrastructures ou de servitudes, il apparaît que :

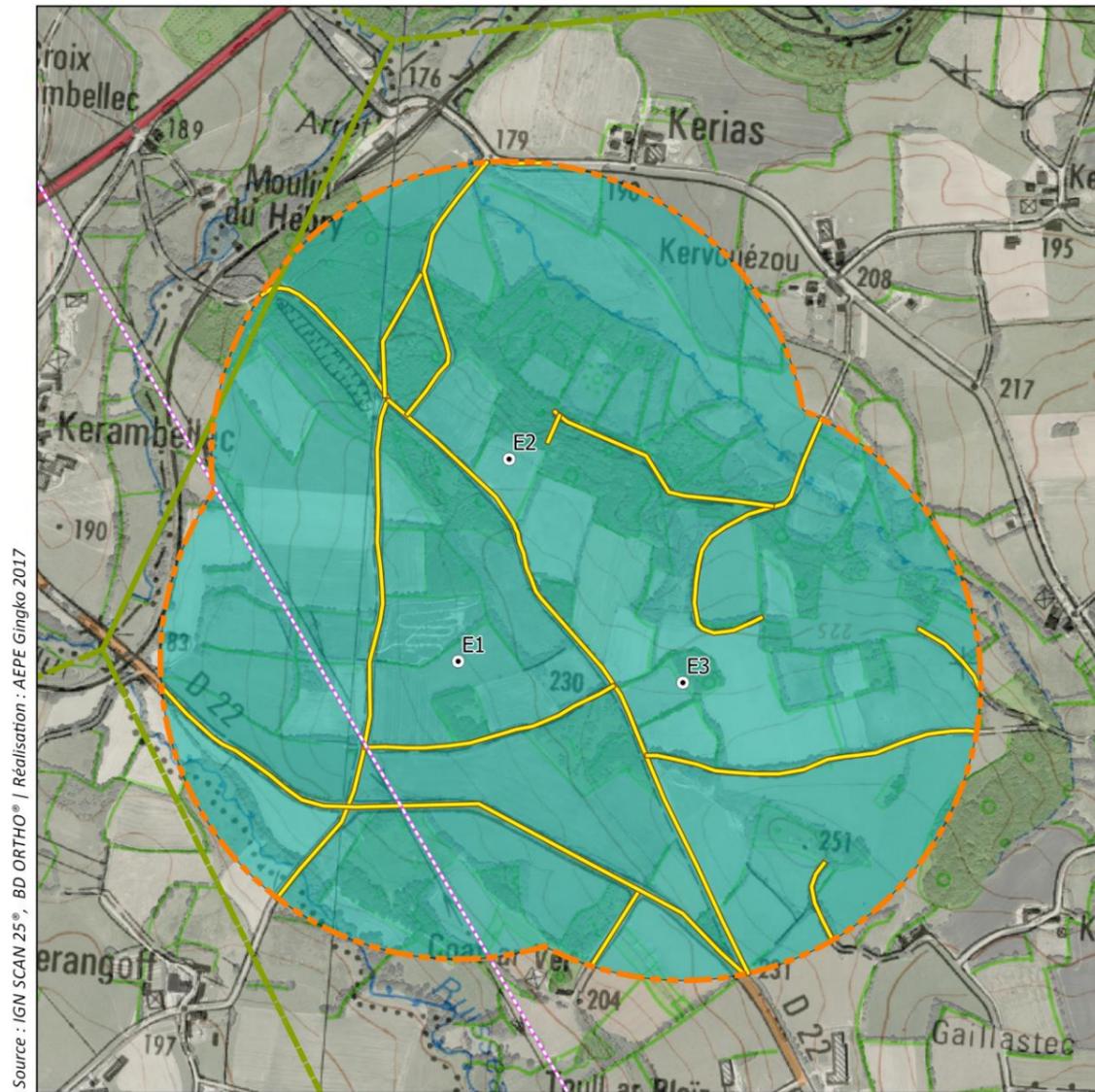
- Le périmètre d'étude de dangers est situé en dehors de toute servitude aérienne. (Armée de l'air, DGAC) ;
- Le périmètre d'étude de dangers est dans un secteur concerné par des servitudes liées à l'aéroport de Morlaix-Ploujean mais n'impliquant pas de contrainte particulière pour le projet ;
- Le périmètre d'étude de dangers est en dehors de toute servitude liée aux radars Météo-France
- Aucun faisceau hertzien ne grève la zone d'étude (gendarmerie, Opérateurs télécoms...)
- une ligne électrique THT aérienne est recensée dans la zone ouest du périmètre d'étude de dangers. Elle traverse le site selon un axe nord-ouest/sud-est. Un recul d'une hauteur totale d'éolienne + 20 m est respecté vis-à-vis de cette infrastructure ;
- aucune canalisation de transport de gaz n'est répertoriée sur le périmètre d'étude de dangers ;
- aucune canalisation de transport d'hydrocarbures n'est répertoriée sur le secteur ;
- Aucune conduite d'eau potable n'est recensée dans ce périmètre ;
- le périmètre d'étude de dangers est situé en dehors de tout périmètre de protection de captage d'eau potable.

Afin d'éviter ou de limiter les risques de dangers, dès les études d'implantation des aérogénérateurs, le maître d'ouvrage a pris les dispositions suivantes :

- Éloignement à plus de 500 m de tout bâtiment à usage d'habitation ;
- Éloignement des éoliennes à plus d'une hauteur totale d'éolienne + 20 m vis-à-vis de la ligne THT ;
- Distances de recul respectées d'au moins une hauteur de chute d'éolienne vis-à-vis de la RD 22 ;

Par ailleurs il a été tenu compte de :

- l'absence de réseau de transport de gaz à moins de 200 m du périmètre d'étude immédiat ;
- l'absence de réseau de transport de pétrole à moins de 200 m du périmètre d'étude immédiat ;
- l'absence de captage d'eau potable ou périmètre de protection associé à un captage sur le périmètre d'étude de dangers.



Source : IGN SCAN 25°, BD ORTHO® / Réalisation : AEPE Gingko 2017



**Synthèse des enjeux du périmètre d'étude de dangers
Détermination des types de terrains**

- Eoliennes du projet
- ▭ Périmètre d'étude de dangers



Infrastructures

- Terrains non bâtis : aménagés mais peu fréquentés (voies non structurantes, chemins agricoles...)
- Terrains non bâtis : non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairie, forêt, friches, marais)
- Ligne électrique THT

Carte 6 : Synthèse des enjeux du périmètre d'étude de dangers et caractérisation des types de terrains

V. DESCRIPTION DE L'INSTALLATION

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

V.1. CARACTERISTIQUES DE L'INSTALLATION

V.1.1. ACTIVITE DE L'INSTALLATION

L'activité principale du parc éolien de Bourbriac est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent. Cette installation est donc soumise à la rubrique 2980 des installations classées pour la protection de l'environnement.

V.1.2. CARACTERISTIQUES GENERALES D'UN PARC EOLIEN

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

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

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

V.1.3. ÉLÉMENTS CONSTITUTIFS D'UN AEROGENERATEUR

Au sens de l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement, les aérogénérateurs (ou éoliennes) sont définis comme un dispositif mécanique destiné à convertir l'énergie du vent en électricité, composé des principaux

éléments suivants : un mât, une nacelle, le rotor auquel sont fixées les pales, ainsi que, le cas échéant, un transformateur.

Les aérogénérateurs se composent de trois principaux éléments :

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

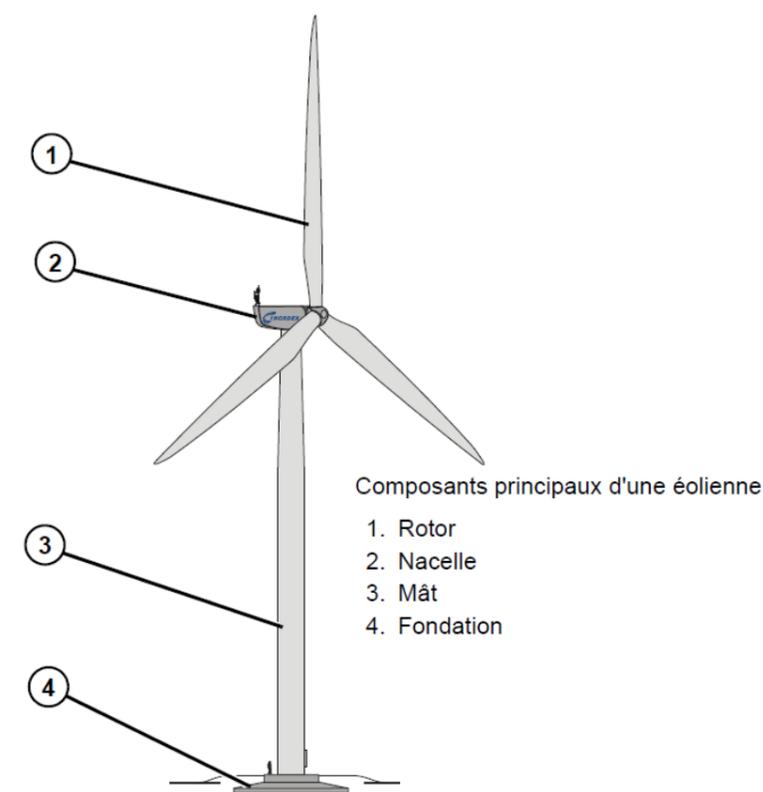


Figure 3 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur (Nordex)

V.1.3.1. EMPRISE AU SOL

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

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

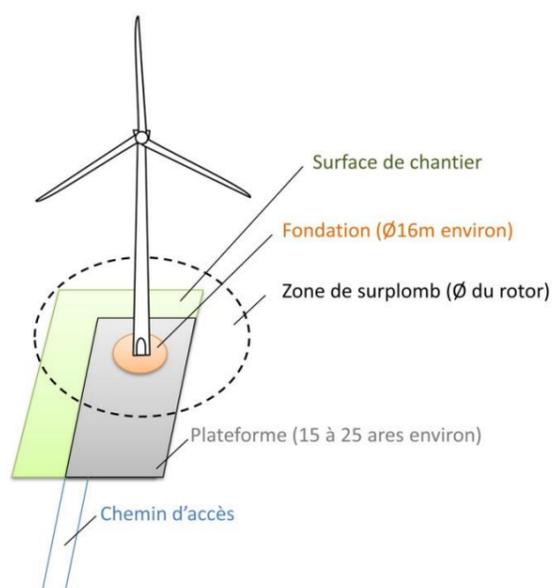


Figure 4 : Illustration des emprises au sol d'une éolienne

V.1.3.2. CHEMINS D'ACCES

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

- L'aménagement de ces accès concerne principalement les chemins agricoles 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).

V.1.4. COMPOSITION DE L'INSTALLATION

Le parc éolien de Bourbriac est composé de 3 aérogénérateurs et d'un poste de livraison. Les aérogénérateurs ont tous un rotor de 117 mètres de diamètre et un mat d'une hauteur de 118 m (120 m au moyeu) soit une hauteur totale en bout de pale de 178,5 mètres.

Le tableau suivant indique les coordonnées géographiques des aérogénérateurs :

Éolienne	Commune	L 93 X en m	L 93 Y en m	X (WGS84)	Y (WGS84)	Altitude au sol (en m NGF)	Altitude bout de pale (en m NGF)
E1	Bourbriac	239 392	6 840 348	3°14'28.78" O	48°29'58.08" N	218	396,5
E2	Bourbriac	239 478	6 840 689	3°14'25.91" O	48°30'9.31" N	219	397,5
E3	Bourbriac	239 771	6 840 312	3°14'10.23" O	48°29'57.88" N	229	407,5
PDL	Bourbriac	239 253	6 840 339				

Tableau 11 : Coordonnées GPS des éoliennes et du poste de livraison et côte NGF

Le poste de livraison est localisé à l'ouest de l'éolienne 1, en bordure de chemin d'accès.

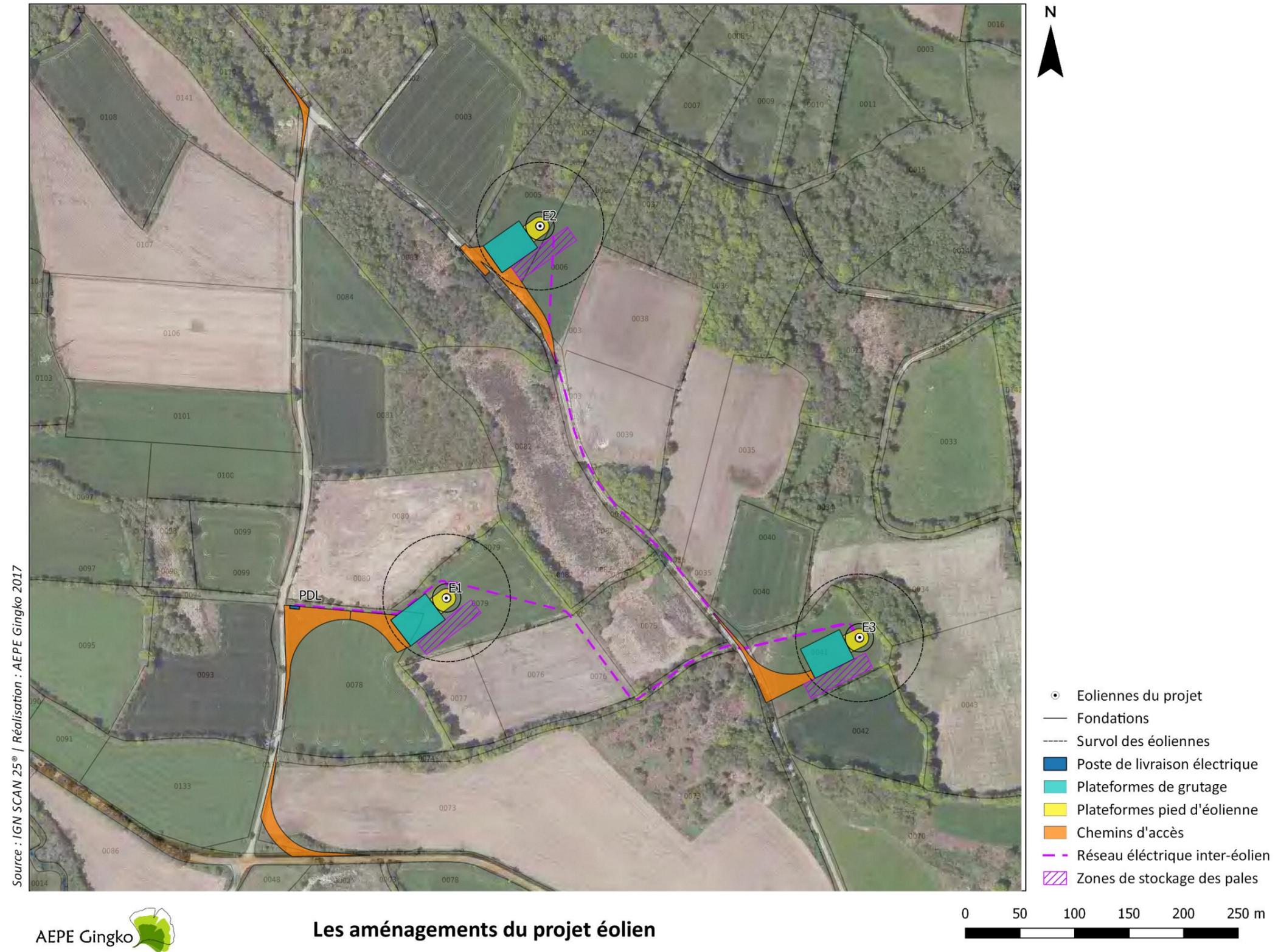
Les éoliennes seront accompagnées d'aménagements pérennes décrits dans le tableau suivant.

Aménagements	Dimensions envisagées
Fondation des éoliennes	La dimension et le procédé utilisé pour le coulage des fondations seront précisés suite à étude géotechnique intervenant en amont de la construction des éoliennes
Plate-forme de grutage des éoliennes	Surface plane d'environ 30 m sur 40 m réalisée en empierrement ou par la mise en œuvre d'un traitement de sol à la chaux
Poste de livraison	(9 m x 2,6 m) Surface de 23,4m ²
Chemins d'accès	Largeur utile de la chaussée de 4,5 m Largeur exempte d'obstacle de 5 m La création d'un chemin d'accès nécessite généralement une couche d'empierrement en matériaux granulaires ou par la mise en œuvre d'un traitement de sol à la chaux

Tableau 12 : Dimensions envisagées des aménagements du parc éolien

Des aménagements temporaires auront lieu durant la phase de chantier afin de permettre l'assemblage et le montage de l'éolienne : aires de stockage et de retournement, et plateformes provisoires.

Ces aménagements ne nécessitent pas d'apport de matériaux extérieurs et consistent en un simple décapage de la terre végétale afin de s'assurer une surface plane. Suite au montage des éoliennes, les volumes de terre végétale décaissée sont remis en place.



Carte 7 : Plan détaillé de l'installation

V.2. FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

V.2.1. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE L'ÉOLIENNE

(Source : Nordex)

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

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

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

Pour un aérogénérateur de 2,5 MW par exemple, la production électrique atteint 2 500 kWh dès que le vent atteint environ 50 km/h. L'électricité produite par la génératrice correspond à un courant alternatif de fréquence 50 Hz avec une tension de 400 à 690 V. La tension est ensuite élevée jusqu'à 20 000 V par un transformateur placé dans chaque éolienne pour être ensuite injectée dans le réseau électrique public.

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

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

Le fonctionnement des éoliennes N117 repose sur les éléments suivants :

Tableau 13 : Synthèse du fonctionnement des éoliennes Nordex N117-TS106 / 3600

Eolienne Nordex N117-TS106 / 3600		
Conditions climatiques	Température ambiante de survie	-20 °C à +50 °C
	Puissance nominale	-20 °C à +40 °C
	Arrêter	-20 °C, redémarrage à -18 °C
	Certificat	Classe 2 selon IEC 61400-1

Eolienne Nordex N117-TS106 / 3600		
Conception technique	Puissance nominale	3600 kW
	Régulation de puissance	Variation active de pale individuelle
	Diamètre du rotor	116,8 m
	Hauteur du moyeu	120 m
	Concept de l'installation	Boite de vitesse, vitesse de rotation variable
	Plage de vitesse de rotation du rotor	7.9 à 14,1 tours par min
Rotor <i>Capte l'énergie mécanique du vent et la transmette à la génératrice</i>	Type	Orientation active des pales face au vent
	Sens de rotation	Sens horaire
	Nombre de pales	3
	Surface balayée	10 715 m ²
	Contrôle de vitesse	Variable via microprocesseur
	Contrôle de survitesse	Pitch électromotorisé indépendant sur chaque pale
Nacelle <i>Supporte le rotor et abrite le dispositif de conversion de l'énergie mécanique en électricité (génératrice, etc.) ainsi que les dispositifs de contrôle et de sécurité</i>	Matériau des pales	Plastique renforcé à la fibre de verre (GFK), protection contre la foudre intégrée en accord complet avec la norme IEC 61 - 400-24 (Juin 2010)
	Arbre de rotor <i>Transmet le mouvement de rotation des pales</i>	Entraîné par les pales
	Multiplicateur <i>Augmente le nombre de rotation de l'arbre</i>	Engrenage planétaire à plusieurs étages + étage à roue dentée droite ou entraînement différentiel Tension nulle
Système de freinage	Générateur <i>Produit l'électricité</i>	Asynchrone à double alimentation Tension de 660 V
	Frein principal aérodynamique	Orientation individuelle des pales par activation électromécanique avec alimentation de secours
Mât <i>Supporte le rotor et la nacelle</i>	Frein auxiliaire mécanique	Frein à disque à actionnement actif sur l'arbre rapide
	Type	Tubulaire en acier
	Nombre de sections	4
Transformateur	Protection contre la corrosion	Revêtement multicouche résine époxy
	Fixation du pied du mât	Cage d'ancrage noyée dans le béton de fondation
Transformateur	Caractéristiques	A l'intérieur du mât Tension de 20 kV à la sortie

Eolienne Nordex N117-TS106 / 3600		
<i>Elève la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau</i>		
Fondation	Type	En béton armé, de forme octogonale
<i>Ancre et stabilise le mât dans le sol</i>	Dimensions	Design adapté en fonction des études géotechnique et hydrogéologique réalisées avant la construction
Contrôle commande	Type matériel logiciel	Remote Field Controller/PLC, Nordex Control 2
	Démarrage automatique après coupure de réseau	Oui
	Démarrage automatique après vent de coupure	Oui
Périodes de fonctionnement	1,1 à 3 m/s	Un automate, informé par une girouette, commande aux moteurs d'orientation de placer l'éolienne face au vent
	Environ 3 m/s	Le vent est suffisant pour générer de l'électricité. L'éolienne peut être couplée au réseau électrique
	> 3 m/s	La génératrice délivre un courant électrique alternatif, dont l'intensité varie en fonction de la vitesse du vent
	12.6 à 25 m/s	L'éolienne fournit sa puissance nominale. Cette dernière est maintenue constante grâce à une réduction progressive de la portance des pales
Poste de livraison <i>Adapte les caractéristiques du courant électrique à l'interface entre le réseau privé et le réseau public</i>	Caractéristiques	Equipé de différentes cellules électriques et automates qui permettent la connexion et la déconnexion du parc éolien au réseau 20 kV

Les tensions électriques de l'installation sont les suivantes :

- Nacelle : 660 V
- Transformateur au pied de l'éolienne : 660 V en entrée et 20 000 V en sortie
- Câbles inter-éoliennes et éoliennes-postes de livraison : 20 000 V
- Poste de livraison : 20 000 V

Câbles poste de livraison-poste source : 20 000 V

L'éolienne NORDEX N117 retenue pour le projet éolien est conforme aux dispositions de la norme NF EN 61 400-1 dans sa version de juin 2006 ou CEI 61 4000-1 dans sa version de 2005.

Elle répond aux exigences de l'arrêté ministériel du 26 août 2011 relatif aux installations soumises à autorisation au titre de la rubrique 2980 des installations classées relatives à la sécurité de l'installation.

V.2.1.1. LE MAT

Le choix du mât s'est porté sur une hauteur de 118 mètres pour la N117/3 MW. (118 m de mât et 120 m au moyeu)

V.2.1.2. LE ROTOR

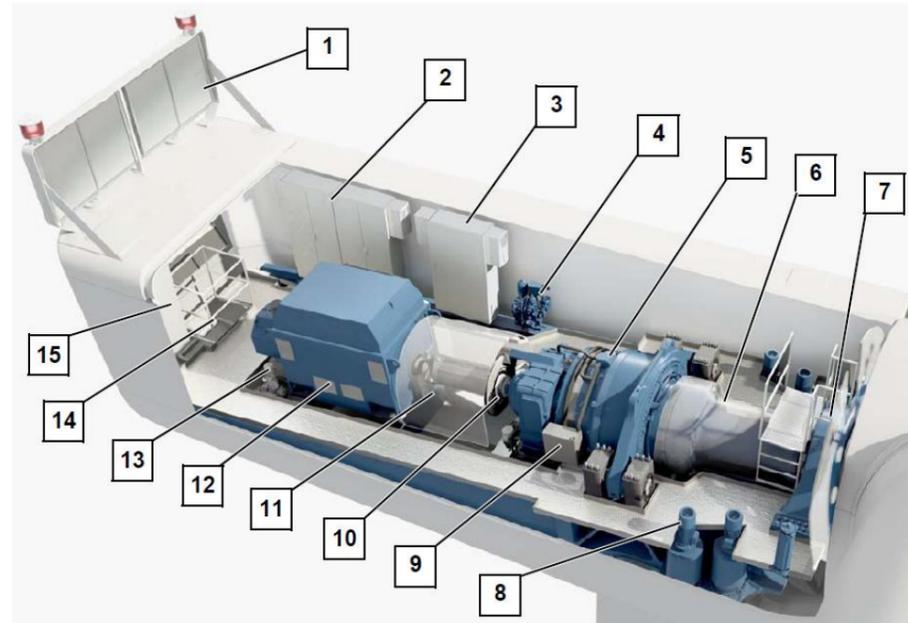
Le rotor de l'éolienne est équipé de trois pales en polyester renforcé de fibres de verre, qui jouent un rôle important dans le rendement de l'éolienne et dans son comportement sonore.

À l'extérieur, les pales du rotor sont protégées des intempéries par un revêtement de surface. Ce revêtement à base de polyuréthane est robuste et très résistant à l'abrasion, aux facteurs chimiques et aux rayons du soleil.

Les pales de l'éolienne sont conçues pour fonctionner à angle et à vitesse variables. Le réglage d'angle individuel de chaque pale du rotor est assuré par trois systèmes indépendants et commandés par microprocesseurs. L'angle de chaque pale est surveillé en continu par une mesure d'angle des pales, et les trois angles sont synchronisés entre eux. Ce principe permet d'ajuster rapidement et avec précision l'angle des pales aux conditions du vent (ce qui limite la vitesse du rotor et la force engendrée par le vent). La puissance fournie par l'éolienne est ainsi limitée exactement à la puissance nominale, même pour des courtes durées.

L'inclinaison des pales du rotor en position dite de drapeau stoppe le rotor sans que le l'arbre d'entraînement ne subisse les effets occasionnés par un frein mécanique.

V.2.1.3. LA NACELLE



- | | |
|--|---|
| 1.Échangeur thermique | 9.Refroidissement à huile du multiplicateur |
| 2.Armoire électrique 2 | 10.Frein Rotor |
| 3.Armoire électrique 1 | 11.Accouplement |
| 4.Groupe hydraulique | 12.Génératrice |
| 5.Multiplicateur | 13.Pompe pour refroidissement à eau |
| 6.Arbre Rotor | 14.Trappe Grue Intérieure |
| 7.Roulement du Rotor | 15.Armoire électrique 3 |
| 8.Entraînement Système d'Orientation Nacelle | |

Figure 5 : Le dessin schématique de la nacelle (source : NORDEX)

L'éolienne possède un dispositif de mesure mixte installé sur le dessus de la nacelle, composé :

- d'une girouette, qui relève la direction du vent ;
- et d'un anémomètre, qui mesure la vitesse.

Le palier d'orientation de la nacelle, muni d'une couronne, est monté directement sur la connexion supérieure de la tour. Il permet la rotation de l'éolienne et ainsi de l'orienter face au vent. Les moteurs équipés de roues dentées (« moteurs d'orientation » ou moteurs de « Yaw ») s'engagent dans la couronne pour faire tourner la nacelle et l'orienter en fonction du vent.

Le poids de la nacelle est absorbé par le mât, par l'intermédiaire du palier d'orientation. Le support principal est fixé directement sur le palier d'orientation.

La commande d'orientation de l'éolienne commence à fonctionner même lorsque la vitesse du vent est faible. Même à l'arrêt, en raison, par exemple, d'une trop grande vitesse du vent, l'éolienne est tournée face au vent.

Le processus d'orientation est déterminé par le décompte des rotations du moteur d'inclinaison. Si le système de commande détecte des anomalies dans la commande d'orientation ou le vrillage des câbles, il déclenche une procédure d'arrêt.

V.2.1.4. LE GENERATEUR

La nacelle est le cœur de l'éolienne. Sous l'habillage aérodynamique, elle contient :

- une plateforme de travail et de montage,
- un générateur,
- un moyeu.

Le générateur annulaire de l'éolienne est directement entraîné par le rotor (donc par les pales du rotor). Le générateur multipolaire repose sur le principe d'une machine synchrone.

La partie rotative du générateur annulaire et le rotor forment une unité. Ces pièces sont fixées directement sur le moyeu, de sorte qu'elles tournent à la même vitesse de rotation (vitesse lente). Grâce à l'absence de boîte de vitesse et d'autres pièces à grande vitesse de rotation, les pertes d'énergie entre le rotor et le générateur, les bruits émis, la consommation d'huile à engrenages et l'usure mécanique se trouvent considérablement réduits.

En raison de la faible vitesse de rotation et de la grande section transversale du générateur, le niveau de température reste relativement bas en service et ne subit que de faibles variations. De faibles fluctuations de température pendant le fonctionnement et des variations de charges relativement rares réduisent les tensions mécaniques et le vieillissement des matériaux. L'énergie produite par le générateur est acheminée dans le réseau de l'exploitant par le système NORDEX de connexion au réseau.

Ce concept de raccordement au réseau par le biais d'un transformateur permet d'exploiter le rotor de l'éolienne à une vitesse de rotation variable. Le rotor tourne lentement en présence de vents lents, et à grande vitesse si les vents sont forts. Cela assure un flux optimal de l'air sur les pales du rotor. La vitesse variable réduit aussi les sollicitations produites par des rafales de vent.

V.2.1.5. L'UNITE D'ALIMENTATION AU RESEAU

La génératrice est de type asynchrone à double alimentation. Depuis plusieurs années, Nordex emploie ce type de génératrice sur les installations à rotation variable. Avantage essentiel : seuls 25 à 30 pour cent de l'énergie produite ont besoin d'un convertisseur pour être injectés dans le réseau électrique. L'intégration de ce système de génératrice/convertisseur permet de diminuer les coûts généraux de l'installation éolienne.

L'énergie produite par les éoliennes est redirigée vers un poste de livraison qui est le nœud de raccordement de toutes les éoliennes avant que l'électricité ne soit injectée dans le réseau public. Le câblage des éoliennes jusqu'au poste de livraison correspond au réseau électrique interne. Il se fera en souterrain en longeant les routes à proximité ou en plein champs conformément au plan d'implantation. Les tranchées nécessaires seront de 1 m de profondeur. En parallèle avec la pose des câbles, il sera mis en place un réseau de fibre optique afin de permettre la surveillance et le contrôle du parc éolien.

V.2.1.6. LA CERTIFICATION DES EOLIENNES

Les éoliennes NORDEX sont conçues, fabriquées, installées et certifiées selon les exigences de la norme IEC 61400.

V.2.2. LES MODES DE FONCTIONNEMENT

V.2.2.1. LE FONCTIONNEMENT NORMAL

Dès que la phase de démarrage de l'éolienne est terminée, l'éolienne est en fonctionnement normal. Les conditions de vent sont relevées en permanence pendant ce temps. La vitesse de rotation, le débit de puissance et l'angle des pales sont constamment adaptés aux changements du régime des vents, la position de la nacelle est ajustée en fonction de la direction du vent et l'état de tous les capteurs est enregistré. La puissance électrique est contrôlée par l'excitation du générateur. Au-dessus de la vitesse nominale du vent, la vitesse de rotation est également maintenue à une valeur nominale par le réglage de l'angle des pales.

En cas de températures extérieures et de vitesses de vent élevées, le système de refroidissement se met en route.

V.2.2.2. LE FONCTIONNEMENT EN CHARGE PARTIELLE

En fonctionnement en charge partielle, la vitesse et la puissance sont adaptées en permanence aux changements du régime des vents. Dans la plage supérieure de charge partielle, l'angle des pales du rotor est modifié de quelques degrés pour éviter une distorsion de l'écoulement (effet de décrochage).

Le régime de rotation et la puissance augmentent au fur et à mesure de l'augmentation de la vitesse du vent.

V.2.2.3. LE FONCTIONNEMENT DE REGULATION

Au-dessus de la vitesse nominale du vent, la vitesse de rotation est maintenue à peu près à sa valeur nominale grâce au réglage de l'angle des pales, et la puissance prélevée dans le vent est limitée (« mode de commande automatique »).

