

P&T TECHNOLOGIE SAS

Parc éolien Biterne Sud

Communes de Broons et d'Yvignac-la-Tour
Département des Côtes-d'Armor (22)

Pièce 5-2 :

ÉTUDE DE DANGERS

SOMMAIRE

I-	LE PREAMBULE	7
I.1	L'OBJECTIF DE L'ETUDE DE DANGERS	7
I.2	LE CONTEXTE LEGISLATIF ET REGLEMENTAIRE	7
I.3	LA NOMENCLATURE DES INSTALLATIONS CLASSEES	8
I.4	LA DEMARCHE GENERALE DE L'ETUDE DE DANGER	9
II-	LES INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION	10
II.1	LES RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS	10
II.2	LA LOCALISATION DU SITE.....	11
II.3	LA DEFINITION DE LA ZONE SUR LAQUELLE PORTE L'ETUDE DE DANGERS	12
III-	LA DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION	13
III.1	L'ENVIRONNEMENT HUMAIN	13
III.1.1	<i>Les zones urbanisées</i>	13
III.1.2	<i>Les établissements recevant du public (ERP)</i>	15
III.1.3	<i>Les installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE)</i>	15
III.1.4	<i>Les autres activités</i>	18
III.2	L'ENVIRONNEMENT NATUREL.....	18
III.2.1	<i>Le contexte climatique</i>	18
III.2.2	<i>Les risques naturels</i>	20
III.3	L'ENVIRONNEMENT MATERIEL.....	24
III.3.1	<i>Les voies de communication</i>	24
III.3.2	<i>Les servitudes et les réseaux publics ou privés</i>	24
III.4	LES MESURES INITIALES D'EVITEMENT ET DE REDUCTION DES RISQUES DE DANGERS	26
III.5	LA SYNTHESE	28
IV-	LA DESCRIPTION DE L'INSTALLATION	31
IV.1	LES CARACTERISTIQUES DE L'INSTALLATION.....	31
IV.1.1	<i>Les activités de l'installation</i>	31
IV.1.2	<i>Les caractéristiques générales d'un parc éolien</i>	31
IV.1.3	<i>Les éléments constitutifs d'un aérogénérateur</i>	31
IV.1.4	<i>La composition de l'installation</i>	33
IV.2	LE FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION	36
IV.2.1	<i>Le mât</i>	36
IV.2.2	<i>Le rotor</i>	37
IV.2.3	<i>La nacelle</i>	37
IV.2.4	<i>Le générateur</i>	38
IV.2.5	<i>L'unité d'alimentation au réseau</i>	38
IV.2.6	<i>La certification des éoliennes</i>	40
IV.3	LE FONCTIONNEMENT DE L'EOLIENNE	40
IV.3.1	<i>Les spécifications techniques</i>	40
IV.3.2	<i>Le démarrage de l'éolienne</i>	42
IV.3.3	<i>Les modes de fonctionnement</i>	42
IV.3.4	<i>L'arrêt de l'éolienne</i>	43
IV.4	LA SECURITE DE L'INSTALLATION	44
IV.4.1	<i>Le système de freinage</i>	44
IV.4.2	<i>Le système de détection de survitesse</i>	44
IV.4.3	<i>Le dévissage des câbles</i>	45
IV.4.4	<i>La protection foudre</i>	45
IV.4.5	<i>La protection incendie</i>	45
IV.4.6	<i>Les tempêtes (système « storm control »)</i>	46
IV.4.7	<i>Le système de détection de givre / glace</i>	47
IV.4.8	<i>La vue d'ensemble des composants mécaniques</i>	48

IV.4.9	<i>La surveillance des principaux paramètres</i>	50
IV.4.10	<i>L'organisation des services de secours en cas d'accident</i>	51
IV.5	LES OPERATIONS DE MAINTENANCE DE L'INSTALLATION.....	51
IV.5.1	<i>Les précautions générales</i>	51
IV.5.2	<i>Les maintenances préventives</i>	52
IV.5.3	<i>Les maintenances curatives</i>	53
IV.6	LE STOCKAGE ET LE FLUX DE PRODUITS DANGEREUX.....	53
IV.7	LE FONCTIONNEMENT DES RESEAUX DE L'INSTALLATION.....	53
IV.7.1	<i>Les spécificités techniques</i>	53
IV.7.2	<i>Le réseau inter-éolien</i>	54
IV.7.3	<i>Le poste de livraison</i>	54
IV.7.4	<i>Le réseau électrique externe</i>	54
V-	L'IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION	55
V.1	LES POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX PRODUITS.....	55
V.2	LES POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX DECHETS.....	59
V.3	LES POTENTIELS DE DANGERS LIES AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION.....	60
V.4	LA REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS A LA SOURCE.....	61
V.4.1	<i>Les principales actions préventives</i>	61
V.4.2	<i>L'utilisation des meilleures techniques disponibles</i>	61
VI-	L'ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE	62
VI.1	L'INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS EN FRANCE.....	62
VI.2	L'INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS A L'INTERNATIONAL.....	63
VI.3	LA SYNTHESE DES PHENOMENES DANGEREUX REDOUTES ISSUS DU RETOUR D'EXPERIENCE.....	66
VI.3.1	<i>L'analyse de l'évolution des accidents en France</i>	66
VI.3.2	<i>L'analyse des typologies d'accidents les plus fréquents</i>	66
VI.4	LES LIMITES D'UTILISATION DE L'ACCIDENTOLOGIE.....	67
VII-	L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES	67
VII.1	L'OBJECTIF DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES.....	67
VII.2	LE RECENSEMENT DES EVENEMENTS EXCLUS DE L'ANALYSE DES RISQUES.....	67
VII.3	LE RECENSEMENT DES AGRESSIONS EXTERNES POTENTIELLES.....	68
VII.3.1	<i>Les agressions externes liées aux activités humaines</i>	68
VII.3.2	<i>Les agressions externes liées aux phénomènes naturels</i>	69
VII.4	LES SCENARIOS ETUDIES DANS L'ANALYSE GENERIQUE DES RISQUES.....	70
VII.5	LES EFFETS DOMINOS.....	74
VII.6	LA MISE EN PLACE DES MESURES DE SECURITE.....	75
VII.7	LA CONCLUSION DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES.....	81
VIII-	L'ETUDE DETAILLEE DES RISQUES	82
VIII.1	LE RAPPEL DES DEFINITIONS.....	82
VIII.1.1	<i>La cinétique</i>	82
VIII.1.2	<i>L'intensité</i>	82
VIII.1.3	<i>La gravité</i>	83
VIII.1.4	<i>La probabilité</i>	84
VIII.2	LA CARACTERISATION DES SCENARIOS RETENUS.....	86
VIII.2.1	<i>L'effondrement de l'éolienne</i>	86
VIII.2.2	<i>La chute de glace</i>	91
VIII.2.3	<i>La chute d'élément de l'éolienne</i>	95
VIII.2.4	<i>La projection de pale ou de fragment de pale</i>	98
VIII.2.5	<i>La projection de glace</i>	102
VIII.2.6	<i>La synthèse de l'étude détaillée des risques</i>	107
VIII.3	LA CARTOGRAPHIE DE SYNTHESE DES RISQUES.....	112

IX-	LA DEMANDE D'APPROBATION DU PROJET D'OUVRAGE DE LA LIGNE ELECTRIQUE SOUTERRAINE (20 KV) ET DU POSTE DE LIVRAISON (ART R.323-40 DU CODE DE L'ÉNERGIE)	120
IX.1	LA PRESENTATION GENERALE DU PROJET	120
IX.2	LES CHAPITRES DE L'ÉTUDE D'IMPACT CONCERNES PAR LA LIGNE ELECTRIQUE SOUTERRAINE (20 KV) ET LE POSTE DE LIVRAISON	121
IX.3	LA DESCRIPTION TECHNIQUE DES OUVRAGES ELECTRIQUES ET DU POSTE DE LIVRAISON (OUVRAGES PRIVES)	123
IX.3.1	Les généralités	123
IX.3.2	Le câble / les câbles	128
IX.3.3	Les postes de livraison (cf. Pièce 7 : Documents demandés au titre du Code de l'environnement)	129
IX.4	L'ENGAGEMENT DU PORTEUR DE PROJET	131
IX.4.1	Le respect des règles de l'art	131
IX.4.2	Le contrôle technique des travaux	131
IX.4.3	L'information du gestionnaire du réseau public	131
IX.4.4	L'information auprès de l'INERIS	131
IX.5	LE TABLEAU BILAN DT/DICT	131
X-	LA CONCLUSION	133
XI-	ANNEXES.....	135

Liste des illustrations

Figure 1 : La démarche générale de l'étude de dangers	9
Figure 2 : Le zonage sismique de la France en vigueur	22
Figure 3 : Les distances de sécurité entre une éolienne et un ouvrage de gaz (Source : GRTgaz)	27
Figure 4 : Le schéma simplifié d'un aérogénérateur	32
Figure 5 : Le dessin schématique de la nacelle (source : ENERCON)	37
Figure 6 : L'unité d'alimentation au réseau (source : ENERCON)	39
Figure 7 : La dimension de l'éolienne retenue (Enercon E-92)	41
Figure 8 : La courbe de puissance en fonction de la vitesse du vent	47
Figure 9 : Le planning de maintenance préventive (Enercon)	52
Figure 10 : Le schéma de raccordement électrique d'un parc éolien	53
Figure 11 : Les causes premières des accidents d'aérogénérateurs en France (source FEE)	63
Figure 12 : La répartition des événements accidentels par rapport à la totalité des accidents (source FEE)	64
Figure 13 : Les causes premières des accidents d'aérogénérateurs dans le monde (source : FEE)	65
Figure 14 : L'évolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées (source : FEE)	66
Figure 15 : Le panneau de prévention des risques sur un parc éolien de P&T Technologie	110

Liste des cartes

Carte 1 : La localisation du projet	11
Carte 2 : Le périmètre de l'étude de dangers	12
Carte 3 : La vocation des bâtiments dans un rayon de 600 m autour du parc éolien	15
Carte 4 : La densité de foudroiement annuel au km ² en France (source Météorage)	20
Carte 5 : Les enjeux de l'environnement matériel au sein du périmètre d'étude de dangers	25
Carte 6 : Le plan approximatif des ouvrages GRTgaz (source GRTgaz)	28
Carte 7 : La synthèse des enjeux du périmètre d'étude de dangers	30
Carte 8 : Le plan détaillé de l'installation	36
Carte 9 : La zone d'effet du risque d'effondrement de l'éolienne	87
Carte 10 : La zone d'effet du risque de chute de glace	92
Carte 11 : La zone d'effet du risque de chute d'élément	95
Carte 12 : La zone d'effet du risque de projection de pale ou de fragment de pale	99
Carte 13 : La zone d'effet des risques de projection de glace	103
Carte 14 : Les zones d'effets des différents risques étudiés	112
Carte 15 : Les zones d'effets des différents risques étudiés au droit de l'éolienne E1	113
Carte 16 : Les zones d'effets des différents risques étudiés au droit de l'éolienne E2	114
Carte 17 : Les zones d'effets des différents risques étudiés au droit de l'éolienne E3	115

Carte 18 : Les zones d'effets des différents risques étudiés au droit de l'éolienne E4	116
Carte 19 : Les zones d'effets des différents risques étudiés au droit de l'éolienne E5	117
Carte 20 : Les zones d'effets des différents risques étudiés au droit de l'éolienne E6	118
Carte 21 : Les niveaux de risque au regard des scénarii étudiés.....	119

Liste des tableaux

Tableau 1 : La nomenclature ICPE d'un parc éolien.....	9
Tableau 2 : La distance des habitations à l'éolienne la plus proche	13
Tableau 3 : Les données démographiques des communes du périmètre d'étude de dangers (INSEE)	14
Tableau 4 : La liste des ICPE dans le périmètre d'étude rapproché	18
Tableau 5 : Les arrêtés de catastrophe naturelle répertoriés sur Broons	20
Tableau 6 : Les arrêtés de catastrophe naturelle répertoriés sur Yvignac-la-Tour	21
Tableau 7 : Les coordonnées GPS et l'altimétrie des éoliennes	33
Tableau 8 : Les dimensions envisagées des aménagements du parc éolien	34
Tableau 9 : La description des éléments constitutifs de l'éolienne retenue.....	36
Tableau 10 : Les spécifications techniques des éoliennes Enercon E-92 (source : Enercon)	41
Tableau 11 : La vue d'ensemble pour toutes les substances polluant l'eau dans l'éolienne E-92 (source : Enercon)	56
Tableau 12 : Les informations sur les caractéristiques physiques et la composition des substances polluant l'eau dans l'éolienne E-92 (source : Enercon).....	57
Tableau 13 : Les informations sur les composants à déclarer obligatoirement dans l'éolienne E-92 (source : Enercon).	58
Tableau 14 : Les potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation	60
Tableau 15 : Les agressions externes liées aux activités humaines	69
Tableau 16 : Les agressions externes liées aux phénomènes naturels.....	70
Tableau 17 : Les scénarios génériques d'accidents possibles	74
Tableau 18 : Les fonctions de sécurité de l'installation.....	80
Tableau 19 : Les catégories de scénarios exclus	81
Tableau 20 : Les niveaux de gravité.....	84
Tableau 21 : Les niveaux de probabilité.....	85
Tableau 22 : L'évaluation de l'intensité pour le risque d'effondrement des éoliennes.....	88
Tableau 23 : L'évaluation de la gravité pour le risque d'effondrement d'une éolienne.....	89
Tableau 24 : L'évaluation de la probabilité pour le risque d'effondrement d'une éolienne	90
Tableau 25 : L'acceptabilité du risque d'effondrement d'une éolienne	91
Tableau 26 : L'évaluation de l'intensité du risque de chute de glace.....	93
Tableau 27 : L'évaluation de la gravité du risque de chute de glace	94
Tableau 28 : L'acceptabilité du risque d'effondrement d'une éolienne	94
Tableau 29 : L'évaluation de l'intensité du risque de chute d'élément de l'éolienne	96
Tableau 30 : L'évaluation de la gravité du risque de chute d'éléments de l'éolienne.....	97
Tableau 31 : L'acceptabilité du risque d'effondrement d'une éolienne	97
Tableau 32 : L'évaluation de l'intensité du risque de projection de pale ou de fragment de pale	98
Tableau 33 : L'évaluation de la gravité du risque de projection de pale ou de fragment de pale	101
Tableau 34 : L'évaluation de la probabilité pour le risque de projection de pale ou de fragment de pale	101
Tableau 35 : L'acceptabilité du risque d'effondrement d'une éolienne	102
Tableau 36 : L'évaluation de l'intensité du risque de projection de morceaux de glace pour les éoliennes	104
Tableau 37 : L'évaluation de la gravité du risque de projection de morceaux de glace	105
Tableau 38 : L'acceptabilité du risque d'effondrement d'une éolienne	106
Tableau 39 : La synthèse de l'évaluation des risques étudiés.....	107
Tableau 40 : La synthèse de l'acceptabilité des risques.....	109
Tableau 41 : Les mesures de maîtrise du risque de chute de glace	110
Tableau 42 : Les mesures de maîtrise du risque de chute d'éléments	111

I- Le préambule

I.1 L'objectif de l'étude de dangers

La présente étude de dangers a pour objet de rendre compte de l'examen effectué par la société P&T Technologie SAS pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques du parc éolien Biterne Sud situé sur les communes de Broons et d'Yvignac-la-Tour (22). Elle vise également à s'assurer que le parc éolien est technologiquement réalisable et économiquement acceptable ; elle 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 éoliennes du parc Biterne Sud. Le choix de la méthode d'analyse utilisée et la justification des mesures de prévention, de protection et d'intervention sont adaptés à la nature et à la complexité des installations et de leurs risques.

Elle précise l'ensemble des mesures de maîtrise des risques mises en œuvre sur le parc éolien Biterne Sud, 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.

I.2 Le contexte législatif et réglementaire

Les objectifs et le contenu de l'étude de dangers sont définis dans la partie du Code de l'environnement relative aux installations classées. Selon l'article L.512-1, modifié par la loi n°2013-619 du 16 juillet 2013 - art. 1, l'étude de dangers expose les risques que peut présenter l'installation pour les intérêts visés à l'article L.511-1, modifié par l'ordonnance n°2011-91 du 20 janvier 2011 - art. 6, en cas d'accident, que la cause soit interne ou externe à l'installation.

L'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation [10] (cf. annexes pour les références bibliographiques) fournit un cadre méthodologique pour les évaluations des scénarios d'accidents majeurs. Il impose une évaluation des accidents majeurs sur les personnes uniquement et non sur la totalité des enjeux identifiés dans l'article L.511-1. En cohérence avec cette réglementation et dans le but d'adopter une démarche proportionnée, l'évaluation des accidents majeurs dans l'étude de dangers d'un parc d'aérogénérateurs s'intéressera prioritairement aux dommages sur les personnes. Pour les parcs éoliens, les atteintes à l'environnement, l'impact sur le fonctionnement des radars et les problématiques liées à la circulation aérienne font l'objet d'une évaluation détaillée au sein de l'étude d'impact.

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

Selon le principe de proportionnalité, le contenu de l'étude de dangers doit être en relation avec l'importance des risques engendrés par l'installation, compte tenu de son environnement et de sa vulnérabilité. Ce contenu est défini par l'article R.512-9 du Code de l'environnement, modifié par le décret n°2014-284 du 3 mars 2014 - art. 3 :

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

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

1.3 La nomenclature des installations classées

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

Cette rubrique est détaillée dans le tableau suivant.

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 : La nomenclature ICPE d'un parc éolien

Le parc éolien Biterne Sud 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 unique d'exploiter.

1.4 La démarche générale de l'étude de danger

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

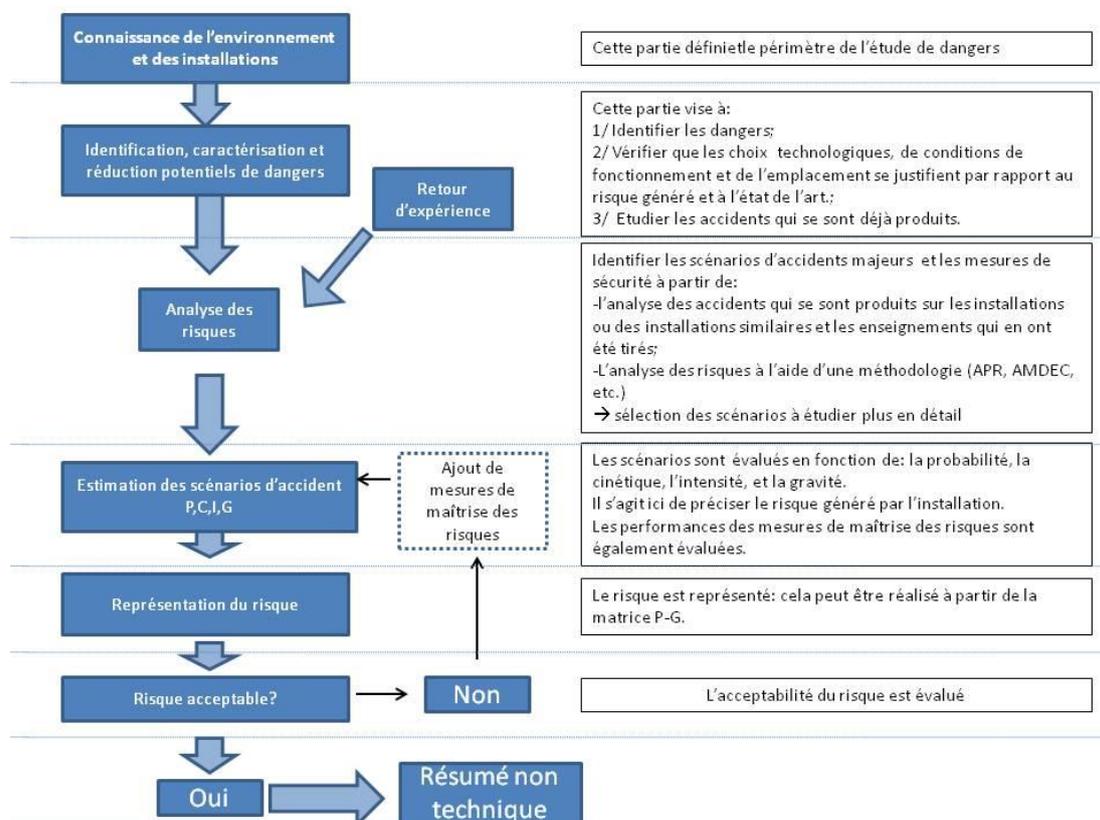


Figure 1 : La démarche générale de l'étude de dangers

II- Les informations générales concernant l'installation

II.1 Les renseignements administratifs

LE DEMANDEUR

Raison sociale de l'établissement : **Parc éolien Biterne Sud**

Forme juridique : Société par Actions Simplifiées à associé unique

Capital : 2 000 €

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

Tél: +33 2 99 36 77 40

N° d'identification : 812 536 068 R.C.S. RENNES

Signataire de la demande : Robert CONRAD (qualité : directeur général)

Pour tout renseignement complémentaire à cette demande, veuillez contactez Mme Lénaïg CANDALH au +33 2 99 36 05 21.

LE MAÎTRE D'OUVRAGE DU PROJET

P&T TECHNOLOGIE SAS

Rue du Pré Long

Bât C ZAC Val d'Orson

35770 VERN-SUR-SEICHE

Tél: 02 99 36 77 40

Fax: 02 99 36 84 80



LES AUTEURS DE L'ÉTUDE DE DANGERS

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

AEPE-Gingko

7, rue de la Vilaine

Saint-Mathurin-sur-Loire

49250 LOIRE-AUTHION

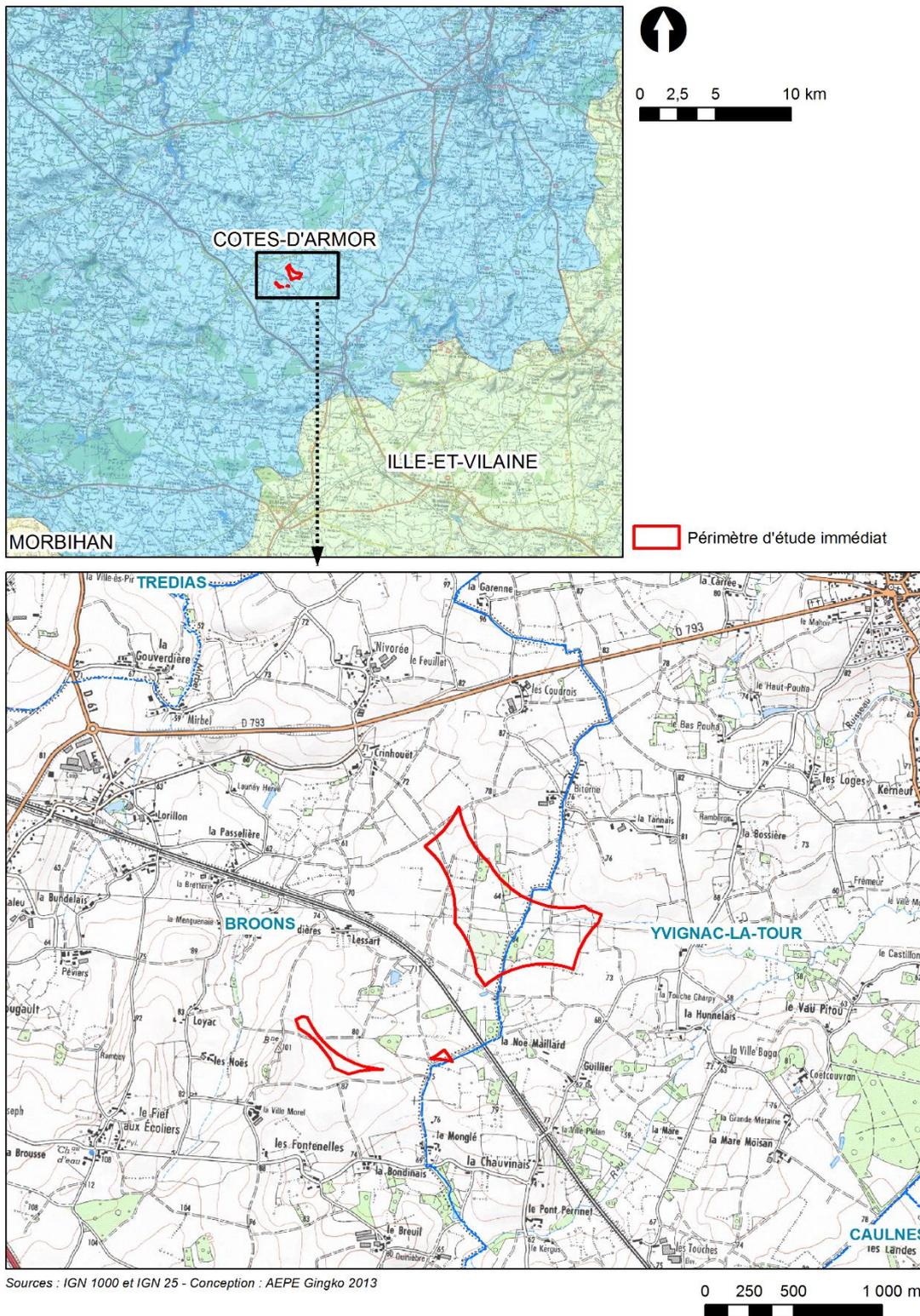
Tél : 02 41 68 06 95



Le demandeur est également le futur exploitant du site.

II.2 La localisation du site

Le parc éolien Biterne Sud, composé de 6 aérogénérateurs, est localisé sur les communes de Broons et d'Yvignac-la-Tour, dans le département des Côtes-d'Armor, en région Bretagne.

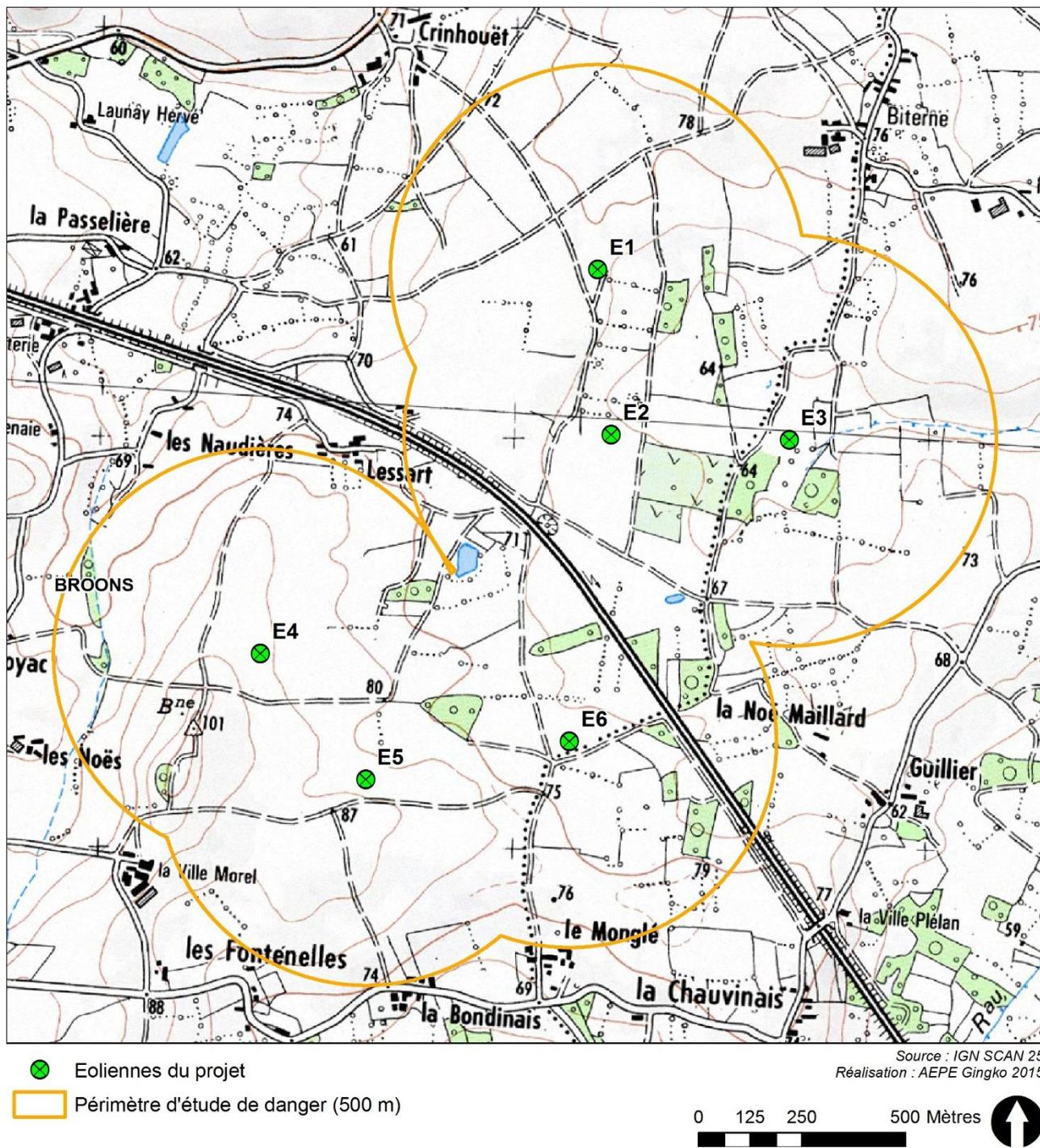


Carte 1 : La localisation du projet

II.3 La définition de la zone sur laquelle porte l'étude de dangers

La zone sur laquelle porte l'étude de dangers pour le projet éolien Biterne Sud correspond à l'ensemble des points situés à une distance inférieure ou égale à 500 m à partir des aérogénérateurs.

La définition de la zone d'étude n'intègre pas les postes de livraison électrique. Les modélisations réalisées par le syndicat des énergies renouvelable 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 : Le périmètre de l'étude de dangers

III- La description de l'environnement de l'installation

III.1 L'environnement humain

III.1.1 Les zones urbanisées

Le périmètre de l'étude de dangers s'inscrit sur les communes de Broons et d'Yvignac-la-Tour. L'occupation du sol sur la commune de Broons est régie par un plan local d'urbanisme (PLU). Le périmètre d'étude de dangers est localisé sur les zones A (agricole) et N (naturelle) du PLU. L'occupation du sol sur la commune d'Yvignac-la-Tour est également régie par un plan local d'urbanisme (PLU). Le périmètre d'étude de dangers est localisé sur les zones A (agricole) et Nd (naturelle protégée) du PLU.

Aucune zone destinée à l'habitation dans les PLU de Broons et d'Yvignac-la-Tour n'est présente à moins de 1 000 m des futures installations. L'éloignement à plus de 500 m des zones urbanisables est donc respecté.

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

Éolienne	Habitation la plus proche	Commune	Nombre* d'habitants estimé dans le hameau considéré	Distance des habitations à l'éolienne la plus proche
Éolienne 1	Lessart	Broons	< 25	560 m
Éolienne 2	Lessart	Broons	< 25	501 m
Éolienne 3	Biterne	Yvignac-la-Tour	< 25	722 m
Éolienne 4	Lessart	Broons	< 25	501 m
Éolienne 5	La Bondinais	Broons	< 5	501 m
Éolienne 6	Le Monglé	Yvignac-la-Tour	< 10	520 m

* Nombre estimé au vu des habitations présentes et purement indicatif (données non disponibles)

Tableau 2 : La distance des habitations à l'éolienne la plus proche

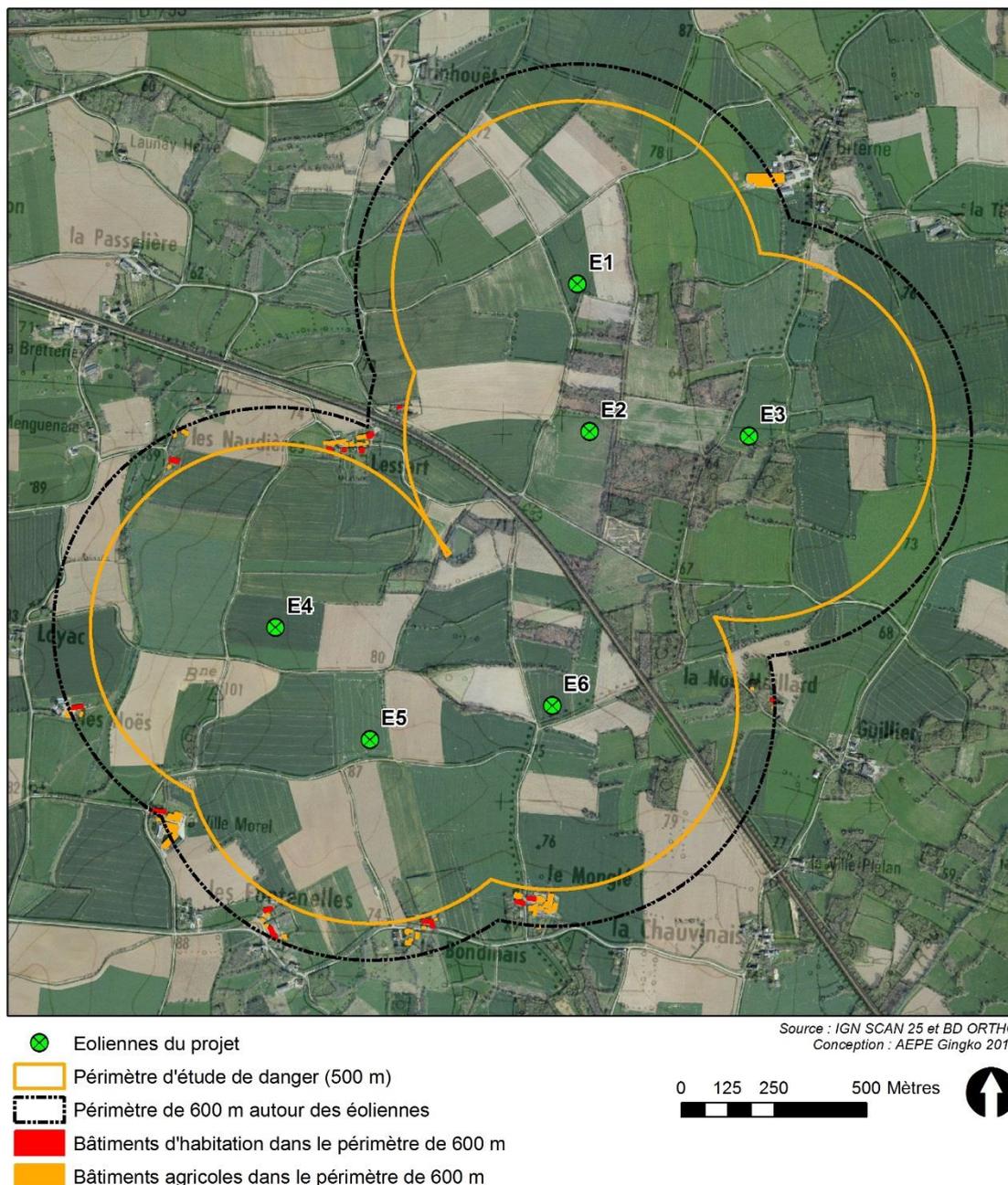
	Population		Densité (hab/km ²) en 2009	Évolution de la population Période 1999-2008	
	2009	1999		% annuel	Nombre d'habitants
Broons	2 877	2 388	81,7	+1,9 %	+ 489
Yvignac-la-Tour	1 191	1 094	33,7	+0,9%	+ 97

Tableau 3 : Les données démographiques des communes du périmètre d'étude de dangers (INSEE)

En 2009, la population légale sur la commune de Broons est de 2 877 habitants. À noter que cette population est principalement localisée dans le bourg distant de plus de 2,5 km de l'éolienne la plus proche (E4). La commune d'Yvignac-la-Tour présente une population nettement plus faible (1 191 habitants en 2009) et sa population est aussi principalement localisée dans le bourg distant de plus de 2,5 km de l'éolienne la plus proche (E3).

En 2012, la population totale pour ces deux communes s'élève à 4 187 habitants, soit une progression de 119 habitants sur 3 ans dont 113 habitants sur la seule commune de Broons.

À proximité du périmètre d'étude de dangers, un certain nombre de hameaux dispersés, maisons isolées et fermes est recensé. Ce bâti, traditionnel ou non, a pour vocation l'habitat et l'exploitation agricole ; il accueille majoritairement des exploitants agricoles et leur famille.



Carte 3 : La vocation des bâtiments dans un rayon de 600 m autour du parc éolien

Aucun bâtiment n'est recensé au sein du périmètre d'étude de dangers de 500 m.

III.1.2 Les établissements recevant du public (ERP)

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

III.1.3 Les installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE)

Les communes concernées par le périmètre d'étude rapproché accueillent de très nombreuses installations classées pour l'environnement. Toutefois la grande majorité de ces installations correspondent à des exploitations agricoles pour l'élevage de porcs, de volailles ou de bovins.

Ces installations présentent un risque industriel très limité. À noter qu'aucune de ces exploitations n'est située à moins de 500 m du périmètre d'étude immédiat.

Hormis ces exploitations agricoles, 5 installations classées pour l'environnement sont répertoriées dans les deux communes accueillant la zone d'implantation potentielle du parc Biterne Sud. Seules trois de ces installations sont situées dans le périmètre rapproché du projet.

Il s'agit notamment de la coopérative agricole de Broons située à 1,9 km. Cette ICPE soumise à autorisation fabrique des aliments pour les animaux d'élevage (porcs, bovins et volailles). Les activités soumises à autorisation concernent les silos de stockage dégageant de la poussière inflammable, le broyage et concassage de substances végétales... À noter que la coopérative de Broons est recensée dans le dossier départemental des risques majeurs des Côtes-d'Armor au titre des risques industriels du fait du stockage d'ammoniac et d'ammonitrates. Toutefois aucune servitude liée à cette ICPE ne concerne la zone d'étude et l'éloignement de près de 2 km du projet tend à rendre les risques négligeables.

Deux autres installations sont situées dans la zone artisanale localisée entre le bourg de Broons et la RN12 à une distance de 2,2 km du périmètre d'étude immédiat. Ce sont les entreprises Delmotte SA et Lechevestrier spécialisées respectivement dans la pâtisserie industrielle et le broyage de minéraux et déchets.

L'éloignement de ces ICPE du périmètre immédiat induit des enjeux très limités. Il n'existe par ailleurs aucun site SEVESO dans le périmètre d'étude rapproché.

Établissement	Rubrique	Régime	Activité	Commune	Distance au périmètre immédiat
Coopérative agricole de Broons	1111	NC	Très toxiques (emploi ou stockage)	Broons	1,9 km
	1155	DC	AGRO-PHARMACEUTIQUES (DÉPÔTS)		
	1331	NC	ENGRAIS SIMPLES SOLIDES...BASE NITRATES, ENGRAIS COMPOSÉS (STOCKAGE)		
	1432	DC	Liquides inflammables (stockage)		
	1434	DC	Liquides inflammables (remplissage ou distribution) autres que 1435		
	1510	DC	Entrepôts couverts		
	2160	A	SILOS DE STOCKAGE DE CÉRÉALES, GRAINS, ETC. DÉGAGEANT DES POUSSIÈRES INFLAMMABLES		
2260	A	BROYAGE, CONCASSAGE, CRIBLAGE, ETC. DES SUBSTANCES VÉGÉTALES			

Établissement	Rubrique	Régime	Activité	Commune	Distance au périmètre immédiat
	2515	D	Broyage, concassage, ...et autres produits minéraux ou déchets non dangereux inertes		
	2910	A			
	2920	D	Réfrigération ou compression (installation de) pression >10E5 Pa		
	2930	NC	Ateliers de réparation, entretien de véhicules à moteur, dont carrosserie et tôlerie		
Delmotte SA (pâtisserie)	1510	NC	Entrepôts couverts	Broons	2,2 km
	2220	A	Alimentaires (préparation ou conservation) produits d'origine végétale		
	2221	A	Alimentaires (préparation ou conservation) produits d'origine animale		
	2910	NC			
	2920	A	Réfrigération ou compression (installation de) pression >10E5 Pa		
	2925	D	ACCUMULATEURS (ATELIERS DE CHARGE D')		
Ets Lechevestrier	2515	A	Broyage, concassage, ...et autres produits minéraux ou déchets non dangereux inertes	Broons	2,2 km
Élis Bretagne	1434	DC	Liquides inflammables (remplissage ou distribution) autres que 1435	Caulnes	5,8 km
	2340	A	Blanchisseries, laveries de linge		
	2910	DC			

Établissement	Rubrique	Régime	Activité	Commune	Distance au périmètre immédiat
	2920	D	Réfrigération ou compression (installation de) pression >10E5 Pa		
SARL Rance Sablage	1220	NC	Oxygène (emploi et stockage)	Trémeur	5,5 km
	1412	NC	Gaz inflammables liquéfiés (stockage)		
	1432	NC	Liquides inflammables (stockage)		
	2567	A	Métaux (galvanisation, étamage de) ou revêtement métallique		
	2575	D	Abrasives (emploi de matières) non visé par 2565		

Tableau 4 : La liste des ICPE dans le périmètre d'étude rapproché

III.1.4 Les autres activités

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

III.2 L'environnement naturel

III.2.1 Le contexte climatique

Les données présentées ci-après sont issues de données de Saint-Brieuc (sources : Météo climat et Météo France).

III.2.1.1 La pluviosité

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 713 mm par an). Les précipitations les plus élevées se manifestent d'octobre à janvier avec un pic sur le mois de décembre. Les mois d'été sont moins pluvieux, la moyenne mensuelle minimale étant enregistrée en août avec environ 40 mm.

III.2.1.2 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 d'environ 1 570 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 de mai à août avec une moyenne mensuelle de plus de l'ordre de 190 h, soit environ 6h de soleil par jour. À contrario les mois d'hiver sont très peu ensoleillés : 63 heures de soleil en moyenne pour les mois de décembre et janvier, soit environ 2 h de soleil par jour.

III.2.1.3 Le brouillard

Le brouillard est un phénomène récurrent en hiver, surtout lorsqu'il s'installe durablement durant les périodes anticycloniques des mois hivernaux. La France possède une moyenne assez élevée du nombre annuel avec présence de brouillard. Les trois quarts du pays sont soumis à un brouillard relativement fréquent où la moyenne globale s'échelonne entre 40 et 50 jours de brouillard par année.

Trois zones sont particulièrement touchées ; la première s'étendant près de la Manche, de la Bretagne jusqu'aux frontières belges avec un pic atteignant jusqu'à plus de 100 jours annuels dans l'intérieur de la Bretagne (dans l'intérieur des terres, les vents sont moins présents et empêchent davantage les nuages bas de se dissiper qu'en zones littorales).

III.2.1.4 Le gel et la neige

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 (0,07 jour par an). À noter que ces données sont issues de la station de Saint-Brieuc, en prise directe avec l'océan. Le site d'étude, localisé plus à l'intérieur des terres, est probablement soumis à des gelées plus fréquentes. Toutefois celles-ci restent limitées. Pour exemple, sur Rennes (source Météo climat), le nombre de jours de forte gelée recensée en moyenne est de l'ordre de 3 par an. Les jours de chute de neige sont également peu nombreux.

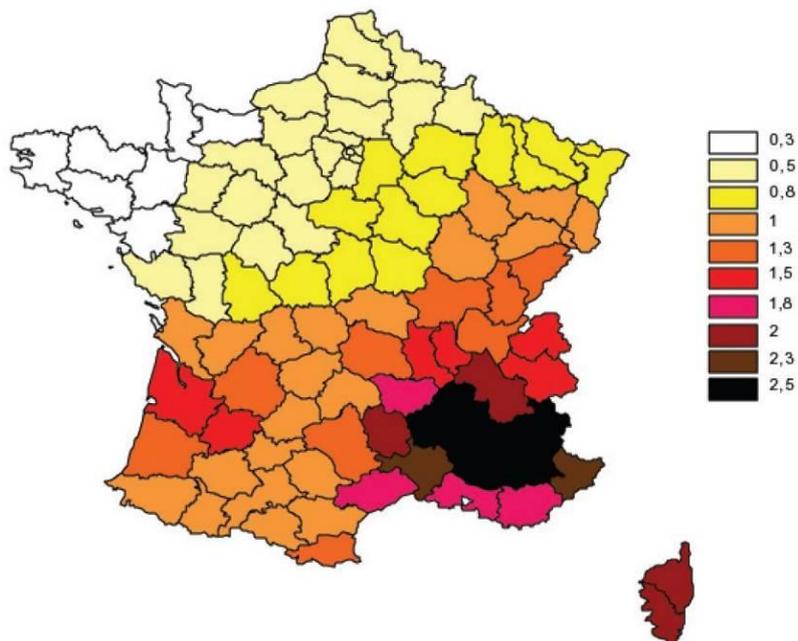
III.2.1.5 Les températures

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 11,2°C. L'hiver est assez peu marqué (6,1°C en janvier) et l'été est doux (17,3°C pour le mois d'août).

III.2.1.6 Les vents

Les vents sont présents toute l'année. La moyenne annuelle (vent moyenné sur 10 mn) à une altitude de 10 m sur la station de Saint-Brieuc est de 4,70 m/s. Le maximum est relevé au mois de janvier et le minimum au mois d'août. Les données de la station météorologique de Plouguenast (22), située à environ 20 km à l'ouest de Broons permettent par ailleurs d'illustrer la direction dominante du vent. Celle-ci est globalement d'orientation sud-ouest/nord-est avec des vents faibles provenant essentiellement du nord-ouest et des vents forts provenant essentiellement du sud-ouest.

III.2.1.7 Les orages



Carte 4 : La densité de foudroiement annuel au km² en France (source Météorage)

Le département des Côtes-d'Armor offre une densité de foudroiement très limitée, à l'échelle du territoire français, avec une moyenne de l'ordre de 0,3 impacts de foudre au sol par km² et par an.

III.2.2 Les risques naturels

III.2.2.1 Les arrêtés de reconnaissance de catastrophe naturelle

Le site www.prim.net permet de prendre connaissance des risques identifiés sur les communes concernées par le périmètre immédiat du projet et les arrêtés de reconnaissance de catastrophe naturelle permettent de compléter cette première approche globale.

Sur la commune de Broons, six arrêtés de catastrophe naturelle ont été promulgués.

Type de catastrophe	Date de la catastrophe	Date de l'arrêté
Tempête	Du 15/10/1987 au 16/10/1987	Le 22/10/1987
Inondations et coulées de boue	Du 11/09/1989 au 11/09/1989	Le 05/12/1989
Inondations et coulées de boue	Du 01/07/1995 au 03/07/1995	Le 15/10/1995
Inondations, coulée de boue, glissements et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	Du 25/12/1999 au 29/12/1999	Le 30/12/1999
Inondations et coulées de boue	Du 06/05/2000 au 07/05/2000	Le 30/11/2000
Inondations et coulées de boue	Du 11/05/2000 au 11/05/2000	Le 30/11/2000

Tableau 5 : Les arrêtés de catastrophe naturelle répertoriés sur Broons

Sur la commune d'Yvignac-la-Tour, quatre arrêtés de catastrophe naturelle ont été promulgués.