Le changement requis de l'angle des pales est déterminé après analyse du régime de rotation et de l'accélération, puis transmis à l'entraînement d'inclinaison des pales. La puissance conserve ainsi sa valeur nominale.

V.2.2.4. LE MODE DE FONCTIONNEMENT AU RALENTI

Si l'éolienne est arrêtée (par exemple en raison de l'absence de vent ou suite à un dérangement), les pales se mettent généralement dans une position de 60° par rapport à leur position opérationnelle. L'éolienne tourne alors à faible vitesse. Si la vitesse de ralenti est dépassée (environ 3 tr/mn), les pales de rotor s'inclinent pour se mettre en position drapeau. Ces conditions portent le nom de « fonctionnement au ralenti ». Le fonctionnement au ralenti réduit les charges et permet à l'éolienne de redémarrer dans de brefs délais. Un message d'état indique la raison pour laquelle l'éolienne a été arrêtée, passant donc en fonctionnement au ralenti.

V.2.2.5. L'ARRET DE L'EOLIENNE

L'éolienne peut être arrêtée manuellement (interrupteur Marche/Arrêt) ou en actionnant le bouton d'arrêt d'urgence. Le système de commande arrête l'éolienne en cas de dérangement, ou encore si les conditions de vent sont défavorables.

L'ARRET AUTOMATIQUE

En mode automatique, les éoliennes sont freinées de façon aérodynamique par la seule inclinaison des pales. Les pales du rotor inclinées réduisent les forces aérodynamiques, freinant ainsi ce dernier. Les dispositifs d'inclinaison des pales (Pitch) peuvent décrocher les pales du vent en l'espace de quelques secondes seulement en les mettant en position drapeau.

L'éolienne s'arrête si la vitesse du vent est de 25 m/s avec une valeur moyenne de 10 minutes ou si elle est de 32 m/s avec 3 secondes. Si nécessaire, ces limites peuvent être modifiées dans le système de contrôle de l'éolienne. Pour des raisons de protection de l'éolienne l'augmentation des vitesses de coupure est cependant limitée assez rigoureusement. L'éolienne redémarre dès que les conditions correspondantes aux 10 minutes (réglage standard) ne sont plus détectées. Si nécessaire, il est possible d'adapter cette période dans le système de contrôle de l'éolienne.

L'éolienne s'arrête également automatiquement en cas de défaillance, et lors de certains événements. Certaines défaillances entraînent une coupure rapide par les alimentations de secours des pales, d'autres pannes conduisent à un arrêt normal de l'éolienne.

Selon le type de défaillance, l'éolienne peut redémarrer automatiquement. Dans tous les cas, les convertisseurs sont découplés galvaniquement du réseau pendant la procédure d'arrêt.

Lorsqu'un capteur de sécurité signale un défaut ou qu'un interrupteur correspondant se déclenche, l'éolienne est immédiatement stoppée. Les armoires de commande des pales dissocient chaque moteur de réglage des pales. Ces armoires permettent également de commuter les contacteurs présents dans chaque boîtier du rotor via des armoires de condensateurs. Les pales se mettent alors en drapeau indépendamment les unes des autres.

Lors d'un freinage d'urgence du rotor, en cas d'incendie par exemple, un frein rotor électromécanique est utilisé en plus. Un arrêt du rotor depuis sa puissance nominale s'effectue en 10 à 15 secondes.

L'ARRET MANUEL

L'éolienne peut être arrêtée à l'aide de l'interrupteur Marche/Arrêt (armoire de commande). Le système de commande tourne alors les pales du rotor pour les décrocher du vent et l'éolienne ralentit puis s'arrête. Le frein d'arrêt n'est pas activé et la commande des yaw (moteur d'orientation) reste active. L'éolienne peut donc continuer à s'adapter avec précision au vent.

L'ARRET MANUEL D'URGENCE

Si nécessaire, l'éolienne peut être stoppée immédiatement, en appuyant sur le bouton d'arrêt d'urgence (armoire de commande). Ce bouton déclenche un freinage d'urgence sur le rotor, avec une inclinaison rapide par

l'intermédiaire des unités de réglage des pales et de freinage d'urgence. Le frein d'arrêt mécanique est actionné simultanément. L'alimentation électrique de tous les composants reste assurée.

Une fois l'urgence passée, le bouton d'arrêt d'urgence doit être réarmé pour permettre le redémarrage de l'éolienne. Si l'interrupteur principal de l'armoire de commande est mis en position d'arrêt, tous les composants de l'éolienne, à l'exception de l'éclairage du mât et de l'armoire électrique, ainsi que les différents interrupteurs d'éclairage et les connecteurs mobiles, sont déconnectés. L'éolienne déclenche l'inclinaison rapide des pales par l'intermédiaire des dispositifs d'inclinaison d'urgence. Le frein d'arrêt mécanique n'est pas activé lorsque l'interrupteur principal est actionné.

L'ABSENCE DE VENT

Si l'éolienne est en service, mais que l'absence de vent fait trop ralentir le rotor, l'éolienne passe en mode de fonctionnement au ralenti par l'inclinaison lente des pales du rotor dans une direction de 60°.

L'éolienne reprend automatiquement son fonctionnement une fois que la vitesse de vent de démarrage est de nouveau atteinte.

Si l'anémomètre risque de geler par des températures basses (< 3°C), l'éolienne tente de redémarrer toutes les heures pour vérifier si la vitesse du vent est suffisante, à condition que la girouette fonctionne. Lorsque l'éolienne redémarre et produit de l'électricité, elle repasse en mode de fonctionnement normal. Dans ce cas, les vitesses du vent ne sont toutefois pas correctement saisies, le capteur gelé ne pouvant transmettre des données exactes.

NORDEX utilise sur l'ensemble de sa gamme des anémomètres à ultrasons, supprimant ainsi les difficultés liées au gel de l'anémomètre.

V.2.3. SECURITE DE L'INSTALLATION

V.2.3.1. REGLES DE CONCEPTION ET SYSTEME QUALITE

La société Nordex, fournissant les machines et en assurant la maintenance, est certifiée ISO 9001. Le système de management de la qualité et tous les processus de production sont conformes à la norme ISO 9001.

Les aérogénérateurs de type N117/3600 font l'objet d'évaluations de conformité (tant lors de la conception que lors de la construction), de certifications de type (certifications CE) par un organisme agréé et de déclarations de conformité aux standards et directives applicables. Les équipements projetés répondront aux normes internationales de la Commission électrotechnique internationale (CEI) et Normes françaises (NF) homologuées relatives à la sécurité des éoliennes, et notamment :

- la norme IEC61400-1 / NF EN 61400-1 Juin 2006 intitulée « Exigence de conception », qui spécifie les exigences de conception essentielles pour assurer l'intégrité technique des éoliennes. Elle a pour objet de fournir un niveau de protection approprié contre les dommages causés par tous les risques pendant la durée de vie prévue. Elle concerne tous les sous-systèmes des éoliennes tels que les mécanismes de commande et de protection, les systèmes électriques internes, les systèmes mécaniques et les structures de soutien ; La norme IEC 61400-1 spécifie les exigences de conception essentielles pour assurer l'intégrité technique des éoliennes.

- la norme IEC61400-22 / NF EN 61400-22 Avril 2011 intitulée « essais de conformité et certification », qui définit les règles et procédures d'un système de certification des éoliennes comprenant la certification de type et la certification des projets d'éoliennes installées sur terre ou en mer. Ce système spécifie les règles relatives aux procédures et à la gestion de mise en œuvre de l'évaluation de la conformité d'une éolienne et des parcs éoliens, avec les normes spécifiques et autres exigences techniques en matière de sécurité, de fiabilité, de performance, d'essais et d'interaction avec les réseaux électriques.
- la norme CEI/TS 61400-23:2001 Avril 2001 intitulée « essais en vraie grandeur des structures des pales » relative aux essais mécaniques et essais de fatigue.

D'autres normes de sécurité sont applicables :

- la génératrice est construite suivant le standard IEC60034 et les équipements mécaniques répondent aux règles fixées par la norme ISO81400-4.
- la protection foudre de l'éolienne répond au standard IEC61400-24 et aux standards non spécifiques aux éoliennes comme IEC62305-1, IEC62305-3 et IEC62305-4.
- la Directive 2004/108/EC du 15 décembre 2004 relative aux réglementations qui concernent les ondes électromagnétiques.
- le traitement anticorrosion des éoliennes répond à la norme ISO 9223.

Au cours de la construction de l'éolienne, le maître d'ouvrage mandatera un bureau de vérification pour le contrôle technique de construction.

Les performances des éoliennes sont garanties dans la mesure où les conditions d'installation sont conformes aux spécifications NORDEX.

V.2.3.2. CONFORMITE AUX PRESCRIPTIONS DE L'ARRETE MINISTERIEL

L'installation est conforme aux prescriptions de l'arrêté ministériel relatif aux installations soumises à autorisation au titre de la rubrique 2980 des installations classées relatives à la sécurité de l'installation ainsi qu'aux principales normes et certifications applicables à l'installation.

Cela concerne notamment :

- L'éloignement de 500 mètres de toute construction à usage d'habitation, de tout immeuble habité ou de toute zone destinée à l'habitation telle que définie dans les documents d'urbanisme opposables en vigueur au 13 juillet 2010 et de 300 mètres d'une installation nucléaire,
- L'implantation de façon à ne pas perturber de manière significative le fonctionnement des radars et des aides à la navigation utilisés dans le cadre des missions de sécurité de la navigation aérienne et de sécurité météorologique des personnes et des biens,
- La présence d'une voie d'accès carrossable entretenue permettant l'intervention des services d'incendie et de secours,

- Le respect des normes suivantes : norme NF EN 61 400-1 (version de juin 2006) ou CEI 61 400-1 (version de 2005) ou toute norme équivalente en vigueur dans l'Union européenne,
- L'installation conforme aux dispositions de l'article R. 111-38 du code de la construction et de l'habitation,
- Le respect des normes suivantes : norme IEC 61 400-24 (version de juin 2010), normes NFC 15-100 (version compilée de 2008), NFC 13-100 (version de 2001) et NFC 13-200 (version de 2009),
- L'installation conforme aux dispositions de la directive du 17 mai 2006 susvisée qui leur sont applicables,
- Le balisage de l'installation conformément aux dispositions prises en application des articles L. 6351-6 et L.6352-1 du code des transports et des articles R. 243-1 et R. 244-1 du code de l'aviation civile,
- Le maintien fermé à clé des accès à l'intérieur de chaque aérogénérateur, du poste de transformation, de raccordement ou de livraison, afin d'empêcher les personnes non autorisées d'accéder aux équipements,
- L'affichage visible des prescriptions à observer par les tiers sur un panneau sur le chemin d'accès de chaque aérogénérateur, sur le(s) poste(s) de livraison et, le cas échéant, sur le poste de raccordement,
- La réalisation d'essais d'arrêt permettant de s'assurer du fonctionnement correct de l'ensemble des équipements avant la mise en service industrielle des aérogénérateurs,
- L'interdiction d'entreposage à l'intérieur de l'aérogénérateur de matériaux combustibles ou inflammables,

La description détaillée des différents systèmes de sécurité de l'installation sera quant à elle effectuée au stade de l'analyse préliminaire des risques (chapitre VII), dans la partie VIII.6 Mise en place des mesures de sécurité, page 49 et suivantes.

V.2.3.3. GESTION A DISTANCE DU FONCTIONNEMENT DES EOLIENNES

L'exploitation des éoliennes ne fera pas l'objet d'une présence permanente sur site, mis à part lors des opérations de maintenance. Le fonctionnement du parc éolien est entièrement automatisé et contrôlé à distance depuis le centre de commande du parc éolien à Rostock en Allemagne.

L'exploitation des éoliennes s'effectue grâce à un Automate Programmable Industriel (API) qui analyse en permanence les données en provenance des différents capteurs de l'installation et de l'environnement (conditions météorologiques, vitesse de rotation des pales, production électrique, niveau de pression du réseau hydraulique, etc.) et qui contrôle les commandes en fonction des paramètres.

Sur un moniteur de contrôle placé au niveau du poste électrique de livraison, toutes les données d'exploitation peuvent être affichées et contrôlées, et des fonctions telles que le démarrage, l'arrêt et l'orientation des pales peuvent être commandées.

De plus, les éoliennes N117/3600 sont équipées d'un système de contrôle à distance des données. La supervision peut s'effectuer à distance depuis un PC équipé d'un navigateur Internet et d'une connexion ADSL ou RNIS. Le logiciel de supervision (SCADA – Supervising Control And Data Acquisition) utilisé est le Nordex Control 2.

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

V.2.3.4. METHODES ET MOYENS D'INTERVENTION

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

Une voie d'accès donne aux services d'interventions un accès facilité au site du parc éolien.

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

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

V.2.4. OPERATIONS DE MAINTENANCE DE L'INSTALLATION

Le programme préventif de maintenance s'étale sur quatre niveaux :

- type 1 : vérification après 500 à 1500 heures de fonctionnement (contrôle visuel du mât, des fixations fondation/tour, tour/nacelle, rotor...et test du système de déclenchement de la mise en sécurité de l'éolienne),
- type 3 : vérification annuelle des matériaux (soudures, corrosions), des équipements mécaniques et hydrauliques, de l'électrotechnique et des éléments de raccordement électrique,
- type 4 : vérification quinquennale de forte ampleur pouvant inclure le remplacement de pièces.

Chacune des interventions sur les éoliennes ou leurs périphériques fait l'objet de l'arrêt du rotor pendant toute la durée des opérations.

Pour la maintenance, une équipe de techniciens spécialisés est implantée à Pleyben dans le Finistère (29), distante d'environ 80 km du parc éolien. En cas de déviance sur la production ou d'avarie technique, une équipe de maintenance interviendra sur le site.

Ainsi l'installation est conforme aux prescriptions de l'arrêté ministériel relatif aux installations soumises à autorisation au titre de la rubrique 2980 des installations classées en matière d'exploitation.

V.2.5. STOCKAGE ET FLUX DE PRODUITS DANGEREUX

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

L'intérieur de l'aérogénérateur sera maintenu propre. L'entreposage à l'intérieur de l'aérogénérateur de matériaux combustibles ou inflammables sera interdit.

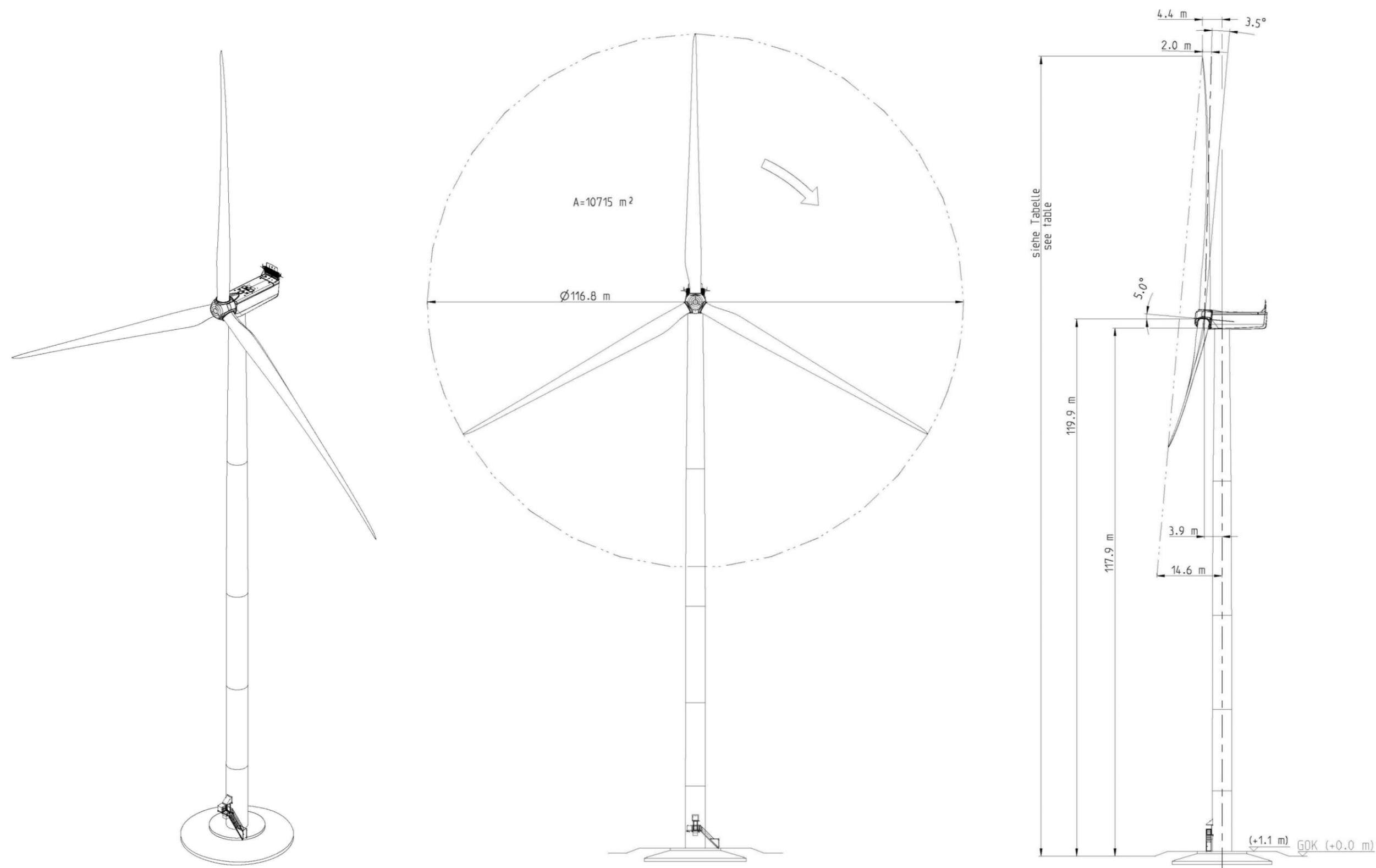


Figure 6 : Dimension de l'éolienne retenue (NORDEX N117)

V.2.6. FONCTIONNEMENT DES RESEAUX DE L'INSTALLATION

V.2.6.1. SPECIFICITES TECHNIQUES

L'installation sera mise à la terre. Les aérogénérateurs respecteront les dispositions de la norme IEC 61 400-24 (version de juin 2010). L'exploitant tiendra à disposition de l'inspection des installations classées les rapports des organismes compétents attestant de la conformité des aérogénérateurs à la norme précitée.

Les installations électriques à l'intérieur de l'aérogénérateur respecteront les dispositions de la directive du 17 mai 2006 susvisée qui leur sont applicables.

Les installations électriques extérieures à l'aérogénérateur 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 auxdites vérifications sont fixés par l'arrêté du 10 octobre 2000 susvisé.

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

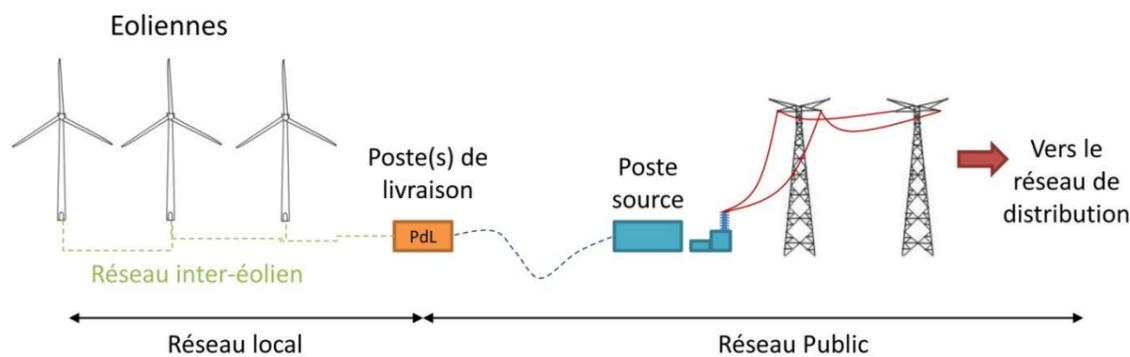


Figure 7 : Schéma de raccordement électrique d'un parc éolien

V.2.6.2. RESEAU INTER-EOLIEN

Le réseau inter-éolien permet de relier le transformateur, intégré ou non dans le mât de chaque éolienne¹, au point de raccordement avec le réseau public. Ce réseau comporte également une liaison de télécommunication qui relie chaque éolienne au terminal de télésurveillance. Ces câbles constituent le réseau interne de la centrale éolienne.

¹ Si le transformateur n'est pas intégré au mât de l'éolienne, il est situé à l'extérieur du mât, à proximité immédiate, dans un local fermé.

Chaque éolienne sera raccordée au poste de livraison par une liaison électrique de tension égale à 20 kV (réseau inter-éolien). Ces câbles ont une section de 95 à 150 mm² et seront enfouis à environ 0,80 m - 1,20 m de profondeur.

Le linéaire de câbles pour le projet de Bourbriac est d'environ 1200 m.

V.2.6.3. POSTE DE LIVRAISON

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

La localisation du poste de livraison est fonction de la proximité du réseau inter-éolien et de la localisation du poste source vers lequel l'électricité est ensuite acheminée.

V.2.6.4. RESEAU ELECTRIQUE EXTERNE

Le réseau électrique externe relie le ou les postes de livraison avec le poste source (réseau public de transport d'électricité).

Ce réseau est réalisé par le gestionnaire du réseau de distribution (ENEDIS) ; il est entièrement enterré.

D'après Caparésseau.fr, le poste source envisagé pour le raccordement est : Le poste « Guingamp » sur la commune de PLOUISY à 11 km du poste de livraison.

VI. 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.

VI.1. POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX PRODUITS

L'activité de production d'électricité par les éoliennes ne consomme pas de matières premières, ni de produits pendant la phase d'exploitation. De même, 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 Bourbriac 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, nettoyeurs...) 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 n'est stocké dans les aérogénérateurs ou le poste de livraison.

Le tableau ci-après synthétise les dangers liés aux produits utilisés dans le cadre du fonctionnement de l'installation. Ces dangers dépendent de 3 facteurs :

- la nature du produit lui-même et ses caractéristiques dangereuses, traduites par sa classification au sens de l'arrêté du 20 avril 1994 modifié,
- la quantité de produit stockée ou utilisée,
- les conditions de stockage ou de mise en œuvre.

Tableau 14 : liste des produits utilisés dans les aérogénérateurs

Lieu de lubrification	Désignation	Lubrifiant	Quantité	Classe de matière dangereuse
Système de refroidissement /Génératrice, /Convertisseur	Varidos FSK 45	Liquide de refroidissement	env. 70 L	Xn
Roulements de la génératrice	Klüberplex BEM 41-132	Graisse	env. 9,4 kg	-
Multiplicateurs, circuits de refroidissement inclus	Mobilgear XMP 320 Pour CCV : Optigear Synthetic / A320Optigear Synthetic X320Mobilgear SHC XMP 320	Huile minérale Huile synthétique	450L Ou 550 L ou 650 L	-
Système Hydraulique	Shell Tellus S4 VX 32	Huile minérale	env. 25 L	-
Palier de rotor	Mobil SHC Graisse 460 WT	Graisse	env. 30 kg	-
Roulement d'orientation de pale /Voie de roulement	Mobil SHC Graisse 460 WT	Graisse	3 x 4,9 kg	-
Engrenage	Ceplattyn BL gleitmo 585 K pour CCV	Graisse Graisse	env. 0,5 kg	-
Engrenage (orientation de pale)	Mobil SHC 629	Huile synthétique	3 x 11 L	-
Engrenage de système d'orientation	Mobil SHC 629	Huile synthétique	3/4 x 21 L	-
Roulements de système d'orientation /Voie de roulement	Mobil SHC Graisse 460 WT	Graisse	3,8 kg	-
/ Engrenage	Ceplattyn BL gleitmo 585 K pour CCV	Graisse Graisse	env. 0,5 kg	-
Transformateur	-	-	-	-

Les risques associés aux différents produits concernant le site du parc éolien de Bourbriac sont :

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

Étant donné le confinement de ces produits et notamment des huiles, ces potentiels de dangers liés peuvent être considérés comme très faibles.

VI.2. LES POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX DECHETS

L'activité de production d'électricité par les éoliennes ne génère pas de déchet, ni d'émission atmosphérique, ni d'effluent. Les produits sortants concernent donc les opérations de maintenance régulières des installations, sous la forme de déchets.

Seuls deux types de déchets seront produits pendant l'exploitation du parc éolien :

- des déchets industriels banals : ces déchets concernent les pièces usagées non souillées, cartons usagers d'emballage (quantités < 1 100 litres par an), etc. ;
- des déchets industriels spéciaux : ces déchets concernent les huiles usagées (transmission), graisses, bombes à graisse usagées vides, etc.

Pour chaque catégorie de déchet, les dangers potentiels (explosif, comburant, carburant, extrêmement inflammable, ...) sont mentionnés sur les fiches de données sécurité qui les concernent en tant que produit.

À titre d'exemple, le retour d'expérience d'ENERCON montre par ailleurs que les quantités de déchets générés sont très faibles. En effet, pour un modèle de type E126 (le plus gros modèle), les déchets annuels sont de l'ordre des quantités suivantes² :

- les absorbants, matériaux filtrants (filtres à huile), chiffons d'essuyage et vêtements de protection contaminés par des substances dangereuses : 7 kg par an ;
- les papiers et cartons : 2 kg par an ;
- les emballages en mélange : 2 kg par an ;
- les déchets résiduels : 6 kg par an.

VI.3. POTENTIELS DE DANGERS LIES AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

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

- Chute d'éléments de l'aérogénérateur (boulons, morceaux d'équipements, etc.),
- Projection d'éléments (morceau de pale, brides de fixation, etc.),
- Effondrement de tout ou partie de l'aérogénérateur,
- Échauffement 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	Échauffement des pièces mécaniques et flux thermique
Pale	Prise au vent	Bris de pale ou chute de pale	Énergie cinétique d'éléments de pales
Aérogénérateur	Production d'énergie électrique à partir d'énergie éolienne	Effondrement	Énergie cinétique de chute
Poste de livraison, intérieur de l'aérogénérateur	Réseau électrique	Court-circuit interne	Arc électrique, incendie
Nacelle	Protection des équipements destinés à la production électrique	Chute d'éléments	Énergie cinétique de projection
Rotor	Transformer l'énergie éolienne en énergie mécanique	Projection d'objets	Énergie cinétique des objets
Nacelle	Protection des équipements destinés à la production électrique	Chute de nacelle	Énergie cinétique de chute

Tableau 15 : Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation

² D'après le document ENERCON « ESC_Waste_Amount_E-126_after_commissioning_2012-02-13_rev000_gereeng.docx »

VI.4. REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS A LA SOURCE

VI.4.1. PRINCIPALES ACTIONS PREVENTIVES

Afin de réduire à la source les potentiels de dangers, plusieurs mesures ont été prises lors de la conception du projet tant du point de vue de l'emplacement des installations et que des caractéristiques des éoliennes au regard des enjeux potentiels identifiés :

- Conformément à la loi Grenelle II, les éoliennes sont distantes de plus de 500 m des habitations riveraines,
- Aucune installation classée n'est située à moins de 500 m de l'éolienne la plus proche,
- Les éoliennes sont éloignées des routes à forte circulation (à plus de 200 m),
- Les éoliennes retenues respectent les recommandations de l'aviation civile,
- Les éoliennes retenues sont en dehors des servitudes de l'armée de l'air,

VI.4.2. LA REDUCTION DES DANGERS LIES AUX PRODUITS

Comme précédemment indiqué, les produits présents dans une éolienne sont des lubrifiants. La quantité est estimée à environ 850 L par éolienne, et les lubrifiants doivent être contrôlés et partiellement renouvelés tous les 6 mois à 5 ans selon le type.

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

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

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

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

VI.4.3. LA REDUCTION DES DANGERS LIES AUX INSTALLATIONS

(cf. ci-avant : V.4.1 principales actions préventives).

L'installation dispose par ailleurs de plusieurs équipements de sécurité détaillés dans les chapitres précédents.

En outre, les mesures générales de prévention limitant les risques d'accident sur le parc éolien de Bourbriac sont les suivantes :

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

VI.4.4. UTILISATION DES MEILLEURES TECHNIQUES DISPONIBLES

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

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

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

VII. ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE

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

VII.1. INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS EN FRANCE

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

- Rapport du Conseil Général des Mines (juillet 2004) ;
- Base de données ARIA du Ministère du Développement Durable (<http://www.aria.developpementdurable.gouv.fr/>) ;
- 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 notamment pour les incidents les moins graves.

Dans l'état actuel, la base de données constituée par le groupe de travail du Syndicat des Énergies Renouvelables (SER) 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. Un total de 32 incidents a pu être recensé entre 2000 et 2010. Ce chiffre est à mettre en rapport avec les 3 275 éoliennes installées en France fin 2010.

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

Le graphique suivant montre la répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateur français entre 2000 et 2010. Cette synthèse exclut les accidents du travail et les événements qui n'ont pas conduit 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.

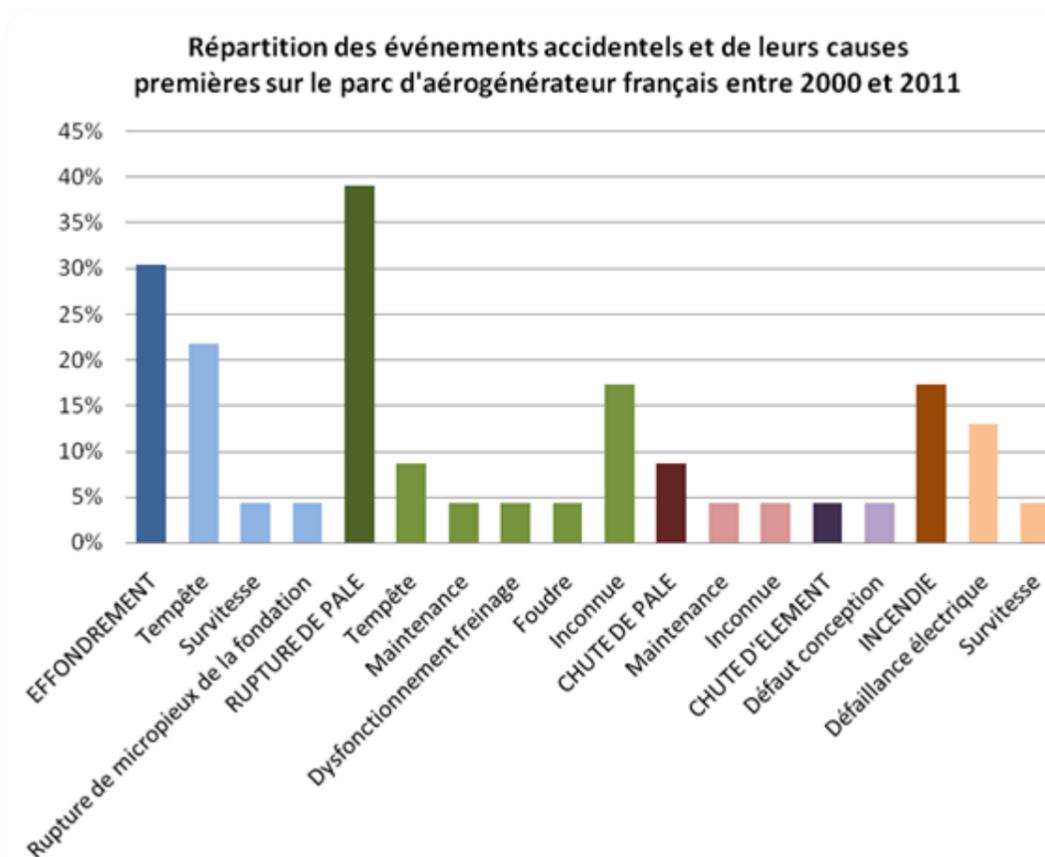


Figure 8 : Causes premières des accidents d'aérogénérateurs en France (source FEE)

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. La principale cause de ces accidents est les tempêtes.