Type de catastrophe	Date de la catastrophe	Date de l'arrêté
Tempête	Du 15/10/1987 au 16/10/1987	Le 22/10/1987
Inondations et coulées de boue	Du 17/01/1995 au 31/01/1995	Le 06/02/1995
Inondations, coulée de boue, glissements et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	Du 25/12/1999 au 29/12/1999	Le 30/12/1999
Inondations et coulées de boue	Du 11/05/2000 au 11/05/2000	Le 30/11/2000

Tableau 6 : Les arrêtés de catastrophe naturelle répertoriés sur Yvignac-la-Tour

Très peu de risques naturels sont identifiés sur ces deux communes. De même peu d'arrêtés de catastrophes naturelles ont été pris. Ils font mention principalement de risques d'inondation et de coulées de boue qui concernent essentiellement les secteurs de vallées.

III.2.2.2 La sismicité

Le zonage sismique de la France, en vigueur à compter du 1^{er} mai 2011, est défini par le décret n°2010-1255 du 22 octobre 2010. Il découpe la France en 5 zones de sismicité croissante en fonction de la probabilité d'occurrence des séismes (articles R.563-1 à R.563-8 du Code de l'environnement modifiés par les décrets n°2010-1254 du 22 octobre 2010 et n°2010-1255 du 22 octobre 2010, ainsi que par l'arrêté du 22 octobre 2010).

Zonage	Aléa sismique	Règle de construction
Zone 1	Très faible	Pas de prescription parasismique particulière pour les bâtiments à risque normal
Zone 2	Faible	Règles de construction parasismique applicables aux nouveaux bâtiments, et aux bâtiments anciens dans des conditions particulières
Zone 3	Modéré	
Zone 4	Moyen	
Zone 5	Fort	

Les communes de Broons et d'Yvignac-la-Tour sont localisées dans une zone de sismicité faible, comme le montre la figure suivante.

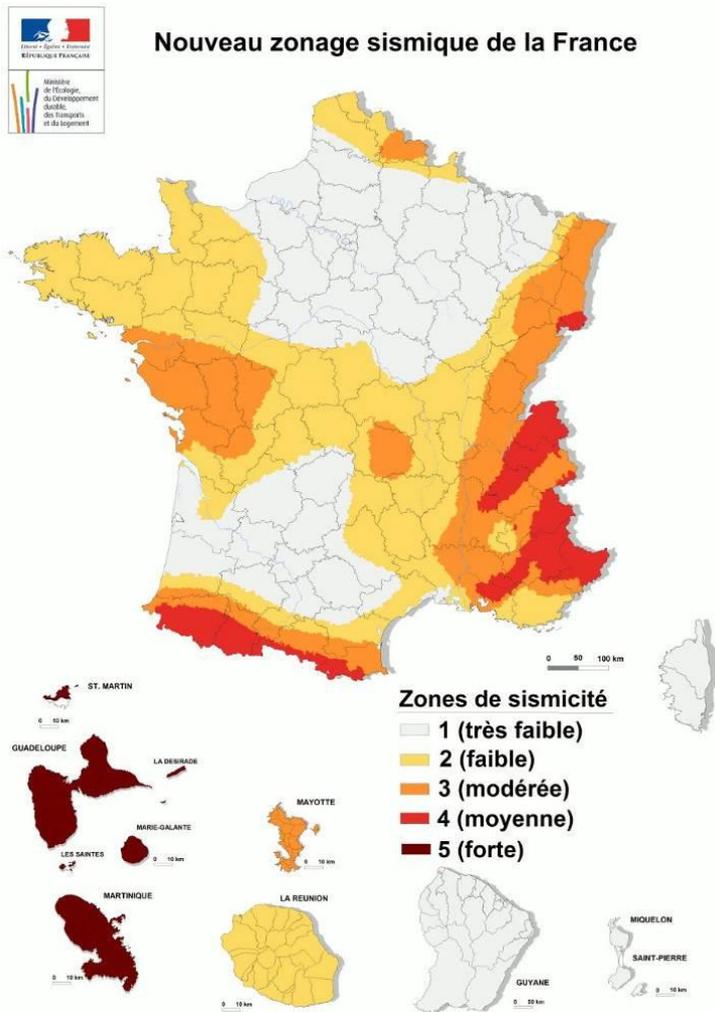


Figure 2 : Le zonage sismique de la France en vigueur

D'après l'arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal », les bâtiments de type « éolienne » correspondent à la catégorie d'importance III, étant donné qu'il s'agit de bâtiments dont la hauteur dépasse 28 m.

Conformément à l'article R.563-4 du Code de l'environnement, le projet est donc soumis aux règles de construction dictées par les normes NF EN 1998-1 septembre 2005, NF EN 1998-3 décembre 2005, NF EN 1998-5 septembre 2005, dites « règles Eurocode 8 » accompagnées des documents dits « annexes nationales » des normes NF EN 1998-1/NA décembre 2007, NF EN 1998-3/NA janvier 2008, NF EN 1998-5/NA octobre 2007 s'y rapportant.

Broons	Séisme zone 2 (sismicité faible). Aucun risque important lié à la sismicité n'est recensé sur le site. Toutefois les installations devront répondre aux normes de construction parasismiques en vigueur.
Yvignac-la-Tour	

III.2.2.3 Les risques d'inondation

L'inondation est une submersion (rapide ou lente) d'une zone pouvant être habitée ; elle correspond au débordement des eaux lors d'une crue. Une crue correspond à l'augmentation du débit (m³/s) d'un cours d'eau, dépassant plusieurs fois le débit moyen ; elle se traduit par une augmentation de la hauteur d'eau.

Le périmètre immédiat est situé en point relativement haut et ne fait pas l'objet de risque d'inondation répertorié. Les points bas accueillent des écoulements temporaires mais ils se situent en tête de bassin versant et n'induisent donc pas de risque d'inondation ou de submersion important.

III.2.2.4 Les risques liés aux cavités

D'après les données du BRGM (www.bdcavite.net), **aucune cavité n'est recensée dans le périmètre d'étude rapproché du projet.**

III.2.2.5 Les risques de mouvements de terrain

Les mouvements de terrain concernent l'ensemble des déplacements du sol ou du sous-sol, qu'ils soient d'origine naturelle ou anthropique (occasionnés par l'homme). Parmi ces différents phénomènes observés, se distinguent :

- les affaissements et les effondrements de cavités,
- les chutes de pierres et éboulements,
- les glissements de terrains,
- les tassements de terrains provoqués par les alternances de sécheresse et de réhydratation des sols.

Une fois déclarés, les mouvements de terrain peuvent être regroupés en deux grandes catégories, selon le mode d'apparition des phénomènes observés. Il existe, d'une part, des processus lents et continus (affaissements, tassements, ...) et d'autre part, des événements plus rapides et discontinus (effondrements, éboulements, chutes de pierres, ...).

Les mouvements de terrain sont recensés sur le site du BRGM (<http://www.bdmvt.net>) pour le département des Côtes-d'Armor. **Aucun ne concerne le périmètre d'étude immédiat ou rapproché du projet. Par ailleurs, le site ne présente pas de pente et d'écoulement susceptible d'induire des mouvements de terrain notables.**

III.2.2.6 Les risques liés aux feux de forêt

Le périmètre immédiat ne se situe pas à proximité immédiate de boisements de taille importante qui concentrent les risques de feux de forêt. Le boisement de superficie conséquente le plus proche est le bois d'Yvignac localisé à 2,5 km du périmètre d'étude immédiat.

La zone ouest ne présente pas de boisement, seules des haies relictuelles sont encore présentes mais elles n'induisent pas de risque de feu de forêt. La zone est, quant à elle, est pour partie constituée de parcelles faisant l'objet d'une mise en valeur sylvicole (plantation de résineux). Des risques de feu existent pour ces parcelles mais ils sont limités étant donnée la faible dimension de ces boisements et leur gestion sylvicole visant notamment à réduire le risque de feu de forêt.

III.2.2.7 L'aléa retrait/gonflement d'argile

D'après la carte d'aléa retrait et gonflement des argiles (www.argiles.fr), **les risques sur le périmètre d'étude de dangers sont considérés comme nuls à faibles.** Cela n'impose donc pas de précaution particulière pour la conception d'ouvrages éoliens.

III.2.2.8 Le risque de remontée de nappe

Le périmètre d'étude immédiat est situé en secteur de sensibilité faible à très faible pour le risque de remontée de nappe sur la zone ouest mais en **secteur de sensibilité forte à très forte sur la zone est du périmètre immédiat.** Ce risque nécessite des mesures constructives adaptées qui seront définies à partir d'une étude géotechnique qui sera réalisée après l'obtention du permis de construire et préalablement aux travaux.

III.3 L'environnement matériel

III.3.1 Les voies de communication

Il convient de rappeler que les zones situées à moins de 200 m de la voirie (routes départementales, nationales et autoroutes identifiées) et à moins de 200 m de part et d'autre des axes ferroviaires sont exclues des zones d'implantation potentielles de parcs éoliens.

La RN12 et la RD973 sont suffisamment distantes du périmètre d'étude de dangers pour ne pas être concernées.

En revanche **la voie ferrée coupe le périmètre d'étude de dangers concernant les éoliennes E2 et E6, distantes de la voie ferrée respectivement de 285 et 240 m.**

Plusieurs voies communales de desserte et chemins agricoles traversent le périmètre d'étude de dangers. Ces routes sont peu fréquentées car elles desservent uniquement les hameaux. Les chemins d'exploitation sont quant à eux uniquement fréquentés par les agriculteurs car ils desservent les parcelles agricoles (nombreux chemins en impasse).

III.3.2 Les servitudes et les réseaux publics ou privés

De la consultation des principaux services gestionnaires d'infrastructures ou de servitudes, il apparaît que le périmètre d'étude rapproché du parc éolien Biterne Sud :

- se situe en dehors de toute servitude aéronautique et radioélectrique associée à des installations civiles relevant de la compétence de la DGAC, et qu'après études par le Service de la Navigation Aérienne Ouest (SNA/O), il s'avère que les éoliennes ne sont pas gênantes au regard des procédures de circulation aérienne ;
- **se situe sous la zone latérale de protection d'un tronçon du réseau de vol à très basse altitude de la défense dénommé LF-R 57**, qui limite l'altitude sommitale des aérogénérateurs, pales à la verticale, à 231 mètres NGF, sans toutefois dépasser une hauteur de 150 mètres ;
- se situe au-delà des 30 kilomètres des radars défense à proximité (radar de Dinard) ;
- se situe à une distance supérieure à la distance d'éloignement fixée par l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 6 novembre 2014 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie éolienne, qui s'élève à 20 km pour ce radar ;
- **est concerné par deux lignes électriques traversant le périmètre d'étude immédiat** et faisant l'objet d'une servitude au PLU de Broons : I4 -Servitudes relatives à l'établissement des canalisations électriques ;
- **est concerné par une canalisation de transport de gaz DN200 «Bréteil – La Chapelle-du-Lou – Plénée-Jugon» qui traverse le territoire communal de Broons ;**
- n'est pas concerné par un réseau de transport de pétrole ;
- n'est pas concerné par un périmètre de protection d'un captage destiné à l'alimentation en eau potable,
- n'est pas concerné par des faisceaux hertziens.



Source : IGN SCAN 25 et BD ORTHO
Conception : AEPE Gingko 2015

-  Périmètre d'étude de danger (500 m)
-  Eoliennes du projet
-  Voies communales
-  Chemins agricoles
-  Voie Ferrée
-  Canalisations de Gaz
-  Lignes électriques aériennes



Carte 5 : Les enjeux de l'environnement matériel au sein du périmètre d'étude de dangers

III.4 Les mesures initiales d'évitement et de réduction des risques de dangers

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 :

- la zone d'implantation potentielle des éoliennes a été fixée à une distance de plus de 500 m de routes à fort trafic (RN12 et RD973) et à une distance minimum de 240 m de la voie ferrée Rennes/Saint-Brieuc/Brest ;
- la ligne électrique passant à proximité de l'éolienne E6 sera enterrée et pour la seconde ligne, il a été tenu compte de la servitude de 3 m minimum et une DICT a été initiée ;
- l'éolienne la plus proche de la canalisation de transport de gaz DN200 a été implantée à plus de 230 m n'engendrant ainsi aucune interaction, comme indiqué ci-après.

Dans le cas général, l'exploitant GRTgaz définit 3 zones avec des contraintes différentes, définies comme suit :

- **Zone 1 (verte) / $D \geq D1$**

En cas de chute de l'éolienne, une distance au sol entre le mât de l'éolienne et la conduite de gaz (D) supérieure à $D1$ permet de s'assurer que la vibration transmise le long du sol ne provoquera aucun dommage sur la canalisation. Les vibrations sont représentées par la notion de vitesse particulière. Le seuil de la vitesse particulière maximale acceptable dans cette zone est de 50 mm/s.

- **Zone 2 (orange) : $D2 \leq D < D1$**

En cas de chute de l'éolienne, une distance de sol D supérieure à $D2$ permet de s'assurer que la vibration transmise dans le sol ne provoquera pas un dommage sur la canalisation supérieur à l'équivalent d'un séisme significatif.

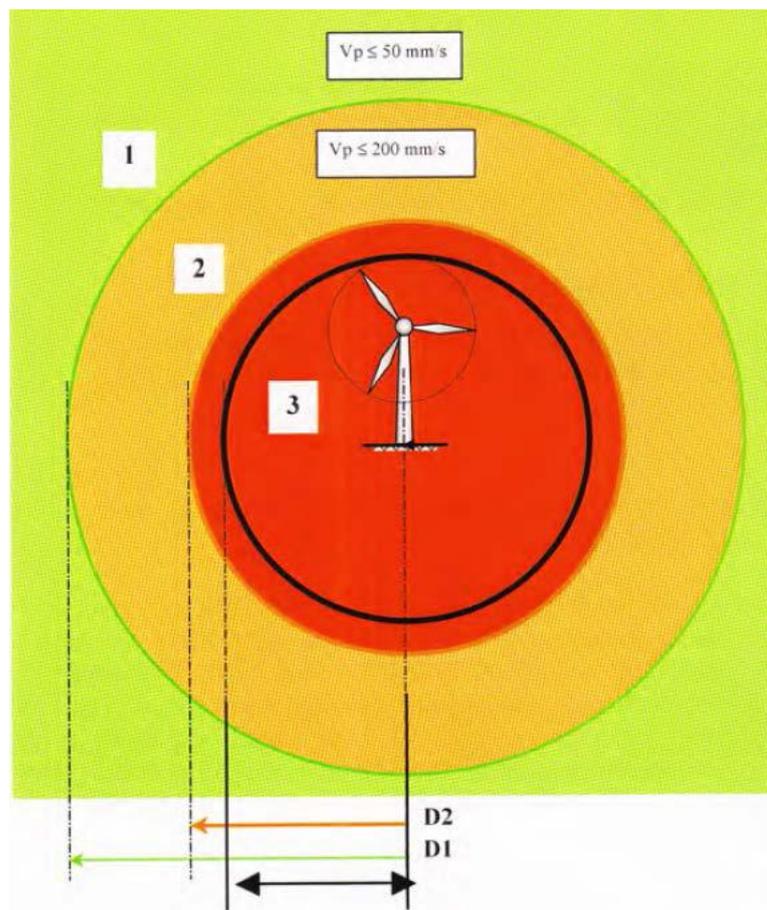


Figure 3 : Les distances de sécurité entre une éolienne et un ouvrage de gaz (Source : GRTgaz)

Il est considéré comme un séisme significatif, le séisme potentiel rencontré dans une zone IB représenté par une vitesse particulière maximale de 200 mm/s. La tenue générale des canalisations de transport posées en zone IB est justifiée par le guide AFPS « association française du génie parasismique ».

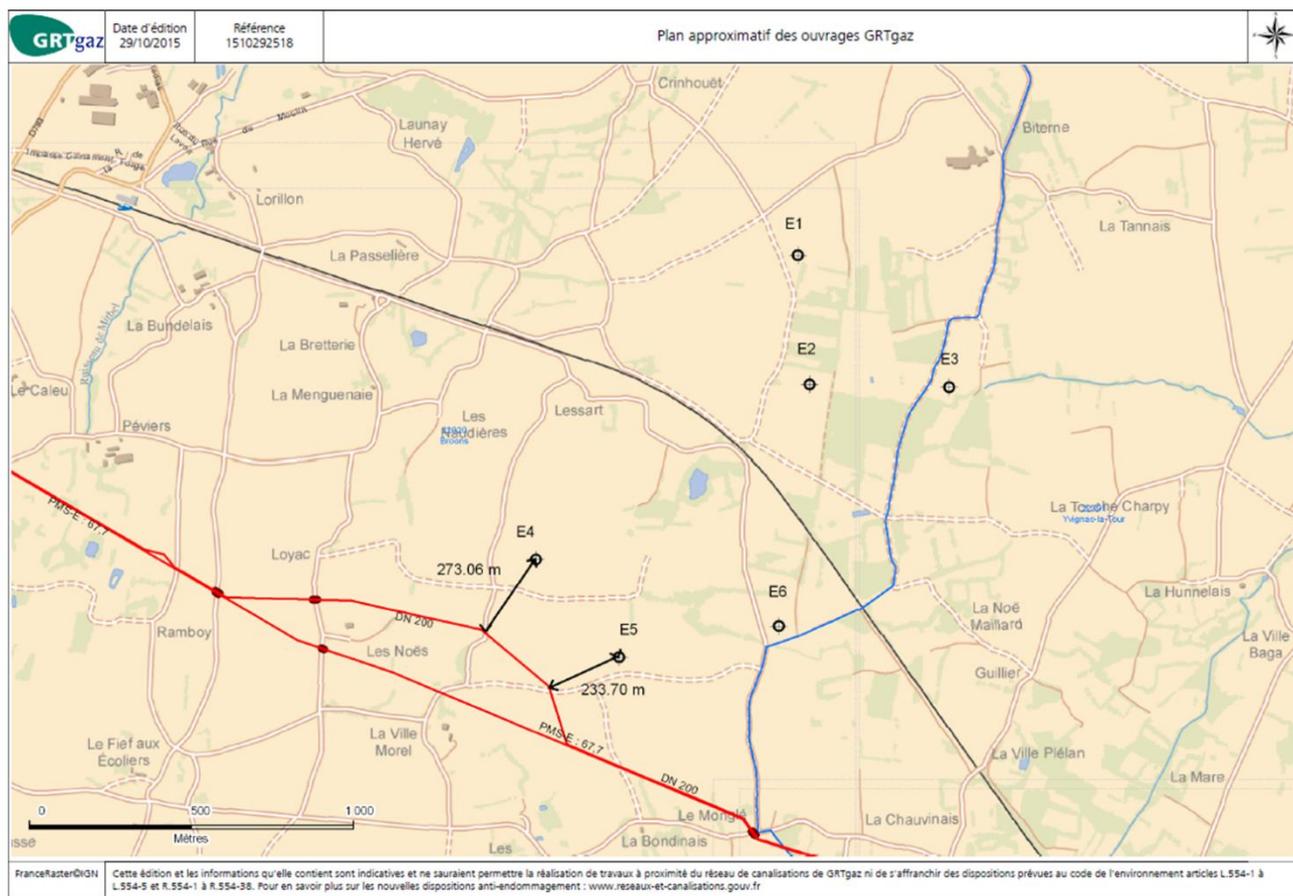
- **Zone 3 (rouge) : $D > D2$**

Aucun ouvrage ne doit se trouver dans cette zone sans une étude spécifique effectuée au cas par cas et validée par un tiers expert.

D'autre part, Gaz de France Réseau transport demande aux maîtres d'ouvrage une justification (calcul ou mesures) garantissant l'absence de vibrations significatives ($< 50 \text{ mm/s}$) au droit de la canalisation en phase d'exploitation de l'éolienne.

Par ailleurs, un avis favorable de l'exploitant concernant la zone rouge nécessite un engagement du constructeur des éoliennes, via la fourniture d'une étude validée par un tiers expert, montrant l'absence d'un risque significatif d'endommagement de leurs ouvrages. Plus précisément, cette étude devra montrer que, compte-tenu de certificats de qualité de conception, construction et d'exploitation des machines, la probabilité d'occurrence d'une agression des ouvrages à la suite d'une défaillance d'une éolienne restera inférieure à $10^{-6}/\text{an}$. Une fréquence de $10^{-6}/\text{an}$ ne serait en effet pas de nature à augmenter de façon significative le risque individuel sur les canalisations de transport en milieu rural.

Sur le périmètre d'étude une canalisation de transport de gaz DN200 est présente, comme indiqué sur la carte ci-après.



Carte 6 : Le plan approximatif des ouvrages GRTgaz (source GRTgaz)

GRTgaz précise : « l'éolienne la plus proche se trouvera à 233 m de nos ouvrages et n'engendrera aucune interaction. Aussi, nous n'émettons aucune objection à la réalisation de ce projet, sous réserve de validation des caractéristiques des éoliennes et de leur implantation. ».

III.5 La synthèse

Le périmètre d'étude de dangers est quasiment exclusivement constitué de parcelles agricoles. Il est traversé par des chemins d'exploitation et des routes communales. La RN12 et la RD973 sont suffisamment distantes du périmètre d'étude de dangers pour ne pas être concernées. En revanche la voie ferrée coupe le périmètre d'étude de dangers concernant les éoliennes E2 et E6, distantes de la voie ferrée respectivement de 285 m et 240 m.

Le bâtiment agricole le plus proche est situé en limite de ce périmètre, lieu-dit Le Monglé, à 500 m de l'éolienne E6.

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 relatives aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers permettent d'estimer la fréquentation à 1 personne par tranche de 100 ha.