VII.2. INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS A L'INTERNATIONAL

La synthèse ci-dessous provient de l'analyse de 236 accidents dans le monde issus des descriptions de 994 accidents proposés par le CWIF. Sur les 994 accidents, seuls 236 sont considérés comme des « accidents majeurs », les autres concernant plutôt des accidents du travail, des presque-accidents, des incidents, etc.

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

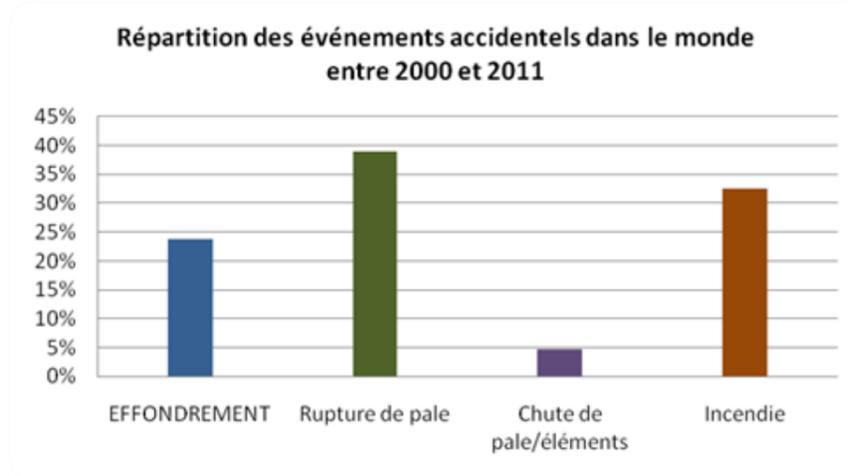


Figure 9 : Causes des accidents d'aérogénérateurs dans le monde (source FEE)

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

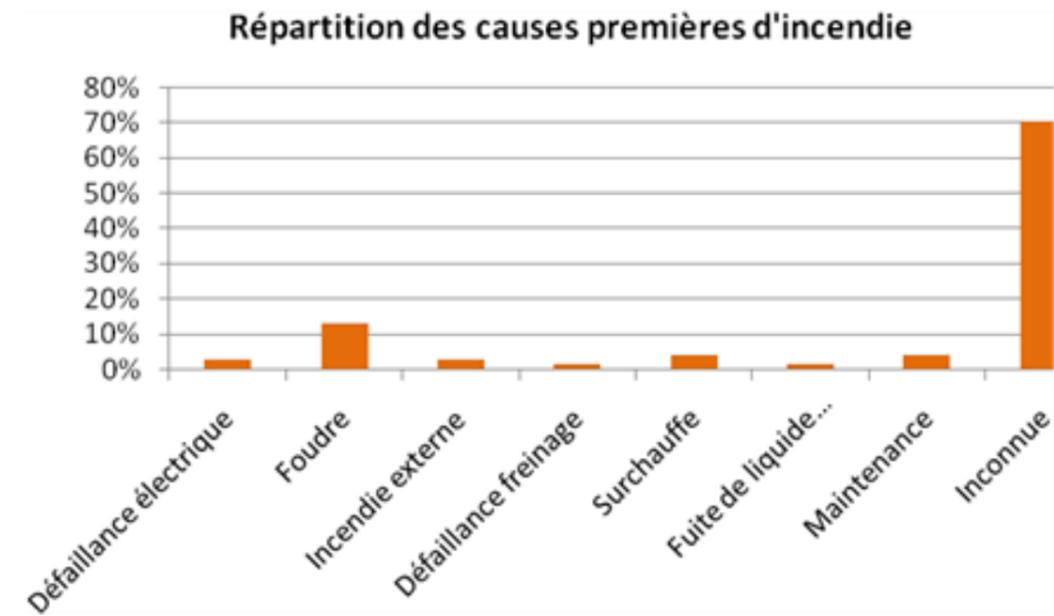
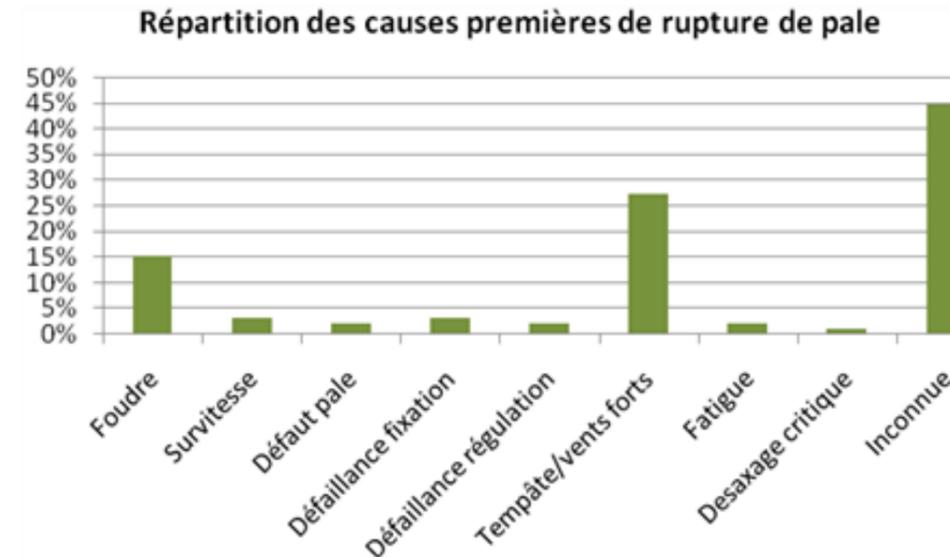
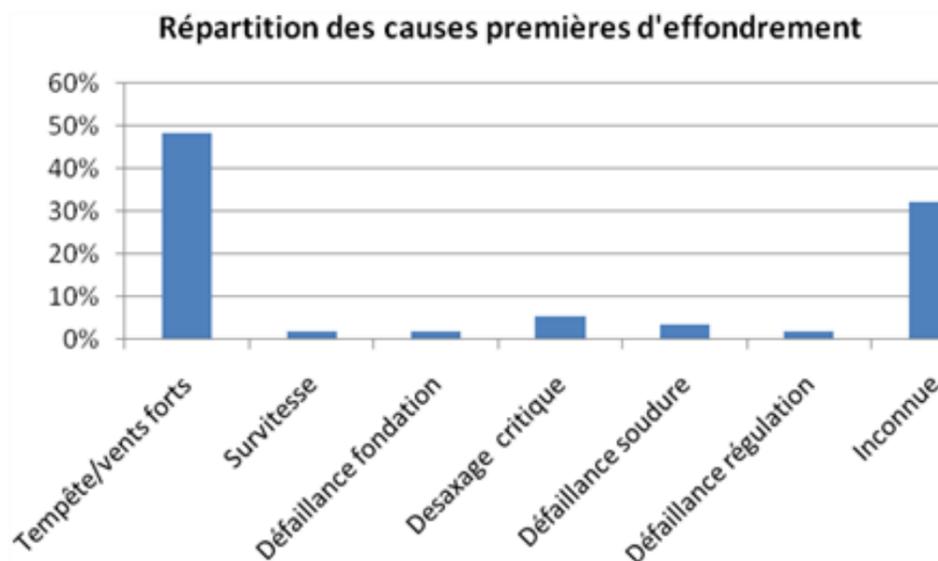


Figure 10 : Causes premières des accidents d'aérogénérateurs dans le monde (source : FEE)

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.

VII.3. SYNTHÈSE DES PHÉNOMÈNES DANGEREUX REDOUTES ISSUS DU RETOUR D'EXPERIENCE

VII.3.1. ANALYSE DE L'ÉVOLUTION DES ACCIDENTS EN FRANCE

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

La figure ci-dessous montre cette évolution et il apparaît clairement que le nombre d'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.

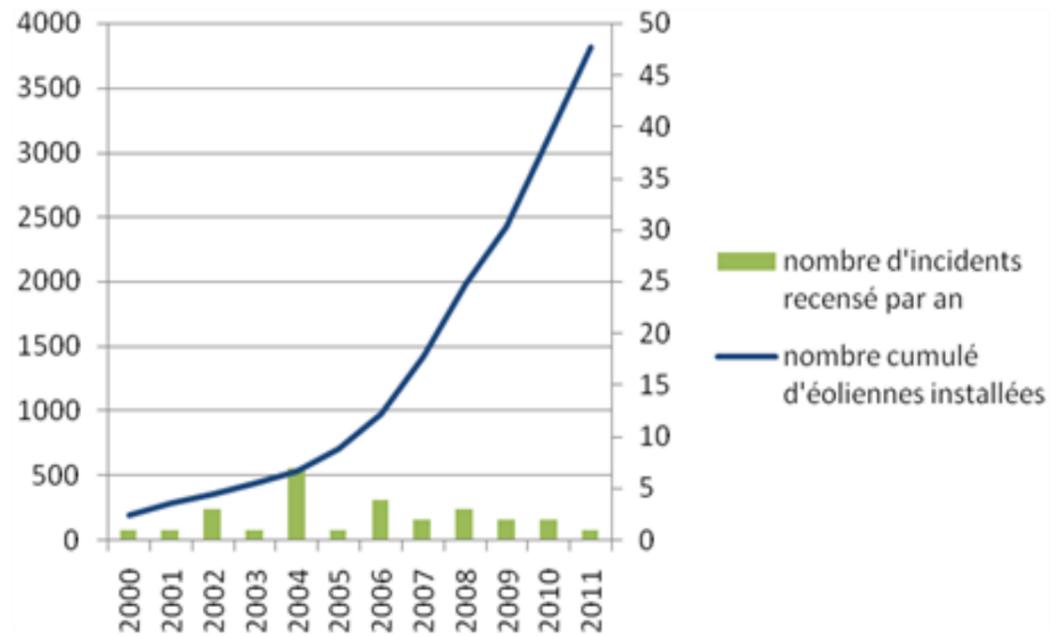


Figure 11 : Évolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées (source : FEE)

D'après la base de données ARIA, 39 incidents ou accidents sont survenus en France entre 2002 et 2016 (moyenne de 2,6/ an).

Le détail de ces accidents survenus en France de 2002 à 2016 (ARIA) est listé en Annexe 3.

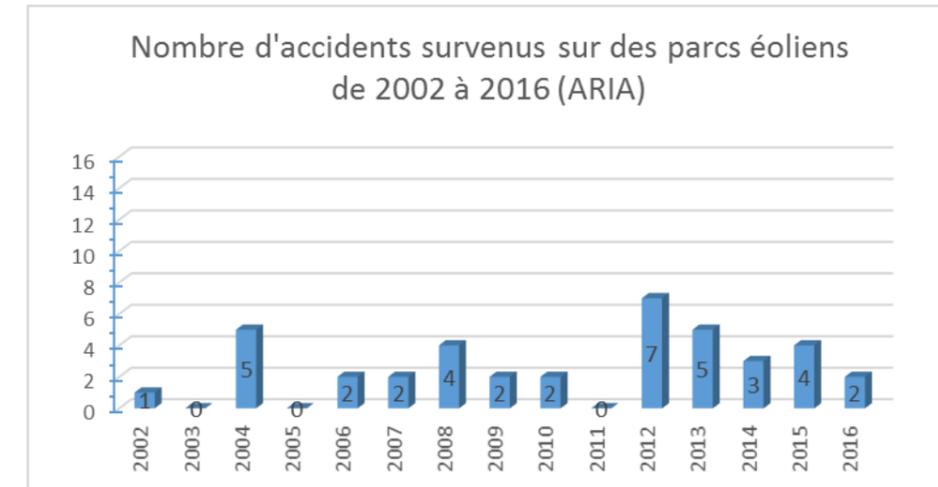


Figure 12 : Nombre d'accidents éoliens recensés par la base ARIA entre 2002 et 2016 en France

VII.3.2. ANALYSE DES TYPOLOGIES D'ACCIDENTS LES PLUS FREQUENTS

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

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

VII.3.3. ACCIDENTS/INCIDENTS SURVENUS EN BRETAGNE

D'après la base de données Aria, 9 incidents ou accidents se sont déroulés sur les parcs éoliens en Bretagne de 2004 à 2016 (Cf. Annexe 4).

Un seul concerne le département des côtes d'Armor (22) : chute de pale à Calanhel, en mars 2016.

VII.4. LIMITES D'UTILISATION DE L'ACCIDENTOLOGIE

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

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

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

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

L'analyse du retour d'expérience permet ainsi de dégager de grandes tendances, mais comportent des incertitudes importantes.

VIII. ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

Les outils d'analyse des risques sont nombreux (ex : AMDEC, APR, HAZOP, etc.). La présente étude se base sur l'utilisation de la méthode APR Analyse Préliminaire des Risques) qui est souple d'utilisation, adaptée et plus facile à mettre en œuvre et à instruire dans le contexte des éoliennes.

VIII.1. OBJECTIF DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE 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) basé 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.

VIII.2. RECENSEMENT DES EVENEMENTS EXCLUS DE L'ANALYSE DES RISQUES

Comme cela est précisé dans la circulaire du 10 mai 2010, les événements 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

VIII.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.

VIII.3.1. AGRESSIONS EXTERNES LIEES AUX ACTIVITES HUMAINES

VIII.3.1.1. GENERALITES

Le tableau ci-dessous synthétise les principales agressions externes liées aux activités humaines. Il fournit une estimation des distances minimales séparant chaque aérogénérateur de la source de l'agression potentielle.

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.

Infrastructure	Fonction	Événement redouté	Danger potentiel	Périmètre	Observations	E1	E2	E3
Voies de circulation	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Énergie cinétique des véhicules et flux thermiques	200 m	Absence de voies de circulation régionale ou nationale	Uniquement liaisons locales		
Aérodrome	Transport aérien	Chute d'aéronef	Énergie cinétique de l'aéronef, flux thermique	2 km	Absence d'aérodrome dans un rayon de 2 km	Non concerné		
Ligne THT	Transport d'électricité	Rupture de câble	Arc électrique, surtensions	200 m	Ligne THT	Respect d'une hauteur totale de chute + 20 m		

Infrastructure	Fonction	Événement redouté	Danger potentiel	Périmètre	Observations	E1	E2	E3
Autres aérogénérateurs	Production d'électricité	Accident générant des projections d'éléments	Énergie cinétique des éléments projetés	500 m	Absence d'aérogénérateurs d'autres parcs	Éoliennes distantes de plus de 350 m les unes des autres		

Tableau 16 : Agressions externes liées aux activités humaines

VIII.3.1.2. AUTOUR DU PROJET

Aucune installation classée pour l'environnement n'est présente au sein ou en limite de périmètre d'étude de dangers.

La fiche de synthèse sur les accidents et incidents dans les activités d'élevage (source ARIA) permet de caractériser les risques d'agression liés à ce type d'activité. Ainsi sur 2 686 évènements analysés entre 1992 et 2009, ont été recensés :

- 85 % d'incendies,
- 16 % de rejets de matières dangereuses ou polluantes,
- 1,2% d'explosions.

Le risque d'incendie est lié à la présence combinée de matières combustibles en quantité (paille ou fourrage) et de sources d'allumage potentielles (installations électriques inadaptées).

Le risque d'explosion, beaucoup plus anecdotique, est quant à lui lié à la présence de cuves de fuel ou de bouteilles de gaz explosant en réaction à une source de chaleur excessive (incendie).

Ces risques ont une portée relativement limitée et la distance de plusieurs kilomètres entre le parc éolien et l'installation classée la plus proche est suffisante pour considérer le risque d'agression comme nul.

Cette activité n'induit donc pas d'évènement redouté, et de danger potentiel, au regard d'une installation éolienne.

Aucune agression externe liée aux activités humaines n'est donc recensée.

VIII.3.2. AGRESSIONS EXTERNES LIEES AUX PHENOMENES NATURELS

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

Agression externe	Intensité
Séisme	L'ensemble du département des Côtes-d'Armor (22) est répertorié en tant que zone de sismicité 2, soit un risque faible.
Vents et tempête	Sur le site, la vitesse moyenne des vents m est de l'ordre de 5 à 6 m/s pour une hauteur de 40 m. Toutefois des phénomènes de tempêtes peuvent avoir lieu ponctuellement et induire des vents très violents.
Foudre	Le nombre moyen d'impacts de foudre au sol par km ² /an est de 0,3. Les risques de foudroiement sont donc faibles.
Glissement de sols/ affaissement miniers	Aucun risque de ce type n'est répertorié sur la zone d'étude
Remontées de nappes	Aux alentours du site situé en point haut, les zones à enjeux de remontée de nappe sont essentiellement liées aux vallons. Les éoliennes E1 et E2 sont situées en zone de sensibilité très faible à inexistante, l'éolienne E3 en secteur de sensibilité moyenne. Le risque lié à l'eau sera pris en compte dans le dimensionnement des fondations (poussée d'Archimède, agression de l'eau sur le ciment).

Tableau 17 : agressions externes liées aux phénomènes naturels

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

Le cas spécifique des effets directs de la foudre et du risque de « tension de pas » n'est pas traité dans l'analyse des risques et dans l'étude détaillée des risques car la norme IEC 61 400-24 (Juin 2010) ou la norme EN 62 305-3 (Décembre 2006) est respectée par les éoliennes.

On considère en effet 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.

Aucune agression externe de forte intensité liée aux phénomènes naturels n'est donc recensée.

VIII.4. SCENARIOS ETUDIES DANS L'ANALYSE GNERIQUE DES RISQUES

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

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

- une description des causes et de leur séquençage (*événements initiateurs* et *événements intermédiaires*) ;
- une description des *événements redoutés centraux* qui marquent la partie incontrôlée de la séquence d'accident ;
- une description des *fonctions de sécurité* permettant de prévenir l'événement redouté central ou de limiter les effets du phénomène dangereux (cf. VIII.6 Mise en place des mesures de sécurité) ;
- une description des *phénomènes dangereux* dont les effets sur les personnes sont à l'origine d'un accident
- une évaluation qualitative de l'*intensité* de ces événements

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

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

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

Tableau 18 : Scénarios génériques d'accidents possibles

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
G01	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales, le mât et la nacelle	Chute de glace lorsque les éoliennes sont arrêtées	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace (N°2)	Impact de glace	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	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

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
I05	Conditions climatiques humides	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2
I06	Rongeur	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2
I07	Défaut d'étanchéité	Perte de confinement	Fuites d'huile isolante	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Incendie au poste de transformation Propagation de l'incendie	2
F01	Fuite système de lubrification Fuite convertisseur Fuite transformateur	Ecoulement hors de la nacelle et le long du mât, puis sur le sol avec infiltration	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
F02	Renversement de fluides lors des opérations de maintenance	Ecoulement	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
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	Impact sur cible	1

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
				d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)		
C03	Défaut fixation nacelle – pivot central – mât	Chute nacelle	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	1
P01	Survitesse	Contraintes trop importante sur les pales	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la survitesse (N°4)	Impact sur cible	2
P02	Fatigue Corrosion	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	Impact sur cible	2
P03	Serrage inapproprié Erreur maintenance – desserrage	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	2
E01	Effets dominos autres installations	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
E02	Glissement de sol	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E05	Crash d'aéronef	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E07	Effondrement engin de levage travaux	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Actions de prévention mises en œuvre dans le cadre du plan de prévention (N°13)	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°12) Dans les zones cycloniques,	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
				mettre en place un système de prévision cyclonique et équiper les éoliennes d'un dispositif d'abattage et d'arrimage au sol (N°13)		
E09	Fatigue	Défaillance mât	Effondrement éolienne	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E10	Désaxage critique du rotor	Impact pale – mât	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9) Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Projection/chute fragments et chute mât	2

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

VIII.5. EFFETS DOMINOS

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

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

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

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

Aucune installation classée pour l'environnement (ICPE) n'est recensée dans un périmètre de 100 m autour des éoliennes, aucun effet domino n'est donc attendu.

VIII.6. MISE EN PLACE DES MESURES DE SECURITE

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

Les tableaux suivants ont pour objectif de synthétiser les fonctions de sécurité identifiées sur les éoliennes.

Dans le cadre de l'étude de dangers des parcs éoliens, les aspects relatifs aux fonctions de sécurité qui seront détaillés sont donc les 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** : cette colonne vise à simplifier la lecture de l'étude de dangers en permettant des renvois à l'analyse de risque par exemple.

- **Mesures de sécurité** : cette ligne permet d'identifier les mesures assurant la fonction concernée. Dans le cas de systèmes instrumentés de sécurité, tous les éléments de la chaîne de sécurité sont présentés (détection + traitement de l'information + action).
- **Description** : cette colonne 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 »). Dans le cadre des études de dangers éoliennes, il est recommandé de mesurer cette indépendance à travers les questions suivantes :
 - Est-ce que la mesure de sécurité décrite a pour unique but d'agir pour la sécurité ? Il s'agit en effet ici de distinguer ces dernières de celles qui ont un rôle dans la sécurité mais aussi dans l'exploitation de l'aérogénérateur.
 - Cette mesure est-elle indépendante des autres mesures intervenant sur le scénario ?
- **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 de 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 ;
 - une mesure de maîtrise des risques remplissant la fonction de sécurité « limiter les conséquences d'une survitesse » doit permettre de détecter une survitesse et de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes ;
 - si applicable, une mesure de maîtrise des risques remplissant la fonction de sécurité « Prévenir les projections de glace » doit permettre de détecter la formation importante de glace sur les pales 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. En cas de doute sur une mesure de maîtrise des risques, une note de calcul de dimensionnement peut être produite.
- **Test (fréquence)** : Il s'agit ici de reporter les tests/essais qui seront réalisés sur les mesures de maîtrise des risques. Pour rappel, la réglementation demande qu'à minima un essai d'arrêt, d'arrêt d'urgence

et d'arrêt à partir d'une situation de survitesse doivent être réalisés avant la mise en service de l'aérogénérateur. Cette information, si elle est connue au moment de la réalisation de l'étude de dangers, pourra être indiquée pour chacune des fonctions de sécurité. 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)** : Il s'agit ici de fournir la périodicité des contrôles qui permettront de vérifier la performance de la mesure de maîtrise des risques dans le temps. Pour rappel, la réglementation demande qu'à minima : un contrôle tous les ans soit réalisé sur la performance des mesures de sécurité permettant de mettre à l'arrêt, à l'arrêt d'urgence et à l'arrêt à partir d'une situation de survitesse et sur tous les systèmes instrumentés de sécurité.

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

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

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 projet Éloignement 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	/		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
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. Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

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

Fonction de sécurité	Prévenir les courts-circuits	N° 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 de 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 d'extincteurs qui peuvent être utilisés par les personnels d'intervention (cas d'un incendie se produisant en période de maintenance)		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	< 1 minute pour les détecteurs et l'enclenchement de l'alarme L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur. Le temps d'intervention des services de secours est quant à lui dépendant de la zone géographique.		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011. Le matériel incendie (type extincteurs) est contrôlé périodiquement par le fabricant du matériel ou un organisme extérieur. Maintenance curative suite à une défaillance du matériel.		

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

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

Fonction de sécurité	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	N° de la fonction de sécurité	11
Mesures de sécurité	Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents. Détection et prévention des vents forts et tempêtes Arrêt automatique et diminution de la prise au vent de l'éolienne (mise en drapeau progressive des pales) par le système de conduite		
Description	L'éolienne est mise à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale pour laquelle elle a été conçue.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	< 1 min		
Efficacité	100 %. NB : En fonction de l'intensité attendue des vents, d'autres dispositifs de diminution de la prise au vent de l'éolienne peuvent être envisagés.		
Tests	/		
Maintenance	/		

Tableau 19 : les fonctions de sécurité de l'installation

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.

VIII.7. CONCLUSION DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

À l'issue de l'analyse préliminaire des risques, l'étude de dangers doit préciser quels scénarios sont retenus en vue de l'analyse détaillée des risques.

Dans le cadre de l'APR générique, trois catégories de scénarios sont a priori exclues de l'étude détaillée, en raison de leur faible intensité :

Nom du scénario exclu	Justification
Incendie de l'éolienne (effets thermiques)	En cas d'incendie de nacelle, et en raison de la hauteur des nacelles, les effets thermiques ressentis au sol seront mineurs. Ces effets ne sont donc pas étudiés dans l'étude détaillée des risques. Néanmoins il peut être redouté que des chutes d'éléments (ou des projections) interviennent lors d'un incendie. Ces effets sont étudiés avec les projections et les chutes d'éléments.
Incendie du poste de livraison	En cas d'incendie du poste de livraison, les effets ressentis à l'extérieur des bâtiments (poste de livraison) seront mineurs ou inexistant du fait notamment de la structure en béton des postes de livraison. Il est également noté que la réglementation encadre déjà largement la sécurité de ces installations (l'arrêté du 26 Août 2011 impose le respect des normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200)
Infiltration d'huile dans le sol	En cas d'infiltration d'huiles dans le sol, les volumes de substances libérés dans le sol restent mineurs. Par ailleurs le transformateur est installé dans mât et une goulotte en acier assure la collecte de toute l'huile du transformateur. Les bacs de rétention d'huile dans les postes et les sous-sols de mâts sont étanches à l'huile.

Tableau 20 : Catégories de scénarios exclus

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

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

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

IX. ÉTUDE DÉTAILLÉE DES RISQUES

L'étude détaillée des risques vise à caractériser les scénarios sélectionnés 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.

IX.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.

IX.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. La cinétique peut être lente ou rapide. Dans le cas d'une cinétique lente, les personnes ont le temps d'être mises à l'abri. La cinétique est rapide dans le cas contraire.

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.

IX.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.

IX.1.3. GRAVITE

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

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
5. Désastreux	Plus de 10 personnes exposées	Plus de 100 personnes exposées	Plus de 1 000 personnes exposées
4. Catastrophique	Moins de 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées	Entre 100 et 1 000 personnes exposées
3. Important	Au plus 1 personne exposée	Entre 1 et 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées
2. Sérieux	Aucune personne exposée	Au plus 1 personne exposée	Moins de 10 personnes exposées
1. Modéré	Pas de zone de létalité hors établissement		Présence humaine exposée à des effets irréversibles inférieure à « une personne »

Tableau 21 : Niveaux de gravité

Au regard de l'occupation du sol dans le périmètre de l'étude de dangers et des éléments fournis par la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relatives aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers, il est possible d'estimer une présence humaine de l'ordre de :

- 1 personne par tranche de 100 ha dans les terrains non aménagés et très peu fréquentés (parcelles agricoles),
- 1 personne par tranche de 10 ha dans les terrains aménagés mais très peu fréquentés (voies de communications locales et chemins d'exploitation)

IX.1.4. PROBABILITE

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

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

Tableau 22 : Niveaux de probabilité

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.

IX.2. CARACTERISATION DES SCENARIOS RETENUS

Dans l'ensemble de l'étude, les valeurs utilisées pour les calculs des zones d'effet sont basées sur les dimensions des éoliennes N117, 3 MW suivantes :

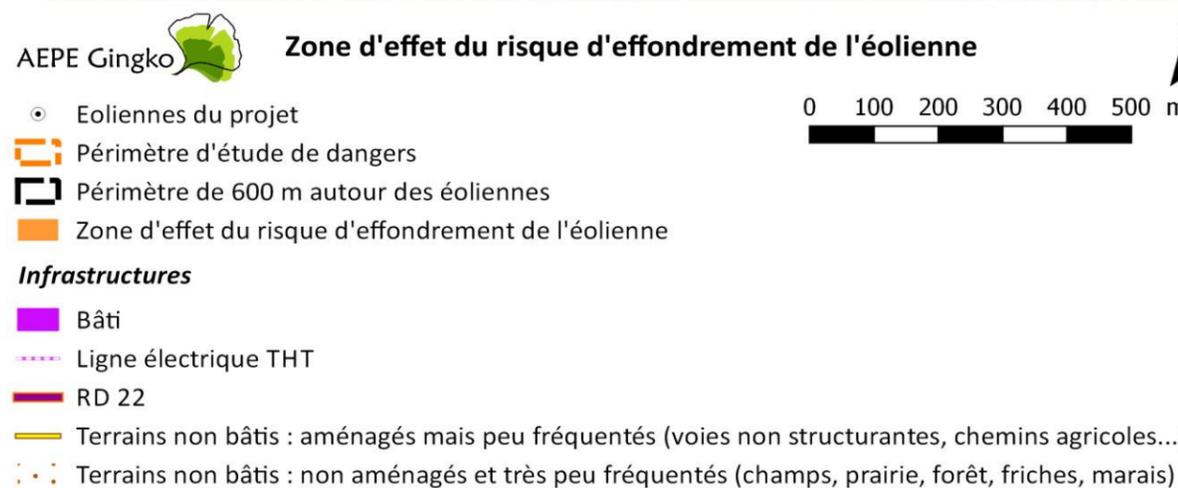
Élément	Mesure en m
Hauteur totale (HT)	178,5
Hauteur moyeu (HM)	120
Hauteur Mât (H)	118
Rotor diamètre (D)	117
Pale (1/2 rotor) (R.)	58,5
Largeur base pale (LB)	2,4
Largeur base du mât (L)	4,3

IX.2.1. EFFONDREMENT DE L'ÉOLIENNE

IX.2.1.1. ZONE D'EFFET D'EFFONDREMENT DE L'ÉOLIENNE

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 178,5 m dans le cas des éoliennes du parc de Bourbriac.

Cette méthodologie se rapproche de celles utilisées dans la bibliographie (références [5] et [6], voir Annexe 1). 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.



Carte 8 : Zone d'effet du risque d'effondrement de l'éolienne

IX.2.1.2. INTENSITE D'EFFONDREMENT DE L'ÉOLIENNE

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 Bourbriac. R est la longueur de pale (R= 58,5 m), H la hauteur du mât (H= 118 m), la largeur de la base du mât (L = 4,3 m), la largeur de la base de la pale (LB = 2,4 m).

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à 178,5 m)			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_i = H \times L + 3 \times R \times (LB / 2)$ Soit 718 m ²	$Z_e = \pi \times (H + R)^2$ soit 97 867m ²	0,7%	Exposition modérée

Tableau 23 : évaluation de l'intensité pour le risque d'effondrement des éoliennes

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

IX.2.1.3. GRAVITE D'EFFONDREMENT DE L'ÉOLIENNE

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005, 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.

Pour les terrains non aménagés et très peu fréquentés (parcelles agricoles), la zone d'effet est d'environ 10 ha par éolienne. Ce chiffre est à mettre en relation avec l'estimation d'une personne pour 100 ha. La fréquentation par éolienne est donc estimée à 0,1 personnes.