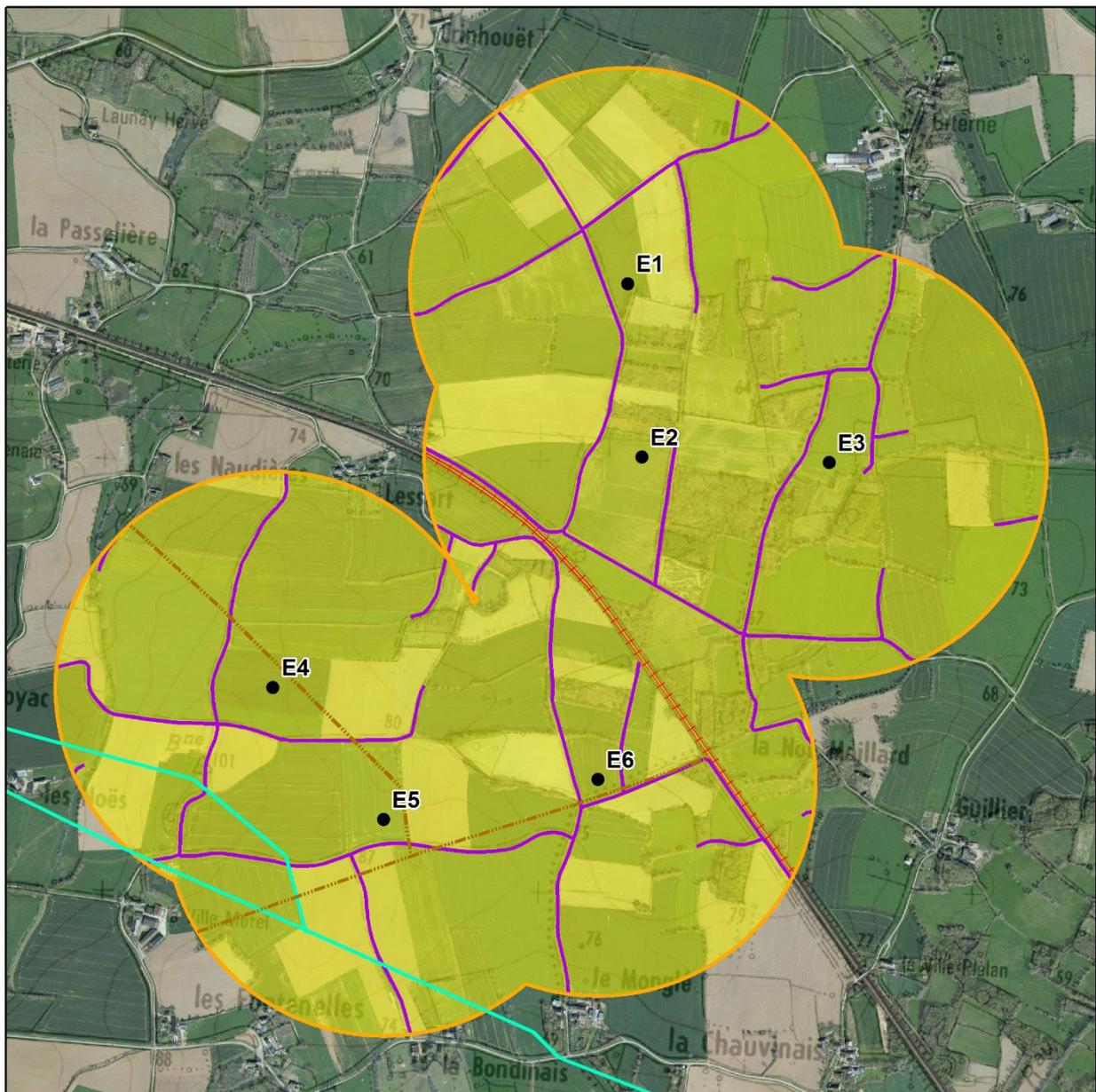
Les routes départementales, les voies communales, les chemins d'exploitation correspondent à des voies de communication non structurantes concernées par la rubrique « terrains aménagés mais peu fréquentés ». Les éléments fournis par la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relatives aux règles méthodologiques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

Le périmètre d'étude rapproché du parc éolien Biterne Sud :

- se situe sous la zone latérale de protection d'un tronçon du réseau de vol à très basse altitude de la défense dénommé LF-R 57, qui limite l'altitude sommitale des aérogénérateurs, pales à la verticale, à 231 mètres NGF1, sans toutefois dépasser une hauteur de 150 mètres ;
- est concerné par deux lignes électriques traversant le périmètre d'étude immédiat et faisant l'objet d'une servitude au PLU de Broons : I4 -Servitudes relatives à l'établissement des canalisations électriques ;
- est concerné une canalisation de transport de gaz DN200 «Bréteil – La Chapelle-du-Lou – Plénée-Jugon» qui traverse le territoire communal de Broons.

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 :

- la zone d'implantation potentielle des éoliennes a été fixée à une distance de plus de 500 m de routes à fort trafic (RN12 et RD973) et à une distance minimum de 240 m de la voie ferrée Rennes/Saint-Brieuc/Brest ;
- la ligne électrique passant à proximité de l'éolienne E6 sera enterrée et pour la seconde ligne, il a été tenu compte de la servitude de 3 m minimum et une DICT a été initiée ;
- l'éolienne la plus proche de la canalisation de transport de gaz DN200 a été implantée à plus de 230 m n'engendrant ainsi aucune interaction.



Source : IGN SCAN 25 et BD ORTHO
Conception : AEPE Gingko 2015

- Eoliennes du projet
- Lignes électriques aériennes
- Canalisations de Gaz
- Voies de communication non structurantes
- Voie ferrée
- Parcelles agricoles
- Périmètre d'étude de danger (500 m)



Carte 7 : La synthèse des enjeux du périmètre d'étude de dangers

IV- La 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.

IV.1 Les caractéristiques de l'installation

IV.1.1 Les activités de l'installation

L'activité principale du parc éolien Biterne Sud 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.

IV.1.2 Les caractéristiques générales d'un parc éolien

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

- plusieurs éoliennes fixées sur une fondation adaptée, accompagnée d'une aire stabilisée appelée « plateforme de maintenance » ;
- 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.

IV.1.3 Les éléments constitutifs d'un aérogénérateur

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

Les aérogénérateurs se composent de trois principaux éléments :

- **le rotor**, qui est composé de trois pales (pour la grande majorité des éoliennes actuelles) construites en matériaux composites et réunies au niveau du moyeu ;
- **le mât**, qui est généralement composé de 3 à 4 tronçons en acier ou 15 à 20 anneaux en 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**, qui abrite plusieurs éléments fonctionnels :
 - le générateur, qui 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.

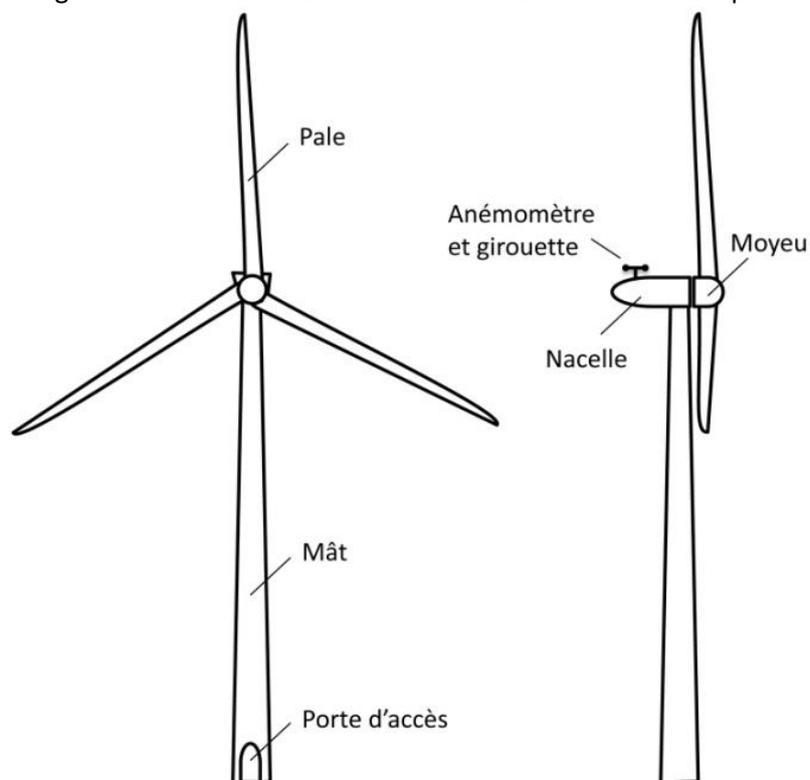


Figure 4 : Le schéma simplifié d'un aérogénérateur

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

- **la surface de chantier**, qui 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**, qui 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**, qui 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**, qui correspond à une surface permettant le positionnement de la grue destinée au montage et aux opérations de maintenance liées aux éoliennes. Sa taille varie en fonction des éoliennes choisies et de la configuration du site d'implantation.

Pour accéder à chaque aérogénérateur, des pistes d'accès sont aménagées afin de 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 ;
- ponctuellement 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 leurs annexes.

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

IV.1.4 La composition de l'installation

Le parc éolien Biterne Sud est composé de 6 aérogénérateurs et de un ou deux postes de livraison. Les aérogénérateurs ont tous un rotor de 92 mètres de diamètre. Les éoliennes E1, E2, E3 et E6 ont un mât d'une hauteur de 102,30 m (moyeu à 103,90 m) soit une hauteur totale en bout de pale de 149,90 mètres ; les éoliennes E4 et E5 ont un mât d'une hauteur de 96,78 m (moyeu à 98,38 m) soit une hauteur totale en bout de pale de 144,38 mètres. Toutefois, afin de respecter la hauteur autorisée par l'armée de l'air à 231,00 m maxi, les éoliennes E4 et E5 sont enterrées de 0,98 m.

Le tableau suivant indique les coordonnées géographiques et l'altimétrie des aérogénérateurs.

Éolienne	Coordonnées <i>Projection Lambert 93</i>		Coordonnées <i>Projection WGS 84</i>		Côte au sol	Côte maximum des éoliennes
	X (m)	Y (m)	O (m)	N (m)	NGF	NGF
E1	314283,961	6816373,058	-2,208368	48,333144	71,53 m	221,43 m
E2	314320,053	6815970,861	-2,207524	48,329555	67,33 m	217,23 m
E3	314741,584	6815962,13	-2,201841	48,329726	65,37 m	215,27 m
E4	313469,654	6815438,791	-2,218499	48,324273	86,62 m	231,00 m
E5	313723,786	6815133,182	-2,214806	48,321680	84,12 m	231,00 m
E6	314226,569	6815229,736	-2,208124	48,322846	72,95m	222,85 m

Tableau 7 : Les coordonnées GPS et l'altimétrie des éoliennes

Pour le raccordement aux postes de livraison, 2 solutions sont envisagées au stade de la demande d'autorisation d'exploiter :

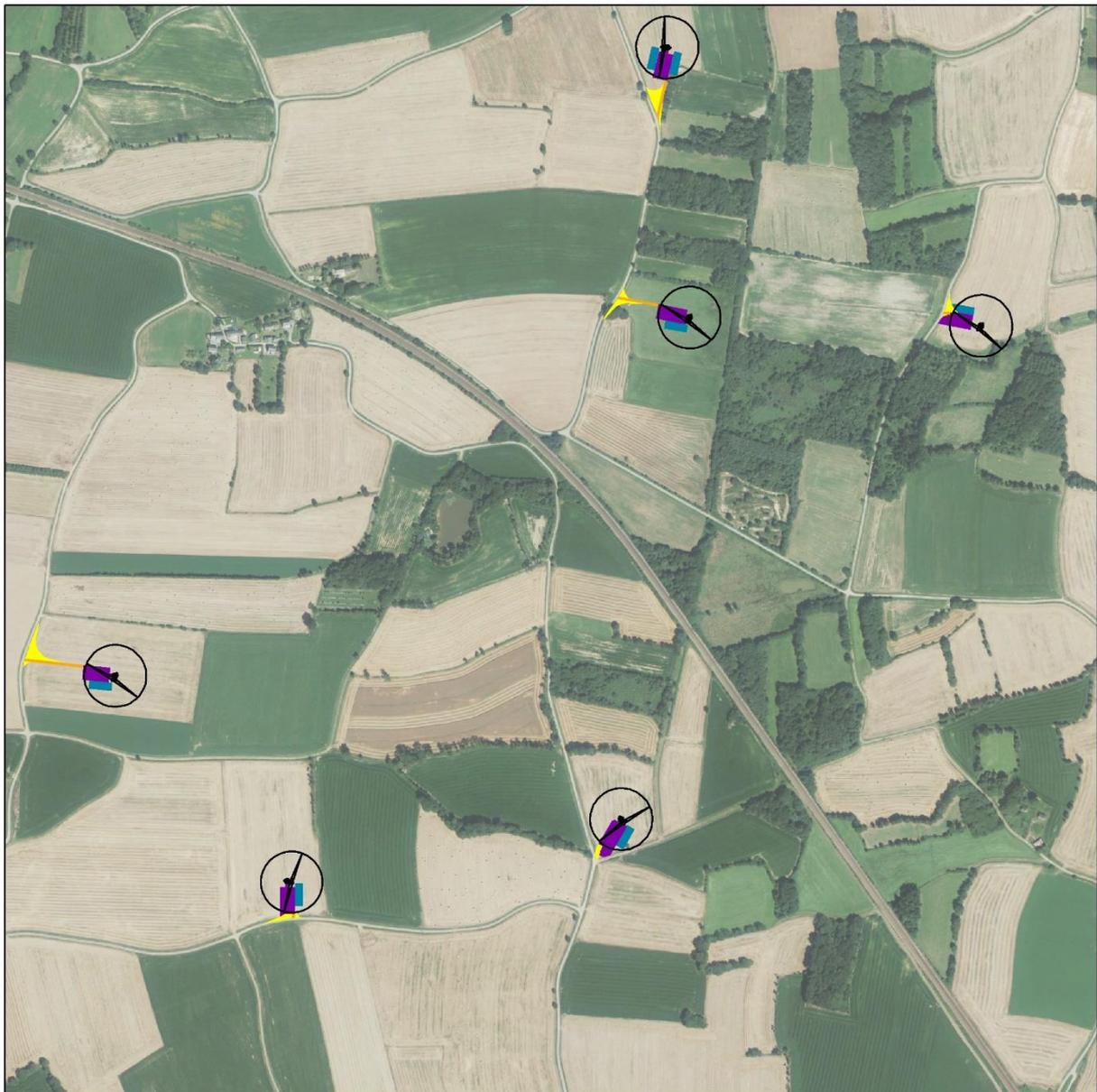
- solution 1 : installation de 2 postes de livraison, l'un raccordé sur Rophemel et l'autre sur Sévignac ; l'un positionné au sud de la voie ferrée, sur la parcelle ZL24 et l'autre positionné au nord de la voie ferrée, sur la parcelle ZK19 ;
- solution 2 : installation d'1 seul poste de livraison, raccordé soit sur Rophemel soit sur Sévignac.

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 l'étude géotechnique intervenant en amont de la construction des éoliennes
Plate-forme de grutage des éoliennes	Surface plane d'environ 22 m sur 40 m composée d'un revêtement formé à partir d'un mélange de minéraux ou de matériaux recyclés
2 postes de livraison	46 m ²
Chemins d'accès	Largeur utile de la chaussée de 4 m Largeur exempte d'obstacle de 5 m La création d'un chemin d'accès nécessite généralement une couche de matériaux recyclés puis une couche de gravier

Tableau 8 : Les 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 des éoliennes : aires de stockage et de montage. 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.



- Eoliennes du projet
- Eoliennes
- Rayons de courbure
- Chemin d'accès créés
- Aires de grutage (permanentes)
- Aires de montage (temporaires)

Source : IGN BD ORTHO
Conception : AEPE Gingko 2016

0 125 250 500 Mètres



Carte 8 : Le plan détaillé de l'installation

IV.2 Le fonctionnement de l'installation

Le fonctionnement des éoliennes E-92 repose sur les éléments suivants :

Élément de l'installation	Fonction	Caractéristiques
Fondation	Ancrer et stabiliser l'éolienne dans le sol	Cf. Tableau 8 : Les dimensions envisagées des aménagements du parc éolien
Mât	Supporter la nacelle et le rotor	Hauteurs de 102,30 m (E1, E2, E3 et E6) et 96,78 m (E4 et E5)
Nacelle	Supporter le rotor Abriter le dispositif de conversion de l'énergie mécanique en électricité (génératrice, etc.) ainsi que les dispositifs de contrôle et de sécurité	
Rotor / pales	Capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice	Pales d'une longueur de 43,80 m soit un rotor de 92,00 m de diamètre
Transformateur	Élever la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau	

Tableau 9 : La description des éléments constitutifs de l'éolienne retenue

Les tensions électriques de l'installation sont les suivantes :

- nacelle : 690 V ;
- transformateur au pied de l'éolienne : 690 V en entrée et 20 000 V en sortie ;
- câbles inter-éoliennes, poste(s) de livraison et éoliennes : 20 000 V ;
- poste de livraison : 20 000 V ;
- câbles poste de livraison - poste source : 20 000 V.

L'éolienne Enercon E-92 retenue pour le projet de parc Biterne Sud 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.

IV.2.1 Le mât

ENERCON commercialise des mâts en acier jusqu'à une hauteur de moyeu de 85,00 m. À partir de cette hauteur les mâts sont composés de sections en béton et d'une ou de deux sections en acier (dépend de la hauteur). Les sections en béton préfabriqué ENERCON sont exécutées selon une méthode appelée « technique de l'acier de précontrainte » qui consiste à faire passer les câbles de précontrainte dans des

gaines à l'intérieur même de la paroi en béton du mât. Ce faisant, les différentes sections du mât et la fondation sont réunies en une seule unité indissociable.

Les mâts en béton dits « nouvelle génération », dont les sections sont fabriquées dans l'usine ENERCON de Longueuil-Sainte-Marie, utilisent la même technique à ceci près que les câbles de précontraintes ne sont plus dans mais sur la paroi du mât et visibles depuis l'intérieur de celui-ci. Sur ces mâts, les sections en deux parties sont assemblées par boulonnage, ce qui facilite le démontage. La coplanarité et l'étanchéité ne sont plus assurées par des cales en acier et un joint de colle en résine, mais par un joint directement fabriqué en usine.

IV.2.2 Le rotor

Le rotor de l'éolienne est équipé de trois pales en matière composite (résine époxy) renforcée 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 (« Gel Coat »). Ce revêtement à base de polyuréthane est robuste, 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 de manière aérodynamique, sans que l'arbre d'entraînement ne subisse les fortes contraintes occasionnées par l'action d'un frein mécanique.

IV.2.3 La nacelle



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

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,
- 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.

IV.2.4 Le générateur

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 ENERCON multipolaire repose sur le principe d'une machine synchrone.

La partie rotative du générateur annulaire ENERCON 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 ENERCON 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.

IV.2.5 L'unité d'alimentation au réseau

Les éoliennes ENERCON disposent d'une technologie d'intégration intelligente au réseau. Elles répondent de manière exemplaire aux critères internationaux relatifs au raccordement en garantissant une injection fiable de la puissance produite.

Le générateur annulaire est connecté au système d'injection dans le réseau, qui se compose de redresseurs, d'une liaison en courant continu (DC link) et d'onduleurs. Pour garantir la compatibilité au réseau, la tension, l'intensité et la fréquence sont enregistrées en permanence au point de référence et transmises au système de contrôle de l'éolienne. Le point de référence se trouve côté BT en amont du transformateur de puissance.

La mission centrale du système d'intégration au réseau ENERCON est d'injecter la puissance produite conformément aux exigences posées. En présence de réseaux avec de fortes fluctuations de tension ou de fréquence, le système d'alimentation du réseau ENERCON assure un fonctionnement fiable et pérenne.

En fonction du type de réseau, le système peut être paramétré de manière flexible pour une fréquence nominale de 50 ou 60 Hz. Les plages de fréquence et de tension d'une éolienne ENERCON satisfont aux standards internationaux qui spécifient une large plage de fonctionnement en régime permanent.

Le système de commande intelligent du système d'onduleurs ENERCON permet aux éoliennes de contribuer au maintien et à l'amélioration de la stabilité du réseau et à satisfaire aux exigences particulières des règles internationales en la matière (notamment le mode de fonctionnement lors de conditions dégradées du réseau). Les éoliennes ENERCON peuvent par conséquent être intégrées dans des réseaux aux structures les plus variées.

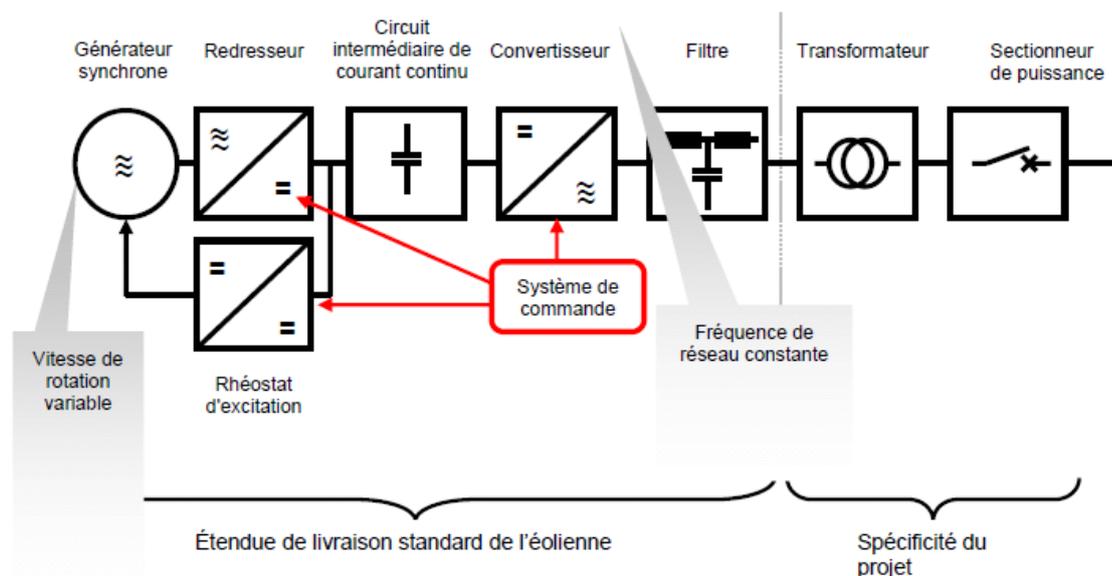


Figure 6 : L'unité d'alimentation au réseau (source : ENERCON)

Cette connexion au réseau au travers de l'électronique de puissance permet d'injecter de façon optimale l'énergie produite sur le réseau. En effet, ce design permet de minimiser les interactions réciproques néfastes que peut avoir la production issue de la génératrice vers le réseau et celle du réseau vers la génératrice. D'un côté l'effet indésirable des rafales de vent sur le réseau est atténué par une injection contrôlée et propre (sans flickers ni harmoniques) de la puissance sur le réseau et des défauts ; de l'autre, les défauts ou courts-circuits réseau ne créent que très peu de stress mécanique sur les parties tournantes de la machine.

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.

IV.2.6 La certification des éoliennes

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

IV.3 Le fonctionnement de l'éolienne

Les données telles que la direction et la vitesse du vent sont mesurées en continu pour adapter le mode de fonctionnement de l'éolienne en conséquence. La commande d'orientation de l'éolienne commence à fonctionner même en dessous de la vitesse de démarrage.

La direction du vent est mesurée en continu par la girouette. Si la déviation entre l'axe du rotor et la direction mesurée du vent est trop grande, la position de la nacelle est corrigée par la commande d'orientation. L'ampleur de la rotation et le temps imparti avant que la nacelle ne soit mise dans la bonne position dépendent de la vitesse du vent.

Si l'éolienne a été arrêtée manuellement ou par son système de commande, les pales sont mises progressivement en position drapeau, réduisant la surface utile des pales exposée au vent. L'éolienne continue de tourner et passe progressivement en fonctionnement au ralenti.

IV.3.1 Les spécifications techniques

Type d'éolienne	Enercon E-92
Puissance nominale	2 350 kW
Diamètre du rotor	92 m
Hauteur du moyeu	103,9 m (E1, E2, E3 et E6) et 98,38 m (E4 et E5)
Largeur de la pale à sa base	4 m
Concept de l'installation	Sans boîte de vitesse, régime variable, ajustage individuel des pâles
Type de rotor	Rotor face au vent avec système actif de réglage des pales
Sens de rotation	Sens des aiguilles d'une montre
Nombre de pales	3
Surface balayée	6 648 m ²
Matériau utilisé pour les pales	Fibre de verre (résine époxy), protection parafoudre intégrée
Vitesse de rotation	Variable de 5 à 16 tours/min
Système de réglage des pales	Ajustage individuel des pales Enercon, un système autonome d'ajustage par pale du rotor, avec alimentation de secours

Moyeu	Fixe
Palier principal	Un roulement à rouleaux cylindriques
Alimentation	Onduleur Enercon
Système de freinage	Trois systèmes autonomes de réglage des pales avec alimentation de secours, frein d'arrêt du rotor, blocage du rotor
Vitesse du vent de coupure	28-34 m/s
Surveillance à distance	Enercon SCADA

Tableau 10 : Les spécifications techniques des éoliennes Enercon E-92 (source : Enercon)

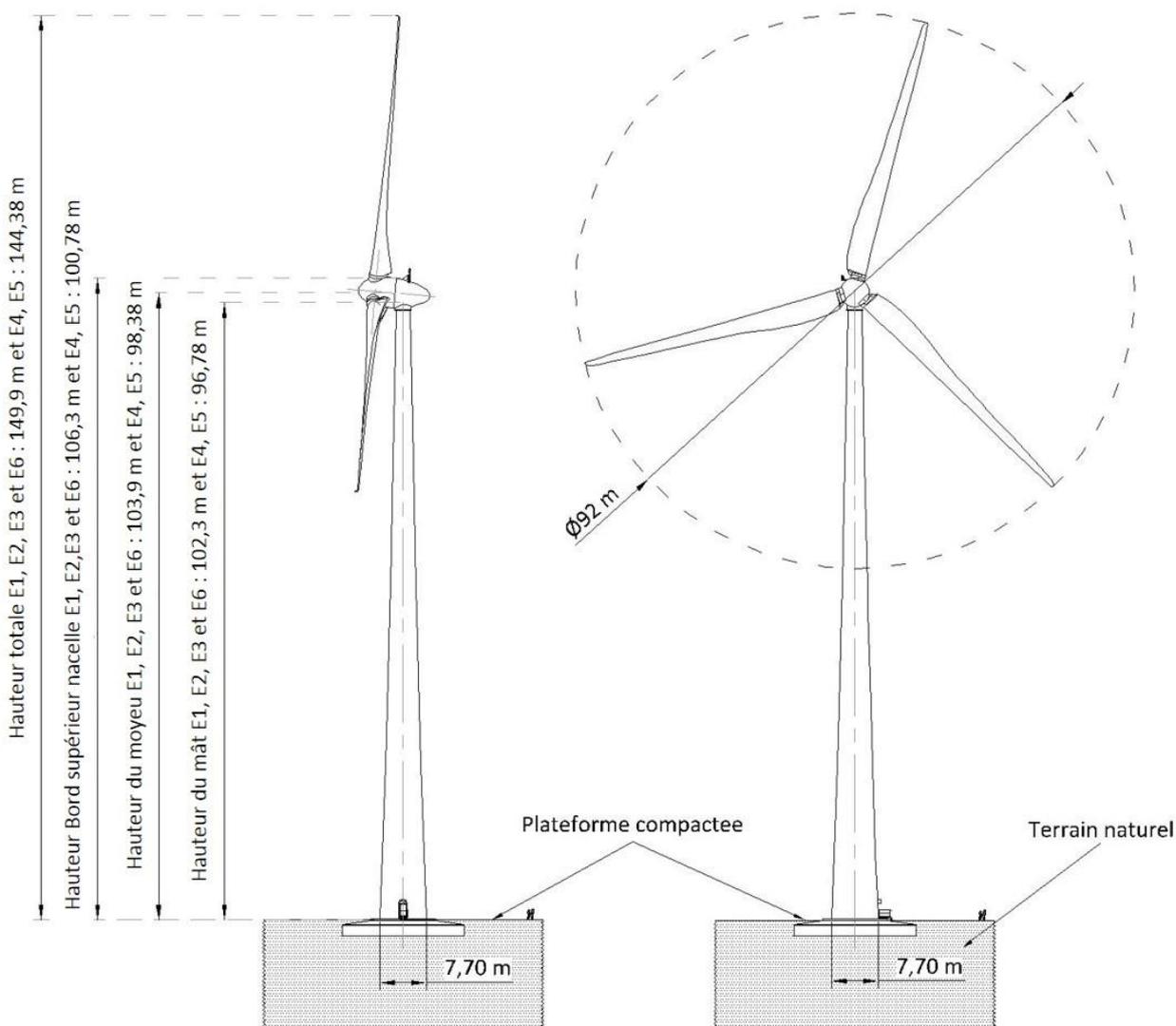


Figure 7 : La dimension de l'éolienne retenue (Enercon E-92)

IV.3.2 Le démarrage de l'éolienne

90 secondes après le démarrage de l'éolienne, les pales du rotor sont sorties de la position drapeau et sont mises en mode de « fonctionnement au ralenti ». L'éolienne tourne alors à faible vitesse.

La procédure de démarrage automatique est lancée lorsque la vitesse moyenne du vent mesurée pendant 3 minutes consécutives est supérieure à la vitesse de vent requise pour le démarrage.

L'énergie produite est injectée sur le réseau de distribution dès que la limite inférieure de la plage de vitesse est atteinte. La connexion au réseau par le biais d'un circuit intermédiaire de courant continu et de convertisseurs évite les courants de démarrage élevés pendant la procédure de démarrage.

IV.3.3 Les modes de fonctionnement

IV.3.3.1 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.

IV.3.3.2 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.

IV.3.3.3 Le fonctionnement de régulation

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.

IV.3.3.4 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.

IV.3.4 L'arrêt de l'éolienne

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.

IV.3.4.1 L'arrêt 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 3 minutes ou si elle est de 30 m/s avec une valeur moyenne de 15 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.

IV.3.4.2 L'arrêt 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.

IV.3.4.3 L'arrêt 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.

IV.3.4.4 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.

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

IV.4 La sécurité de l'installation

L'installation respecte la réglementation en vigueur en matière de sécurité. Elle 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.

IV.4.1 Le système de freinage

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

Bien qu'une seule pale en drapeau (frein aérodynamique) suffise à stopper l'éolienne, cette dernière possède 3 freins aérodynamiques indépendants (un frein par pale).

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

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

En cas d'urgence (par exemple, en cas de coupure du réseau), chaque pale du rotor est mise en sécurité en position de drapeau par son propre système de réglage de pale d'urgence alimenté par batterie. L'état de charge et la disponibilité des batteries sont garantis par un chargeur automatique.

IV.4.2 Le système de détection de survitesse

La machine possède 3 capteurs placés dans le support du rotor de la génératrice. Le capteur est une masselotte montée sur ressort. Lorsque la force centrifuge du rotor est trop importante (cas de la survitesse), le déplacement de cette masselotte atteint un capteur situé en bout de course.

La détection de survitesse est alors enclenchée et les pales reviennent en position drapeau (le système coupe l'alimentation électrique des pitch. Les condensateurs électriques du système de sécurité des pitchs se déchargent alors, activant la mise en drapeau des pales).

Les condensateurs sont contrôlés périodiquement et des tests de survitesse sont réalisés tous les ans.

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

Ce système intervient en plus des systèmes de sécurité prévenant un fonctionnement avec une défaillance sur la génératrice (plus de forces contre électromotrices) ainsi que du système « storm control ».

IV.4.3 Le dévissage des câbles

Les câbles de puissance et de commande de l'éolienne se trouvant dans le mât sont passés depuis la nacelle sur un dispositif de guidage et fixés aux parois du mât.

Les câbles ont suffisamment de liberté de mouvement pour permettre à la nacelle de tourner plusieurs fois dans la même direction autour de son axe, ce qui entraîne toutefois progressivement une torsion des câbles. Le système de commande de l'éolienne fait en sorte que les câbles vrillés soient automatiquement dévissés.

Lorsque les câbles ont tourné deux ou trois fois autour d'eux-mêmes, le système de commande utilise la prochaine période de vent faible pour les déviller. Si le régime des vents rend cette opération impossible, et si les câbles se sont tournés plus de trois fois autour d'eux-mêmes, l'éolienne s'arrête et les câbles sont dévissés indépendamment de la vitesse du vent. Le dévissage des câbles prend environ une demi-heure. L'éolienne redémarre automatiquement une fois les câbles dévissés.

Les capteurs chargés de surveiller la torsion des câbles se trouvent dans l'unité de contrôle de la torsion des câbles. Le capteur est connecté à la couronne d'orientation par une roue de transmission et une boîte de vitesse. Toute variation de la position de la nacelle est transmise au système de commande.

En outre, deux interrupteurs de fin de course, un de chaque côté, gauche et droit, signalent tout dépassement de la plage opérationnelle autorisée dans une direction ou dans l'autre. Cela évite que les câbles du mât vrillent encore davantage.

L'éolienne s'arrête et ne peut être redémarrée automatiquement.

IV.4.4 La protection foudre

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.

L'éolienne est équipée d'un système parafoudre fiable afin d'éviter que l'éolienne ne subisse de dégâts.

Pour la protection parafoudre extérieure, la pointe de la pale est en aluminium moulé, le bord d'attaque et le bord de fuite de la pale du rotor sont équipés de profilés aluminium, reliés par un anneau en aluminium à la base de la pale. Un coup de foudre est absorbé en toute sécurité par ces profilés et le courant de foudre est dévié vers la terre entourant la base de l'éolienne.

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

De même, l'anémomètre est protégé et entouré d'un arceau.

IV.4.5 La protection incendie

Tous les composants mécaniques et électriques de l'éolienne dans lesquels un incendie pourrait potentiellement se déclencher en raison d'une éventuelle surchauffe ou de court-circuit, sont

continuellement surveillés par des capteurs lors du fonctionnement, et cela en premier lieu afin de s'assurer de leur bon fonctionnement. Si le système de commande détecte un état non autorisé, l'éolienne est stoppée ou continue de fonctionner mais avec une puissance réduite.

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

Les composants dédiés à la protection contre l'incendie dans l'éolienne sont présentés dans le tableau suivant.

Détection	Extinction
Système de capteurs de température des équipements	Un extincteur manuel CO ₂ dans la nacelle Un extincteur manuel CO ₂ au pied du mât

Par ailleurs, lors des interventions, les techniciens emmènent également un extincteur dans leur véhicule de service.

Lorsqu'un capteur de sécurité signale un défaut ou qu'un interrupteur correspondant se déclenche, l'éolienne est immédiatement stoppée.

Les détecteurs de fumée et/ou les capteurs de température émettent des signaux qui sont immédiatement transmis au Service ENERCON par le système de surveillance à distance SCADA qui alerte alors immédiatement l'exploitant, par un message SMS et/ou email, qui prévient alors les pompiers. Ces derniers décident sur place des actions à entreprendre. Le centre de service ENERCON est occupé 24h/24, 7j/7 et par conséquent joignable à tout moment.

IV.4.6 Les tempêtes (système « storm control »)

Les éoliennes ENERCON disposent d'un système de contrôle spécial leur permettant de fonctionner par temps de tempête. Ceci signifie que, par vents très forts, l'éolienne travaille en mode bridé, ce qui évite les arrêts qui conduiraient à des pertes de production considérables.

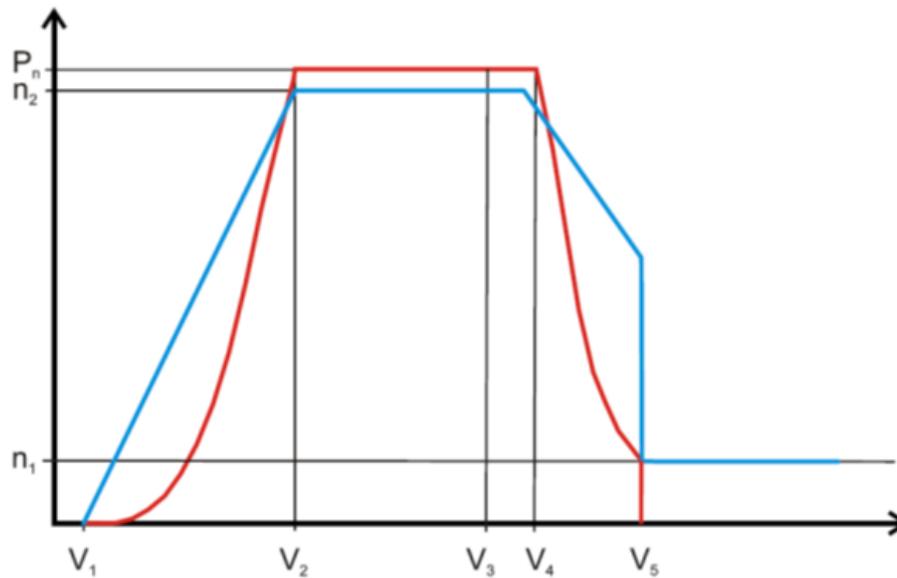
Lorsque le mode tempête est activé, la vitesse nominale est réduite linéairement pendant une vitesse de vent définie pour chaque type d'éolienne. La limitation de la vitesse nominale a comme conséquence la réduction de la puissance à partir d'une autre vitesse de vent spécifique au type d'éolienne. L'éolienne est uniquement arrêtée à partir d'une vitesse de vent supérieure à 34 m/s (valeur moyenne sur 10 minutes). À titre de comparaison, lorsque le mode tempête est désactivé l'éolienne est arrêtée à une vitesse de vent de 25 m/s (valeur moyenne de 3 minutes).

À part une croissance du rendement, le mode tempête ENERCON a une influence positive sur la stabilité du réseau électrique vu que les éoliennes ENERCON réduisent graduellement la puissance injectée en évitant de la suspendre brusquement.

Lorsque le mode tempête est activé, il est possible de sélectionner la possibilité de réglage nommée ci-dessus mais elle ne sera cependant pas analysée par le système de commande. Puis la vitesse est réduite linéairement depuis une vitesse de vent définie pour chaque type d'éolienne. Le temps de rapport de la vitesse du vent est de 12 secondes. Lors de rafales positives, qui dépassent de plus de 3 m/s (moyenne par seconde) la valeur moyenne de 12 secondes, la valeur moyenne de 12 secondes est spontanément adaptée à la valeur moyenne par seconde.

La limitation de la vitesse a comme conséquence la réduction de la puissance à partir d'une vitesse de vent spécifique au type d'éolienne (V4).

L'éolienne s'arrête à partir d'une vitesse de vent V5 de 34 m/s (valeur moyenne sur 10 minutes).



V_1	Vitesse du vent de démarrage	—	Vitesse de rotation n
V_2	Vitesse nominale du vent	—	Puissance active P
V_3	Vitesse de coupure du vent lorsque le mode tempête est désactivé	n_1	Plage de la vitesse de rotation à vide
V_4	Début de la réduction de puissance	n_2	Vitesse de rotation nominale lors de la puissance nominale
V_5	Vitesse de coupure du vent lorsque le mode tempête est activé	P_n	Puissance nominale

Figure 8 : La courbe de puissance en fonction de la vitesse du vent

IV.4.7 Le système de détection de givre / glace

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

Les dépôts de glace et de givre peuvent réduire le rendement et accroître la sollicitation du matériel (déséquilibre du rotor) et la nuisance sonore. La glace formée peut également présenter un danger pour les personnes et les biens en cas de chute ou de projection.

La commande de l'éolienne mesure, à l'aide de deux sondes de température indépendantes, la température de l'air sur la nacelle et en pied du mât, afin de détecter si les conditions sont propices à la formation de givre.

Le principe de fonctionnement

Les caractéristiques aérodynamiques des pales de rotor sont très sensibles aux modifications des contours et de la rugosité des profils de pale causées par le givre ou la glace.

Le système de détection de givre/glace utilise la modification importante des caractéristiques de fonctionnement de l'éolienne (rapport vent/vitesse de rotation/ puissance/angle de pale) en cas de formation de givre ou de glace sur les pales du rotor.

Lorsque la température dépasse + 2° C sur la nacelle, les rapports de fonctionnement spécifiques à l'éolienne (vent/puissance/angle des pales) sont identifiés comme étant des valeurs moyennes à long terme. Pour des températures inférieures à + 2° C (conditions de givre), les données de fonctionnement mesurées sont comparées aux valeurs moyennes à long terme.

Pour cela, une plage de tolérance, déterminée de manière empirique, est définie autour de la courbe de puissance et de la courbe d'angle de pale. Celle-ci se base sur des simulations, des essais et plusieurs années d'expérience sur un grand nombre d'éoliennes de types variés. Si les données de fonctionnement concernant la puissance ou l'angle de pale sont hors de la plage de tolérance, l'éolienne est stoppée.

Grâce à l'étroitesse de la plage de tolérance, la coupure a lieu généralement en moins d'une heure, avant que l'épaisseur de la couche de glace ne constitue un danger pour l'environnement de l'éolienne.

La plausibilité de toutes les mesures liées à l'éolienne est contrôlée en permanence par la commande de l'éolienne. Une modification non plausible d'une valeur de mesure est interprétée comme un dépôt de glace par la commande et l'éolienne est stoppée.

Le redémarrage de l'éolienne

Il n'est possible de redémarrer automatiquement l'éolienne qu'une fois le dégivrage terminé, lorsque la température est repassée de manière permanente au-dessus de + 2° C.

Le temps nécessaire pour le dégivrage est estimé, de façon empirique, en fonction de la température extérieure. L'éolienne ne démarrera automatiquement qu'une fois le temps de dégivrage requis écoulé. Lors du redémarrage, les risques de formation de glace sur les pales sont réduits. Il peut s'écouler plusieurs heures avant le redémarrage de l'éolienne, en fonction de la température extérieure.

Un ré-enclenchement prématuré manuel ne sera possible que directement sur l'éolienne, après avoir procédé au contrôle visuel requis. L'exploitant est ainsi responsable des éventuels dangers encourus.

Les limites

Le rotor doit tourner pour que la courbe de puissance puisse être analysée. Ce système de détection ne peut donc pas fonctionner lorsque l'éolienne est à l'arrêt.

En cas de vitesses de vent faibles (inférieures à 3 m/s), la sensibilité du système de détection de givre/glace est réduite. Dans ce cas, une chute de glace ne peut pas être totalement exclue. Cependant, à vitesse faible, la formation de glace est plus limitée et un dépôt de glace/ givre éventuel n'est par conséquent pas projeté sur une grande distance.

IV.4.8 La vue d'ensemble des composants mécaniques

Les entraînements d'orientation : Les 6 transmissions d'orientation, se composant de moteur asynchrone et d'entraînement d'orientation, servent de système de contrôle d'orientation (yaw) de l'éolienne E-92. Le graissage d'engrenage s'effectue avec de l'huile d'engrenage synthétique. Le graissage du palier (en option) de la transmission d'orientation s'effectue au moyen de graisseurs. Les graisseurs de la transmission d'orientation sont lubrifiés en donnant 2 à 3 coups de pompe à graisse. Chaque transmission d'orientation compte 1 graisseur.

Le dispositif de protection : Les transmissions d'orientation se composent d'un boîtier en fonte fermé entièrement étanche. Sous les transmissions d'orientation sont installés des réservoirs de graisse et d'huile avec une capacité suffisante. Pour le cas d'une fuite d'huile lors du service ou pendant le remplissage des transmissions d'orientation, l'habillage de la nacelle peut recueillir l'huile d'engrenage.

Les entraînements de réglage des pales (pitch) : Les 3 entraînements de réglage des pales (pitch) composés d'un moteur à courant continu et d'un arbre de renvoi (pitch gear) servent d'entraînements de positionnement pour le réglage de l'angle des pales de l'éolienne E-92. Les arbres de renvoi (pitch gear) sont conçus comme des entraînements planétaires sur plusieurs niveaux et sont installés sur le moyeu du rotor en fonctionnement tournant autour de l'axe horizontal. Le graissage du palier (en option) de l'arbre de renvoi (pitch gear) s'effectue au moyen de graisseurs. Les graisseurs de l'arbre de renvoi sont lubrifiés en donnant 2 à 3 coups de pompe à graisse. Chaque arbre de renvoi compte 1 graisseur.

Le dispositif de protection : Les arbres de renvoi se composent d'un boîtier en fonte fermé entièrement étanche. Pour le cas d'une fuite d'huile lors du service ou pendant le remplissage des arbres de renvoi (pitch gear), le spinner peut recueillir toute huile.

Le système de graissage centralisé du moyeu du rotor : Le système de graissage centralisé a pour fonction de délivrer la quantité exacte de graisse requise aux points de graissage de l'éolienne E-92 dans la zone en rotation depuis une position centrale. Le système de graissage centralisé est rechargé tous les six mois ; il alimente les composants mécaniques suivants en graisse :

- le palier du moyeu avant (3 points de graissage) ;
- le palier du moyeu arrière (3 points de graissage) ;
- le palier de bride de pale (3x, 6 points de graissage par palier de bride de pale) ;
- la couronne de réglage des pales (3 pignons de graissage, un point de graissage par pignon).

Le dispositif de protection : Il s'agit d'un système fermé. En cas de fuite de graisse accidentelle, l'adaptateur de moyeu peut recueillir la graisse.

Le palier à roulement : Le palier d'orientation, les trois paliers de bride de pale et le palier du moyeu sont conçus comme des paliers à roulement.

Le palier d'orientation présente la liaison entre la nacelle et le mât. Les pignons mobiles de la transmission d'orientation s'insèrent dans la couronne externe du palier d'orientation. Le palier d'orientation est totalement étanche d'un côté, l'excédent de graisse usée ressort du côté opposé. Le concept d'étanchéification choisi garantit le rinçage du palier avec de la graisse fraîche de bas en haut, la graisse usée ressort sur la partie supérieure de la couronne et est utilisée accessoirement pour graisser la couronne d'orientation. La couronne d'orientation est en plus graissée manuellement à l'aide de graisse tous les six mois. Le graissage du palier d'orientation et de la couronne d'orientation est réalisé au moyen de distributeurs permanents de graisse. Les points de graissage suivants doivent être alimentés en graisse :

- le palier d'orientation (6 points de graissage) ;
- la couronne d'orientation (2 pignons de graissage, un point de graissage par pignon).

Le dispositif de protection : La graisse retirée est recueillie par les bacs de rétention d'huile situés sous la couronne d'entraînement.

Le palier de bride de pale représente la liaison entre le moyeu du rotor et l'adaptateur de pale sur lequel la pale est raccordée. Les pignons mobiles de l'arbre de renvoi (pitch gear) s'insèrent dans la couronne externe du palier de bride de pale. Le graissage du palier de bride de pale et du pignon de graissage de la couronne de réglage des pales s'effectue au moyen d'un système de graissage centralisé qui délivre de la graisse en permanence. Le système de graissage centralisé est rechargé tous les six mois. Les points de graissage suivants doivent être alimentés en graisse :

- le palier de bride de pale (3x, 6 points de graissage par palier) ;
- la couronne de réglage des pales (1 pignon de graissage par pale, un point de graissage par pignon).

Le dispositif de protection : Un bac de rétention d'huile étanchéifié recueille la graisse utilisée.

Le moyeu du rotor tourne sur l'arbre de moyeu. Le moyeu du rotor avec les adaptateurs de pale porte les 3 pales et le rotor du générateur annulaire qui est fixé solidement sur le moyeu du rotor. Côté tête du rotor, le moyeu du rotor est soutenu par un palier à rouleaux coniques à deux rangées et côté salle des machines

par un palier à rouleaux cylindriques. Le graissage du palier s'effectue à l'aide du système de graissage centralisé, qui délivre de la graisse en permanence. Les composants mécaniques suivants doivent être alimentés en graisse :

- le palier du moyeu avant (3 points de graissage) ;
- le palier du moyeu arrière (3 points de graissage).

Le dispositif de protection : La graisse utilisée se libère au-dessus du joint d'étanchéité et se rassemble dans le moyeu du rotor entre les portées de palier. La graisse utilisée est rassemblée pendant la durée de vie prévue entre les portées de palier. L'étanchéité du palier vers l'extérieur s'effectue en utilisant les joints à lèvres et les anneaux en V insérés comme étanchéité contre les poussières et les jets d'eau.

Le système hydraulique du dispositif de blocage du rotor : Le dispositif de blocage du rotor sert à bloquer le rotor dans le cadre des travaux de maintenance et de réparation. Le dispositif de blocage du rotor est en général actionné tous les trimestres jusqu'à cinq fois (« Activer/Désactiver le dispositif de blocage »).