Pour les terrains aménagés mais peu fréquentés (voies de communication et chemins d'exploitation), la superficie concernée par le risque d'effondrement est le suivant :

- De 1392 m² pour l'éolienne 1, soit 0,139 ha,
- De 666 m² pour l'éolienne 2, soit 0,0666 ha,
- De 1333 m² pour l'éolienne 3, soit 0,133 ha,

Pour ces terrains, la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relatives aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers recommande d'estimer la fréquentation à 1 personne par 10 ha.

Sur cette base, il est donc possible d'estimer que la présence humaine est très faible (entre 0,0016 et 0,0143 personne estimée selon l'éolienne) et peut être évaluée à « au plus 1 personne exposée » par éolienne.

- soit 0,014 équivalent personnes permanentes pour E1 ;
- soit 0,0067 équivalent personnes permanentes pour E2 ;
- soit 0,013 équivalent personnes permanentes pour E3 ;

Notons par ailleurs que le projet n'induit aucun survol des routes départementales : la RD 22 est située à plus de 230 m de l'éolienne E1.

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 178,5 m)			
Éolienne	Résultat calcul (Nb personne estimé)	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
1	0,1+0,014	0,114	Sérieux
2	0,1+0,0067	0,1067	Sérieux
3	0,1+0,013	0,113	Sérieux

Tableau 24 : évaluation de la gravité pour le risque d'effondrement d'une éolienne

IX.2.1.4. PROBABILITE D'EFFONDREMENT DE L'ÉOLIENNE

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

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

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

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'expérience³, soit une probabilité de $4,47 \times 10^{-4}$ par éolienne et par an.

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

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 mesures de sécurité sont notamment :

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

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

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 donc 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 ».

³ 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.

IX.2.2. CHUTE DE GLACE

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

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

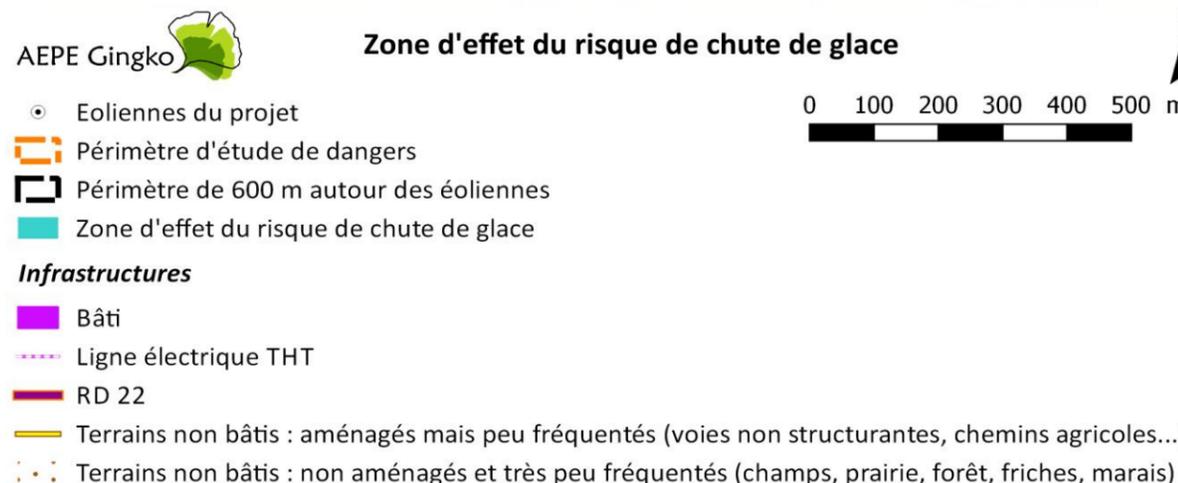
Selon l'étude WECO [15], une grande partie du territoire français (hors zones de montagne) est concernée par moins d'un jour de formation de glace par an. Certains secteurs du territoire comme les zones côtières affichent des moyennes variant entre 2 et 7 jours de formation de glace par an. Les données issues de la station météorologique de Rostrenen indiquent en moyenne environ 2 jours par an de forte gelée (température inférieure à -5°C)

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.

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.

IX.2.2.2. ZONE D'EFFET DE LA CHUTE DE GLACE

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 Bourbriac, la zone d'effet a donc un rayon de 58,5 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.



Carte 9 : Zone d'effet du risque de chute de glace

IX.2.2.3. INTENSITE DE LA CHUTE DE GLACE

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 Bourbriac. Z_I est la zone d'impact, Z_E est la zone d'effet, R est la longueur de pale ($R= 58,5$ m), SG est la surface du morceau de glace majorant ($SG= 1$ m²).

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à 58,5 m)			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = SG$ Soit 1 m ²	$Z_E = \pi \times R^2$ Soit 10 745 m ²	$D = Z_I / Z_E$ Soit 0,009 % (< 1 %)	Exposition modérée

Tableau 25 : évaluation de l'intensité du risque de chute de glace

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

IX.2.2.4. GRAVITE DE LA CHUTE DE GLACE

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005, 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.

La zone d'effet concerne :

- des terrains non aménagés et très peu fréquentés. Elle est de l'ordre de 1 ha par éolienne.
- des terrains aménagés mais peu fréquentés (voies de communication et chemins d'exploitation), la superficie concernée par le risque de chute de glace sur ce type de terrains ne concerne aucune éolienne.

Ainsi la fréquentation est nettement inférieure à 100 ha, il est donc possible d'estimer que la présence humaine est « inférieure à 1 personne ».

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 58,5 m)			
Éolienne	Calcul Nombre de personnes	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
1	0	Inférieur à 1 personne	Modérée
2	0	Inférieur à 1 personne	Modérée
3	0	Inférieur à 1 personne	Modérée

Tableau 26 : évaluation de la gravité du risque de chute de glace

IX.2.2.5. PROBABILITE DE LA CHUTE DE GLACE

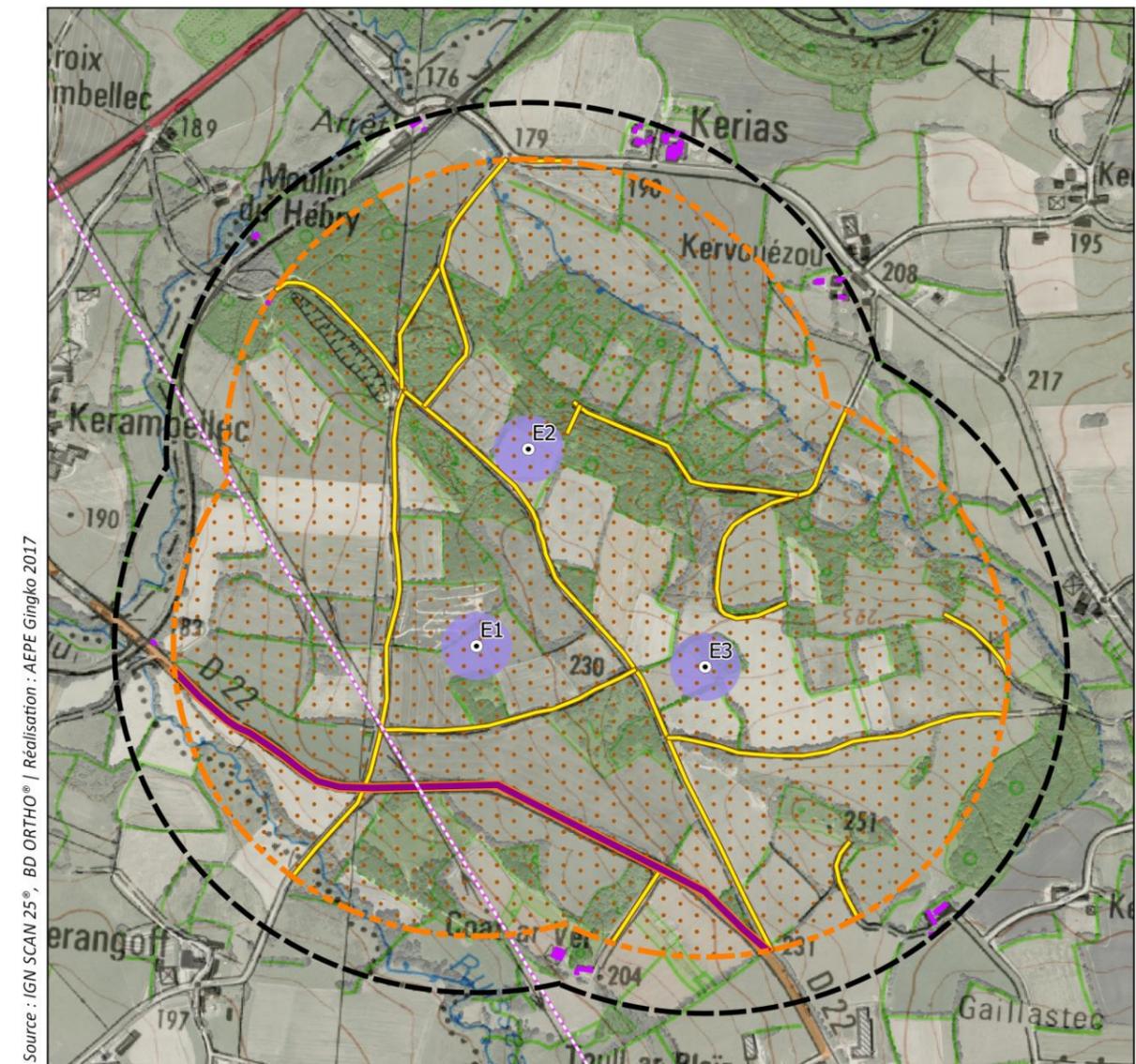
De façon conservatrice, il est considéré que la probabilité est de classe « A », c'est-à-dire une probabilité supérieure à 10⁻².

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

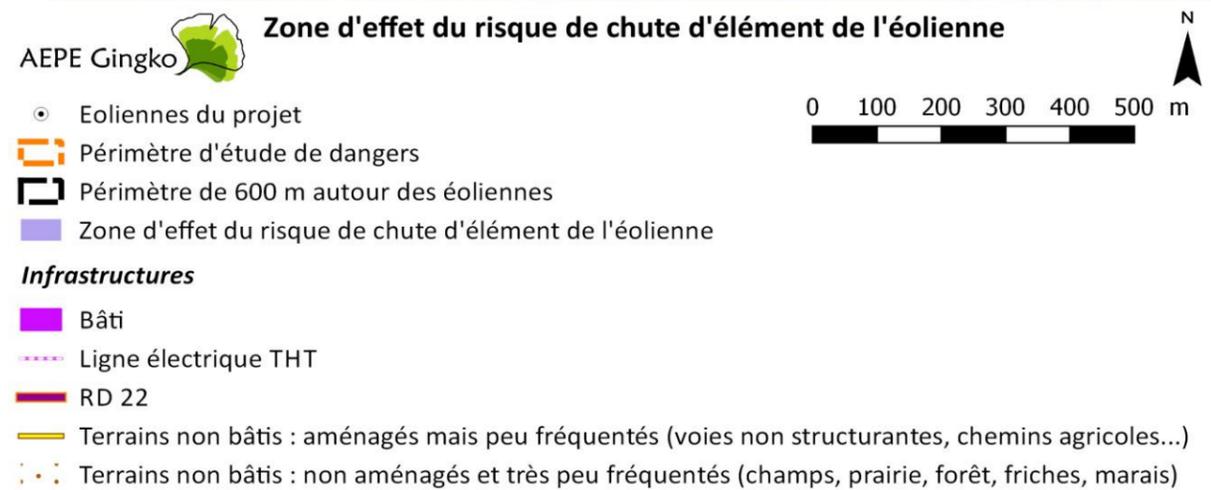
IX.2.3.1. ZONE D'EFFET DE LA CHUTE D'ÉLÉMENTS DE L'ÉOLIENNE

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 (58,5 m).



Source : IGN SCAN 25°, BD ORTHO® | Réalisation : AEPE Gingko 2017



Carte 10 : zone d'effet du risque de chute d'éléments

IX.2.3.2. INTENSITE DE LA CHUTE D'ÉLÉMENTS DE L'ÉOLIENNE

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 Bourbriac. D est le degré d'exposition, Z_I la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, R la longueur de pale ($R=51,5m$) et LB la largeur de la base de la pale ($LB=4m$).

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à 58,5 m)			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = R \times LB / 2$ Soit 70 m ²	$Z_E = \pi \times R^2$ Soit 10 745 m ²	$D = Z_I / Z_E$ Soit 0,65% $x < 1\%$	Exposition modérée

Tableau 27 : évaluation de l'intensité du risque de chute d'éléments de l'éolienne

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

IX.2.3.3. GRAVITE DE LA CHUTE D'ÉLÉMENTS DE L'ÉOLIENNE

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005, 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.

La zone d'effet concerne :

- des terrains non aménagés et très peu fréquentés. Elle est de l'ordre de 1 ha par éolienne.
- des terrains aménagés mais peu fréquentés (voies de communication et chemins d'exploitation), la superficie concernée par le risque de chute d'éléments sur ce type de terrains ne concerne aucune éolienne.

La fréquentation estimée est inférieure à 100 ha, il est donc possible d'estimer que la présence humaine est « au plus 1 personne exposée ».

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 d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à 58,5 m)			
Éolienne	Calcul Nombre de personnes	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
1	0,01	Inférieur à 1 personne	Modérée
2	0,01	Inférieur à 1 personne	Modérée
3	0,01	Inférieur à 1 personne	Modérée

Tableau 28 : évaluation de la gravité du risque de chute d'éléments de l'éolienne

IX.2.3.4. PROBABILITE DE LA CHUTE D'ÉLÉMENTS DE L'ÉOLIENNE

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.

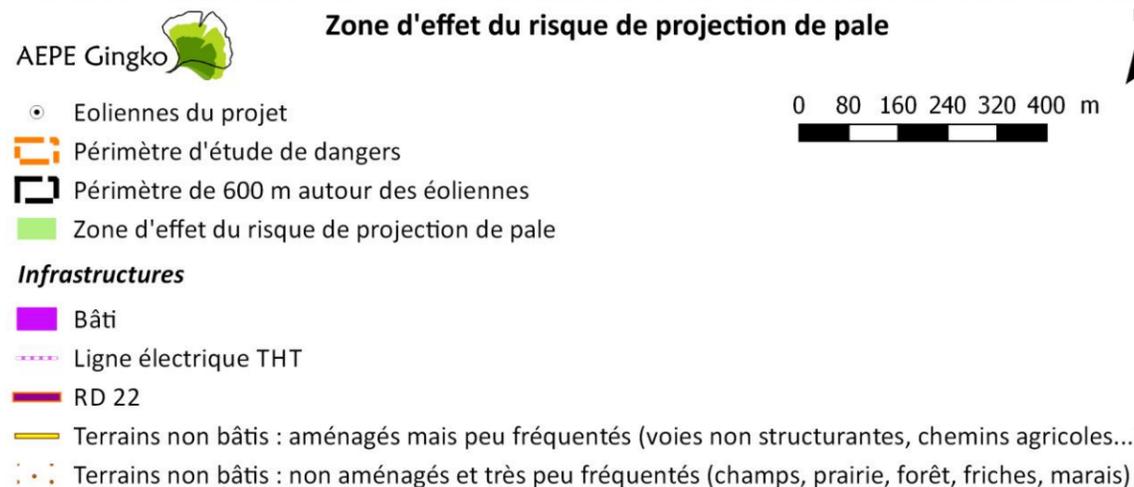
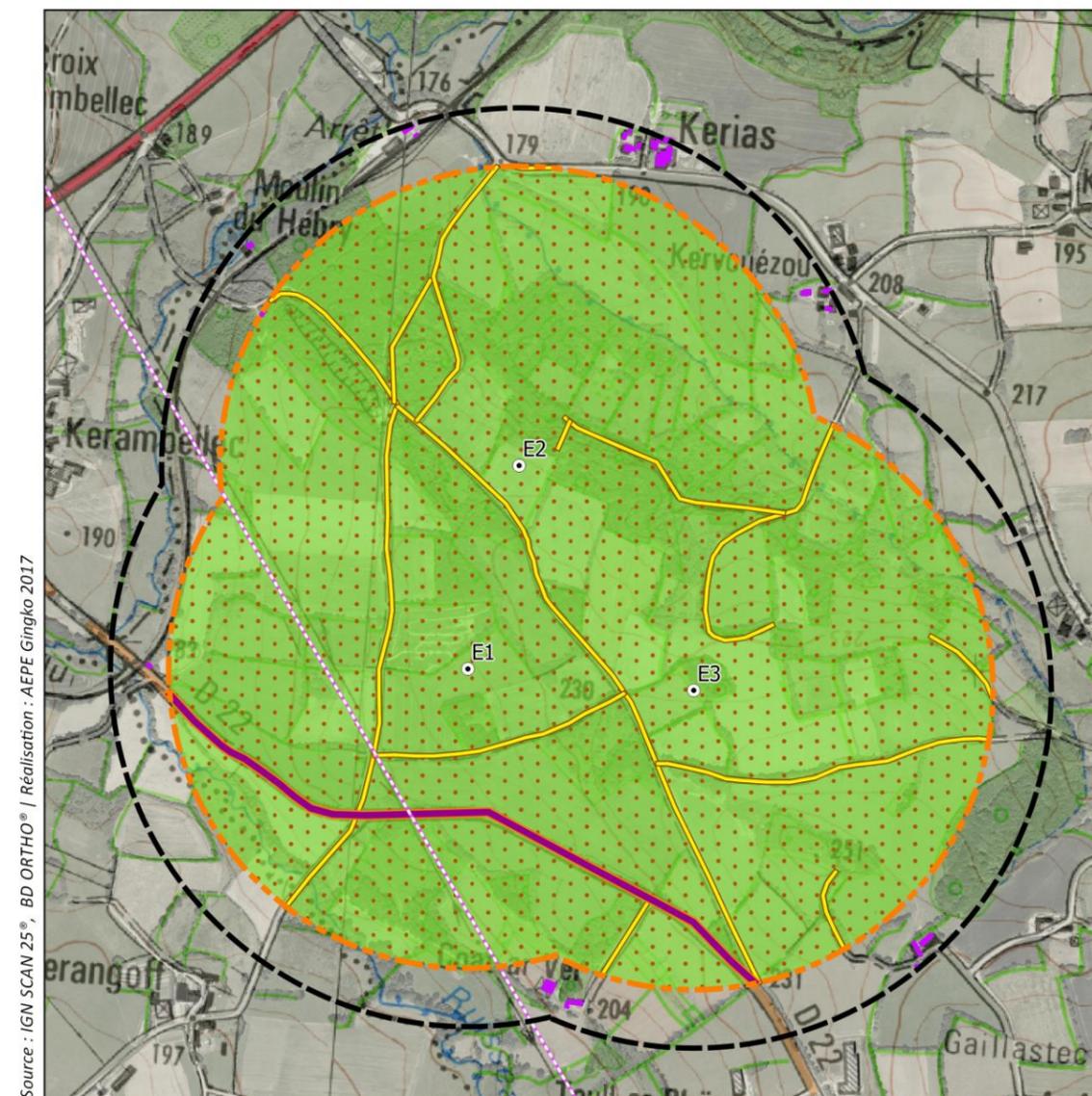
IX.2.4. PROJECTION DE PALES OU DE FRAGMENTS DE PALES

IX.2.4.1. ZONE D'EFFET DE LA PROJECTION DE PALES OU DE FRAGMENTS DE PALES

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] (cf. référence en annexe). 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.



Carte 11 : Zone d'effet du risque de projection de pale ou de fragment de pale

IX.2.4.2. INTENSITE DE LA PROJECTION DE PALES OU DE FRAGMENTS DE PALES

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 Bourbriac. D est le degré d'exposition, Z_i la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, R la longueur de pale (R = 58,5 m), LB la largeur de la base de la pale (LB = 4 m) et r le rayon de projection maximale (r = 500m).

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
$Z_i = R \times LB / 2$ Soit 70 m ²	$Z_E = \pi \times r^2$ Soit 785 000 m ²	$D = Z_i / Z_E$ Soit 0,01 % (< 1 %)	Exposition modérée

Tableau 29 : évaluation de l'intensité du risque de projection de pale ou de fragment de pale

IX.2.4.3. GRAVITE DE LA PROJECTION DE PALES OU DE FRAGMENTS DE PALES

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005, 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.

Pour les terrains non aménagés et très peu fréquentés (parcelles agricoles), la zone d'effet est d'environ 78,5 ha par éolienne. Ce chiffre est à mettre en relation avec l'estimation d'une personne pour 100 ha. Cela signifie que l'on peut estimer la présence d'un équivalent de 0,78 personnes concernées par éolienne

Pour les terrains aménagés mais peu fréquentés (voies de communication et chemins d'exploitation), la superficie concernée par le risque de projection de pales ou de fragments de pales est le suivant :

- De 1,24 ha pour l'éolienne 1,
- De 0,50 ha pour l'éolienne 2,
- De 2,33 ha pour l'éolienne 3,

Pour ces terrains, la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relatives aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers recommande d'estimer la fréquentation à 1 personne par 10 ha.

Le tableau ci-après recense le nombre de personnes permanentes concerné dans la zone d'effet du risque de projection de pale ou de fragment de pale pour chaque éolienne.

Éolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)					Total
	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	Terrains aménagés mais peu fréquentés	Voies automobiles	Habitations (Garages, hangars)	Industries / activités	
1	0,785	0,12494	0	0	0	0,910
2	0,785	0,0507	0	0	0	0,836
3	0,785	0,23365	0	0	0	1,019

Il est donc possible d'estimer que la présence humaine est de « Moins de 10 personnes exposées » autour des éoliennes E1 E2 et E3..

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 (dans un rayon de 500m)		
Éolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
1	0,910	Modérée
2	0,836	Modérée
3	1,019	Sérieuse

Tableau 30 : évaluation de la gravité du risque de projection de pale ou de fragment de pale

IX.2.4.4. PROBABILITE DE LA PROJECTION DE PALES OU DE FRAGMENTS DE PALES

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 » : « Événement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité ».

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

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

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

De manière générale, le respect des prescriptions de l'arrêté du 26 août 2011 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 ».

IX.2.5. PROJECTION DE GLACE

IX.2.5.1. ZONE D'EFFET DE LA PROJECTION DE GLACE

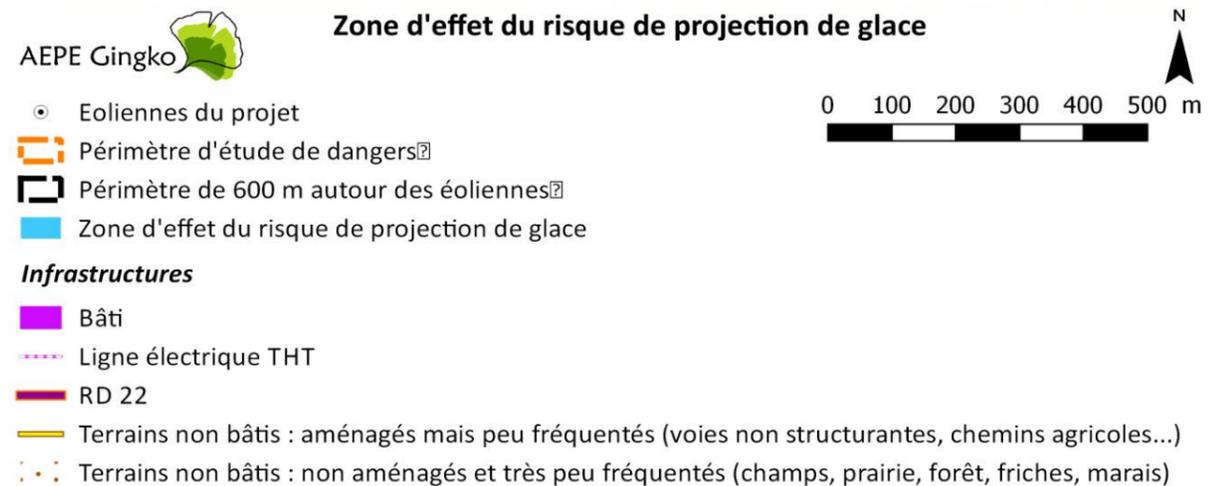
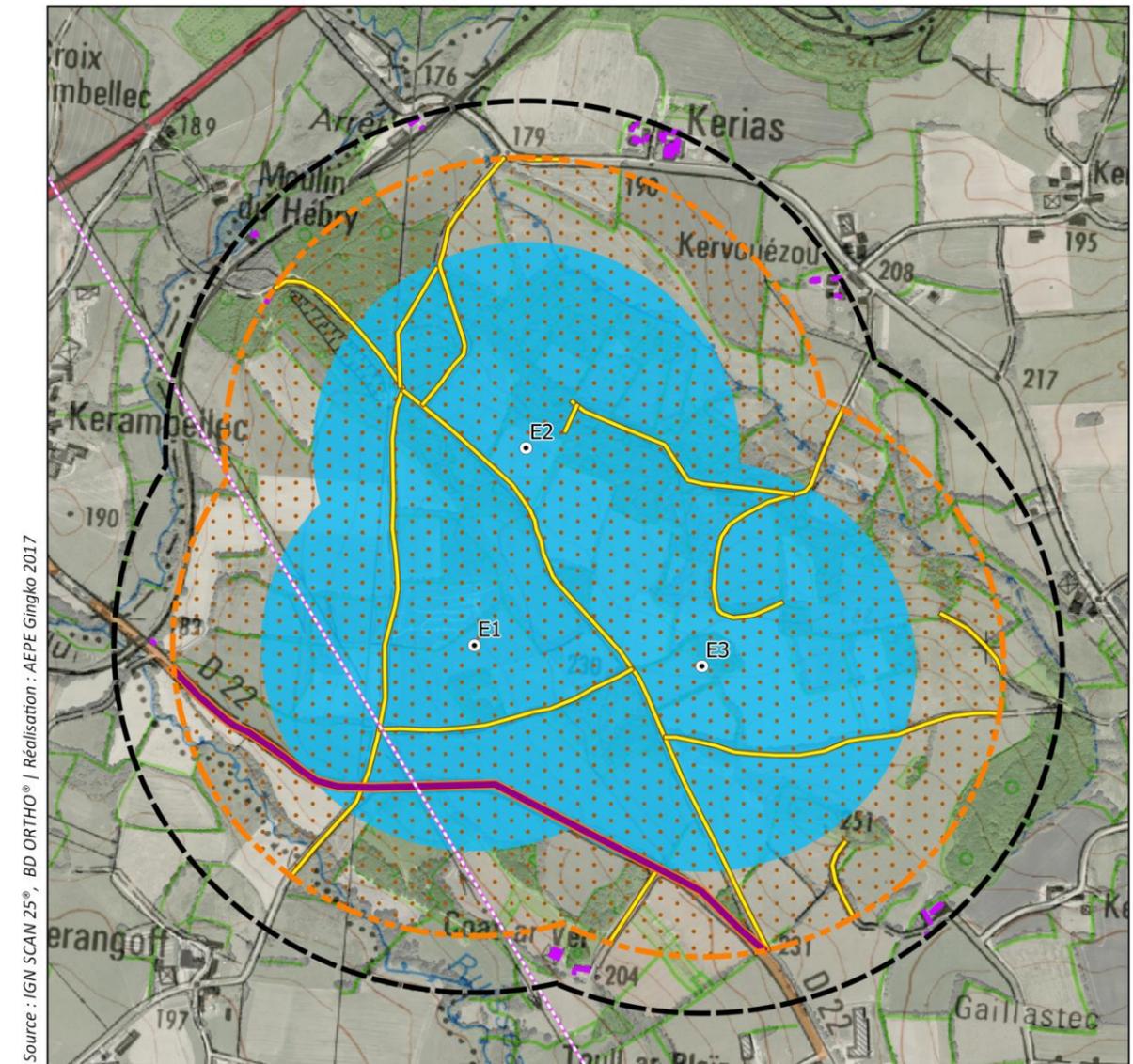
L'accidentologie rapporte quelques cas de projection de glace. Ce phénomène est connu et possible, mais n'a jamais occasionné de dommage sur les personnes ou les biens.

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 :

Distance d'effet = 1,5 x (hauteur de moyeu + diamètre de rotor)

Cette distance de projection est jugée conservatrice dans des études postérieures [17]. À défaut de données fiables, Les études menées par l'INERIS dans le cadre de l'élaboration d'une étude de dangers commune validée par la Direction Générale de la Prévention des Risques proposent de considérer cette formule pour le calcul de la distance d'effet pour les projections de glace.

Concernant le parc éolien de Bourbriac nord, la distance d'effet est donc évaluée à un rayon de 355,5 m autour des éoliennes.



Carte 12 : Zone d'effet des risques de projection de glace

IX.2.5.2. INTENSITE DE LA PROJECTION DE GLACE

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 Bourbriac. D est le degré d'exposition, ZI la zone d'impact, ZE la zone d'effet, R la longueur de pale (R= 58,5 m), H la hauteur au moyeu (H= 118 m), et SG la surface majorante d'un morceau de glace.

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de 355,5 m 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 soit 1 m ²	$ZE = \pi \times 1,5 \times (H_{moyeu} + 2 \times R)^2$ Soit 396 833 m ²	D = 0,0003 % (< 1 %)	Exposition modérée

Tableau 31 : évaluation de l'intensité du risque de projection de morceaux de glace pour les éoliennes

IX.2.5.3. GRAVITE DE LA PROJECTION DE GLACE

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005, 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.

Pour les terrains non aménagés et très peu fréquentés (parcelles agricoles) :

La zone d'effet est d'environ 39 ha par éolienne. Ce chiffre est à mettre en relation avec l'estimation d'une personne pour 100 ha. Cela signifie que l'on peut estimer la présence d'un équivalent de 0,39 personnes concernées par éolienne

Pour les terrains aménagés mais peu fréquentés (voies de communication et chemins d'exploitation),

La superficie concernée par le risque de projection de glace est le suivant :

- De 0,882 ha pour l'éolienne 1,
- De 0,327 ha pour l'éolienne 2,
- De 1,174 ha pour l'éolienne 3,

Pour ces terrains, la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relatives aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers recommande d'estimer la fréquentation à 1 personne par 10 ha. Ainsi, en fonction des éoliennes l'équivalent de personnes concernées par ce risque varie entre :

- De 0,088 équivalent personnes pour l'éolienne 1,
- De 0,032 équivalent personnes pour l'éolienne 2,
- De 0,117 équivalent personnes pour l'éolienne 3,

Il est donc possible d'estimer, au regard de ces éléments, que la présence humaine est « au plus 1 personne exposée » par éolienne.

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.

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 355,5 m autour de l'éolienne)			
Éolienne	Calcul Nombre de personnes	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
1	0,39+0,088 =0,48	Au plus 1 personne exposée	Modéré
2	0,39+0,032=0,42	Au plus 1 personne exposée	Modéré
3	0,39+0,012 =0,51	Au plus 1 personne exposée	Modéré

Tableau 32 : évaluation de la gravité du risque de projection de morceaux de glace

IX.2.5.4. PROBABILITE DE LA PROJECTION DE GLACE

Au regard de la difficulté d'établir un retour d'expérience précis sur cet événement et considérant les 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.

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

IX.3.1. TABLEAU DE SYNTHÈSE DES SCÉNARIOS ETUDIÉS

Le tableau suivant récapitule, pour chaque événement redouté central retenu, les paramètres de risques : la cinétique, l'intensité, la gravité et la probabilité. Il concerne les 3 éoliennes du parc de Bourbriac qui présentent un même profil de risque.