Le dispositif de protection : Il s'agit d'un système hydraulique fermé qui est maintenu hors pression. La pression ne monte que lors d'une demande de freinage. Un réservoir d'huile avec une capacité suffisante est installé sous les groupes hydrauliques pour parer une éventuelle fuite d'huile.

L'ascenseur de service ENERCON : L'ascenseur de service ENERCON est un système fermé guidé par câbles pour le transport de matériel et de personnes ; il est composé d'un système de suspension, d'une cabine, de systèmes de guidage de câbles et d'une unité de commande d'urgence. Le câble de traction et le câble de sécurité sont graissés manuellement avec de la graisse et la lubrification du treuil est réalisée avec de l'huile d'engrenage.

Le dispositif de protection : Le treuil utilisé dans l'ascenseur de service ENERCON est composé d'un boîtier fermé entièrement étanche. En cas de fuite d'huile, l'ascenseur de service ENERCON peut recueillir l'huile d'engrenage.

Le palan à chaîne : Le palan à chaîne permet de transporter des outils et du matériel entre le pied du mât et la nacelle. La chaîne du palan à chaîne est lubrifiée manuellement avec du lubrifiant. Le palan à chaîne est graissé avec de l'huile d'engrenage.

Le dispositif de protection : Le palan à chaîne utilisé se compose d'un boîtier fermé entièrement étanche. En cas de fuite d'huile, l'habillage de la nacelle peut recueillir l'huile d'engrenage.

Le système d'extinction automatique de la nacelle : Le système d'extinction automatique de la nacelle sert à protéger l'éolienne et ses environnements. L'utilisation de ce système permet d'éviter la propagation d'incendies dans la nacelle. Les survenances d'incendies peuvent immédiatement être éteintes sur les lieux des incendies, par ex. dans une armoire électrique. Ainsi, les dommages à l'éolienne et à l'environnement seront réduits.

Le dispositif de protection : Le système d'extinction automatique de la nacelle est résistant aux chocs, aux vibrations, aux secousses et aux salissures. Après l'extinction de l'incendie, l'agent extincteur est principalement absorbé par le boîtier du composant correspondant. Si l'agent extincteur sort du composant, l'habillage de la nacelle ou le sol du mât peut absorber l'agent extincteur.

IV.4.9 La surveillance des principaux paramètres

Un système de surveillance complet garantit la sécurité de l'éolienne. Toutes les fonctions pertinentes pour la sécurité (par exemple : vitesse du rotor, températures, charges, vibrations) sont surveillées par un système électronique et, en plus, là où cela est requis, par l'intervention à un niveau hiérarchique supérieur de capteurs mécaniques. L'éolienne est immédiatement arrêtée si l'un des capteurs détecte une anomalie sérieuse.

IV.4.10 L'organisation des services de secours en cas d'accident

IV.4.10.1 Le Service Départemental d'Incendie et de Secours (SDIS)

C'est le service compétent à qui l'alerte doit être transmise en cas de nécessité. Ce service va mobiliser les moyens humains et techniques nécessaires en cas d'intervention selon ses propres procédures.

Un travail en amont sera réalisé avec le SDIS concerné par le projet afin d'identifier les informations pratiques du site éolien tel que : identification du parc, nombre et type d'éolienne, localisation de l'installation, des accès possibles, numéro de l'exploitant et des intervenants possibles, etc. afin de garantir les meilleures conditions possibles pour l'intervention des secours (rapidité, mobilisation des bons moyens d'intervention, etc.).

Le SDIS est informé des moyens déjà à disposition dans les éoliennes en cas d'intervention :

- les extincteurs portatifs à disposition dans la nacelle et en bas de la tour ;
- le Kit d'évacuation en hauteur par la trappe et palan dans la nacelle ;
- la disposition des boutons d'Arrêt d'Urgence dans l'éolienne ;
- le numéro du centre de conduite ERDF -> couper l'alimentation du Poste de Livraison à distance.

En accord avec le SDIS, des consignes types sont indiquées sur site permettant d'identifier clairement les éléments d'information à donner aux secours lors d'un appel d'urgence, via le **numéro 18** (type d'incidence, accident avec personne ou non, incendie, etc.). Ainsi le SDIS sera en mesure de mobiliser les moyens adéquates : pompiers, GRIMP, évacuation en hélicoptère ou tout simplement mise en sécurité du périmètre s'il n'y a pas de possibilité /nécessité d'intervenir dans les éoliennes.

IV.4.10.2 La procédure d'urgence

C'est un document rédigé par le SDIS, en collaboration avec l'exploitant au moment de la mise en service du site, comportant les recommandations d'intervention en fonction du type d'incident. Il s'agit d'un document propre à chaque SDIS.

Les consignes de sécurité aux personnels du SDIS et du site y sont identifiées.

IV.5 Les opérations de maintenance de l'installation

IV.5.1 Les précautions générales

Avant la mise en service industrielle des aérogénérateurs, l'exploitant réalisera des essais permettant de s'assurer du fonctionnement correct de l'ensemble des équipements. Ces essais comprendront :

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

Suivant une périodicité qui ne pourra excéder un an, l'exploitant réalisera 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.

Conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011, trois mois, puis un an après la mise en service industrielle, puis suivant une périodicité qui ne pourra excéder trois ans, l'exploitant procédera à un contrôle des aérogénérateurs consistant en un contrôle des brides de fixations, des brides de mât, de la fixation des pales et un contrôle visuel du mât.

Les aérogénérateurs feront l'objet de contrôle technique conformément à l'article R.111-38 du Code de la construction et de l'habitation modifié par le décret n°2010-1254 du 22 octobre 2010 - art. 3. Selon une périodicité qui ne pourra excéder un an, l'exploitant procédera à un contrôle des systèmes instrumentés de sécurité. Ces contrôles feront l'objet d'un rapport tenu à la disposition de l'inspection des installations classées. Les opérations de maintenance incluront notamment un contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre.

L'exploitant disposera d'un manuel d'entretien de l'installation dans lequel seront précisées la nature et les fréquences des opérations d'entretien afin d'assurer le bon fonctionnement de l'installation. L'exploitant tiendra à jour pour chaque installation un registre dans lequel seront consignées les opérations de maintenance ou d'entretien et leur nature, les défaillances constatées et les opérations correctives engagées.

IV.5.2 Les maintenances préventives

Les maintenances préventives, garantes du bon fonctionnement des machines à long terme, se décomposent en 4 phases et seront effectuées à tour de rôle chaque trimestre qui suit la mise en service :

- maintenance visuelle : contrôle visuel de tous les organes principaux, structurels (mâts, échelles, ascenseurs, ...), électriques (câbles, connexions apparentes, ...) et mécaniques ;
- maintenance visuelle/graisage : vérification et mise à niveau de tous les organes de graissage (cartouches, pompes à graisse, graisseurs) ;
- maintenance visuelle/électrique : contrôle de tous les organes de production et de régulation (génératrices, armoires de puissance, collecteurs tournant) ainsi que de tous les éléments électriques (éclairages, capteurs de sécurité) ;
- maintenance visuelle/mécanique : contrôle des boulons de tour, vérification des couples de serrage selon un protocole défini, maintien des câbles et accessoires, moteurs d'orientation, poulies et treuils.

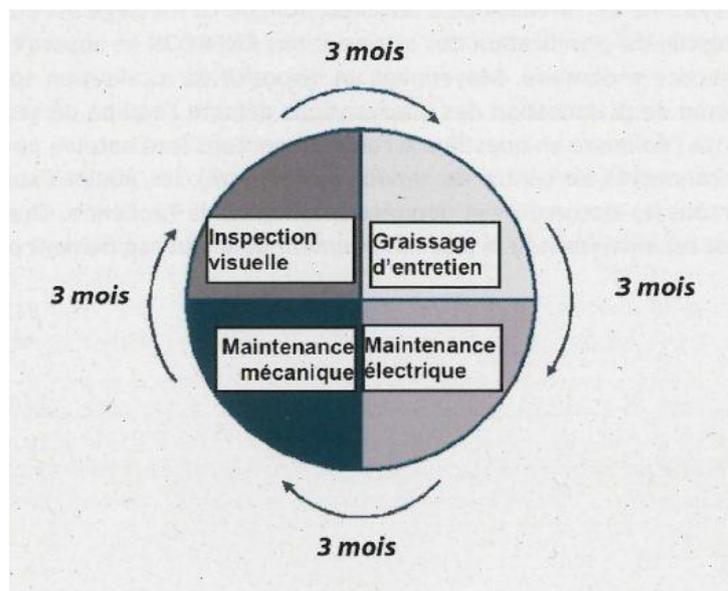


Figure 9 : Le planning de maintenance préventive (Enercon)

IV.5.3 Les maintenances curatives

Chaque éolienne Enercon est reliée via une connexion par modem au système central de surveillance à distance. Si une machine signale un problème ou un défaut, le centre de service après-vente ainsi que l'antenne locale de service sont immédiatement avertis par l'intermédiaire du système de surveillance à distance (SCADA). Le message est automatiquement saisi par le logiciel de planification des interventions Enercon et apparaît sur l'écran du technicien de service sédentaire. Moyennant un dispositif de localisation spécialement développé, le système de planification des interventions détecte l'équipe de service qui se trouve le plus prêt de l'éolienne en question. À l'aide de pentops (ordinateurs portables très robustes qui sont connectés au centre de service après-vente), les équipes sur le terrain peuvent accéder à tous les documents et données spécifiques de l'éolienne. Chaque opération de maintenance est ainsi réalisée le plus efficacement et le plus rapidement possible.

IV.6 Le stockage et le flux de produits dangereux

Conformément à l'article 16 de l'arrêté du 26 août 2011, aucun produit dangereux ne sera stocké dans les éoliennes du parc Biterne Sud.

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

IV.7 Le fonctionnement des réseaux de l'installation

IV.7.1 Les spécificités 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 aux dites vérifications sont fixés par l'arrêté du 10 octobre 2000 susvisé.

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

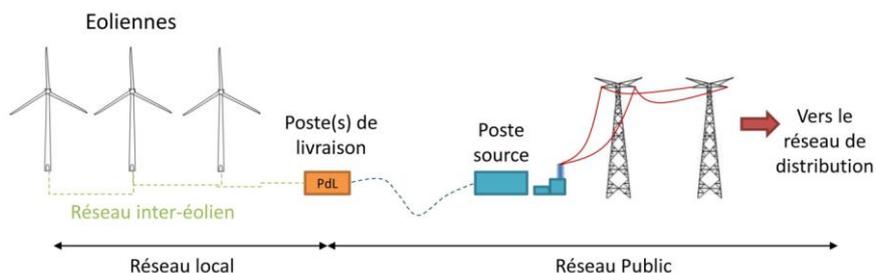


Figure 10 : Le schéma de raccordement électrique d'un parc éolien

IV.7.2 Le réseau inter-éolien

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. 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 est d'environ 1 300 m. La liaison entre les secteurs ouest et est du parc Biterne Sud nécessite de passer sous la voie ferrée ; cela nécessitera un forage horizontal qui permet le creusement puis la pose de réseau(x) sous un obstacle (voie routière, ferrée ou fluviale, construction, etc., en reliant 2 puits réalisés à cette fin, sans besoin, ainsi, de tranchée ou de travaux sur les voies à franchir.

IV.7.3 Le poste de livraison

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

IV.7.4 Le réseau électrique 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 (généralement ERDF-Électricité Réseau Distribution France) ; il est entièrement enterré.

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.

V- L'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, sera traité dans l'analyse de risques.

V.1 Les potentiels de dangers liés aux produits

L'activité de production d'électricité par les éoliennes ne consomme pas de matière première, ni de produit 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 Biterne Sud sont utilisés pour le bon fonctionnement des éoliennes, leur maintenance et leur entretien ; il s'agit :

- des 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 ;
- des produits de nettoyage et d'entretien des installations (solvants, dégraissants, nettoyeurs, ...) et des 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.

Les dangers liés aux produits utilisés dans le cadre du fonctionnement de l'installation dépendent des 3 facteurs suivants :

- 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.

Le tableau suivant sert de vue d'ensemble pour toutes les substances polluant l'eau dans l'éolienne E-92

Composants		Graisse/nom commercial	Quantité	Volume de remplissage [l]	Consommation annuelle de lubrifiants [l]	Capacité totale [l]
Transmission d'orientation		RENOLIN UNISYN CLP 220	6	11,5 - 14 ^{1,2}	si nécessaire	69 - 84 ^{1,2}
Graissage du palier de la transmission d'orientation		Klüberplex BEM 41-141	6	-	2,12 - 3,18 g	-
Arbre de renvoi (pitch gear)		RENOLIN UNISYN CLP 220	3	3,6 - 4 ^{1,2}	si nécessaire	10,8 - 12 ^{1,2}
Graissage du palier de l'arbre de renvoi (pitch gear)		Klüberplex BEM 41-141	3	-	2,12 - 3,18 g	-
Système de graissage centralisé	Système de graissage centralisé complet	Klüberplex BEM 41-141	1	4	-	4
	Palier avant du moyeu		1	4,3	0,53	4,3
	Palier arrière du moyeu		1	4,5	0,53	4,5
	Palier de bride de pale		3	3,9	1,05	11,7
	Couronne de réglage des pales		3	-	2,07	-
Distributeur permanent de graisse (6 mois)	Palier d'orientation	Klüberplex BEM 41-141	1	4,5 ²	1,44	4,5 ²
	Couronne d'orientation	Klüberplex AG 11-461	1	0,12	0,5	0,25
Système hydraulique du dispositif de blocage du rotor		RENOLIN PG 46	1	4 ²	-	4 ²
Câble de sécurité et câble de traction de l'ascenseur de service ENERCON		HHS 2000	1	-	0,1	0,1
Treuil de l'ascenseur de service ENERCON	P609	Mobil SHC 632	1	1,5 ²	-	1,5 ²
	Treuil G-trac (alternative)	RENOLIN PG 68		0,6 ²	-	0,6 ²
Palan à chaîne	DEMAG	Shell Donax TD 10W-30	1	0,5 ²	-	0,5 ²
	LIFTKET (alternative)	TECTROL CLP 220		0,35 ²	-	0,35 ²
Chaîne du palan à chaîne		RENOLIN UNISYN CLP 220	1	-	0,2	0,2
Système d'extinction automatique de la nacelle ³	Réservoir d'agent extincteur	MOUSSEAI-CF	1	10 - 50 ²	-	10 - 50 ²

¹ en fonction du fabricant ; ² instructions du fabricant ; ³ composant optionnel

Tableau 11 : La vue d'ensemble pour toutes les substances polluant l'eau dans l'éolienne E-92 (source : Enercon)

Le tableau suivant apporte les informations sur les caractéristiques physiques et la composition des substances polluant l'eau.

Les substances qui polluent l'eau sont divisées en 3 classes à risque sur la qualité de l'eau (WGK) comme suit :

- la classe à risque sur la qualité de l'eau 1 : faible risque de pollution de l'eau ;
- la classe à risque sur la qualité de l'eau 2 : risque de pollution de l'eau ;
- la classe à risque sur la qualité de l'eau 3 : risque élevé de pollution de l'eau.

La classification s'effectue selon le schéma d'évaluation de la disposition réglementaire sur les substances polluant l'eau du 17/05/1999 et de la version modifiée du 27/07/2005.

Nom commercial	Composition	Classe à risque sur la qualité de l'eau	État d'agrégation	Masse volumique pour 20 °C [kg/dm ³]	Code de déchets européen
Klüberplex BEM 41-141	Huile minérale, huile d'hydrocarbure de synthèse et savon spécial au lithium	1	pâteux	0,88	- ¹
Klüberplex AG 11-461	Huile minérale, huile d'ester, savon complexe d'aluminium et lubrifiant solide	1	pâteux	1,07	- ¹
RENOLIN UNISYN CLP 220	Huiles de synthèse avec additifs	1	liquide	0,85	13 02 06
RENOLIN PG 46	Huiles de synthèse avec additifs	1	liquide	1,03	13 02 06
HHS 2000	Mélange pétrole	1	Aérosol	0,742	16 05 04
RENOLIN PG 68	Préparation d'huiles de synthèse avec additifs	1	liquide	1,035	13 02 06
Shell Donax TD 10W-30	Huile minérale et additifs	2	liquide	0,884	13 02 05
MOBIL SHC 632	Substance de synthèse et additifs	1	liquide	0,858	13 02 06
TECTROL CLP 220	-	1	liquide	0,896	13 02 05
MOUSSEAL-CF	Mousse d'extinction d'incendie	1	liquide	0,001	07 07 04

¹ L'indication du code de déchets est définie en concertation avec la personne chargée de l'élimination des déchets au niveau régional.

Tableau 12 : Les informations sur les caractéristiques physiques et la composition des substances polluantes dans l'éolienne E-92 (source : Enercon)

Le tableau suivant apporte les informations sur les composants à déclarer obligatoirement.

Nom commercial	Ingrédients à déclarer obligatoirement	Symboles/phrases R	N° CAS	N° CE	N° EINECS	Concentration [%]
Klüberplex BEM 41-141	Pas de composants soumis à déclaration	-	-	-	-	-
Klüberplex AG 11-461	Acides naphthéniques, sels de zinc	Xi; R36	12001-85-3	234-409-2	-	1 - 5
	Benzénamine, N-phényle	R52/53	68411-46-1	270-128-1	-	0,25 - 2,5
	Benzotriazole de N-alkyle	Xi; R38; R43; N; R51/53	94270-86-7	-	-	0,1 - 0,25
RENOLIN UNISYN CLP 220	Ester phosphorique, sel d'amine	N R51/53	92623-72-8	-	296-404-1	0,1 - 1
	Phosphate d'amine	Xn R22; Xi R41; Xi R43; N R51/53	-	-	931-384-6	0,1 - 1
RENOLIN PG 46	Amine aromatique, alkylée	R52/53	-	-	-	1 - 2,4
	Dérivé du phénol	R53	-	-	-	0,1 - 1
	Dérivé de l'acide oléique	Xn R20; Xi R38-41; N R50/53	110-25-8	-	203-749-3	0,1 - 1
	Dérivé de l'ester de phosphate	X R36/38; N R51/53	-	-	-	≤ 0,1
HHS 2000	Naphta	F; R11, Xi; R38, N; R51/53, Xn; R65, R67	64742-49-0	265-151-9	-	35 - 40
	n-Hexane	F; R11, R62, Xn; R48/20-R65, Xi; R38, R67, N; R51-R53	110-54-3	203-777-6	-	1,5 - 2
MOBIL SHC 632	Dec-1-ene	-	68037-01-04	-	-	10 - 20
	Phosphate de triphényle	-	115-86-6	204-112-2	-	0,1 - 0,25

Nom commercial	Ingrédients à déclarer obligatoirement	Symboles/phrases R	N° CAS	N° CE	N° EI-NECS	Concentration [%]
RENOLIN PG 68	Amine aromatique, alkylée	R52/53	-	-	-	1 - 2,4
	Dérivé de phénol	R53	-	-	-	0,1 - 1
	Dérivé de l'acide oléique	Xn R20; Xi R38-41; N R50/53	-	-	-	0,1 - 1
	Dérivé de l'ester de phosphate	Xi R36/38; N R51/53	-	-	-	≤ 0,1
Shell Donax TD 10W-30	Sulfonate de calcium	R53	68783-96-0	272-213-9	-	1 - 5
	Dialkyldithiophosphate de zinc	Xi R38; R52/53	68649-42-3	272-028-3	-	1 - 5
TECTROL CLP 220	Distillat de pétrole	Xn; N; R51; R53; R65/66	-	-	-	0,1 - 1
MOUSSEAL-CF	1,2 éthanediol	R22	107-21-1	-	-	< 30
	2-(2-butoxyéthoxy) éthanol	R 36	112-34-5	-	-	< 10

Tableau 13 : Les informations sur les composants à déclarer obligatoirement dans l'éolienne E-92 (source : Enercon)

Les substances mises en œuvre dans les équipements des éoliennes ont toutes un point éclair (PE) supérieur à 200°C :

- frein hydraulique : RENOLIN PG 46 ; PE >240° C ;
- huile d'engrenage / de transmissions / d'orientation / de l'arbre de renvoi : RENOLIN UNISYN CLP 220 ; PE >260° C ;
- graisse des roues dentées / du palier d'orientation / du palier à roulements : Klüberplex BEM 41-141 ; PE > 250°C.

Selon le guide technique relatif à l'application de la classification des substances et préparations dangereuses à la nomenclature des installations classées, « Les classifications R52, R53 prises isolément ou/et R52/R53 ne sont pas susceptibles de donner lieu à un classement dans la nomenclature ». L'ensemble de ces substances n'est pas classé comme dangereux au regard de la nomenclature ICPE.

La quantité nécessaire des substances polluant l'eau est déjà limitée au minimum par la structure de l'éolienne E-92. Grâce à l'utilisation du générateur annulaire ENERCON à entraînement direct, l'arbre d'entraînement est dépourvu d'engrenage. De cette façon, l'éolienne E-92 utilise moins de substances polluantes pour l'eau que l'éolienne d'une puissance comparable équipée d'un engrenage. Le générateur annulaire ENERCON à entraînement direct est équipé d'un système de refroidissement par eau, rendant ainsi inutiles les produits de refroidissement liquides. Le recours à des composants électromécaniques permet d'économiser de grandes quantités de liquide hydraulique (réglage de la transmission d'orientation et de l'arbre de renvoi (pitch gear)). Les transformateurs qui se trouvent dans le pied du mât utilisent des esters synthétiques. L'ester synthétique est un liquide isolant diélectrique et est classé comme étant non polluant pour les eaux.

Les potentiels de danger liés aux produits concernent uniquement les phénomènes dangereux associés au caractère inflammable des huiles et des graisses (feu de flaque / feu de nappe). Lorsque de l'huile se répand sur le sol ou sur une surface, il forme une nappe qui s'évapore plus ou moins vite selon les caractéristiques du milieu sur lequel elle s'étend. Étant donné le point éclair élevé de ces huiles, elles s'enflammeront difficilement. Cependant, un feu de nappe ou un feu de flaque ne peut être écarté.

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

V.2 Les potentiels de dangers liés aux déchets

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.

Le retour d'expérience 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.

² D'après le document ENERCON « ESC_Waste_Amount_E-126_after_commissioning_2012-02-13_rev000_gereng.docx »

V.3 Les potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation

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

- la chute d'éléments de l'aérogénérateur (boulons, morceaux d'équipements, etc.) ;
- la projection d'éléments (morceau de pale, brides de fixation, etc.) ;
- l'effondrement de tout ou partie de l'aérogénérateur ;
- l'échauffement de pièces mécaniques ;
- le court-circuit électrique (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 14 : Les potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation

V.4 La réduction des potentiels de dangers à la source

V.4.1 Les principales actions préventives

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 que des caractéristiques des éoliennes au regard des enjeux potentiels identifiés ; elles sont énumérées ici :

- conformément à la loi n° 2015-992 du 17 août 2015, les éoliennes sont implantées à une distance de plus de 500 m par rapport aux constructions à usage d'habitation, aux immeubles habités et aux zones destinées à l'habitation ;
- les éoliennes sont également distantes de plus de 500 m de l'installation classée la plus proche ;
- les éoliennes sont éloignées des routes à forte circulation ;
- l'implantation des éoliennes respecte une distance minimum d'une hauteur d'éolienne plus 20 m par rapport à la voie ferrée ;
- les éoliennes retenues sont dimensionnées afin de respecter les recommandations de l'aviation civile et militaire.

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

V.4.2 L'utilisation des meilleures techniques disponibles

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

Pour l'essentiel, la directive IPPC vise à minimiser la pollution émanant de différentes sources industrielles dans toute l'Union Européenne. Les exploitants des installations industrielles relevant de l'annexe I de la directive IPPC doivent obtenir des autorités des États-membres une autorisation environnementale avant leur mise en service. Les installations éoliennes, ne consommant pas de matière première et ne rejetant aucune émission dans l'atmosphère, ne sont pas soumises à cette directive.

VI- L'analyse des retours d'expérience

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

VI.1 L'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 bases de données mises en place par des associations, notamment :

- du rapport du Conseil Général des Mines (juillet 2004) ;
- de communiqués de presse du SER-FEE et/ou des exploitants éoliens ;
- du site Internet de l'association « Vent de Colère » ;
- du site Internet de l'association « Fédération Environnement Durable » ;
- d'articles de presse divers ;
- de données diverses mises à disposition 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 2011. 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.

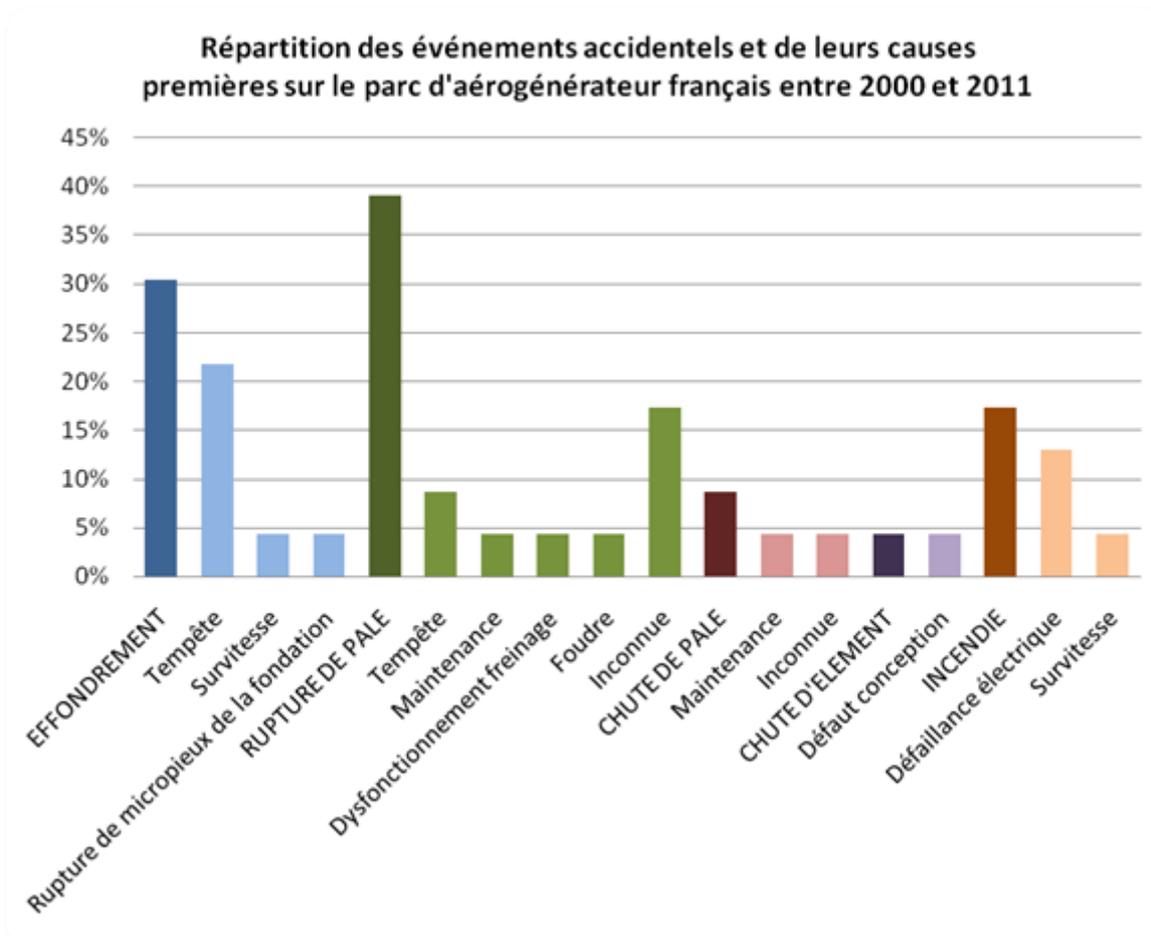


Figure 11 : Les causes premières des accidents d'aérogénérateurs en France (source FEE)

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.

VI.2 L'inventaire des accidents et incidents à 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, sur la période 2000 à 2011.

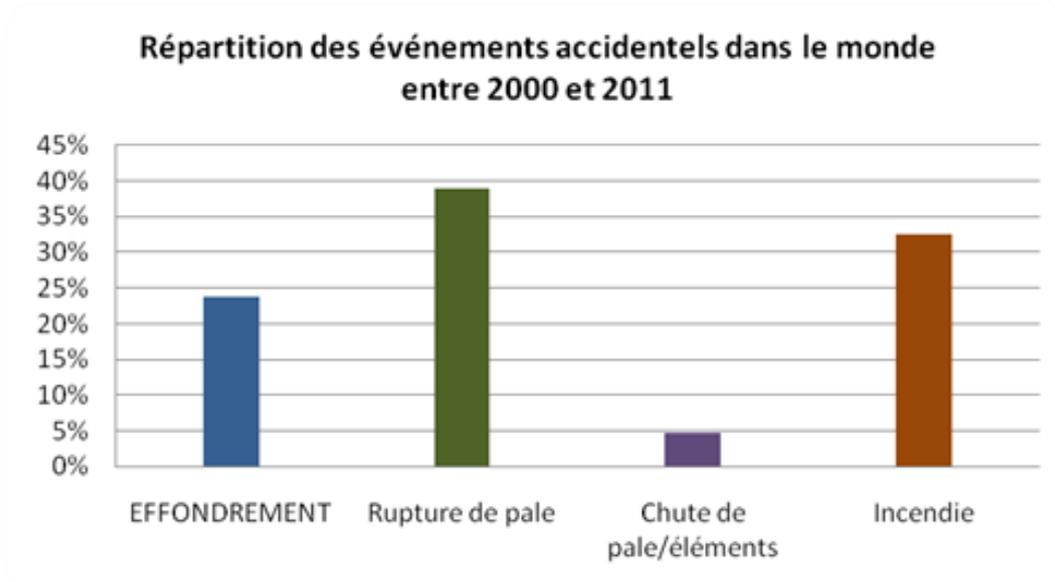
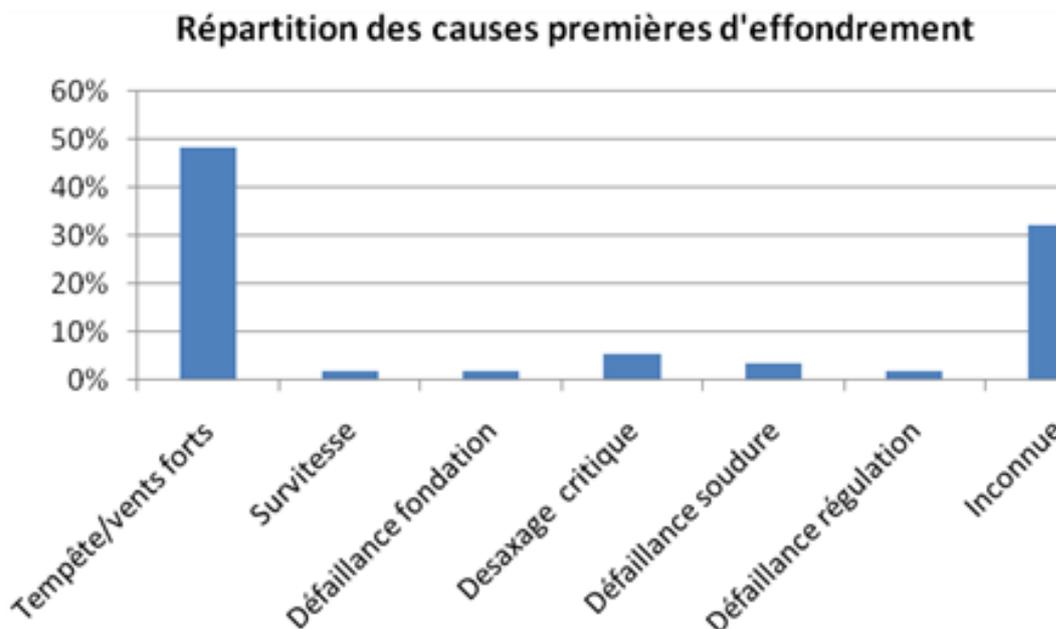


Figure 12 : La répartition des événements accidentels par rapport à la totalité des accidents (source FEE)

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).



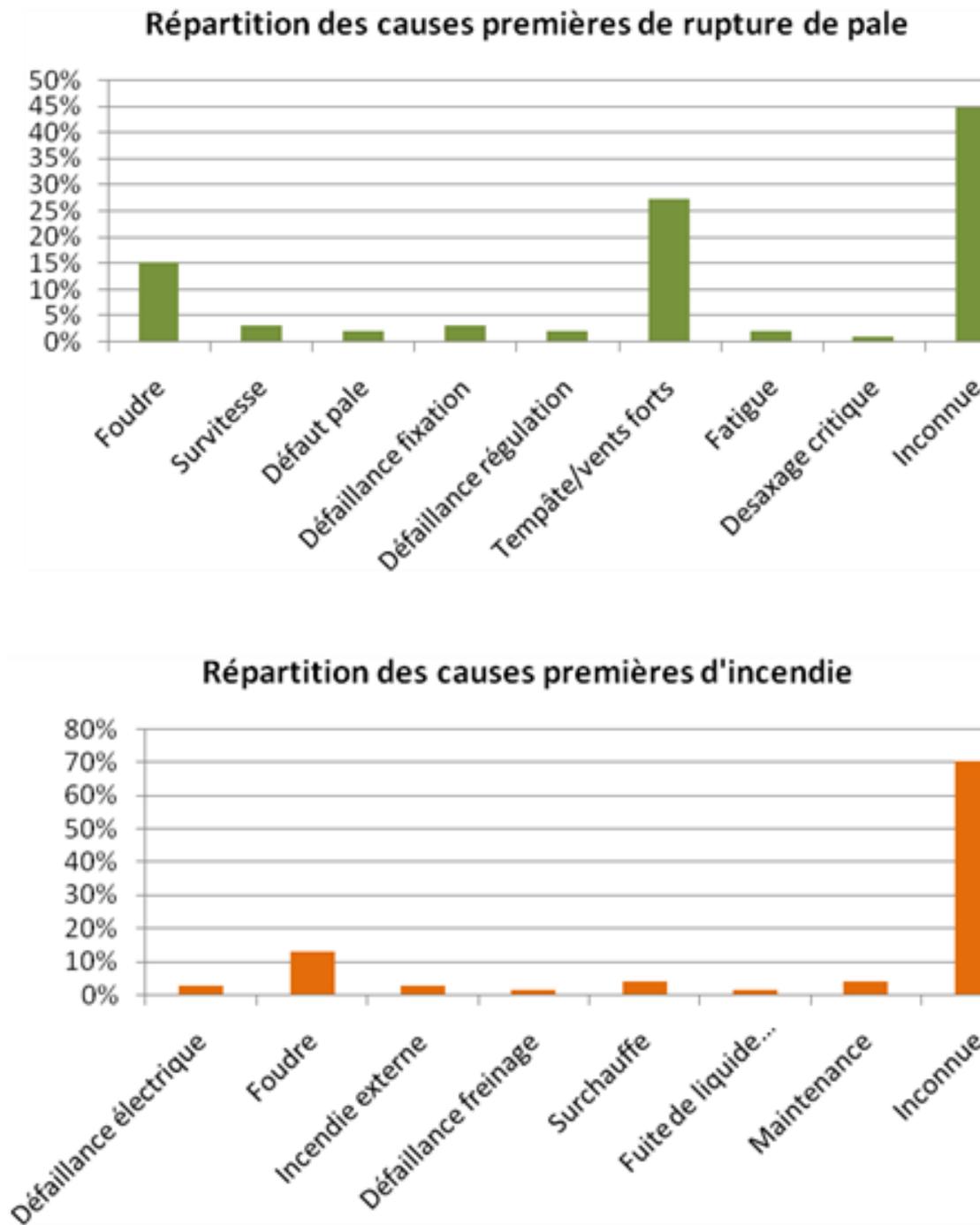


Figure 13 : Les causes premières des accidents d'aérogénérateurs dans le monde (source : FEE)

Tout comme pour le retour d'expérience français, ce retour d'expérience international montre l'importance des causes « tempêtes et vents forts » dans les accidents. Il souligne également le rôle de la foudre dans les accidents.

VI.3 La synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience

VI.3.1 L'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.

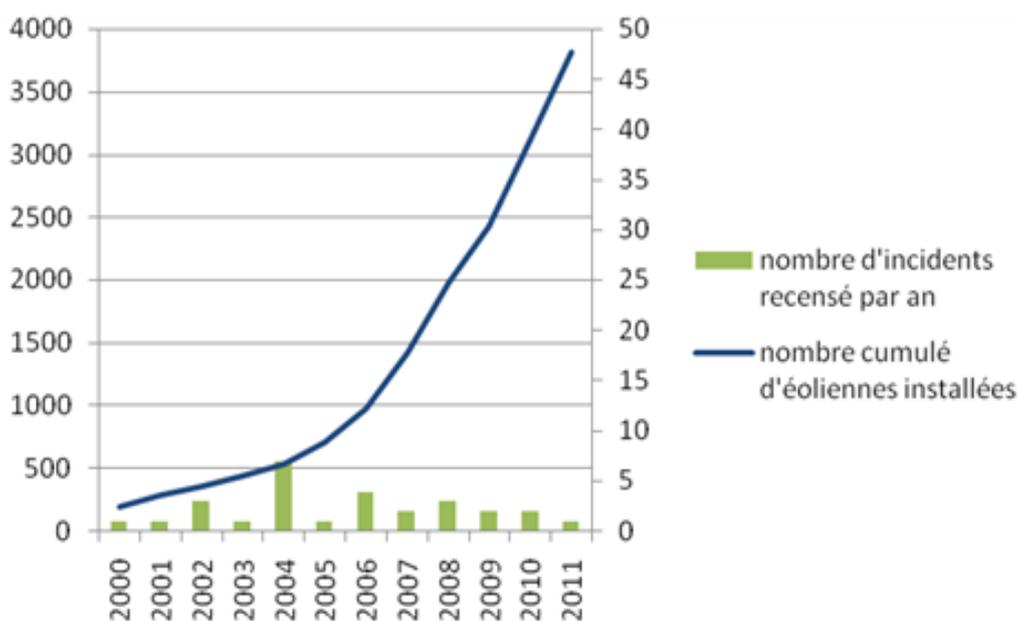


Figure 14 : L'évolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées (source : FEE)

VI.3.2 L'analyse des typologies d'accidents les plus fréquents

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

- l'effondrement,
- la rupture de pale,
- la chute de pale et d'éléments de l'éolienne,
- l'incendie.

VI.4 Les 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.

VII- L'analyse préliminaire 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.

VII.1 L'objectif de l'analyse préliminaire des risques

L'analyse des risques a pour objectif principal d'identifier les scénarios d'accident majeurs et les mesures de sécurité qui empêchent ces scénarios de se produire ou en limitent les effets. Cet objectif est atteint au moyen d'une identification de tous les scénarios d'accident potentiels pour une installation (ainsi que des mesures de sécurité) 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.

VII.2 Le recensement des événements 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 :

- la chute de météorite ;
- le séisme d'amplitude supérieure aux séismes maximums de référence éventuellement corrigés de facteurs, tels que définis par la réglementation applicable aux installations classées considérées ;
- la crue d'amplitude supérieure à la crue de référence, selon les règles en vigueur ;

- l'événement climatique, d'intensité supérieure aux événements historiquement connus ou prévisibles, pouvant affecter l'installation, selon les règles en vigueur ;
- la chute d'avion hors des zones de proximité d'aéroport ou aérodrome (rayon de 2 km des aéroports et aérodromes) ;
- la 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 ;
- tout acte de malveillance.

VII.3 Le 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 présentés dans les chapitres suivants constituent une synthèse des agressions externes identifiées.

VII.3.1 Les agressions externes liées aux activités humaines

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.

Selon le guide technique sur l'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens - mai 2012, 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. **À la demande des Services instructeurs, le tableau suivant apporte certaines précisions complémentaires.**

Infrastructure	Fonction	Événement redouté	Danger potentiel	Distance par rapport au mât des éoliennes (en mètres)					
				E1	E2	E3	E4	E5	E6
Voies de circulation routière	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Énergie cinétique des véhicules et flux thermiques	Absence de voie de circulation départementale, régionale dans un rayon de 200 m. Présence de voies communales à proximité.					
				50	108	56	102	54	51

Infrastructure	Fonction	Événement redouté	Danger potentiel	Distance par rapport au mât des éoliennes (en mètres)					
				E1	E2	E3	E4	E5	E6
Voies de circulation ferroviaire	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Énergie cinétique des véhicules et flux thermiques	565	280				235
Aérodrome	Transport aérien	Chute d'aéronef	Énergie cinétique de l'aéronef, flux thermique	Absence d'aérodrome dans un rayon de 2 km					
Ligne THT	Transport d'électricité	Rupture de câble	Arc électrique, surtensions	Absence de ligne THT dans un rayon de 200 m. Présence de deux lignes HTA.					
Ligne HTA							45	50	36
Autres aérogénérateurs	Production d'électricité	Accident générant des projections d'éléments	Énergie cinétique des éléments projetés	Absence d'autres aérogénérateurs					

Tableau 15 : Les agressions externes liées aux activités humaines

Aucune agression externe liée aux activités humaines n'est donc recensée dans le périmètre rapproché du parc Biterne Sud.

VII.3.2 Les agressions externes liées aux phénomènes naturels

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

Agression externe	Intensité
Séisme	Le site d'implantation est répertorié en tant que zone de sismicité 2, soit présentant un risque faible.
Vents et tempête	Sur le site, la vitesse moyenne des vents est comprise entre 6,50 et 7,00 m/s pour une hauteur de 60 m (Source : atlas éolien régional). 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.

Agression externe	Intensité
Glissement de sols/ affaissement miniers	Aucun risque de ce type n'est répertorié sur le périmètre d'étude rapproché du parc Biterne Sud.

Tableau 16 : Les 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. Il est considéré 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.

VII.4 Les scénarios étudiés dans l'analyse générique des risques

Après avoir recensé, dans un premier temps, les potentiels de danger des installations, qu'ils soient constitués par des substances dangereuses ou des équipements dangereux, 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-après 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. VII.6 La 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).

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	Échauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3) Prévenir la survitesse (N°4)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I04	Désaxage de la génératrice / Pièce défectueuse / Défaut de lubrification	Échauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I05	Conditions climatiques humides	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2
I06	Rongeur	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
I07	Défaut d'étanchéité	Perte de confinement	Fuites d'huile isolante	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Incendie au poste de transformation Propagation de l'incendie	2
F01	Fuite système de lubrification Fuite convertisseur Fuite transformateur	Écoulement hors de la nacelle et le long du mât, puis sur le sol avec infiltration	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
F02	Renversement de fluides lors des opérations de maintenance	Écoulement	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
C01	Défaut de fixation	Chute de trappe	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Impact sur cible	1
C02	Défaillance fixation anémomètre	Chute anémomètre	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	1
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 de pale	Prévenir la sur vitesse (N°4)	Impact sur cible	2
P02	Fatigue Corrosion	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie de pale	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	Impact sur cible	2

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
P03	Serrage inapproprié Erreur maintenance – desserrage	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie de pale	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	2
E01	Effets dominos autres installations	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E02	Glissement de sol	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E05	Crash d'aéronef	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E07	Effondrement engin de levage travaux	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Actions de prévention mises en œuvre dans le cadre du plan de prévention (N°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	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
				de vent fort (N°12) Dans les zones cycloniques, mettre en place un système de prévision cyclonique et équiper les éoliennes d'un dispositif d'abattage et d'arrimage au sol (N°13)		
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

Tableau 17 : Les scénarios génériques d'accidents possibles

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.

VII.5 Les effets dominos

Lors d'un accident majeur sur une éolienne, il se pourrait 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-avant.

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 relatives aux 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.

VII.6 La mise en place des mesures de sécurité

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

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

Dans le cadre de l'étude de dangers des parcs éoliens, les fonctions de sécurité qui seront détaillées sont donc les suivants :

- **la fonction de sécurité** : il est proposé, ci-après, 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 ;
- **le 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 ;
- **les 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) ;
- **la description** : cette ligne permet de préciser la description de la mesure de maîtrise des risques, lorsque des détails supplémentaires sont nécessaires, pour permettre à l'inspection de comprendre leur fonctionnement ;
- **l'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 scénarii d'accident ;
- **le 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 ;
- **l'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 ;
- **le 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 soient 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 ;

- **la 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.

Fonction de sécurité	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	N° de la fonction de sécurité	1
Mesures de sécurité	Système de détection ou de déduction de la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. Procédure adéquate de redémarrage.		
Description	Système de détection redondant du givre permettant, en cas de détection de glace, une mise à l'arrêt rapide de l'aérogénérateur. Le redémarrage peut ensuite se faire soit automatiquement après disparition des conditions de givre, soit manuellement après inspection visuelle sur site.		
Indépendance	Non, les systèmes traditionnels s'appuient généralement sur des fonctions et des appareils propres à l'exploitation du parc. En cas de danger particulièrement élevé sur site (survol d'une zone fréquentée sur site soumis à des conditions de gel importantes), des systèmes additionnels peuvent être envisagés.		
Temps de réponse	Quelques minutes (< 60 min.) conformément à l'article 25 de l'arrêté du 26 août 2011.		
Efficacité	100 %.		
Tests	Tests menés par le concepteur au moment de la construction de l'éolienne.		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement, puis maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		
Fonction de sécurité	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	N° de la fonction de sécurité	2
Mesures de sécurité	Panneautage en pied de machine. Éloignement des zones habitées et fréquentées.		
Description	Mise en place de panneaux informant de la possible formation de glace en pied de machine (conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011).		
Indépendance	Oui.		
Temps de réponse	NA.		
Efficacité	100 %. Il est considéré 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 de 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 la 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 coupure 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 extincteur) 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	<p>Détecteurs de niveau d'huiles. Procédure d'urgence. Kit antipollution.</p>		
Description	<p>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 :</p> <ul style="list-style-type: none"> • contenir et arrêter la propagation de la pollution ; • absorber jusqu'à 20 litres de déversements accidentels de liquides (huile, eau, alcools, ...) et produits chimiques (acides, bases, solvants, ...) ; • récupérer les déchets absorbés. <p>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.</p>		
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	<p>Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints, etc.). Procédures qualités. Attestation du contrôle technique (procédure permis de construire).</p>		
Description	<p>La norme IEC 61 400-1 « Exigence pour la conception des aérogénérateurs » fixe les prescriptions propres à fournir « un niveau approprié de protection contre les dommages résultant de tout risque durant la durée de vie » de l'éolienne. 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.</p>		
Indépendance	Oui.		
Temps de réponse	NA.		
Efficacité	100 %.		
Tests	NA.		
Maintenance	<p>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.</p>		

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 vent. Détection et prévention des vents forts et tempêtes. Arrêt automatique et diminution de la prise au vent de l'éolienne (mise en drapeau progressive des pâles) par le système de conduite.		
Description	L'éolienne est mise à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale pour laquelle elle a été conçue.		
Indépendance	Oui.		
Temps de réponse	< 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 18 : 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.