Scénario	Zone d'effet	Éolienne	Cinétique	Intensité	Gravité	Probabilité
Effondrement de l'éolienne	Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale, soit 178,5 m	Toutes	Rapide	Exposition modérée	Sérieux	D
Chute de glace	Zone de survol soit un rayon de 58,5 m	Toutes	Rapide	Exposition modérée	Modéré	A
Chute d'élément de l'éolienne	Zone de survol soit un rayon de 58,5 m	Toutes	Rapide	Exposition modérée	Modéré	C
Projection de pales ou de fragments de pales	Rayon de 500 m autour des éoliennes	E1 et E2	Rapide	Exposition modérée	Modéré	D
		E3	Rapide	Exposition modérée	Sérieux	D
Projection de glace	Rayon de 355,5m autour des éoliennes	Toutes	Rapide	Exposition modérée	Modéré	B

Tableau 33 : synthèse de l'évaluation des risques étudiés

IX.3.2. SYNTHÈSE DE L'ACCEPTABILITÉ DES RISQUES

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

		Classe de Probabilité Faible ↔ Forte				
		E	D	C	B	A
Classe de gravité Faible ↔ Forte	Désastreux					
	Catastrophique					
	Important					
	Sérieux					
	Modéré					

Légende de la matrice :

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

Le tableau ci-dessous recense les phénomènes dangereux redoutés et leur niveau d'acceptabilité au regard des scénarios étudiés :

Scénario	Zone d'effet	Éolienne	Gravité	Probabilité	Risque	Acceptabilité
Effondrement de l'éolienne	Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale, soit 178,5 m	Toutes	Sérieux	D	Très faible	Acceptable
Chute de glace	Zone de survol soit un rayon de 58,5 m	Toutes	Modéré	A	Faible	Acceptable
Chute d'élément de l'éolienne	Zone de survol soit un rayon de 58,5 m	Toutes	Modéré	C	Très faible	Acceptable
Projection de pales ou de fragments de pales	Rayon de 500 m autour des éoliennes	E1 et E2	Modéré	D	Très faible	Acceptable
		E3	Sérieux	D	Très faible	Acceptable
Projection de glace	Rayon de 355,5m autour des éoliennes	Toutes	Modéré	B	Très faible	Acceptable

Tableau 34 : synthèse de l'acceptabilité des risques

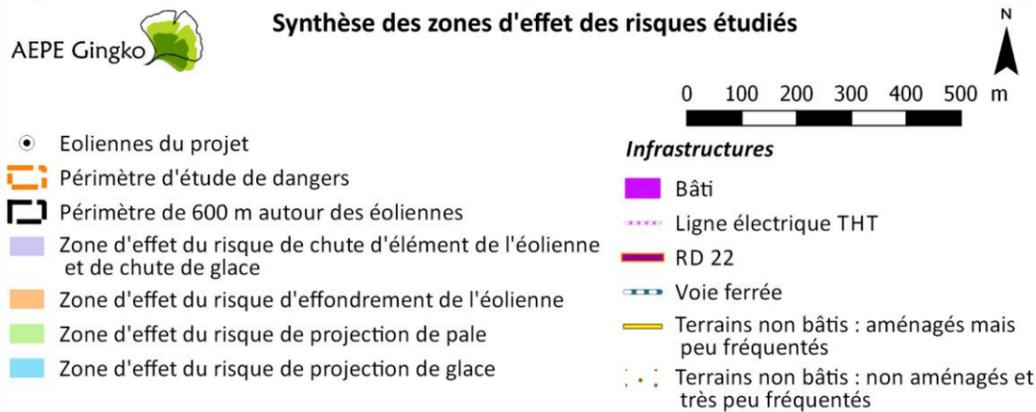
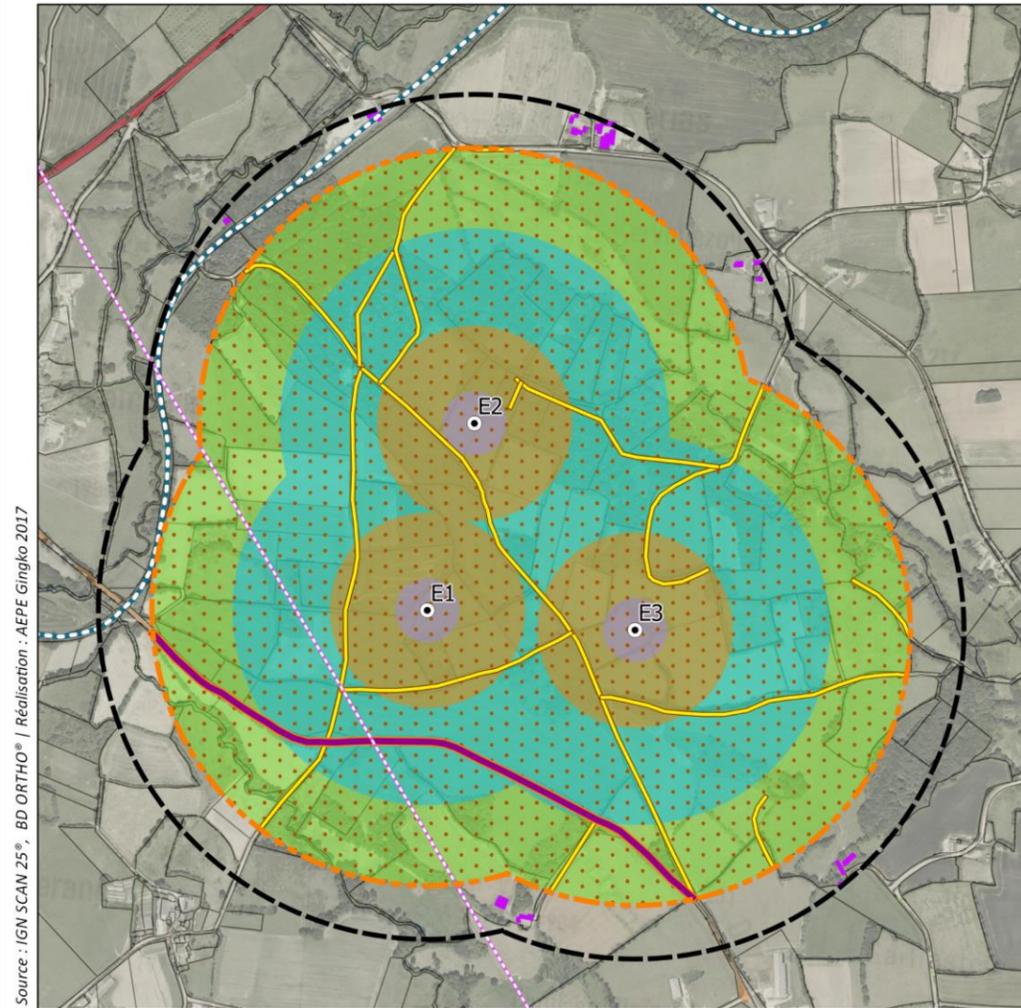
Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée qu'aucun scénario d'accident n'est jugé inacceptable.

- Quatre scénarios d'accident sont concernés par des risques très faibles (cases vertes) : il s'agit des risques : Effondrement de l'éolienne ; Chute d'élément de l'éolienne ; Projection de pales et fragments de pales, Projection de glace), ils ne nécessitent pas de mesures de maîtrise des risques.
- Un scénario d'accidents induit un risque faible (case jaune). Il s'agit des risques de chute de glace.

Chacun des risques est jugé acceptable. Pour ces accidents, il convient de souligner que les fonctions de sécurité détaillées dans la partie « VIII.4.Mesures de limitation des risques », seront mises en place.

IX.3.3. CARTOGRAPHIE DE SYNTHÈSE DES RISQUES

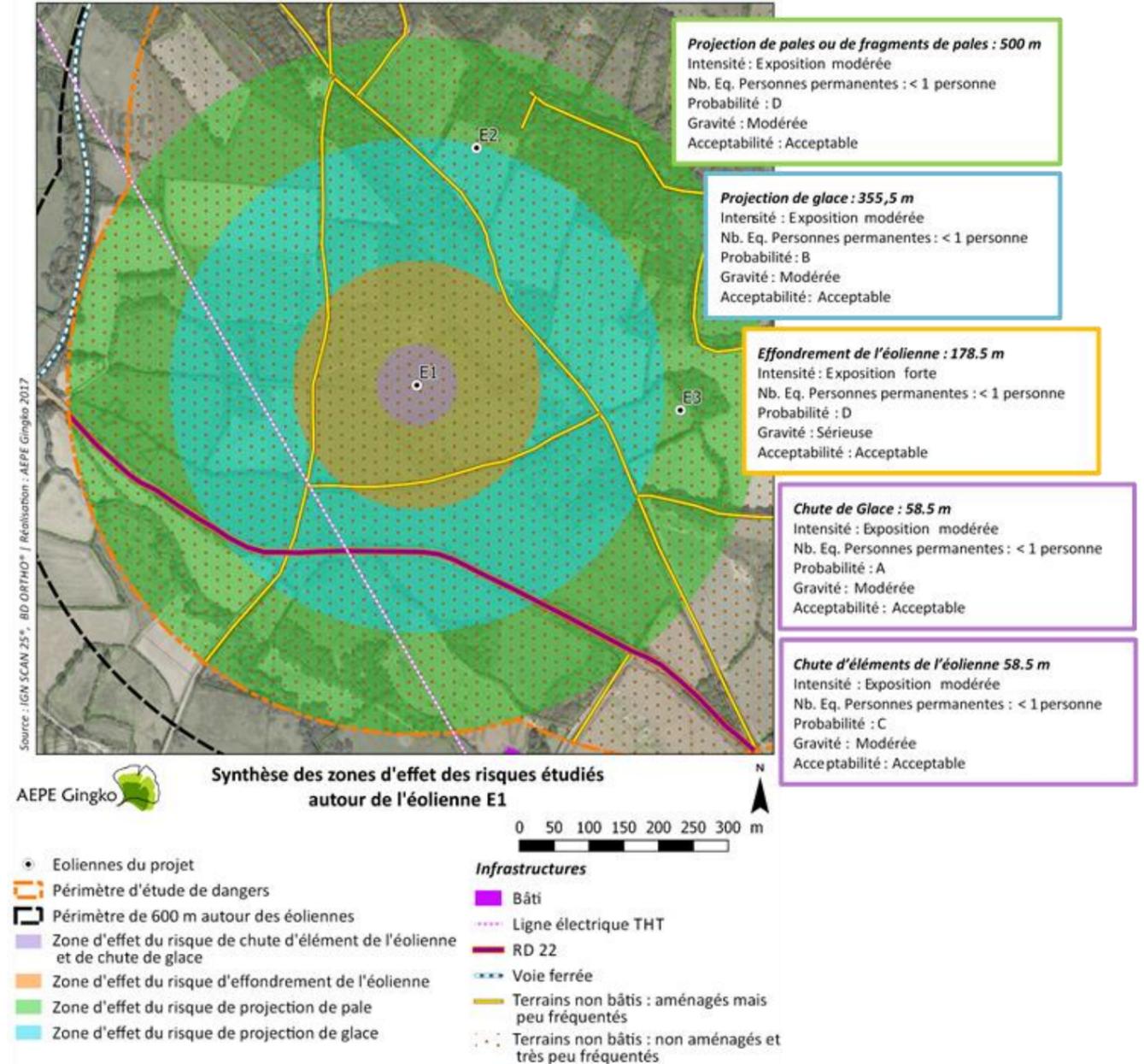
La carte ci-après permet de visualiser les zones d'effets des différents scénarios de risques envisagés pour le parc éolien de Bourbriac nord.



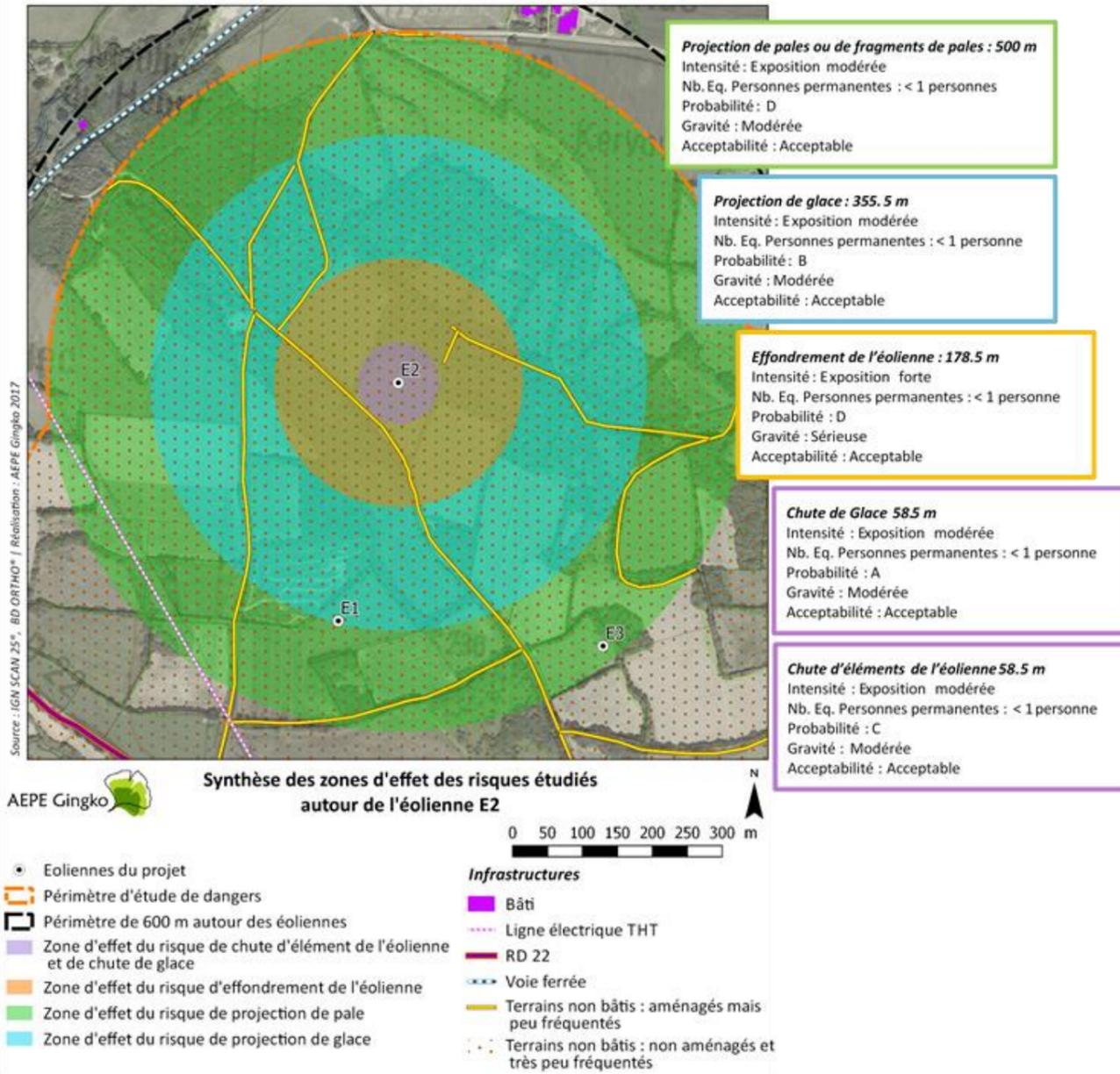
Carte 13 : les zones d'effets des différents risques étudiés

IX.3.4. CARTOGRAPHIES RECAPITULATIVES PAR EOLIENNE

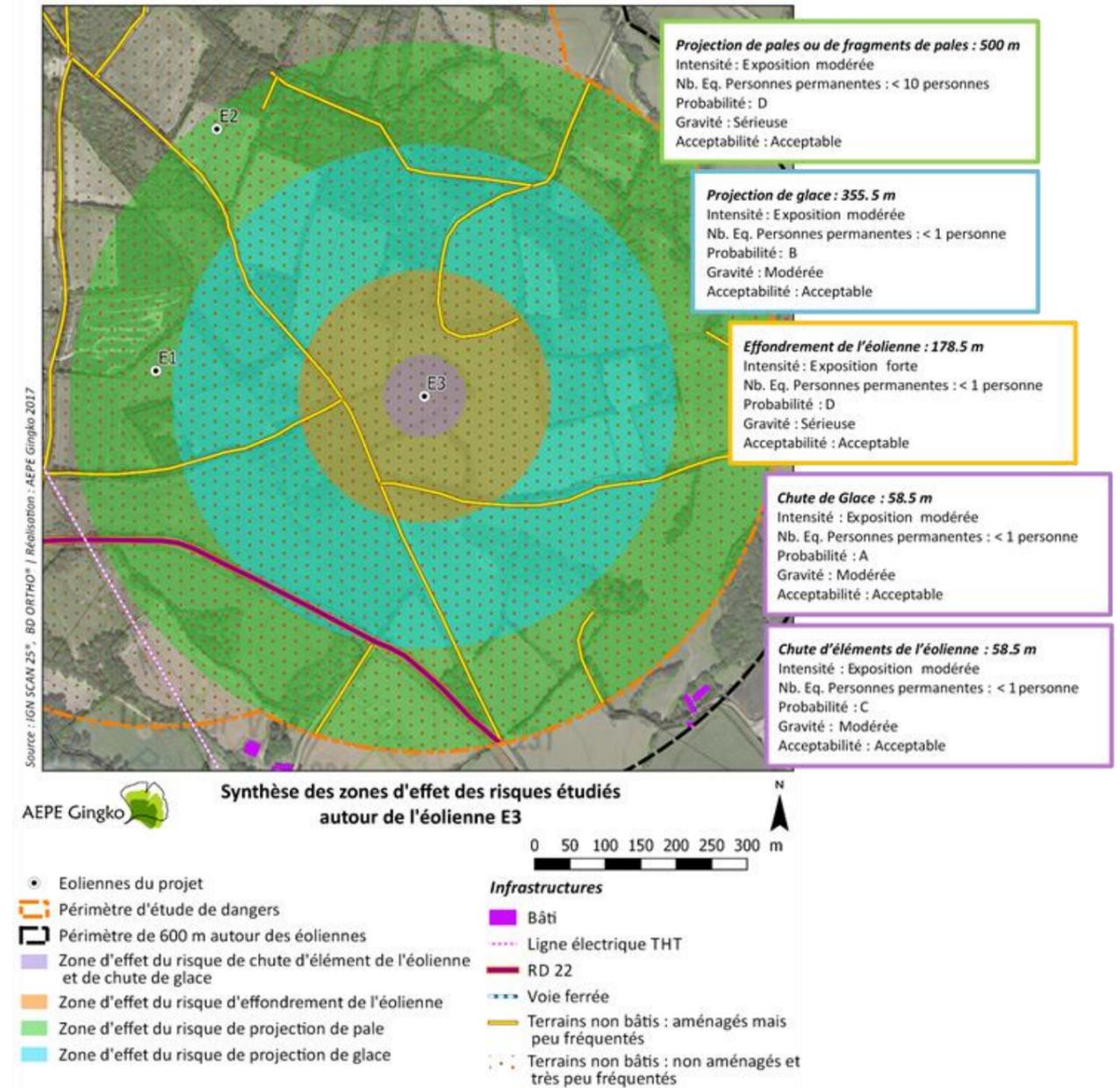
Les cartes ci-après permettent de visualiser plus précisément les zones d'effets et les risques liés aux différents scénarios de risques envisagés pour chaque éolienne du projet de Bourbriac nord.



Carte 14 : les zones d'effets des différents risques étudiés pour l'éolienne E1

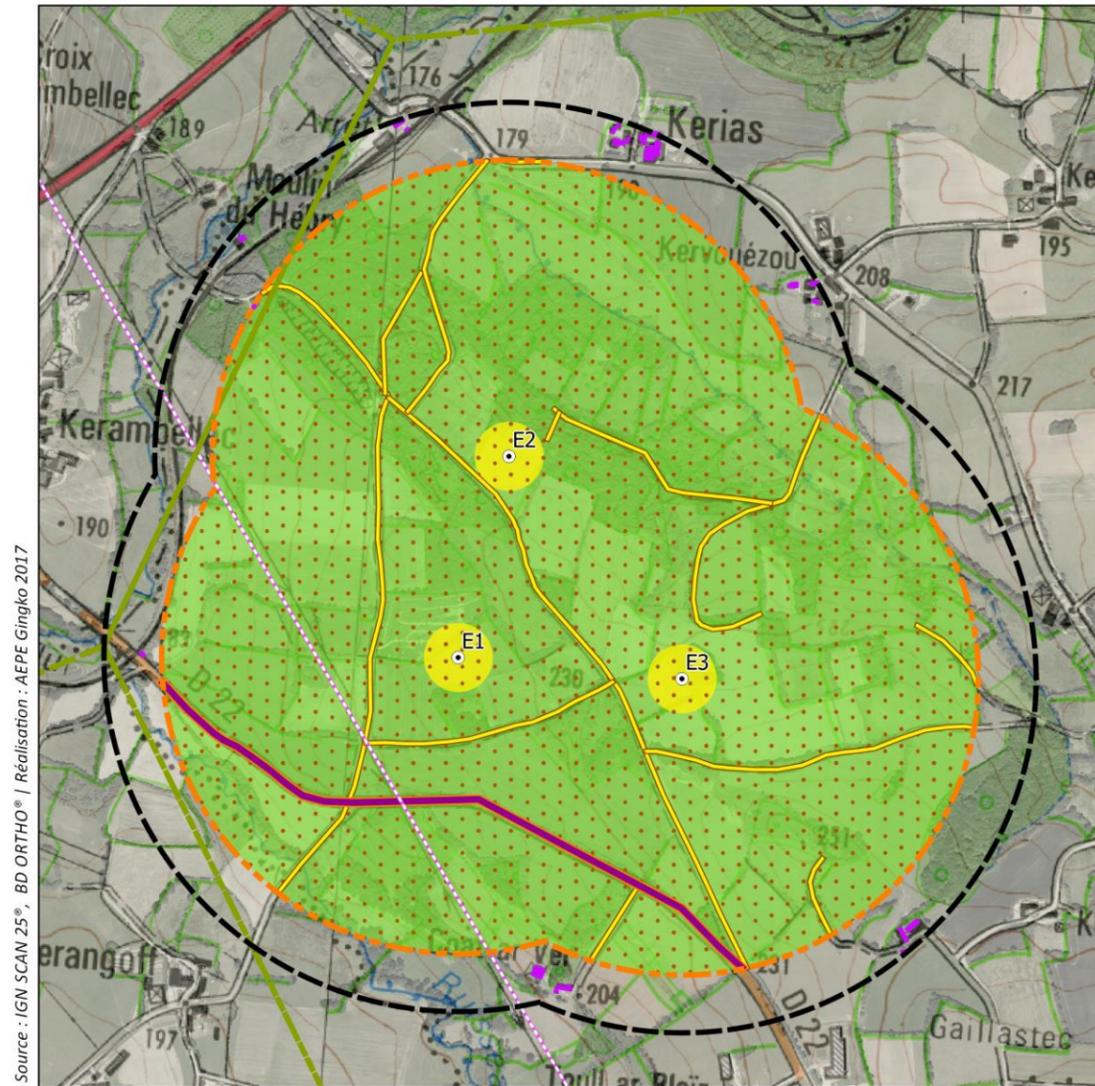


Carte 15 : les zones d'effets des différents risques étudiés pour l'éolienne E2

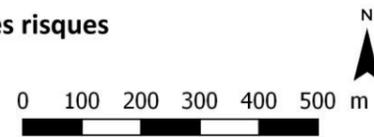


Carte 16 : les zones d'effets des différents risques étudiés pour l'éolienne E3

La carte ci-après permet quant à elle d'illustrer le niveau de risque calculé à partir des différents scénarios envisagés, sachant qu'aucun risque important n'a été recensé :



Synthèse de l'étude détaillée des risques



- Eoliennes du projet
 - ▭ Périmètre d'étude de dangers
 - ▭ Périmètre de 600 m autour des éoliennes
 - Risque très faible et acceptable
 - Risque faible et acceptable
- Infrastructures**
- Bâti
 - ⋯ Ligne électrique THT
 - RD 22
 - Terrains non bâtis : aménagés mais peu fréquentés
 - ⋯ Terrains non bâtis : non aménagés et très peu fréquentés

Carte 17 : les niveaux de risque au regard des scénarios étudiés

IX.4. MESURES DE LIMITATION DES RISQUES

Pour les scénarios d'accidents, dont le niveau de risque a été jugé comme faible, il convient de souligner que les fonctions de sécurité et de maîtrise des risques suivantes seront prises :

Cela concerne le risque de chute de glace.

IX.4.1. LIMITATION DU RISQUE LIÉ À L'EFFONDREMENT DE L'ÉOLIENNE

L'étude menée révèle que ce risque est très faible pour le projet de Bourbriac

Cela n'implique pas de mesure particulière autre que les mesures de sécurité mises en place, les tests réalisés et la maintenance préventive prévue. (Cf. VIII.6 Mise en place des mesures de sécurité, page 49 et suivantes).

IX.4.2. LIMITATION DU RISQUE LIÉ À LA CHUTE DE GLACE

Les mesures de maîtrise des risques, présentées dans le tableau ci-dessous, seront notamment prises dans le cadre de l'exploitation du parc éolien afin de limiter le risque de chute de glace.

Évènement initiateur	Évènement intermédiaire	N° fonction de sécurité	Description de la mesure de maîtrise de risque (MMR)
Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales	2	Panneautage en pied de projet Éloignement des zones habitées et fréquentées

Tableau 35 : Mesures de maîtrise du risque de chute de glace



Figure 13 : panneau de prévention des risques sur un parc éolien de P&T Technologie

IX.4.3. LIMITATION DU RISQUE LIÉ À LA CHUTE D'ÉLÉMENTS

Les mesures de maîtrise des risques, présentées dans le tableau ci-dessous, seront quant à elles prises dans le cadre de l'exploitation du parc éolien afin de limiter le risque de chute d'éléments.

Évènement initiateur	Évènement intermédiaire	N° fonction de sécurité	Description de la mesure de maîtrise de risque (MMR)
Fatigue	Chute de fragment de pale	9	Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides, joints, etc.) Procédures qualités
Serrage inapproprié Erreur de maintenance- desserrage	Chute de fragment de pale	10	Procédure maintenance
Erreur maintenance	Chute de trappe	10	Procédure maintenance
Défaillance fixation anémomètre	Chute anémomètre	10	Procédure maintenance
Serrage inappropriée – défaillance de la fixation des pales au moyeu	Chute de pale	10	Procédure maintenance

Évènement initiateur	Évènement intermédiaire	N° fonction de sécurité	Description de la mesure de maîtrise de risque (MMR)
Erreur maintenance – desserrage – défaillance de la fixation des pales au moyeu	Chute de fragment de pale	10	Procédure maintenance
Corrosion	Dommages sur les dispositifs de fixation des pales sur le moyeu, dommages sur la structure de la pale	/	Inspection régulière des brides de fixations et de la fixation des pales conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011
Foudre	Fragilisation de la pale	6	Mise à la terre et protection des éléments de l'aérogénérateur
Défaut de la pale	Fragilisation accrue de la pale	/	Inspection régulière des brides de fixations, des brides de mât, de la fixation des pales et contrôle visuel du mât conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011
Défaut fixation nacelle – pivot central - mât	Chute nacelle	/	Inspection régulière des brides de fixations, des brides de mât, de la fixation des pales et contrôle visuel du mât conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011

Tableau 36 : mesures de maîtrise du risque de chute d'éléments

IX.4.4. LIMITATION DU RISQUE DE PROJECTION DE PALES ET FRAGMENTS DE PALES

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. Trois scénarios favorisant ce risque sont identifiés :

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.

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.

Un facteur aggravant identifié est : l'infiltration d'eau et la formation de glace dans une fissure, les vents violents, l'emballement de l'éolienne.

→ Ainsi, un contrôle régulier du système d'arrêt automatique sera effectué. D'une manière générale, la maintenance préventive (inspections régulières des pales, réparations si nécessaire) permettra de se prémunir de ce risque.

Les fonctions de sécurité détaillées dans la partie « V.2.3 Sécurité de l'installation » seront mises en place.

IX.4.5. LIMITATION DU RISQUE LIÉ À LA PROJECTION DE GLACE.

L'étude menée révèle que ce risque est très faible pour le projet de Bourbriac

Cela n'implique pas de mesure particulière autre que les mesures de sécurité mises en place, les tests réalisés et la maintenance préventive prévue. (Cf. VIII.6 Mise en place des mesures de sécurité, page 49 et suivantes)

Ainsi aucun scénario ne présente de risque inacceptable.

IX.5. MOYENS DE SECOURS ET D'INTERVENTION

IX.5.1. MOYENS INTERNES

Des panneaux de signalisation rappelant les consignes de sécurité ainsi que les coordonnées des secours sont placés sur les voies d'accès au site ainsi qu'à l'entrée des différents équipements (mats des éoliennes et poste de livraison).

Un kit de premiers secours est disposé dans chacune des nacelles, ainsi qu'un extincteur. Un extincteur est également placé en pied de mât de chaque éolienne ainsi qu'au poste de livraison.

Le personnel est formé à l'utilisation des extincteurs.

IX.5.2. MOYENS EXTERNES

La caserne de pompiers la plus proche est le centre de secours de Bourbriac (22).



CIS Bourbriac

Rue Tournemine - 22390 BOURBRIAC

Tél. : 02.96.43.44.48

Fax : 02.96.43.49.92

IX.5.3. TRAITEMENT DE L'ALERTE

Les paramètres sont retransmis au centre de surveillance NORDEX en continu via le système SCADA en place sur le parc.

Les données d'exploitation et les messages d'état (anomalies, alertes...) sont par ailleurs conservés en copie sur le système implanté sur le parc sur une période de 20 ans. Les systèmes embarqués des éoliennes peuvent quant à eux conserver les derniers messages d'état horodatés sur 1 an.

Chaque message d'état est construit sous la forme « Type d'état : N° du code d'état : Message d'état ».

Par exemple, le message d'état « FM0 : WTG System ok » signifie « FirstMessage n°0 : éolienne en fonctionnement ok ».

- Tous les messages sont envoyés au centre de surveillance NORDEX en moins d'une minute.
- Les messages d'alerte tels que définis par l'article 23 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 sont envoyés en moins d'une minute à l'Exploitant qui est à même de contacter les services d'urgence dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'installation.

X. CONCLUSION DE L'ÉTUDE DE DANGERS

L'analyse préalable des enjeux a permis de montrer que la majorité de la zone d'étude de dangers concerne des « terrains non aménagés et très peu fréquentés ».

La RD 22 accueillant un trafic journalier < 2000 vh/j, les voies communales et les chemins d'exploitation du site ont été considérés comme des « terrains aménagés et peu fréquentés ».

Par ailleurs aucun bâtiment à usage d'habitation, professionnel ou industriel n'est présent au sein du périmètre d'étude de dangers.

Afin d'évaluer les risques induits par le parc éolien de Bourbriac, cinq scénarios ont été envisagés. Ils concernent tous les 3 éoliennes constituant le parc éolien.

Sur ces cinq scénarii, quatre présentent un risque très faible (acceptable) :

- L'effondrement de l'éolienne ;
- La projection d'une pale ou d'un fragment de pale ;
- La projection de glace.
- La chute d'éléments de l'éolienne ;

Un scénario présente un risque faible (acceptable) et fait l'objet de mesures de maîtrise des risques détaillée dans la présente étude :

- La chute de glace ;

Ainsi, **aucun risque inacceptable** n'a été recensé à l'issue de cette étude.

XI. RACCORDEMENT ELECTRIQUE : DEMANDE D'APPROBATION

Cette partie constitue la demande d'approbation du projet d'ouvrage de la ligne électrique souterraine (20 kV) et du poste de livraison du parc de Bourbriac, au titre de l'article R-232-40 du code de l'énergie.

XI.1. PRESENTATION GENERALE DU PROJET

MAITRE D'OUVRAGE

Adresse du Siège

Parc éolien Bourbriac SAS

Val d'Orson – Rue du Pré Long

35700 VERN-SUR-SEICHE

Adresse de l'installation

Parc éolien Bourbriac

Les Landes

22 390 BOURBRIAC

DESIGNATION DE L'OUVRAGE

Le projet est constitué de canalisations souterraines (liaisons HTA et fibre optique) reliant 3 aérogénérateurs entre eux et leurs raccordements au poste de livraison.

Ce projet rentre dans l'aménagement d'un parc éolien pour la production d'électricité sur la commune de Bourbriac.

Le parc éolien sera constitué de 3 éoliennes de type Nordex N117. Elles sont construites avec une tour de 120 m de hauteur de moyeu. Le dispositif possède 3 pales de rotor formant un diamètre de 117 m.

BUT DES INSTALLATIONS

Les lignes HTA 20 000 Volts projetées sont destinées à acheminer l'énergie électrique produite par les éoliennes vers le poste de livraison raccordé au réseau public de distribution.

RAPPEL REGLEMENTAIRE

Parc éolien Bourbriac SAS est soumis à l'approbation du projet d'ouvrage pour le réseau de câbles inter-éoliennes et le poste de livraison en application de l'article R. 323-40 du code de l'énergie. Il répond aux dispositions des articles R. 323-26, R. 323-27, R. 323-28, R.323-29, R. 323-30 à R. 323-35, R. 323-38, R. 323-39 et R. 323-43 à R. 323-48.

XI.2. THEMATIQUES ETUDIEES A L'ETAT INITIAL DE L'ETUDE D'IMPACT

Ce tableau fait référence aux numéros de pages et titres de parties de la pièce 5 d'étude d'impact traitant des thématiques ci-dessous.

Informations	Pièce 5-b Étude d'impact : État initial PARTIE 3	Étude d'impact : État final : PARTIE 5	Résumé mon technique
Relief - hydrographie	XII- Le milieu physique XII.3 La Topographie, XII.4 L'hydrologie	XXI.2. Les incidences sur la géologie et les sols XXI.3. Les incidences sur l'hydrographie	III.3. Étude des variantes : Tableau général de comparaison des variantes V. Incidences et mesures du projet Bourbriac nord
Faune - Flore	IX- Le milieu naturel	XXII. Les incidences sur le milieu naturel	
Patrimoine	XVI-L'analyse patrimoniale	XXVII. L'analyse des incidences du projet sur le patrimoine	
Urbanisme	XIV- Le contexte humain XIV.7 Les documents d'urbanisme	XXIII.4. Les incidences sur les activités XXIII.6. La compatibilité avec les documents d'urbanisme, plans et programmes	
Servitudes	X- Le contexte humain XIV.8. Les servitudes et contraintes techniques	XXIII.8. Les incidences sur les contraintes et servitudes techniques	
Activité agricole		XXIII.4. Les incidences sur les activités	

Bruit	XIV.9. L'ambiance phonique	XXIII.7. Les incidences sur l'environnement sonore : analyse prévisionnelle	
Paysage	XV. Le paysage	XXV. Les incidences sur le paysage	
SYNTHESE	XVII. Synthèse globale des enjeux de l'état initial	Conclusion de l'étude d'impact	VI. Conclusion de l'étude d'impact

XI.3. DESCRIPTION TECHNIQUE DES OUVRAGES ELECTRIQUES ET DU POSTE DE LIVRAISON (OUVRAGES PRIVES)

GENERALITES

Système de distribution principal



- Réseau souterrain ;
- Réseau HTA et fibre optique ;
- 2^{ème} Catégorie ;
- Tension de service : 20 000 V ;
- longueur électrique et géographique

Câble	Sous voies publiques (m)	Sous voies privées (m)	En domaine privé (autre que voie) (m)	Total (m)
Longueur électrique		476	791	1267
Longueur géographique		476	711	1187

Description du système de distribution :

1°) - Définition du système et description générale de la distribution	Raccordement de l'éolienne E1 sur le poste de livraison Raccordement de l'éolienne E2 sur le l'éolienne E3 Raccordement de l'éolienne E3 sur l'éolienne E1
2°) - Caractéristique maximales de l'ouvrage	Tension de service 20 000 V
3) - Transformateurs, emplacement, puissance	Transformateurs de puissance nominale de 4100 kVA situés au sein des éoliennes en pied de machine
4) - Poste de livraison	Poste béton de 9 MW

Renseignements sur la distribution :

La distribution décrite ci-dessous est basée sur le système de distribution principal.

Tronçon	Longueur électrique du tronçon	Commune	Voies publiques empruntées (Désignation de la voie)	Voies privées empruntées (section et numéros)	Domaines privés empruntés (section et numéros)	Observations
PDL - E1	184 ml en 240 mm² AL	Bourbriac			ZA 78	En plein champ
					ZA 79	En plein champ
E1 – E3	486 ml en 240 mm² AL	Bourbriac			ZA 79	En plein champ
					ZA 76	En plein champ
				Chemin d'Exploitation n°9 (ZA 74)		En accotement du chemin
				Chemin d'Exploitation n°8 (ZA 71)		En traversée du chemin
					ZA 41	En plein champ
E3 – E2	597 ml en 150 mm² AL	Bourbriac			ZA 41	En plein champ
				Chemin d'Exploitation n°8 (ZA 71)		En accotement de voirie
					ZA 6	En plein champ
					ZA 5	En plein champ

→ L'attestation de maîtrise foncière pour la demande d'approbation : câbles électriques est consultable en annexe 9 de la présente pièce.

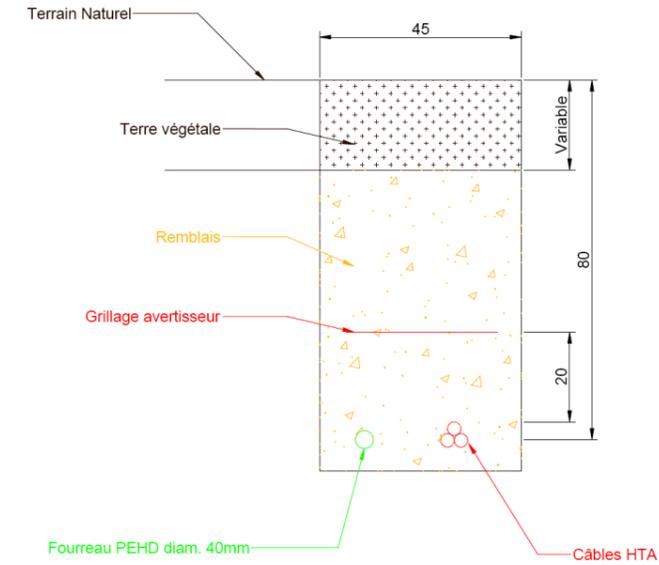
XI.3.2. LE CABLE / LES CABLES

Les câbles correspondront à la Norme NF C33 226.

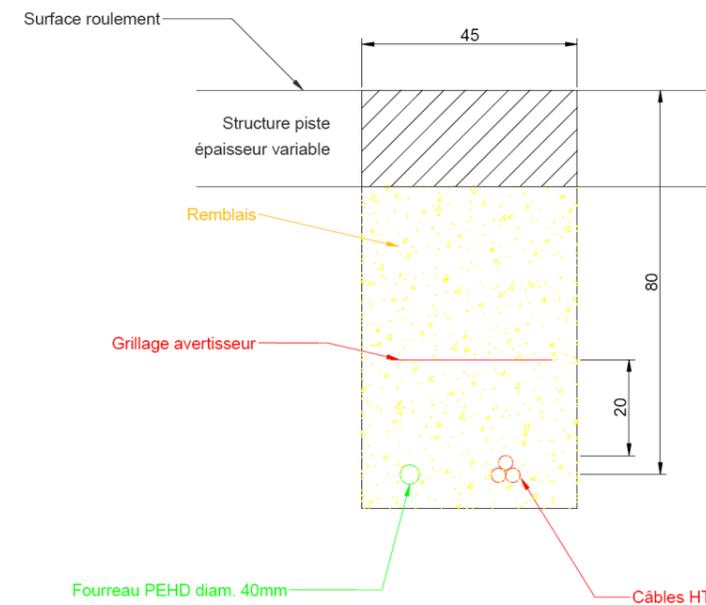
Une fiche technique des câbles est jointe au dossier en annexe 8 de la présente pièce.

Selon l'environnement rencontré, les câbles seront posés de la façon suivante :

Tranchée en pleine terre



Tranchée sous voirie (accotement et traversée)



XI.3.3. LE POSTE DE LIVRAISON

Poste de livraison

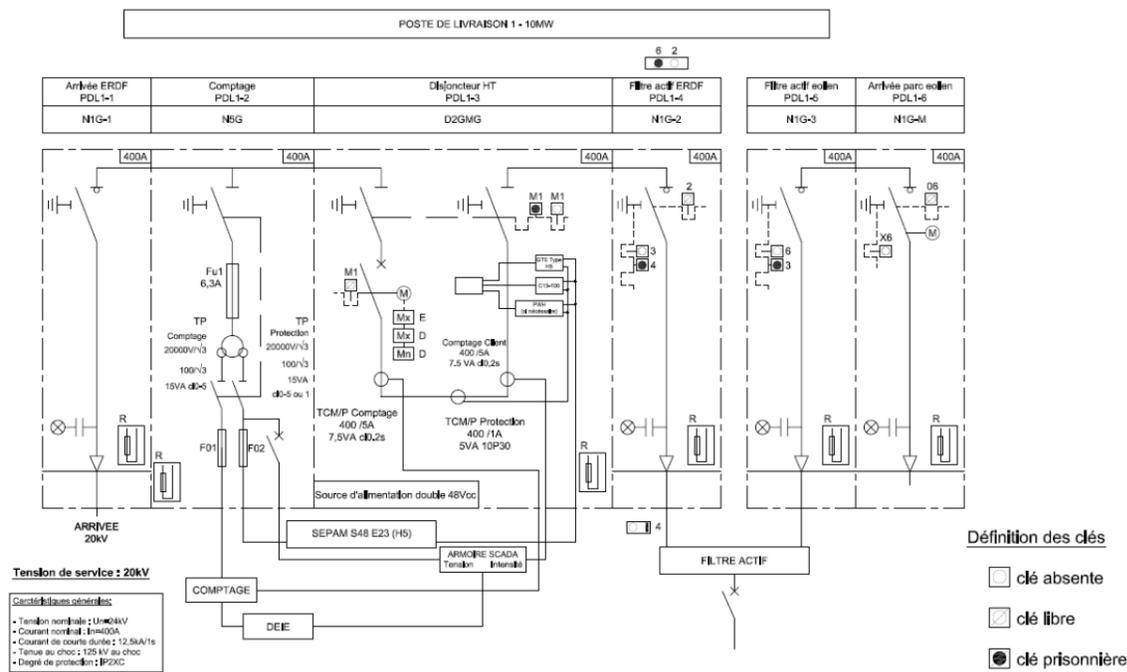
Le poste de livraison sera implanté sur la parcelle n° 78-section ZA de Bourbriac, à proximité de la parcelle n° 80 - section ZA et du chemin d'exploitation n°10, sur laquelle sera aussi installée l'éolienne n° 1.

La construction se situera à 3.30m de la limite cadastrale avec le chemin d'exploitation n°10 et à une distance de 5,50m depuis la limite Nord de la parcelle n°78 Section ZA.

L'accès au poste se fera depuis le chemin d'exploitation n°10. Un empiérement stabilisé sera créé avec la réalisation d'un busage au niveau du fossé existant.

L'aménagement empiérré, donnant sur la façade sud du Poste de Livraison, et utilisé pour l'accès à l'éolienne n°1, servira aussi de stationnement pour la maintenance du PDL.

Exemple de synoptique



XI.4. ENGAGEMENT DU PORTEUR DE PROJET

XI.4.1. RESPECT DES REGLES DE L'ART

Les installations seront exécutées conformément aux dispositions des articles L.323-12, R.323-23 et D323-24 du Code de l'Énergie et selon les règles de l'art. Elles répondront aux prescriptions du dernier Arrêté Interministériel connu déterminant les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les lignes d'énergie électrique. (Arrêté du 17 mai 2001 modifié par l'arrêté du 26 avril 2002 et celui du 10 mai 2006).

XI.4.2. CONTROLE TECHNIQUE DES TRAVAUX

Le porteur de projet s'engage à diligenter un contrôle technique en application des articles L.323-11 à L.323-13 et R.323-30 à R.323-32 du code de l'énergie.

XI.4.3. INFORMATION DU GESTIONNAIRE DU RESEAU PUBLIC

Conformément à l'article R.323-29 du Code de l'Énergie, le porteur de projet s'engage à transmettre au gestionnaire du réseau public de distribution d'électricité (ERDF) les informations permettant à ce dernier d'enregistrer la présence des ouvrages privés dans son SIG des ouvrages. Cette transmission respectera en outre les dispositions de l'arrêté du 11 mars 2016 précisant la liste des informations devant être enregistrées dans le système d'information géographique d'un gestionnaire de réseau public d'électricité.

XI.4.4. INFORMATION AUPRES DE L'INERIS

Le porteur de projet atteste s'être fait connaître auprès de l'INERIS qui gère le « guichet unique » en application des dispositions des articles L.554-1 à L.554-4 et R.554-1 et suivants du code de l'environnement qui sont relatives à la sécurité des travaux souterrains, aériens ou subaquatiques de transport et de distribution.

XI.5. TABLEAU BILAN DT/DICT

Exploitant	Contact	Date de la demande	Date de la réponse	Commentaires
Bureau d'études Service DT-DICT SDE 53 BD Carnot 22000 SAINT-BRIEUC	bureau.etudes@sde22.fr Tel: 0296012020 Fax: 0296781667 Urgence: 0296012020 Endommagement: 0296425525	Demande : Reçue le 17/03/17 DT (NR)149979 157	Réponse : Reçu le 23/03/17	Non concerné : Pas d'ouvrage
ENEDIS-DRBZH-DT-DICT BRETAGNE Pôle DT DICT Bretagne 64 BOULEVARD VOLTAIRE 35000 RENNES	6031802.ERDFNAT@demat .protys.fr Tel: 0299035587 Fax: 0344625437 Urgence: 0181624701 Endommagement: 0176614701	Demande : Reçue le 17/03/17 DT (NR)149979 159	Réponse : Reçu le 28/03/17 Relance DT : Reçue le 27/03/17	Commentaires: Des branchement sans affleurant ou (et) aérosouterrain sont susceptibles d'être dans l'emprise TVX Vous devrez avant le début des travaux évaluer les distances d'approches au réseau
ORANGE - Q2 BRETAGNE TSA 40111 69949 LYON CEDEX 20	FT44Q2.FTO@demat.pro tys .fr Tel: 0228563535 Fax: 0251831420 Urgence: 0228563535 Endommagement: 0810300111	Demande : Reçue le 17/03/17 DT (NR)149979 161	Réponse : Reçu le 23/03/17	Concerné : Présence d'ouvrage: TL Recommandations: PRESENCE LIAISON A FORT TRAFIC
SAUR GRAND OUEST SAUR COTES D'ARMOR 21, rue Anita Conti CS 80190 56005 VANNES	saur_go_cda@in.sogelin k.fr Tel: 0297627202 Fax: 0297545260 Endommagement: 0222064509	Demande : Reçue le 17/03/17 DT (NR)149979 164	Réponse : Reçu le 23/03/17	Concerné : Présence d'ouvrage: EA Recommandations: POUR UN RDV SUR LE SITE , LA DEMANDE DOIT ETRE FAITE PAR MAIL A L'ADRESSE : rdvsite.ouest@saur.com AVEC MINIMUM 10 JOURS DE PREAVIS
RTE GMR BRETAGNE Zone de Kourvois Sud	Philippe COZIC 02 98 66 60 61	Demande recue le 22/11/2016	Réponse : Reçu le 13/12/2016	Concerné : Distance de sécurité à respecter : Hauteur bout de pale de l'éolienne + 20 mètres

Exploitant	Contact	Date de la demande	Date de la réponse	Commentaires
Ergue Gaberic – CS 15032 29556 QUIMPER Cedex 9	rte-cm-nts-gmr-bre- environnement@rte- france.com			

XII. LES ANNEXES

Sommaire des annexes

Annexe 1 - Bibliographie et références utilisées (EDD)	86
Annexe 2 - Accidentologie (au 01/03/2017)	87
Annexe 3 - Recensement ARIA des accidents survenus en France au 01/03/2017	93
Annexe 4 - Recensement ARIA des accidents liés aux parc éoliens survenus en région Bretagne (EDD).....	98
Annexe 5 - Détail des scénarii génériques d'accidents possibles (EDD)	101
Annexe 6 - Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne (EDD).....	104
Annexe 7 - Glossaire des mots utilisés dans l'étude de dangers (EDD)	105
Annexe 8 - Spécifications relatives aux câbles	107
Annexe 9 - Attestation de maîtrise foncière pour la demande d'approbation : câbles électriques.....	112

Annexe 1 - Bibliographie et références utilisées (EDD)

- [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

Annexe 2 - Accidentologie (au 01/03/2017)

- Le tableau ci-dessous a été établi par le groupe de travail constitué pour la réalisation du guide de l'étude de dangers. Il recense l'ensemble des accidents et incidents connus en France concernant la filière éolienne entre 2000 et fin 2011. L'analyse de ces données est présentée dans la partie VI. de la trame type de l'étude de dangers. Il a par la suite été complété par les événements récents recensés sur le site Aria.

Type d'accident	Date	Nom du parc / lieu	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Effondrement	Novembre 2000	Port la Nouvelle	Aude	0,5	1993	Non	Le mât d'une éolienne s'est plié lors d'une tempête suite à la perte d'une pale (coupure courant prolongée pendant 4 jours suite à la tempête)	Tempête avec foudre répétée	Rapport du CGM Site Vent de Colère	-
Rupture de pale	2001	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pales en bois (avec inserts)	?	Site Vent de Colère	Information peu précise
Effondrement	01/02/2002	Wormhout	Nord	0,4	1997	Non	Bris d'hélice et mât plié	Tempête	Rapport du CGM Site Vent du Bocage	-
Maintenance	01/07/2002	Port la Nouvelle – Sigean	Aude	0,66	2000	Oui	Grave électrisation avec brûlures d'un technicien	Lors de mesures pour caractériser la partie haute d'un transformateur 690V/20kV en tension. Le mètre utilisé par la victime, déroulé sur 1,46m, s'est soudainement plié et est entré dans la zone du transformateur, créant un arc électrique.	Rapport du CGM	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Effondrement	28/12/2002	Névian - Grande Garrigue	Aude	0,85	2002	Oui	Effondrement d'une éolienne suite au dysfonctionnement du système de freinage	Tempête + dysfonctionnement du système de freinage	Rapport du CGM Site Vent de Colère Article de presse (Midi Libre)	-
Rupture de pale	25/02/2002	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pale en bois (avec inserts) sur une éolienne bipale	Tempête	Article de presse (La Dépêche du 26/03/2003)	Information peu précise
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)	-

Type d'accident	Date	Nom du parc / lieu	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	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
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)

Type d'accident	Date	Nom du parc / lieu	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	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	-
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	-

Type d'accident	Date	Nom du parc / lieu	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	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
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)

Type d'accident	Date	Nom du parc / lieu	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Rupture de pale	05/01/2012	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	-
Oscillation anormale	18/05/2012	Fresnay-L'evêque	Eure-et-Loir	52 MW (26 éoliennes)	2008	/	Arrêt d'une éolienne dû à une oscillation anormale. 5h plus tard, chute d'une pale et du roulement.	Corrosion dues aux conditions de stockage de pièces constitutives du roulement	Aria	/
Chute éolienne (30 m)	30/05/2012	Port-la-Nouvelle	Aude	200 kW	1991	Non (ancien)	Chute du mât treillis d'une éolienne ancienne suite à des rafales de vent à 130 km/h.	Tempête (rafales de vent)	Aria	/
Projection d'élément d'une pale.	01/11/2012	Vieillespesse	Cantal	2,5 MW	2011	/	Projection d'un morceau de pale à 70 m du mât.	inconnu	Aria	/
Incendie, et chute de pale	05/11/2012	Sigean	Aude	660 kW / éolienne	Non connue	/	Incendie et chute de pale des suites de l'incendie. Perte des dispositifs de pilotage, et du système de freinage.	Problème de disjoncteur, court-circuit ayant entraîné un incendie	Aria	/
Chute d'une pale	06/03/2013	Conilhac-de-la-Montagne	Aude	Non connue	Non connue	/	Chute de pale consécutive à un défaut de vibration.	Défaut de vibration...	Aria	/
Incendie de la nacelle et chute de pale	17/03/2013	Euvy	Marne	18 éoliennes	Non connue	/	Incendie suite à défaillance électrique et chute de pale.	Défaillance électrique	Aria	/
Incendie	29/01/2015	Remigny	Aine	Non connue	Non connue	/	Incendie suite à un arc électrique.	Arc électrique entre deux phases.	Aria	/
Incendie	06/02/2015	Lusseray	Deux-Sèvres	Non connue	Non connue	/	Incendie d'une armoire électrique, maîtrisé à l'aide d'extincteurs	Inconue	Aria	/

Type d'accident	Date	Nom du parc / lieu	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	24/05/2015	Santilly	Eure-et-Loir	Non connue	Non connue	/	Incendie d'une éolienne ; Le foyer brule sous surveillance.	Inconue	Aria	/
Chute du rotor et de 3 pales	10/11/2015	Menil-la-Horgne	Meuse	/	/	/	Chute au sol du rotor et des 3 pales. Débris disséminés sur 4000 m ²	Défaillance de l'arbre lent due à un défaut de fabrication de la pièce. Cela a conduit à la rupture de la pièce par fatigue.	Aria	Débris disséminés sur 4000 m ²
Chute après défaillance de l'érofrein	07/02/2016	Conilhac-Corbières	Aude	/	/	/	Chute au sol de l'aérofrein d'une pale après rupture.	Rupture d'un point d'attache du système mécanique de commande de l'aérofrein.	Aria	Informations peu précises sur la technologie défaillante
Rupture et chute de pale	08/02/2016	Dineault	Finistère	1,2 MW	1999	Non	Tempête 160km/h. Chute d'une pale au sol, déchirement d'une pale retrouvée à 40 m au pied du mât.	Tempête	Aria	Non utilisable, gabarits différents. L'accident est survenu sur une éolienne de 29 m de hauteur.
Rupture et chute de pale	07/03/2016	Calanhel	Côtes-d'armor	/	/	/	Rupture d'une pale et chute à 5 m du pied de l'éolienne	Défaillance du système d'orientation de la pale	Aria	/
Ecoulement d'huile	28/05/2016	Janville	28	/	/	/	Écoulement d'huile, récupéré	Défaillance raccord circuit refroidissement	Aria	/
Incendie du rotor	10/08/2016	Hescamps	80	/	/	/	Incendie (départ de feu dans la nacelle), maîtrisé par un technicien	Défaillance électrique	Aria	/
Incendie partie haute	18/08/2016	Dargies	60	/	/	/	Éolienne arrêtée, suivi d'un incendie maîtrisé par les pompiers	Défaillance électrique au niveau de l'armoire électrique ou le pupitre de commande	Aria	/
Électrisation d'un technicien	14/09/2016	Les Grandes-Chapelles	10 Aube	/	/	/	Un technicien est électrisé lors d'une intervention à l'intérieur de l'éolienne	/	Aria	/

Annexe 3 - Recensement ARIA des accidents survenus en France au 01/03/2017

MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE
DIRECTION GÉNÉRALE DE LA PRÉVENTION DES RISQUES
SRT / BARPI

Résultats de recherche d'accidents sur
www.aria.developpement-durable.gouv.fr

La base de données ARIA, exploitée par le ministère du développement durable, recense essentiellement les événements accidentels qui ont, ou qui auraient pu porter atteinte à la santé ou la sécurité publiques, l'agriculture, la nature et l'environnement. Pour l'essentiel, ces événements résultent de l'activité d'usines, ateliers, dépôts, chantiers, élevages,... classés au titre de la législation relative aux Installations Classées, ainsi que du transport de matières dangereuses. Le recensement et l'analyse de ces accidents et incidents, français ou étrangers sont organisés depuis 1992. Ce recensement qui dépend largement des sources d'informations publiques et privées, n'est pas exhaustif. La liste des événements accidentels présentés ci-après ne constitue qu'une sélection de cas illustratifs. Malgré tout le soin apporté à la réalisation de cette synthèse, il est possible que quelques inexactitudes persistent dans les éléments présentés. Merci au lecteur de bien vouloir signaler toute anomalie éventuelle avec mention des sources d'information à l'adresse suivante :
BARPI – DREAL RHONE ALPES 69509 CEDEX 03 / Mel : srt.barpi@developpement-durable.gouv.fr

Nombre d'accidents répertoriés :50 - 01/03/2017

Liste de(s) critère(s) de la recherche

- Date et Lieu : FRANCE
- Résumé : recherche.typeRecherche.tous.mots éolien

- N°48588 - 14/09/2016 - FRANCE - 10 - LES GRANDES-CHAPELLES**
D35.11 - Production d'électricité
Vers 15 h, un employé est électrisé alors qu'il intervient dans le nez d'une éolienne. Les pompiers spécialisés dans les interventions en hauteur évacuent la victime consciente.
- N°48471 - 18/08/2016 - FRANCE - 60 - DARGIES**
D35.11 - Production d'électricité
Un technicien de maintenance d'un parc éolien constate vers 9 h qu'une éolienne ne tourne plus. Il découvre que de la fumée s'échappe de la tête de l'éolienne, à 80 m de haut. Des pompiers spécialisés dans les interventions en milieu périlleux effectuent une reconnaissance en partie haute de la machine. Ils ouvrent une trappe de ventilation. Une défaillance électrique serait à l'origine de l'incendie. L'armoire électrique ou le pupitre de commande en serait le point de départ.
- N°48426 - 10/08/2016 - FRANCE - 80 - HESCAMPS**
D35.11 - Production d'électricité
Vers 15 h, un feu se déclare dans la partie haute d'une éolienne, au niveau du rotor. Un technicien maîtrise l'incendie avant l'arrivée des pompiers. Il redescend seul les 70 m de l'échelle intérieure de l'éolienne. Il est légèrement intoxiqué par les fumées. Les pompiers contrôlent l'extinction complète et procèdent à la ventilation. Une défaillance électrique serait à l'origine du départ de feu.
- N°48264 - 28/05/2016 - FRANCE - 28 - JANVILLE**
D35.11 - Production d'électricité
A 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.
- N°47763 - 07/03/2016 - FRANCE - 22 - CALANHEL**
D35.11 - Production d'électricité
Vers 18 h, une des pales d'une éolienne se rompt et chute à 5 m du pied du mât. La turbine s'arrête automatiquement. L'exploitant est alerté par un agriculteur. Un intervenant se rend sur place et constate les dégâts. Le mât est endommagé dans sa partie haute, causé par un choc avec la pale, sans présenter de risque de chute. Il balise la zone pour prévenir des chutes possibles d'éléments du rotor, 8 autres turbines du parc sont mises à l'arrêt. Les 2 dernières, ayant fait l'objet d'une révision intégrale récente, sont maintenues en fonctionnement. Le lendemain, le site est sécurisé. La pale est déplacée, en dehors de la zone de culture. Les gros débris composés de matériaux composites et d'éléments mécaniques métalliques, projetés sur 50 m, sont regroupés pour expertise. La totalité des 54 billes de roulement est récupérée. Les débris de petite taille ne pouvant être retirés intégralement, les exploitants des parcelles agricoles concernées sont informés. La zone d'entreposage est balisée. A l'origine, une rupture du système d'orientation. L'inspection des éléments mécaniques au sol et du rotor permet d'envisager une défaillance du système d'orientation de la pale. Celle-ci aurait entraîné la rupture de la couronne extérieure du roulement à bille puis la libération de la couronne intérieure solidaire de la pale. L'éolienne avait fait l'objet d'une maintenance complète en septembre 2015. Son roulement ne présentait pas d'usure anormale. Cependant, une série d'alarmes était survenue le matin de l'événement. Une panne sur un groupe hydraulique avait nécessité l'intervention des équipes de maintenance. Après réparation, l'éolienne avait été redémarrée vers 14 h. L'exploitant prend les mesures immédiates suivantes :
démantèlement de l'éolienne impactée ;réalisation d'un protocole de contrôle, par le fabricant, du roulement et de la boulonnerie de toutes les pales avant redémarrage des unités arrêtées ;inhibition du réarmement automatique de la turbine sur apparition d'une alarme de dysfonctionnement du système d'orientation des pales ;limitation de la puissance produite à 650 kW (au lieu de 800 kW) pour une période d'observation de 7 jours.
- N°47680 - 08/02/2016 - FRANCE - 29 - DINEAULT**
D35.11 - Production d'électricité
Lors d'une tempête, des vents à 160 km/h endommagent une éolienne : une pale chute au sol, une autre se déchire. La pale rompue est retrouvée à 40 m du pied du mat. Dans les 2 cas, les manchons des pales sont restés arrimés au moyeu. L'exploitant met en sécurité les 4 éoliennes du parc. Les secours établissent un périmètre de sécurité de 350 m. L'éolienne, de 29 m de hauteur, datait de 1999 (puissance unitaire de 300 kW).

Ministère du développement durable - DGPR / SRT / BARPI - Page 2

Nombre d'accidents répertoriés :50 - 01/03/2017

	<p>N°47675 - 07/02/2016 - FRANCE - 11 - CONILHAC-CORBIERES <i>D35.11 - Production d'électricité</i> Vers 11h30, l'aérofrein d'une des 3 pales d'une éolienne se rompt et chute au sol. L'exploitant procède à l'arrêt de l'ensemble du parc éolien à distance. Les secours sécurisent les lieux. Les premières investigations indiqueraient qu'un point d'attache du système mécanique de commande de l'aérofrein (système à câble) se serait rompu, ce qui aurait actionné l'ouverture de l'aérofrein. Du fait des fortes charges présentes sur le rotor, l'axe en carbone qui maintient l'aérofrein à la pale et/ou le point d'ancrage de cet axe, se serait alors rompu. Une campagne de contrôle des pales, aérofreins et de la chaîne de sécurité de chaque éolienne est réalisée.</p>
	<p>N°47377 - 10/11/2015 - FRANCE - 55 - MENIL-LA-HORGNE <i>D35.11 - Production d'électricité</i> Vers 22h30, les 3 pales et le rotor d'une éolienne, dont la nacelle se situe à 85 m de haut, chutent au sol. Le transformateur électrique, à son pied, est endommagé. De l'huile s'en écoule mais reste confinée dans la rétention. Le centre de supervision à distance du parc constate la perte de communication avec l'éolienne. Il la découple du réseau. Le lendemain, les agents de maintenance constatent sur place la rupture du rotor. Ils sécurisent la zone. Les 6 autres éoliennes du parc sont mises à l'arrêt. Les débris, disséminés sur 4 000 m², sont ramassés. Selon l'exploitant, les premières constatations indiqueraient une défaillance de l'arbre lent, qui assure la jonction entre le rotor et la multiplicatrice. Elle trouverait son origine dans un défaut de fabrication de la pièce. Une non-conformité dans le processus de moulage de cette pièce de fonderie en acier est suspectée. Un défaut métallurgique, de type inclusion de laitier, aurait fragilisé la pièce et conduit à sa rupture par fatigue. Les contrôles réalisés sur les autres éoliennes du parc ont mis en évidence que ce type de défaut était présent sur un des autres arbres lents, au même niveau que celui accidenté. Au total 54 éoliennes du même modèle sont installées en France. Les services du ministère du développement durable demandent au fabricant d'établir un programme de contrôle adapté. A la suite des contrôles effectués sur les autres arbres lents du même parc d'éolienne, 2 d'entre eux sont remplacés.</p>
	<p>N°47062 - 24/08/2015 - FRANCE - 28 - SANTILLY <i>D35.11 - Production d'électricité</i> 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.</p>
	<p>N°46780 - 01/07/2015 - FRANCE - 02 - GRISOLLES <i>E38.21 - Traitement et élimination des déchets non dangereux</i> Dans une installation de stockage de déchets non dangereux, une déchirure est constatée au niveau de la géomembrane de la digue séparant une alvéole en cours d'exploitation et une alvéole en cours d'aménagement. Sur cette dernière, barrière passive et géomembrane sont déjà mises en place, mais pas la couche drainante et le géotextile. Une fuite de lixiviats se produit au niveau de l'alvéole en cours d'aménagement. Les lixiviats s'écoulent entre la géomembrane et la couche d'argile constituant la barrière de sécurité passive et stagnent au niveau du point bas. Etant donné que le terrain naturel situé sous l'alvéole est constitué d'argile (jusqu'à 5 mètres d'épaisseur), la barrière de sécurité passive a une perméabilité encore inférieure à celle prescrite par l'arrêté préfectoral du site. Le risque de pollution des nappes situées sous cette barrière est donc faible. L'exploitant excave le talus de déchets à l'endroit probable de la fuite afin de la localiser avec précision. Il pompe les lixiviats accumulés au point bas après ouverture de la géomembrane. La perforation de la géomembrane est réparée par soudure par extrusion. Des vérifications sont effectuées dans les jours suivants pour s'assurer de l'absence de récurrence de la fuite. Un pompage est réalisé chaque jour pendant une semaine. Un bureau de contrôle indépendant est mandaté pour vérifier la qualité des réparations effectuées sur la géomembrane et pour s'assurer que le contact prolongé des lixiviats avec la barrière de sécurité passive n'a pas remis en cause sa capacité à assurer sa fonction. L'alvéole est remise en exploitation qu'après levée des doutes. La fuite aurait été causée par un objet qui, en tombant d'une éolienne sur la digue, aurait frotté contre le PEHD et provoqué une déchirure de 30 cm.</p>
	<p>N°46237 - 06/02/2015 - FRANCE - 79 - LUSSERAY <i>D35.11 - Production d'électricité</i> 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.</p>
	<p>N°46304 - 29/01/2015 - FRANCE - 02 - REMIGNY <i>D35.11 - Production d'électricité</i> A 6h25 un feu se déclare dans une éolienne. Celle-ci est automatiquement mise à l'arrêt sur alarme du détecteur de fumée. Sur place à 7h30, des employés constatent la présence de flammes et de fumée. Ils alertent les pompiers. A cause des fumées, ces derniers ne parviennent pas à approcher de la source de l'incendie. Ils doivent attendre leur dissipation. A 9h20 ils réussissent à progresser dans l'éolienne et éteignent l'incendie. Les dommages matériels sont estimés à 150 k€. Les 1 500 l d'eau utilisés pour le nettoyage sont pompés. Un défaut d'isolation au niveau des connexions des conducteurs de puissance serait à l'origine du sinistre. Le câble mis en cause assure la jonction entre la base et le haut de la tour. Ce défaut aurait provoqué un arc électrique entre 2 phases ce qui aurait initié l'incendie. L'éolienne n'était pas encore en exploitation, mais en phase de test. L'exploitant prévoit de tester la qualité de l'isolation de tous les câbles de puissance avant la mise en service. Il prévoit également de réaliser des mesures thermiques sur tous les câbles de puissance à 80 % de leur charge nominale.</p>

Ministère du développement durable - DGPR / SRT / BARPI - Page 3

Nombre d'accidents répertoriés :50 - 01/03/2017

	<p>N°46030 - 05/12/2014 - FRANCE - 11 - FITOU <i>D35.11 - Production d'électricité</i> A leur arrivée dans un parc éolien, des techniciens de maintenance constatent que l'extrémité d'une pale d'une éolienne est au sol. Il s'agit d'une des 2 parties de l'aérofrein de la pale. 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.</p>
	<p>N°45960 - 14/11/2014 - FRANCE - 07 - SAINT-CIRGUES-EN-MONTAGNE <i>D35.11 - Production d'électricité</i> La pale d'une éolienne chute vers 15h10 lors d'un orage. Des rafales de vent atteignent les 130 km/h. L'élément principal chute au pied de l'éolienne. Certains débris sont projetés à 150 m. Les secours établissent un périmètre de sécurité et ferment la voie d'accès. L'exploitant sécurise la pale endommagée et bloque la rotation de la nacelle. L'installation est expertisée et les 8 autres éoliennes du parc sont inspectées.</p>
	<p>N°44870 - 20/01/2014 - FRANCE - 11 - SIGEAN <i>YYY - Activité indéterminée</i> Une des éoliennes d'un parc s'arrête automatiquement à 3h09 à la suite d'un défaut "vibration". Sur place à 9h30, les techniciens de maintenance (assurée par le fabricant des éoliennes) retrouvent une pale de 20 m au pied du mât. Les 2 autres pales sont toujours en place. Un périmètre de sécurité de 100 m est établi autour de l'éolienne. Une société de gardiennage surveille ce périmètre pour éviter l'intrusion de tiers. L'ensemble des machines du parc est mis à l'arrêt pour inspection puis redémarré, à l'exception de l'éolienne endommagée dont la pale doit être remplacée. L'exploitant informe l'inspection des installations classées ainsi que la mairie et déclare le sinistre auprès de ses assureurs dans l'après-midi. Le morceau de pale détaché est évacué du site en vue d'une expertise. Lors de l'accident le vent soufflait entre 18 m/s et 22 m/s. L'expertise identifie la cause directe de la chute de la pale : des fissures sont détectées sur la pièce en aluminium appelée "alu ring", située à la base de la pale. Cette pièce sert de jonction entre la pale en fibre de verre et le moyeu métallique. Toutes les éoliennes du parc, sauf une, sont équipées de cette pièce. Avant remise en service du parc (qui avait été mis à l'arrêt suite à l'incident), des contrôles ultrasonores sont réalisés sur l'ensemble des pièces "alu ring". Deux pales sont maintenues à l'arrêt suite à la découverte d'une fissuration avancée de cette pièce. L'exploitant remplace, courant 2014, les pales des éoliennes à l'arrêt par des pièces faisant l'objet d'un nouveau design. Les autres font l'objet d'un contrôle périodique afin de suivre l'évolution des fissures et de pouvoir programmer, le cas échéant, le remplacement ou la réparation des pales défectueuses.</p>
	<p>N°44831 - 09/01/2014 - FRANCE - 08 - ANTHENY <i>D35.11 - Production d'électricité</i> Un feu se déclare vers 18 h au niveau de la partie moteur d'une éolienne de 2,5 MW. Le parc éolien est isolé électriquement. Un périmètre de sécurité de 300 m est mis en place. Le feu s'éteint de lui-même vers 20 h. La nacelle est détruite, le rotor est intact. Le balisage aéronautique de la machine étant hors-service, les services de l'aviation civile sont alertés. La presse évoque un incident électrique pour expliquer le départ de feu. L'éolienne sinistrée est démantelée le 17/06 par basculement à l'explosif. Cette opération nécessite la mise en place d'un périmètre de sécurité de 1 km.</p>
	<p>N°44197 - 03/08/2013 - FRANCE - 56 - MOREAC <i>D35.11 - Production d'électricité</i> 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.</p>

Ministère du développement durable - DGPR / SRT / BARPI - Page 4

Nombre d'accidents répertoriés :50 - 01/03/2017

	N°44150 - 01/07/2013 - FRANCE - 34 - CAMBON-ET-SALVERGUES <i>D35.11 - Production d'électricité</i> Au cours d'une opération de maintenance dans le hub d'une éolienne (nez qui sert de local technique), un opérateur est blessé par la projection d'une partie amovible de l'équipement sur lequel il intervient. L'intervention porte sur l'appoint en azote d'un accumulateur sous pression. Cet accumulateur est un cylindre de 10 L comportant deux compartiments : l'un contient de l'huile reliée au circuit hydraulique des pales de l'éolienne et l'autre de l'azote sous environ 100 bar de pression. Alors qu'il a terminé l'opération de remplissage du compartiment azote, pour laquelle il a positionné un outillage spécifique sur un raccord de l'accumulateur, le technicien de maintenance dévisse la vanne d'isolement de l'accumulateur, au lieu de l'embout de l'outillage. Une dépressurisation brutale de l'azote se produit, projetant une partie de la vanne au visage de l'opérateur ce qui lui brise le nez et plusieurs dents. L'inhalation du gaz provoque également un décollement de l'œsophage. L'opérateur est aidé par un collègue pour descendre de la nacelle puis hospitalisé. La gendarmerie place l'accumulateur de gaz sous scellé pour expertise. Le risque que représente le dévissage de cette vanne d'isolement alors que l'accumulateur contient du gaz sous pression a été identifié par le fabricant. La parade de conception mise en œuvre consiste à réaliser sur la visserie de la vanne une petite perforation destinée à alerter l'opérateur : un sifflement et une formation de glace liée à l'échappement du gaz se produisent 4 tours et demi avant le dévissage total de la vanne et son éventuelle projection. L'analyse de l'exploitant lui permet de réaliser les constats suivants : le dispositif d'alerte (perforation de la visserie) de l'accumulateur sur lequel s'est produit l'accident était opérationnel cependant la procédure d'intervention ne mentionnait ni l'existence, ni la signification de ce signal d'alerte. L'expertise réalisée sur l'équipement ne fait ressortir aucun constat de dégradation du matériel. Les causes de cet accident semblent donc directement liées des défaillances organisationnelles : la conscience des risques associés aux interventions sur des équipements sous pression, la formation de l'intervenant à sa tâche pression et les procédures opérationnelles n'étaient pas suffisamment robustes. Suite à cet accident l'exploitant modifie ses procédures de maintenance et renforce la formation des techniciens sur les aspects risques. Pour l'heure, il suspend les opérations de remplissage des accumulateurs dans les hub d'éolienne et fait réaliser cette opération en atelier. Une modification des accumulateurs est également envisagée pour utiliser des modèles avec vanne intégrée.
	N°45016 - 20/06/2013 - FRANCE - 07 - LABASTIDE-SUR-BESORGUES <i>D35.11 - Production d'électricité</i> Un impact de foudre endommage vers 15h30 une éolienne : une pale est déchirée sur 6 m de longueur, le boîtier basse tension et le parafoudre en tête d'installation au poste de livraison sont détruits. Des installations du réseau électrique et téléphonique sont également endommagées. L'éolienne est mise en sécurité et un périmètre de sécurité est établi. La municipalité, l'aviation civile (défaut de balisage), les services de l'électricité et du téléphone, la société en charge de la maintenance et l'inspection des installations classées sont informés. L'impact enregistré le plus proche de l'éolienne au moment de l'orage est donné avec une intensité de 94 kA. L'exploitant change les 3 pales et redémarre l'éolienne le 02/08/13. Le fabricant de l'éolienne indique que ce type d'incident est exceptionnel (incurSION d'un arc électrique dans la pale conduisant à une montée en pression de l'air intérieur), aucune dérive fonctionnelle du système parafoudre n'ont été trouvées.
	N°43630 - 17/03/2013 - FRANCE - 51 - EUVY <i>D35.11 - Production d'électricité</i> Des usagers de la N4 signalent vers 15h30 un feu dans la nacelle d'une éolienne. L'exploitant arrête 7 des 18 aérogénérateurs du parc. Un périmètre de sécurité de 150 m est mis en place. Le sinistre émet une importante fumée. Une des pales tombe au sol, une autre menace de tomber. Des pompiers spécialisés dans l'intervention en milieux périlleux éteignent le feu en 1 h. 450 l d'huile de boîte de vitesse s'écoulent, conduisant l'exploitant à faire réaliser une étude de pollution des sols. Les maires des communes voisines se sont rendus sur place. Au moment du départ de feu, le vent soufflait à 11 m/s. La puissance de l'éolienne était proche de sa puissance nominale. La gendarmerie évoque une défaillance électrique après avoir écarté la malveillance. Le parc, mis en service en 2011, avait déjà connu un incendie quelques mois plus tôt selon la presse. Les 18 machines sont inspectées. A la suite de l'accident, l'exploitant et la société chargée de la maintenance étudient la possibilité d'installer des détecteurs de fumées dans les éoliennes.
	N°43576 - 06/03/2013 - FRANCE - 11 - CONILHAC-DE-LA-MONTAGNE <i>D35.11 - Production d'électricité</i> A la suite d'un défaut de vibration détecté à 19h05, une éolienne se met automatiquement à l'arrêt. Sur place le lendemain à 9 h, des techniciens du constructeur trouvent au sol l'une des 3 pales qui s'est décrochée avant de percuter le mât. L'éolienne est mise en sécurité (2 pales restantes mises en drapeau, blocage du rotor, inspection du moyeu). Un périmètre de sécurité de 30 m est établi au pied de l'éolienne et la municipalité interdit l'accès à la zone. L'accident est déclaré à l'inspection des installations classées 48 h plus tard. L'une des pales de cette éolienne avait déjà connu un problème de fixation en novembre 2011. Les fixations de cette pale au moyeu avaient été remplacées et le serrage des vis des 2 autres avait été contrôlé en avril 2012. La veille du défaut de vibration, la machine s'était arrêtée après la détection d'un échauffement du frein et d'une vitesse de rotation excessive de la génératrice. Un technicien l'avait remise en service le matin même de l'accident sans avoir constaté de défaut.

Ministère du développement durable - DGPR / SRT / BARPI - Page 5

Nombre d'accidents répertoriés :50 - 01/03/2017

	N°43228 - 05/11/2012 - FRANCE - 11 - SIGEAN <i>D35.11 - Production d'électricité</i> Un feu se déclare vers 17 h sur une éolienne de 660 kW au sein d'un parc éolien ; un voisin donne l'alerte à 17h30. Des projections incandescentes enflamment 80 m² de garrigue environnante. Les pompiers éteignent l'incendie vers 21h30. L'exploitant met en place un balisage de sécurité à l'aube le lendemain. A la suite de la chute d'une pale à 15h20, un gardiennage 24 h / 24 est mis en place. Le 08/11, la municipalité interdit par arrêté l'accès au chemin menant à l'éolienne. Le feu s'est déclaré dans l'armoire électrique en pied d'éolienne. Un dysfonctionnement de disjoncteur situé sur l'éolienne a entraîné la propagation de courants de court circuit faisant fondre les câbles et entraînant un départ d'incendie dans la nacelle. Un dysfonctionnement du frein de l'éolienne à la suite de la perte des dispositifs de pilotage résultant de l'incendie en pied pourrait avoir agi comme circonstance aggravante. Cet accident met en question la fiabilité des dispositifs de protection électrique, les possibilités de suraccident (propagation de l'incendie à la végétation environnante, chute de pale) et des pistes d'amélioration dans la détection et la localisation des incendies d'éoliennes, ainsi que dans la réduction des délais d'intervention.
	N°43120 - 01/11/2012 - FRANCE - 15 - VIELLESPESE <i>D35.11 - Production d'électricité</i> 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.
	N°43110 - 30/05/2012 - FRANCE - 11 - PORT-LA-NOUVELLE <i>D35.11 - Production d'électricité</i> 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.
	N°42919 - 18/05/2012 - FRANCE - 28 - FRESNAY-L'EVEQUE <i>D35.11 - Production d'électricité</i> Dans un parc de 26 éoliennes de 2 MW mis en service en 2008, un aérogénérateur est mis à l'arrêt vers 3 h suite à la détection d'une oscillation anormale. L'équipe de maintenance d'astreinte constate à 8 h la chute d'une pale (9 t, 46 m) au pied de l'installation et la rupture du roulement qui raccordait la pale au hub. Le pied de mat se situe à 190 m de la D389 et à 400 m de l'A10. L'analyse des relevés des capteurs et des compte-rendus d'entretien ne révèle aucune anomalie ni signe précurseur (contraintes anormales qui auraient pu endommager le roulement, vibration suspecte avant la rupture, différence d'orientation des pales, défaut d'aspect visuel lors des contrôles...). Des traces de corrosion sont détectées dans les trous d'alésages traversant une des bagues du roulement reliant pale et hub. Selon le fabricant, cette corrosion proviendrait des conditions de production et de stockage des pièces constitutives du roulement. L'installation est remise en service fin octobre après remplacement de la pale endommagée et mise en place de nouveaux roulements possédant une protection contre la corrosion. L'exploitant demande à l'entreprise en charge de la maintenance, et fabricante, des éoliennes du parc de : procéder au contrôle visuel des roulements de l'ensemble des éoliennes tous les 3 mois, procéder au contrôle acoustique des roulements et de mesurer le niveau de corrosion, supprimer la corrosion des alésages à risque, contrôler l'absence de fissures résiduelles par courant de Foucault.
	N°43841 - 11/04/2012 - FRANCE - 11 - SIGEAN <i>D35.11 - Production d'électricité</i> Une éolienne se met en arrêt automatique suite à l'apparition d'un défaut à 10 h. Des agents de maintenance la réarment à 12h14. Un défaut de vibration apparaît 11 minutes plus tard. Sur place, les techniciens constatent la présence d'un impact sur le mât et la projection à 20 m d'un débris de pale long de 15 m. Un périmètre de sécurité de 100 m est mis en place et l'éolienne est mise en sécurité (pales en drapeau). Au moment de l'accident, la vitesse du vent était de 10 à 12 m/s. L'inspection des installations classées a été informée. L'expertise d'assurance attribue l'accident à un impact de foudre sur l'éolienne. Un an plus tard, celle-ci est toujours arrêtée.
	N°41628 - 06/02/2012 - FRANCE - 02 - LEHAUCOURT <i>D35.11 - Production d'électricité</i> Vers 11 h au cours d'une opération de maintenance dans la nacelle d'une éolienne de 100 m de hauteur, un arc électrique (690 V) blesse deux sous-traitants, l'un gravement (brûlures aux mains et au visage) et l'autre légèrement (brûlures aux mains). Les 2 victimes descendent par leurs propres moyens. Les pompiers hospitalisent l'employé le plus gravement atteint et s'assurent qu'il n'y a plus de risque dans la nacelle. Le maire s'est rendu sur place. La gendarmerie et l'inspection du travail effectuent des enquêtes. Les victimes portaient leurs EPI lors des faits. Un accident similaire s'était produit en 2009 (ARIA 35814).

Ministère du développement durable - DGPR / SRT / BARPI - Page 6

Nombre d'accidents répertoriés :50 - 01/03/2017

-  **N°41578 - 04/01/2012 - FRANCE - 62 - WIDEHEM**
D35.11 - Production d'électricité
 Vers 20h50, alors que le vent souffle en rafales à plus de 100 km/h, les 6 éoliennes d'un parc se mettent en arrêt de sécurité. Sur l'une d'elles, une pale se disloque, percute le mât puis une seconde pale. Des débris sont projetés à 160° jusqu'à 380 m sur 4,3 ha. Des usagers de l'A16 voisine signalent l'accident à l'aube. Sur place à 8h30, la force publique met en place un périmètre de sécurité. La vitesse sur l'autoroute est localement réduite à 90 km/h. La dépose des pales endommagées débute le 09/01. Les 5,4 t de déchets industriels banals, soit 35 m³, sont éliminées par la filière adaptée. Un arrêté préfectoral impose le maintien à l'arrêt des installations dans l'attente d'une réparation et d'essais confirmant leur sécurité. Les pertes matérielles sont estimées à 800 kEuros. Le manque à gagner se chiffre à 20 kEuros par semaine d'arrêt. Juste avant l'accident, une perte d'alimentation sur le réseau 20 kV pendant 300 ms a provoqué l'indisponibilité prolongée du poste source alimentant le site. Cette coupure électrique a déclenché la mise en sécurité passive des éoliennes (ouverture des électrovannes commandant le circuit hydraulique de freinage). Selon l'exploitant, les violentes rafales instantanées (150 km/h) enregistrées le 3/01 ont pu endommager la pale en générant des efforts excédant les valeurs admissibles. Les fortes contraintes mécaniques lors de l'arrêt brutal de la rotation auraient alors déclenché sa dislocation. L'intrados de la pale se serait séparé de l'extrados avant de percuter le mât puis l'autre pale. L'éolienne détruite était également la seule du parc dépourvue de dispositif de ralentissement aérodynamique en bout de pale actionné par la force centrifuge. Elle en sera désormais équipée. Ce système protège mécaniquement les pales en réduisant la vitesse de rotation avant l'activation du frein hydraulique. Suite à l'accident, la vitesse de bridage des éoliennes est par ailleurs temporairement abaissée de 25 à 19 m/s. Ce modèle d'éolienne installé au début des années 2000 est impliqué dans au moins 2 autres accidents (ARIA 29385 et 38999).
-  **N°39831 - 10/02/2011 - FRANCE - 76 - GRAND-COURONNE**
H52.24 - Manutention
 Lors du levage d'éléments d'éoliennes, 1 docker intérimaire est tué, écrasé entre 2 pylônes. La police effectue une enquête. Un magistrat se rend sur place.
-  **N°39464 - 15/12/2010 - FRANCE - 44 - POUILLE-LES-COTEAUX**
D35.11 - Production d'électricité
 A 10 h, un employé chargé de la maintenance d'une éolienne fait une chute de 3 m à l'intérieur de la nacelle, située à 98 m du sol. Le technicien est gravement blessé au dos mais ne présente ni fracture ni atteinte de la moelle épinière. Une équipe du GRIMP l'évacue par l'extérieur de l'éolienne et le transfère dans un hôpital à Nantes.
-  **N°38999 - 19/09/2010 - FRANCE - 26 - ROCHEFORT-EN-VALDAINE**
D35.11 - Production d'électricité
 Vers 10 h un feu se déclare simultanément sur 2 éoliennes hautes de 45 m et distantes de 3 km. L'une se disloque et projette des débris entraînant 2 incendies de végétation sur 3 500 et 1 500 m². Les pompiers établissent un périmètre de sécurité et éteignent les flammes vers 11 h. Des techniciens de maintenance se rendent sur place. 2 éoliennes supplémentaires sont mises à l'arrêt. Selon les secours qui ont constaté de forts coups de vent ce jour-là, le dysfonctionnement des freins hydrauliques automatiques sur 2 éoliennes aurait conduit à leur emballement et à l'incendie. Ce dispositif de sécurité a fonctionné correctement sur les 23 autres appareils du parc. Une projection de pales à la suite d'une survitesse s'était déjà produite sur ce site le 22/12/2004 (ARIA 29385). Les pompiers font état d'un éloignement important des points d'eau (8km), de l'inadéquation de leurs moyens urbains ne permettant pas l'accès aux principaux éléments situés en hauteur et de la nécessité de procédures et de consignes opérationnelles adaptées à ce type d'installations.
-  **N°37601 - 30/10/2009 - FRANCE - 07 - FREYSSENET**
D35.11 - Production d'électricité
 Un feu se déclare vers 18h20 au sommet du rotor d'une éolienne de 70 m de haut mise en service en 2005. Les secours n'engagent pas de moyens d'extinction mais mettent en place un périmètre de sécurité de 250 m et surveillent l'évolution du sinistre. Le matériel, en fibre de carbone et de verre, fond sous l'effet de la chaleur en dégageant de la fumée et en générant des nuisances olfactives perceptibles dans la vallée de l'Ouvèze. Devant le risque de détachement des pales, le lieu est sécurisé et la circulation interrompue sur la route proche pendant une semaine. Le réseau électrique de l'ensemble du parc éolien (5 aérogénérateurs) est coupé, empêchant le fonctionnement des signaux lumineux préventifs pour les aéronefs. Selon l'exploitant, un court-circuit faisant suite à une opération de maintenance serait à l'origine du sinistre.
-  **N°42906 - 21/10/2009 - FRANCE - 85 - FROIDFOND**
D35.11 - Production d'électricité
 Un feu se déclare vers 20 h sur l'une des 9 éoliennes de 2 MW d'un parc mis en service 3 ans plus tôt. Les aérogénérateurs sont mis à l'arrêt par le système de contrôle automatique. Les pompiers éteignent l'incendie à 23 h. L'exploitant précise dans un communiqué de presse qu'à l'exception de l'éolienne détruite, aucun autre dommage n'a été observé. Un court-circuit dans le transformateur sec embarqué en nacelle serait à l'origine du sinistre.
-  **N°35814 - 26/01/2009 - FRANCE - 02 - CLASTRES**
M74.90 - Autres activités spécialisées, scientifiques et techniques n.c.a.
 Deux techniciens sont électrisés vers 19 h lors de la maintenance de compteurs électriques implantés au 1er niveau d'une éolienne. Gravement brûlés au 3ème degré et sur plus de 50 % du corps, ils sont transportés à l'hôpital en ambulance escortée par la gendarmerie, l'hélicoptère des secours ne pouvant décoller en raison des conditions météorologiques. Les 2 employés portaient leur harnais de sécurité et les compteurs étaient accessibles par un escalier extérieur. Une enquête est effectuée pour déterminer les conditions de l'accident.

Nombre d'accidents répertoriés :50 - 01/03/2017

-  **N°43109 - 21/08/2008 - FRANCE - 80 - VAUVILLERS**
D35.11 - Production d'électricité
 Un incendie se déclare dans la matinée sur des éléments électroniques dans la nacelle d'une éolienne. Par manque de combustible, les flammes s'éteignent avant l'arrivée des secours. L'éolienne dont le mât mesure 100 m de haut est détruite mais la vingtaine d'autres générateurs du parc continue à fonctionner sans incidence sur le réseau de distribution d'électricité.
-  **N°42904 - 19/07/2008 - FRANCE - 55 - ERIZE-LA-BRULÉE**
D35.11 - Production d'électricité
 En fin d'après-midi, une trentaine de débris en fibre de verre est retrouvée au sol à 150 m d'une éolienne. Le maire prévient la préfecture de la Meuse et la Protection civile vers 19h15 et l'équipe de permanence de la société exploitant le parc arrête l'éolienne à 19h45. Les projectiles, dont le plus gros mesure 5 m de long et pèse 50 kg, proviennent de l'extrémité d'une pale touchée par la foudre.
-  **N°42884 - 04/04/2008 - FRANCE - 29 - PLOUGUIN**
D35.11 - Production d'électricité
 Dans l'après-midi, l'aile d'un bimoteur de tourisme léger heurte une pale d'éolienne. Aucun blessé n'est à déplorer. Le pilote, unique passager de l'appareil, réussit à atterrir sur l'aéroport de Brest-Guivapas et déclare l'incident aux autorités de l'aviation civile. Les gendarmes localisent l'éolienne et l'entreprise chargée de sa maintenance est contactée pour l'arrêter et pratiquer une expertise. Les mauvaises conditions météo (selon la préfecture, des "entrées maritimes" rendaient les conditions de vol difficile) ont conduit le pilote à voler au-dessous de l'altitude autorisée.
-  **N°34340 - 10/03/2008 - FRANCE - 29 - DINEAULT**
D35.11 - Production d'électricité
 Au cours de fortes bourrasques soufflant à plus de 100 km/h, l'une des 4 éoliennes installées depuis les années 2000 sur les hauteurs de Dinéault ne se met pas en sécurité. L'hélice tourne bien au-delà de sa vitesse de fonctionnement nominale. Un bruit assourdissant est relevé, mais toute intervention humaine se révèle trop risquée tant que la tempête ne s'est pas calmée. En accord avec les services préfectoraux et la gendarmerie, la municipalité prend un arrêté pour établir un large périmètre de sécurité autour de l'installation et interdire les accès piéton et la circulation, aucune habitation n'étant implantée à proximité immédiate de ce site de production d'électricité. Au cours d'une accalmie, l'exploitant parvient à consigner l'éolienne. Une défaillance du système de freinage est à l'origine de l'accident.
-  **N°42896 - 11/10/2007 - FRANCE - 29 - PLOUVIEN**
D35.11 - Production d'électricité
 Dans la matinée, un chasseur traversant un parc d'aérogénérateurs découvre une pièce métallique de 50 cm de diamètre. Il alerte un voisin puis la gendarmerie en fin de journée. Il s'agit d'une trappe de visite de 50 cm de diamètre tombée de la nacelle d'une éolienne située 70 m plus haut. Celle-ci est mise à l'arrêt. L'exploitant identifie une défaillance de la charnière de la trappe et modifie l'ensemble des charnières du parc.
-  **N°43107 - 02/03/2007 - FRANCE - 50 - CLITOURPS**
D35.11 - Production d'électricité
 Une pale d'aérogénérateur se brise. Un débris long de 5 m est projeté dans un champ à 200 m du mât. Averti en fin de matinée par un riverain, le maire contacte l'exploitant du parc éolien dont les bureaux sont situés à Montpellier. Celui-ci dépêche sur site son agent de maintenance local afin d'arrêter l'éolienne endommagée qui a continué à fonctionner.
-  **N°42895 - 03/12/2006 - FRANCE - 59 - BONDUES**
L68.20 - Location et exploitation de biens immobiliers propres ou loués
 Une éolienne de 30 m de haut s'effondre sur la grille d'entrée d'une zone industrielle peu avant midi. L'accident ayant eu lieu un week-end, aucune victime n'est à déplorer. La machine installée depuis 13 ans avait fait l'objet d'un contrôle approfondi 5 mois plus tôt. Sectionnée à la base, elle doit être démontée et évacuée. Selon l'exploitant, la rupture se serait produite au cours de violentes rafales de vent.
-  **N°42909 - 18/11/2006 - FRANCE - 11 - ROQUETAILLADE**
D35.11 - Production d'électricité
 Vers minuit, un incendie sur deux aérogénérateurs provoque la mise à l'arrêt de l'ensemble du parc éolien (par le système de contrôle automatique). Des chasseurs passant sur place le lendemain donnent l'alerte. Le feu est d'origine criminelle : des saboteurs sont entrés par effraction dans les mâts pour y placer des bouteilles de gaz de 13 kg, des pneus et des hydrocarbures. L'une des nacelles est totalement détruite. Sur l'autre, l'explosion de bouteille de gaz a propulsé une tôle de protection de la nacelle à 50 m et aurait soufflé les flammes. Les dégâts sont estimés à 2 millions d'€. Suite à l'accident, de nombreux détecteurs de présence sont installés sur le site. Les deux éoliennes sont reconstruites 2 ans plus tard dans le cadre de travaux d'extension du parc.
-  **N°42891 - 07/10/2006 - FRANCE - 29 - PLEYBER-CHRIST**
D35.11 - Production d'électricité
 Une pale d'une des 5 éoliennes d'un parc se décroche et chute au sol, sans faire de victime. Deux autres évènements de ce type ont déjà affecté ces aérogénérateurs en 2004 (ARIA 42887 et 42889). L'accident se produit alors que le permis de construire du site a été annulé et qu'une nouvelle demande est en cours d'instruction. Le parc sera finalement démantelé en 2011.

Annexe 4 - Recensement ARIA des accidents liés aux parc éoliens survenus en région Bretagne (EDD)

MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE
DIRECTION GÉNÉRALE DE LA PRÉVENTION DES RISQUES
SRT / BARPI

Résultats de recherche d'accidents sur
www.aria.developpement-durable.gouv.fr

La base de données ARIA, exploitée par le ministère du développement durable, recense essentiellement les événements accidentels qui ont, ou qui auraient pu porter atteinte à la santé ou la sécurité publiques, l'agriculture, la nature et l'environnement. Pour l'essentiel, ces événements résultent de l'activité d'usines, ateliers, dépôts, chantiers, élevages,... classés au titre de la législation relative aux Installations Classées, ainsi que du transport de matières dangereuses. Le recensement et l'analyse de ces accidents et incidents, français ou étrangers sont organisés depuis 1992. Ce recensement qui dépend largement des sources d'informations publiques et privées, n'est pas exhaustif. La liste des événements accidentels présentés ci-après ne constitue qu'une sélection de cas illustratifs. Malgré tout le soin apporté à la réalisation de cette synthèse, il est possible que quelques inexacitudes persistent dans les éléments présentés. Merci au lecteur de bien vouloir signaler toute anomalie éventuelle avec mention des sources d'information à l'adresse suivante :
BARPI – DREAL RHONE ALPES 69509 CEDEX 03 / Mel : srt.barpi@developpement-durable.gouv.fr

Nombre d'accidents répertoriés : 9 - 10/05/2017

Liste de(s) critère(s) de la recherche

- Date et Lieu : BRETAGNE
- Résumé : recherche.typeRecherche.tous.mots éolien

- N°47763 - 07/03/2016 - FRANCE - 22 - CALANHEL**
D35.11 - Production d'électricité
Vers 18 h, une des pales d'une éolienne se rompt et chute à 5 m du pied du mât. La turbine s'arrête automatiquement. L'exploitant est alerté par un agriculteur. Un intervenant se rend sur place et constate les dégâts. Le mât est endommagé dans sa partie haute, causé par un choc avec la pale, sans présenter de risque de chute. Il balise la zone pour prévenir des chutes possibles d'éléments du rotor. Huit autres turbines du parc sont mises à l'arrêt. Les 2 dernières, ayant fait l'objet d'une révision intégrale récente, sont maintenues en fonctionnement. Le lendemain, le site est sécurisé. La pale est déplacée, en dehors de la zone de culture. Les gros débris composés de matériaux composites et d'éléments mécaniques métalliques, projetés sur 50 m, sont regroupés pour expertise. La totalité des 54 billes de roulement est récupérée. Les débris de petite taille ne pouvant être retirés intégralement, les exploitants des parcelles agricoles concernées sont informés. La zone d'entreposage est balisée.
A l'origine, une rupture du système d'orientation.
L'inspection des éléments mécaniques au sol et du rotor permet d'envisager une défaillance du système d'orientation de la pale. Celle-ci aurait entraîné la rupture de la couronne extérieure du roulement à bille puis la libération de la couronne intérieure solidaire de la pale. L'éolienne avait fait l'objet d'une maintenance complète en septembre 2015. Son roulement ne présentait pas d'usure anormale. Cependant, une série d'alarmes était survenue le matin de l'événement. Une panne sur un groupe hydraulique avait nécessité l'intervention des équipes de maintenance. Après réparation, l'éolienne avait été redémarrée vers 14 h.
L'exploitant prend les mesures immédiates suivantes :
démantèlement de l'éolienne impactée ;réalisation d'un protocole de contrôle, par le fabricant, du roulement et de la boulonnerie de toutes les pales avant redémarrage des unités arrêtées ;inhibition du réarmement automatique de la turbine sur apparition d'une alarme de dysfonctionnement du système d'orientation des pales ;limitation de la puissance produite à 650 kW (au lieu de 800 kW) pour une période d'observation de 7 jours.
- N°47680 - 08/02/2016 - FRANCE - 29 - DINEAULT**
D35.11 - Production d'électricité
Lors d'une tempête, des vents à 160 km/h endommagent une éolienne. Une pale chute au sol et une autre se déchire. La pale rompue est retrouvée à 40 m du pied du mât. Dans les 2 cas, les manchons des pales sont restés arimés au moyeu. L'exploitant met en sécurité les 4 éoliennes du parc. Les secours établissent un périmètre de sécurité de 350 m.
L'éolienne, de 29 m de hauteur, datait de 1999 (puissance unitaire de 300 kW).
- N°44197 - 03/08/2013 - FRANCE - 56 - MOREAC**
D35.11 - Production d'électricité
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.
- N°42884 - 04/04/2008 - FRANCE - 29 - PLOUGUIN**
D35.11 - Production d'électricité
Dans l'après-midi, l'aile d'un bimoteur de tourisme léger heurte une pale d'éolienne. Aucun blessé n'est à déplorer. Le pilote, unique passager de l'appareil, réussit à atterrir sur l'aéroport de Brest-Guivapas et déclare l'incident aux autorités de l'aviation civile. Les gendarmes localisent l'éolienne et l'entreprise chargée de sa maintenance est contactée pour l'arrêter et pratiquer une expertise.Les mauvaises conditions météo (selon la préfecture, des "entrées maritimes" rendaient les conditions de vol difficile) ont conduit le pilote à voler au-dessous de l'altitude autorisée.
- N°34340 - 10/03/2008 - FRANCE - 29 - DINEAULT**
D35.11 - Production d'électricité
Au cours de fortes bourrasques soufflant à plus 100 km/h, l'une des 4 éoliennes installées depuis les années 2000 sur les hauteurs de Dinéault ne se met pas en sécurité. L'hélice tourne bien au-delà de sa vitesse de fonctionnement nominale. Un bruit assourdissant est relevé, mais toute intervention humaine se révèle trop risquée tant que la tempête ne s'est pas calmée. En accord avec les services préfectoraux et la gendarmerie, la municipalité prend un arrêté pour établir un large périmètre de sécurité autour de l'installation et interdire les accès piéton et la circulation, aucune habitation n'étant implantée à proximité immédiate de ce site de production d'électricité. Au cours d'une accalmie, l'exploitant parvient à consigner l'éolienne.Une défaillance du système de freinage est à l'origine de l'accident.
- N°42896 - 11/10/2007 - FRANCE - 29 - PLOUVIEN**
D35.11 - Production d'électricité
Dans la matinée, un chasseur traversant un parc d'aérogénérateurs découvre une pièce métallique de 50 cm de diamètre. Il alerte un voisin puis la gendarmerie en fin de journée. Il s'agit d'une trappe de visite de 50 cm de diamètre tombée de la nacelle d'une éolienne située 70 m plus haut. Celle-ci est mise à l'arrêt. L'exploitant identifie une défaillance de la charnière de la trappe et modifie l'ensemble des charnières du parc.

Ministère du développement durable - DGPR / SRT / BARPI - Page 2

 Nombre d'accidents répertoriés :9 - 10/05/2017

-  □ □ □ □ □ □ **N°42891 - 07/10/2006 - FRANCE - 29 - PLEYBER-CHRIST**
 □ □ □ □ □ □ *D35.11 - Production d'électricité*
 □ □ □ □ □ □ Une pale d'une des 5 éoliennes d'un parc se décroche et chute au sol, sans faire de victime. Deux autres événements de ce type ont déjà affecté ces aérogénérateurs en 2004 (ARIA 42887 et 42889). L'accident se produit alors que le permis de construire du site a été annulé et qu'une nouvelle demande est en cours d'instruction. Le parc sera finalement démantelé en 2011.
 □ □ □ □ □ □
-  □ □ □ □ □ □ **N°42889 - 08/07/2004 - FRANCE - 29 - PLEYBER-CHRIST**
 □ □ □ □ □ □ *D35.11 - Production d'électricité*
 □ □ □ □ □ □ Par une matinée de vent fort, 3 morceaux de pales d'éolienne (2 de 2,5 m et 1 de 1,5 m) sont retrouvés dans un champ. Aucun blessé n'est déplorer. L'enchaînement de cet accident et d'un autre similaire survenu 2 semaines plus tôt (ARIA 42887) conduit le tribunal administratif de Rennes à annuler en 2005 le permis de construire délivré en 2001. Le site est démantelé en novembre 2011.
 □ □ □ □ □ □
-  □ □ □ □ □ □ **N°42887 - 22/06/2004 - FRANCE - 29 - PLEYBER-CHRIST**
 □ □ □ □ □ □ *D35.11 - Production d'électricité*
 □ □ □ □ □ □ Par une nuit de vent fort, une pale de l'une des 5 éoliennes d'un parc se brise en heurtant le mat. Après d'autres désordres similaires (ARIA 42889), le tribunal administratif de Rennes annule en 2005 le permis de construire délivré en 2001. Le site est démantelé en novembre 2011.
 □ □ □ □ □ □

Annexe 5 - Détail des scénarii génériques d'accidents possibles (EDD)

→ Cette annexe apporte des précisions au **Tableau 18 : Scénarios génériques d'accidents possibles**, page 46, de la présente étude.

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

Le tableau générique issu de l'analyse préliminaire des risques est présenté dans la partie VII.4. de la trame type de l'étude de dangers. Il peut être considéré comme représentatif des scénarios d'accident pouvant potentiellement se produire sur les éoliennes et pourra par conséquent être repris à l'identique dans les études de dangers.

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

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 déduction de la formation de glace
- Système de détection de glace sur la nacelle (en option)
- Système de détection de glace sur les pales (en option)
- 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 où plusieurs conditions seraient réunies (Ex : Foudre + défaillance du système parafoudre = Incendie).

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

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

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

L'incendie peut aussi être provoqué par l'échauffement des pièces mécaniques en cas d'emballement du rotor (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. Certains dispositifs sont de série ou en option. Le choix des options est effectué par l'exploitant en fonction des caractéristiques du site.

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

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

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

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

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

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

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

Les solutions aux pertes d'utilités étant diverses, les porteurs de projets pourront apporter dans leur étude de dangers 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'emballlement de l'éolienne constitue un facteur aggravant en cas de projection de tout ou partie d'une pale. Cet emballlement peut notamment être provoqué par la perte d'utilité décrite au 2.2 de la présente partie C (scénarios incendies).

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 6 - Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne (EDD)

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 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.

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.

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

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 7 - Glossaire des mots utilisés dans l'étude de dangers (EDD)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

sécurité, de procédures organisationnelles (activités humaines), ou plus généralement par la combinaison des deux.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Attention aux confusions possibles :

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

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

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.

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 :

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

ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement

SER : Syndicat des Energies Renouvelables

FEE : France Energie Eolienne (branche éolienne du SER)

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

EDD : Etude de dangers

APR : Analyse Préliminaire des Risques

ERP : Etablissement Recevant du Public

Annexe 8 - Spécifications relatives aux câbles

jeudi 15 décembre 2005



jeudi 15 décembre 2005

Customer NEXANS GERMANY
FRANCE

Cable : 3 * 1 * 240 mm² Cu 12/20 kV
Standard: C33-226

Bourg en Bresse factory
2, rue des Marguerites - BP 101
01003 Bourg en Bresse Cedex
TEL 04.74.32.16.00 - FAX 04.74.32.16.33

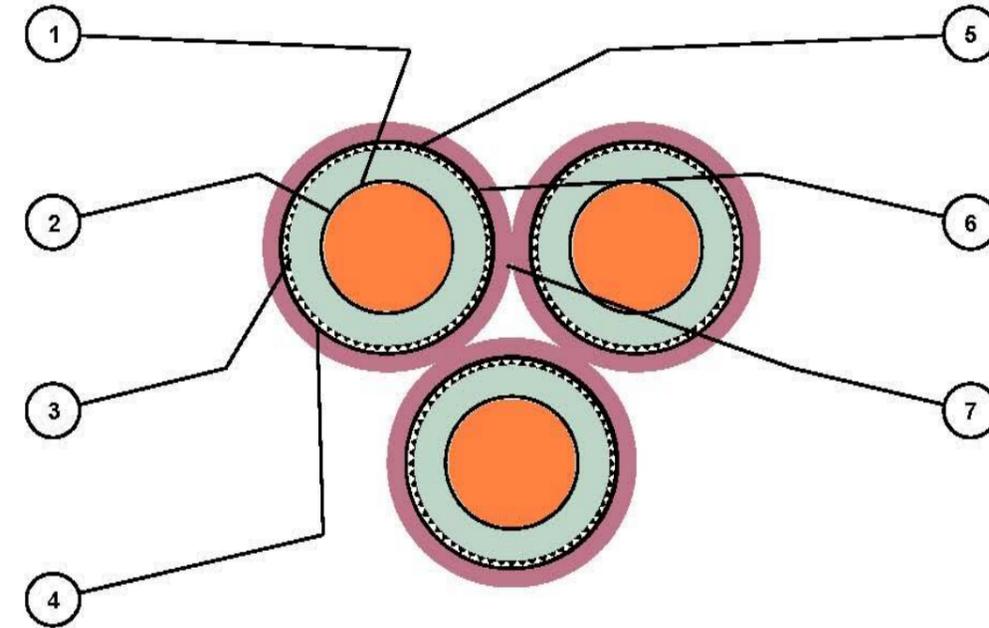
COTATION N° AB5337/01/01

CONDUCTOR	Metal Nominal cross section Class 2 (IEC 60-228) Approximate diameter	Copper	240 18,2	mm ² mm
SEMI CONDUCTING SCREEN OVER CONDUCTOR	Type Approximate thickness Electrical level	Extruded	0,6 3,25	mm kV/mm
INSULATION	Type Nominal thickness Approximate diameter Electrical level	Extruded XLPE	4,5 28,4 2,22	mm mm kV/mm
SEMI CONDUCTING SCREEN OVER INSULATION	Type Approximate thickness	Extruded	1,3	mm
WATERTIGHTNESS	Type Approximate thickness	powder	0,0	mm
METALLIC SCREEN	Type Nominal cross section Nominal thickness	Longitudinal aluminium tape	14,7 0,15	mm ² mm
OUTER SHEATH	Type Nominal thickness	Pe	2,5	mm
<p>Approx, outside diameter 82,10 mm Approx cable weight 8,92 kg/m</p> <p>Minimum bending radius Cable after laying 821 mm Cable during laying 1642 mm</p>				



Cable: 3 * 1 * 240 mm² Cu 12/20 kV

Standard: C33-226
Cotation AB5337/01/01



1 cm

1	COPPER CONDUCTOR	5	WATERTIGHT POWDER
2	XLPE SEMI CONDUCTING SCREEN	6	LONGITUDINAL ALUMINIUM SCREEN
3	XLPE INSULATION	7	PE OUTER SHEATH
4	EXTRUDED SEMI-CONDUCTING SCREEN		



jeudi 15 décembre 2005

Client : NEXANS GERMANY
FRANCE

Câble : 3 * 1 * 240 mm² Cu 12/20 kV
Norme : C33-226

Activité Infrastructures
Unité de Bourg en Bresse

2, rue des Marguerites - BP 101
01003 Bourg en Bresse Cedex
TEL 04.74.32.16.00 - FAX 04.74.32.16.33

DEVIS N° AB5337/01/01

CARACTERISTIQUES ELECTRIQUES

CABLE : 3 x 1 x 240 Cu 20 kV UNARMORED

IMPEDECANCES

Direct current resistance at 20°C	Ohm/km	0.07540
Alternative current resistance at 90°C	Ohm/km	0.09791
Self inductance	mH/km	0.33
Inductance at 50 Hz	Ohm/km	0.10
Capacitance	microF/km	0.36
Impedance at 50 Hz and 90°C	Ohm/km	0.14

LOSSES

Voltage drop (cosφ=0.9)	V/A.km	0.13
Capacitive current	A/km	1.37
Dielectric losses per phases	kW/km	0.012
Resistance losses per phase at nominal capacity		
Underground cable	kW/km	35.21
Cable at free air	kW/km	40.90

CURRENT CAPACITY

Underground cable	A	596
Soil resistivity : 0.85 K.m/W		
Soil temperature : 20 °C		
Depth of laying : 800 mm		
Cable at free air	A	642
Air temperature : 30 °C		

ADMISSIBLE SHORT CIRCUIT

In the conductor		
Time : 0.5 s	kA	48.96
: 1.0 s	kA	34.75
: 2.0 s	kA	24.71
In the metallic shield		
Time : 0.5 s	kA	3.17
: 1.0 s	kA	2.56
: 2.0 s	kA	2.08

N.B :Les calculs sont effectués en conformité avec la recommandation CEI 60287
Les câbles sont supposés fonctionner en charge nominale (tension et intensité)
Calculs donnés à titre informatif valables pour une seule liaison
en trèfle jointif et mise à la terre de l'écran aux deux extrémités.
Les conditions de pose doivent respecter les règles de l'art.
Pour la partie enterrée, les câbles sont supposés posés en pleine terre.
Pour la partie à l'air libre, les câbles sont supposés posés sur des chemins de
cable, à une distance des murs égale à au moins un diamètre de câble.



jeudi 15 décembre 2005

Customer NEXANS GERMANY
FRANCE

Cable : 3 * 1 * 240 mm² Alu 12/20 kV
Standard: C33-226

Bourg en Bresse factory

2, rue des Marguerites - BP 101
01003 Bourg en Bresse Cedex
TEL 04.74.32.16.00 - FAX 04.74.32.16.33

COTATION N° AB5337/02/01

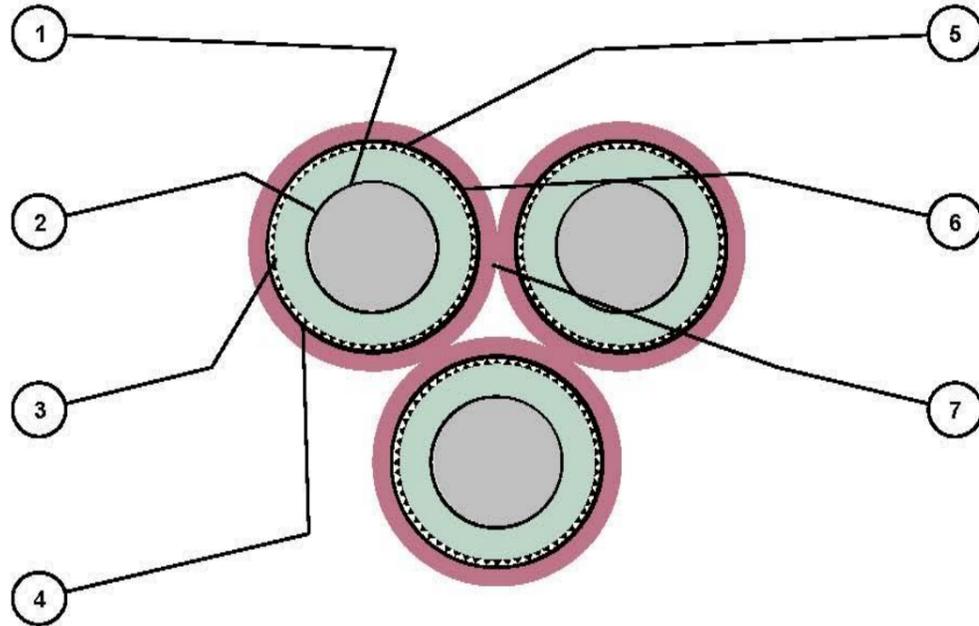
CONDUCTOR	Metal Aluminium	Nominal cross section Class 2 (IEC 60-228)	240 mm ²
		Approximate diameter	18,0 mm
SEMI CONDUCTING SCREEN OVER CONDUCTOR	Type Extruded	Approximate thickness	0,6 mm
		Electrical level	3,26 kV/mm
INSULATION	Type Extruded XLPE	Nominal thickness	4,5 mm
		Approximate diameter	28,2 mm
		Electrical level	2,22 kV/mm
SEMI CONDUCTING SCREEN OVER INSULATION	Type Extruded	Approximate thickness	1,3 mm
WATERTIGHTNESS	Type powder	Approximate thickness	0,0 mm
METALLIC SCREEN	Type Longitudinal aluminium tape	Nominal cross section	14,6 mm ²
		Nominal thickness	0,15 mm
OUTER SHEATH	Type Pe	Nominal thickness	2,5 mm
		Approx, outside diameter	81,70 mm
		Approx cable weight	4,31 kg/m
		Minimum bending radius	
		Cable after laying	817 mm
		Cable during laying	1634 mm



jeudi 15 décembre 2005

Cable: 3 * 1 * 240 mm² Alu 12/20 kV

Standard: C33-226
Cotation AB5337/02/01



1 cm

1	ALUMINIUM CONDUCTOR	5	WATERTIGHT POWDER
2	XLPE SEMI CONDUCTING SCREEN	6	LONGITUDINAL ALUMINIUM SCREEN
3	XLPE INSULATION	7	PE OUTER SHEATH
4	EXTRUDED SEMI-CONDUCTING SCREEN		



jeudi 15 décembre 2005

Client : NEXANS GERMANY
FRANCE

Activité Infrastructures
Unité de Bourg en Bresse

2, rue des Marguerites - BP 101
01003 Bourg en Bresse Cedex
TEL 04.74.32.16.00 - FAX 04.74.32.16.33

Câble : 3 * 1 * 240 mm² Alu 12/20 kV

Norme : C33-226

DEVIS N° AB5337/02/01

CARACTERISTIQUES ELECTRIQUES

CABLE : 3 x 1 x 240 Alu 20 kV UNARMOURED

IMPEDANCES

Direct current resistance at 20°C	.....Ohm/km	0.12500
Alternative current resistance at 90°C	.....Ohm/km	0.16133
Self inductance	.....mH/km	0.33
Inductance at 50 Hz	.....Ohm/km	0.10
Capacitance	.....microF/km	0.36
Impedance at 50 Hz and 90°C	.....Ohm/km	0.19

LOSSES

Voltage drop (cosφ=0.9)	.....V/A.km	0.19
Capacitive current	.....A/km	1.36
Dielectric losses per phases	.....kW/km	0.012
Resistance losses per phase at nominal capacity		
Underground cable	.....kW/km	35.09
Cable at free air	.....kW/km	40.62

CURRENT CAPACITY

Underground cable	.....A	465
Soil resistivity	: 0.85 K.m/W	
Soil temperature	: 20 °C	
Depth of laying	: 800 mm	
Cable at free air	.....A	500
Air temperature	: 30 °C	

ADMISSIBLE SHORT CIRCUIT

In the conductor		
Time : 0.5 s	.....kA	32.51
: 1.0 s	.....kA	23.11
: 2.0 s	.....kA	16.47
In the metallic shield		
Time : 0.5 s	.....kA	3.15
: 1.0 s	.....kA	2.55
: 2.0 s	.....kA	2.07

N.B :Les calculs sont effectués en conformité avec la recommandation CEI 60287
Les câbles sont supposés fonctionner en charge nominale (tension et intensité)
Calculs donnés à titre informatif valables pour une seule liaison
en trèfle jointif et mise à la terre de l'écran aux deux extrémités.
Les conditions de pose doivent respecter les règles de l'art.
Pour la partie enterrée, les câbles sont supposés posés en pleine terre.
Pour la partie à l'air libre, les câbles sont supposés posés sur des chemins de
cable, à une distance des murs égale à au moins un diamètre de câble.



jeudi 15 décembre 2005

Customer NEXANS GERMANY
FRANCE

Cable : 3 * 1 * 150 mm² Alu 12/20 kV

Standard: C33-226

Bourg en Bresse factory

2, rue des Marguaites - BP 101
01003 Bourg en Bresse Cedex
TEL 04.74.32.16.00 - FAX 04.74.32.16.33

COTATION N° AB5337/03/01

CONDUCTOR	Metal Nominal cross section Class 2 (IEC 60-228) Approximate diameter	Aluminium	150 mm ² 14,0 mm
SEMI CONDUCTING SCREEN OVER CONDUCTOR	Type Approximate thickness Electrical level	Extruded	0,6 mm 3,40 kV/mm
INSULATION	Type Nominal thickness Approximate diameter Electrical level	Extruded XLPE	4,5 mm 24,2 mm 2,13 kV/mm
SEMI CONDUCTING SCREEN OVER INSULATION	Type Approximate thickness	Extruded	1,3 mm
WATERTIGHTNESS	Type Approximate thickness	powder	0,0 mm
METALLIC SCREEN	Type Nominal cross section Nominal thickness	Longitudinal aluminium tape	12,7 mm ² 0,15 mm
OUTER SHEATH	Type Nominal thickness	Pe	2,5 mm

Approx, outside diameter **72,60** mm
Approx cable weight **3,20** kg/m

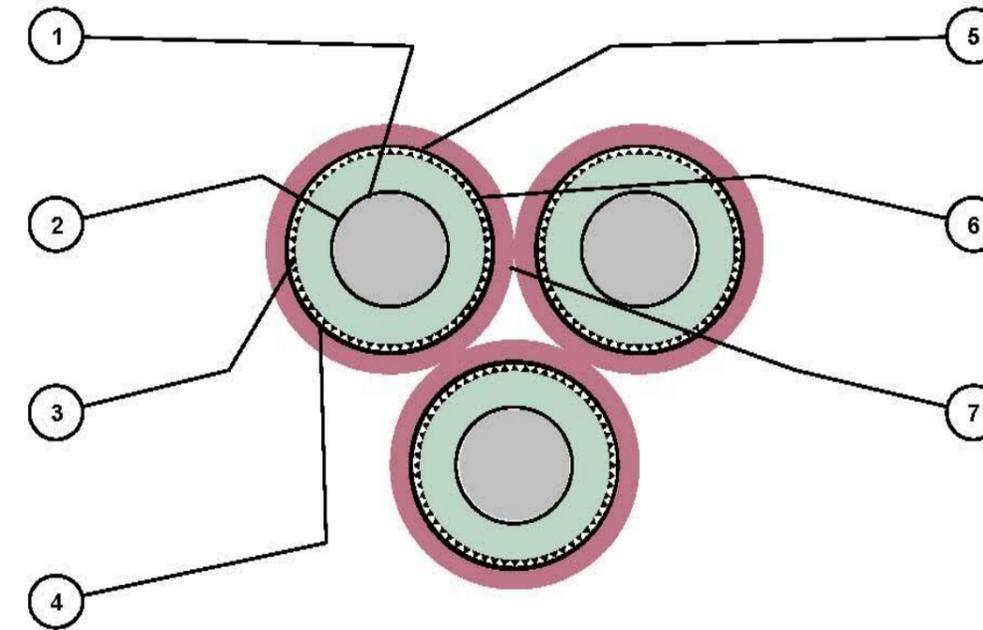
Minimum bending radius
Cable after laying **726** mm
Cable during laying **1452** mm



jeudi 15 décembre 2005

Cable: 3 * 1 * 150 mm² Alu 12/20 kV

Standard: C33-226
Cotation AB5337/03/01



1 cm

1	ALUMINIUM CONDUCTOR	5	WATERTIGHT POWDER
2	XLPE SEMI CONDUCTING SCREEN	6	LONGITUDINAL ALUMINIUM SCREEN
3	XLPE INSULATION	7	PE OUTER SHEATH
4	EXTRUDED SEMI-CONDUCTING SCREEN		



jeudi 15 décembre 2005

Activité Infrastructures
Unité de Bourg en Bresse

2, rue des Marguaites - BP 101
01003 Bourg en Bresse Cedex
TEL 04.74.32.16.00 - FAX 04.74.32.16.33

Client : NEXANS GERMANY
FRANCE

Câble : 3 * 1 * 150 mm² Alu 12/20 kV

Norme : C33-226

DEVIS N° AB5337/03/01

CARACTERISTIQUES ELECTRIQUES

CABLE : 3 x 1 x 150 Alu 20 kVUNARMOURED

IMPEDANCES

Direct current resistance at 20°C	Ohm/km	0.20600
Alternative current resistance at 90°C	Ohm/km	0.26468
Self inductance	mH/km	0.35
Inductance at 50 Hz	Ohm/km	0.11
Capacitance	microF/km	0.30
Impedance at 50 Hz and 90°C	Ohm/km	0.29

LOSSES

Voltage drop (cosφ=0.9)	V/A.km	0.29
Capacitive current	A/km	1.13
Dielectric losses per phases	kW/km	0.010
Resistance losses per phase at nominal capacity		
Underground cable	kW/km	32.96
Cable at free air	kW/km	35.78

CURRENT CAPACITY

Underground cable	A	352
Soil resistivity : 0.85 K.m/W		
Soil temperature : 20 °C		
Depth of laying : 800 mm		
Cable at free air	A	367
Air temperature : 30 °C		

ADMISSIBLE SHORT CIRCUIT

In the conductor		
Time : 0.5 s	kA	20.39
: 1.0 s	kA	14.52
: 2.0 s	kA	10.36
In the metallic shield		
Time : 0.5 s	kA	2.77
: 1.0 s	kA	2.23
: 2.0 s	kA	1.82

N.B :Les calculs sont effectués en conformité avec la recommandation CIE 60287
Les câbles sont supposés fonctionner en charge nominale (tension et intensité)
Calculs donnés à titre informatif valables pour une seule liaison
en trèfle jointif et mise à la terre de l'écran aux deux extrémités.
Les conditions de pose doivent respecter les règles de l'art.
Pour la partie enterrée, les câbles sont supposés posés en pleine terre.
Pour la partie à l'air libre, les câbles sont supposés posés sur des chemins de
cable, à une distance des murs égale à au moins un diamètre de câble.

Annexe 9 - Attestation de maîtrise foncière pour la demande d'approbation : câbles électriques

Parc éolien Bourbriac SAS
Val d'Orson – Rue du Pré Long – 35770 Vern-sur-Seiche
Tél. 00 33 (0) 2 99 36 77 40 • Fax 00 33 (0) 2 99 36 84 80

Parc éolien Bourbriac SAS**CERTIFICAT DE MAITRISE
DES PROPRIETES**

Je soussigné, Robert CONRAD, en qualité de Directeur Général de Parc éolien Bourbriac, certifie que nous sommes en possession de toutes les autorisations à l'amiable (baux emphytéotiques et conventions d'aménagement), relatives au passage des lignes électriques souterraines dans les propriétés privées sises sur la commune de Bourbriac.

Construction des liaisons HTA souterraines de catégorie A (20 KV) d'une longueur d'environ 1 187 mètres permettant de relier les trois aérogénérateurs du parc éolien Bourbriac au poste de Livraison raccordé par Enedis au réseau électrique de Distribution Public.

Des indemnités sont prévues sur la base du barème de la Chambre d'Agriculture pour :

- les occupations du sous-sol et du terrain du poste de livraison;
- les dommages instantanés résultants de l'exécution des travaux de pose des ouvrages électriques.



30/3/2017

Société Générale Rennes
IBAN : FR76 3000 3017 5000 0201 1161 708
BIC : SOGEFRPP

Parc éolien Bourbriac SAS
au capital de 10 000 Euros
RCS RENNES 820 307 668
FR36820307668