VII.7 La conclusion de l'analyse préliminaire 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 ; elles sont présentées dans le tableau suivant.

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 [9] 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 le 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 19 : Les catégories de scénarios exclus

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

- la projection de tout ou partie de pale ;
- l'effondrement de l'éolienne ;
- la chute d'éléments de l'éolienne ;
- la chute de glace ;
- la projection de glace.

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

VIII- L'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.

VIII.1 Le 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 national relatif à l'étude de dangers dans le cadre d'un parc éolien dans sa version de mai 2012. Cette méthode est inspirée des méthodes utilisées pour les autres phénomènes dangereux des installations classées, dans l'esprit de la loi du 30 juillet 2003.

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

VIII.1.1 La cinétique

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

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.

VIII.1.2 L'intensité

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

Le constat montre que les catégories retenues au terme de l'analyse préliminaire des risques pour les parcs éoliens sont des scénarii de projection (de glace ou de tout ou partie de pale), de chute d'éléments (glace ou tout 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 d'un scénario 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'élément, chute de glace, effondrement et projection), deux valeurs de référence ont été retenues :

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

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

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

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

VIII.1.3 La gravité

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

Au regard de l'occupation du sol dans le périmètre de l'étude de danger et des éléments fournis par la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative 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 non structurantes et chemins d'exploitation) ;
- 1 personne pour 0,33 ha sur les bâtiments agricoles se trouvant dans le périmètre de 500 m ;
- 0,4 personne / km / train / jour, pour la voie ferrée Rennes/Saint-Brieuc.

Dans le cadre de la présente étude, pour la détermination des surfaces de voirie concernées, une largeur de 5 m a été retenue et pour la détermination des surfaces de voie ferrée concernée, une largeur de 20 m a été retenue.

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. Désastreuse	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. Importante	Au plus 1 personne exposée	Entre 1 et 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées
2. Sérieuse	Aucune personne exposée	Au plus 1 personne exposée	Moins de 10 personnes exposées
1. Modérée	Pas de zone de létalité hors établissement		Présence humaine exposée à des effets irréversibles inférieure à « une personne »

Tableau 20 : Les niveaux de gravité

VIII.1.4 La probabilité

L'annexe I de l'arrêté du 29 Septembre 2005 définit les classes de probabilité qui doivent être utilisées dans les études de dangers pour caractériser les scénarios d'accident majeur (cf. tableau ci-après).

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

Niveau de probabilité	Échelle qualitative	Échelle quantitative (probabilité annuelle)
E	Extrêmement rare Possible mais non rencontré au niveau mondial. N'est pas impossible au vu des connaissances actuelles.	$\leq 10^{-5}$

Tableau 21 : Les 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, il convient de rappeler que la probabilité qu'un accident sur une personne ou un bien se produise est très largement inférieure à la probabilité de départ de l'événement redouté.

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

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

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

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

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

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

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

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

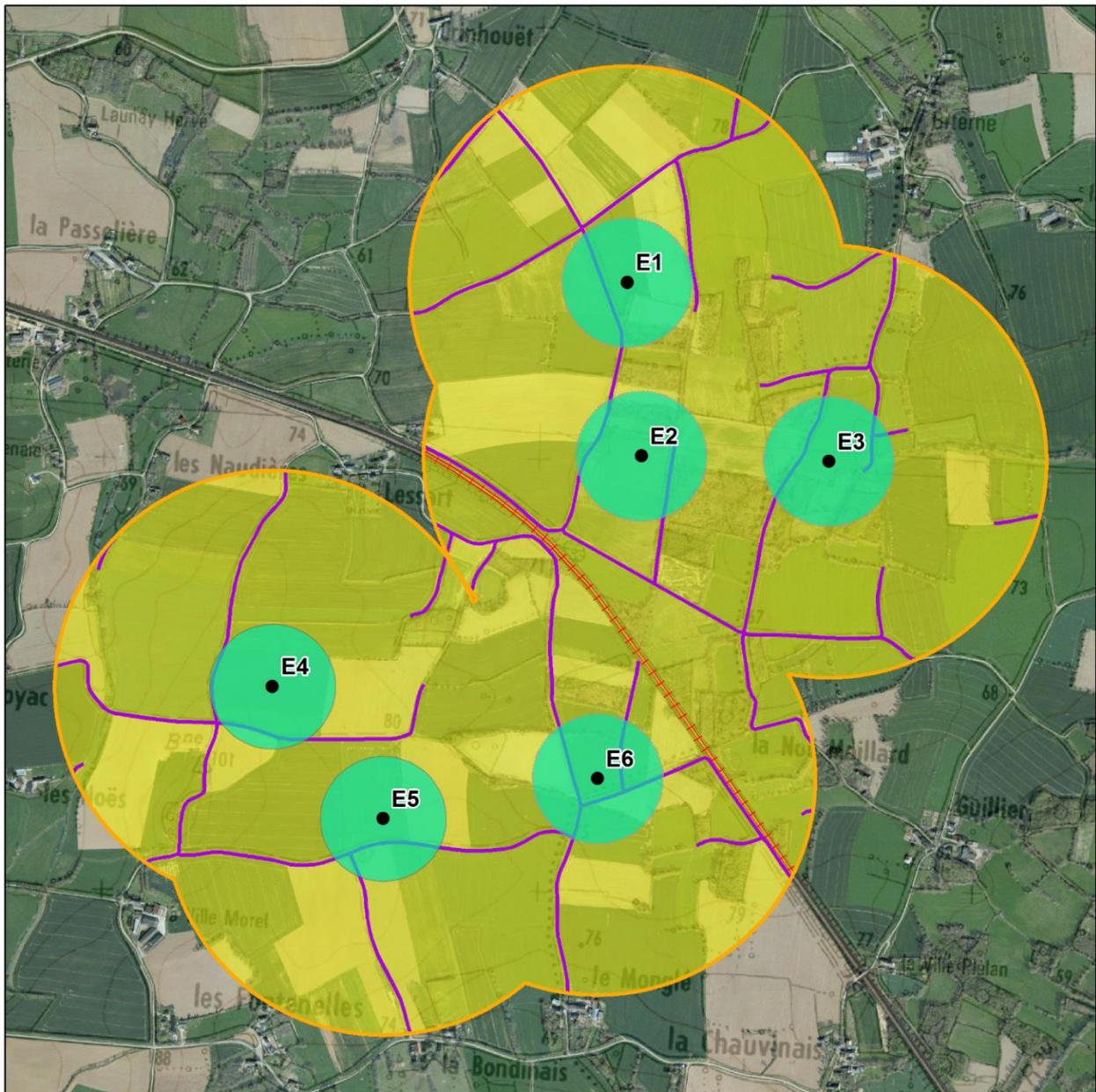
VIII.2 La caractérisation des scénarios retenus

VIII.2.1 *L'effondrement de l'éolienne*

VIII.2.1.1 La zone d'effet

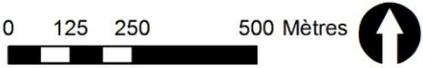
La zone d'effet de l'effondrement d'une éolienne correspond à une surface circulaire de rayon égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale, soit 149,90 m dans le cas des éoliennes E1, E2, E3 et E6 et 144,38 m dans le cas des éoliennes E4 et E5 composant le parc Biterne Sud.

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



Source : IGN SCAN 25 et BD ORTHO
Conception : AEPE Gingko 2015

- Eoliennes du projet
- ▭ Périmètre d'étude de danger (500 m)
- Zone de risque d'effondrement
- Voies de communication non structurantes
- Voie ferrée
- ▭ Parcelles agricoles



Carte 9 : La zone d'effet du risque d'effondrement de l'éolienne

VIII.2.1.2 L'intensité

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

Le tableau ci-après permet d'évaluer l'intensité du phénomène d'effondrement de l'éolienne dans le cas du parc éolien Biterne Sud. R est la longueur de pale (R= 43,8 m), H la hauteur du mât (H= 102,3 m ou 96,78 m), L la largeur du mât à sa base (L= 7,7 m) et LB la largeur de la base de la pale (LB = 4 m).

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à 149,9 m)				
Éoliennes concernées	Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
E1, E2, E3 et E6	$Z_i = (H \times L) + (3 \times R \times LB) / 2$ Soit 1 050 m ²	$Z_e = \pi \times (H + R)^2$ soit 67 058 m ²	1,57 %	Exposition forte
Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à 144,38 m)				
Éoliennes concernées	Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
E4 et E5	$Z_i = (H \times L) + (3 \times R \times LB) / 2$ Soit 1 008 m ²	$Z_e = \pi \times (H + R)^2$ soit 62 086 m ²	1,62 %	Exposition forte

Tableau 22 : L'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.

VIII.2.1.3 La gravité

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 6,7 ha pour les éoliennes E1, E2, E3 et E6, et d'environ 6,2 ha pour les éoliennes E4 et E5. Ces chiffres sont à mettre en relation avec l'estimation d'une personne pour 100 ha. On dénombre donc 0,067 ou 0,062 personne concernée par éolienne.

Pour les terrains aménagés mais peu fréquentés (voies de communication non structurantes), 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.

La superficie concernée par le risque d'effondrement et la fréquentation sont détaillées ci-après pour chaque éolienne :

- Éolienne 1 : 1 380 m² soit 0,01380 personnes concernées,
- Éolienne 2 : 1 825 m² soit 0,01825 personnes concernées,

- Éolienne 3 : 2 185 m² soit 0,02185 personnes concernées,
- Éolienne 4 : 1 775 m² soit 0,01775 personnes concernées,
- Éolienne 5 : 1 510 m² soit 0,01510 personnes concernées,
- Éolienne 6 : 3 335 m² soit 0,03335 personnes concernées,

À préciser que le projet n'induit aucun survol de route départementale mais que 2 chemins de randonnée traversent le périmètre de dangers du parc éolien Biterne Sud. Pour les chemins de promenade ou de randonnée il faut compter 2 personnes pour 1 km par tranche de 100 promeneurs/jour en moyenne ; il a donc été ajouté 2 personnes au droit des éoliennes E4, E5 et E6 proches de ces chemins empruntés par les circuits de randonnée.

Aucun bâtiment agricole n'est recensé dans le périmètre d'étude de danger.

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 149,9 m ou 144,38 m)			
Éolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)		Gravité
Éolienne 1	$0,067 + 0,014 = 0,081$	Au plus 1 personne exposée	Sérieuse
Éolienne 2	$0,067 + 0,018 = 0,085$	Au plus 1 personne exposée	Sérieuse
Éolienne 3	$0,067 + 0,022 = 0,089$	Au plus 1 personne exposée	Sérieuse
Éolienne 4	$0,062 + 0,018 + 2 = 2,080$	Présence humaine exposée inférieure à 10 personnes	Importante
Éolienne 5	$0,062 + 0,015 + 2 = 2,077$	Présence humaine exposée inférieure à 10 personnes	Importante
Éolienne 6	$0,067 + 0,033 + 2 = 2,100$	Présence humaine exposée inférieure à 10 personnes	Importante

Tableau 23 : L'évaluation de la gravité pour le risque d'effondrement d'une éolienne

VIII.2.1.4 La probabilité

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

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

Source	Fréquence	Justification
	(effondrement de la nacelle et de la tour)	

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

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 sécurité sont notamment :

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

À noter par 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* ».

VIII.2.1.5 L'acceptabilité

Le tableau suivant rappelle pour chaque aérogénérateur du parc éolien Biterne Sud, la gravité associée au niveau de risque et donc d'acceptabilité (acceptable/inacceptable).

³ Une année d'expérience correspond à une éolienne observée pendant une année. Ainsi, si a été observée une éolienne pendant 5 ans et une autre pendant 7 ans, il y aura eu au total 12 années d'expérience.

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à 149,9 m ou 144,38 m)		
Éolienne	Gravité	Niveau de risque
Éolienne 1	Sérieuse	Très faible
Éolienne 2	Sérieuse	Très faible
Éolienne 3	Sérieuse	Très faible
Éolienne 4	Importante	Très faible
Éolienne 5	Importante	Très faible
Éolienne 6	Importante	Très faible

Tableau 25 : L'acceptabilité du risque d'effondrement d'une éolienne

Ainsi, pour le parc éolien Biterne Sud, le phénomène d'effondrement des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

VIII.2.2 La chute de glace

VIII.2.2.1 Les considérations générales

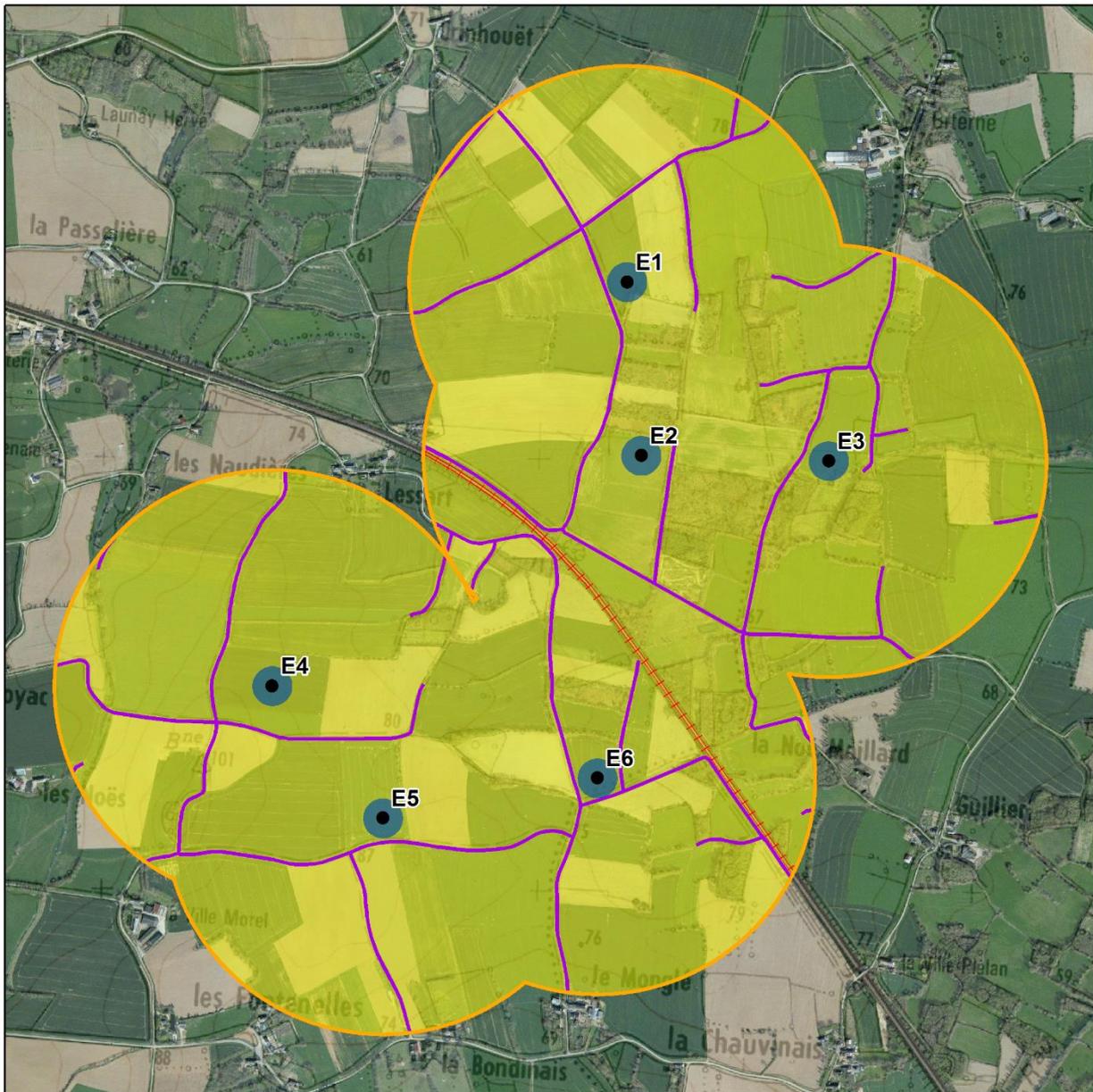
Les périodes de gel et l'humidité de l'air peuvent entraîner, dans des conditions de température et d'humidité de l'air bien particulières, une formation de givre ou de glace sur l'éolienne, ce qui induit des risques potentiels de chute de glace. Selon l'étude WECO [15], une grande partie du territoire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

Certains secteurs du territoire comme les zones côtières affichent des moyennes variant entre 2 et 7 jours de formation de glace par an. Les données issues de la station météorologique de Saint-Brieuc indiquent que les fortes gelées (température inférieure à 5°C) sont recensées moins de 2 jours par an en moyenne.

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.

VIII.2.2.2 La zone d'effet

Le risque de chute de glace est cantonné à la zone de survol des pales, soit un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor autour du mât de l'éolienne. Pour le parc éolien Biterne Sud, la zone d'effet a donc un rayon de 46 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.



Source : IGN SCAN 25 et BD ORTHO
Conception : AEPE Gingko 2015

- Périmètre d'étude de danger (500 m)
- Eoliennes du projet
- Zone de risque de chute de glace (46 m)
- Voies de communication non structurantes
- Voie ferrée
- Parcelles agricoles



Carte 10 : La zone d'effet du risque de chute de glace

VIII.2.2.3 L'intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute de glace dans le cas du parc éolien Biterne Sud. Z_I est la zone d'impact, Z_E est la zone d'effet, R est la longueur de pale ($R = 43,80$ m), SG est la surface du morceau de glace majorant ($SG = 1$ m²).

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à 46 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 6 027 m ²	$D = Z_I / Z_E$ Soit 0,017 % (< 1 %)	Exposition modérée

Tableau 26 : L'évaluation de l'intensité du risque de chute de glace

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

VIII.2.2.4 La gravité

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 ne concerne que des terrains non aménagés et très peu fréquentés. Elle est inférieure à 100 ha, il est donc possible d'estimer que la présence humaine est « au plus 1 personne exposée ». On dénombre en effet de l'ordre de 0,006 personne concernée par éolienne.

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 46 m)			
Éolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)		Gravité
Éolienne 1	0,006	Présence humaine exposée inférieure à une personne	Modérée
Éolienne 2	0,006	Présence humaine exposée inférieure à une personne	Modérée
Éolienne 3	0,006	Présence humaine exposée inférieure à une personne	Modérée
Éolienne 4	0,006	Présence humaine exposée inférieure à une personne	Modérée

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à 46 m)			
Éolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)		Gravité
Éolienne 5	0,006	Présence humaine exposée inférieure à une personne	Modérée
Éolienne 6	0,006	Présence humaine exposée inférieure à une personne	Modérée

Tableau 27 : L'évaluation de la gravité du risque de chute de glace

VIII.2.2.5 La probabilité

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

VIII.2.2.6 L'acceptabilité

Le tableau suivant rappelle pour chaque aérogénérateur du parc éolien Biterne Sud, la gravité associée et le niveau de risque et donc d'acceptabilité (acceptable/inacceptable).

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à 46 m)		
Éolienne	Gravité	Niveau de risque
Éolienne 1	Modérée	Faible
Éolienne 2	Modérée	Faible
Éolienne 3	Modérée	Faible
Éolienne 4	Modérée	Faible
Éolienne 5	Modérée	Faible
Éolienne 6	Modérée	Faible

Tableau 28 : L'acceptabilité du risque d'effondrement d'une éolienne

Ainsi, pour le parc éolien Biterne Sud, le phénomène de chute de glace des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

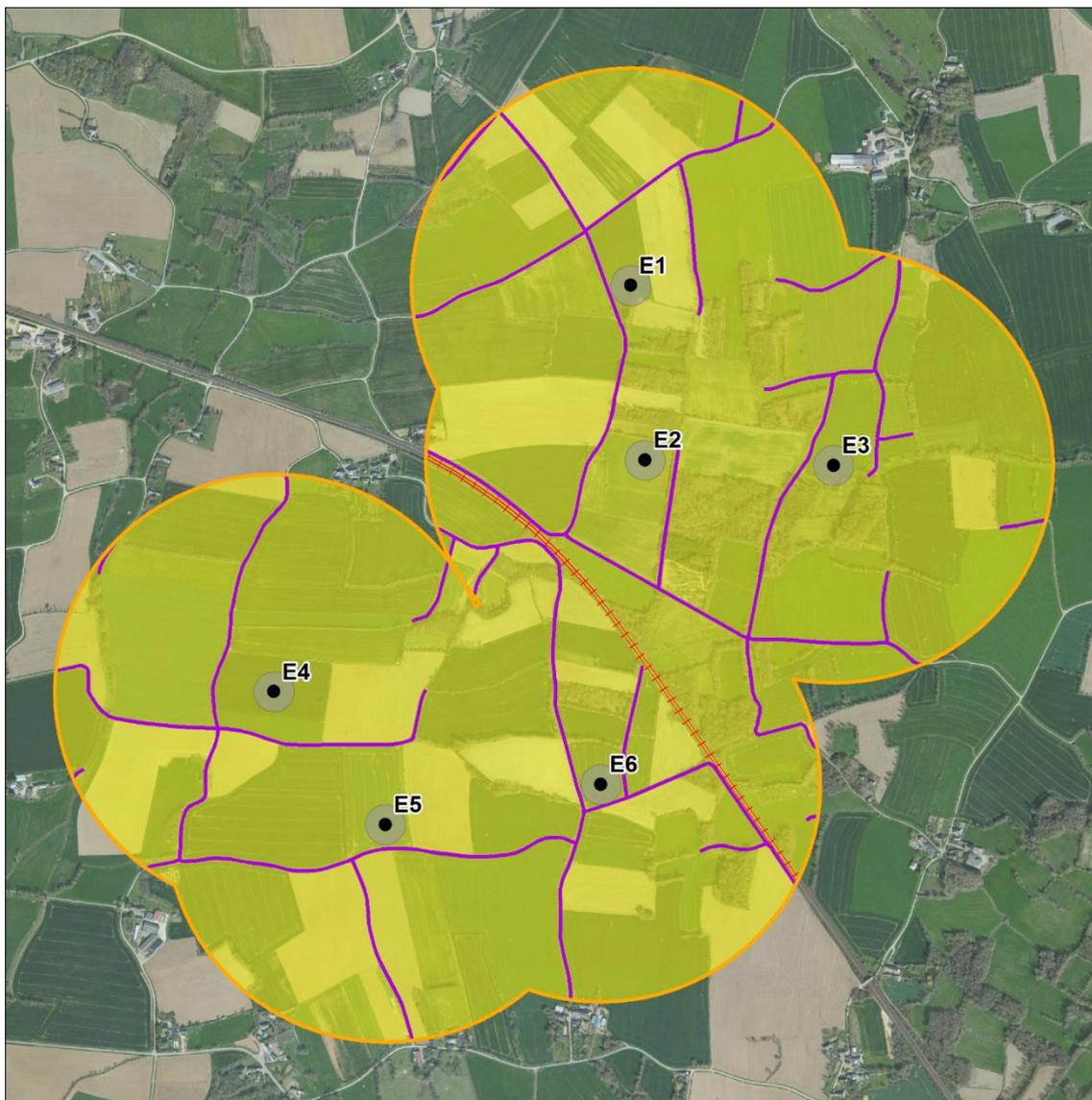
Il convient également de rappeler que, conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation, un panneau informant le public des risques (et notamment des risques de chute de glace) sera installé sur le chemin d'accès de chaque aérogénérateur,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

VIII.2.3 La chute d'élément de l'éolienne

VIII.2.3.1 La zone d'effet

La chute d'élément 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 à une zone d'effet correspondant à un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor.



Source : IGN SCAN 25 et BD ORTHO
Conception : AEPE Gingko 2015

-  Périmètre d'étude de danger (500 m)
-  Eoliennes du projet
-  Zone de risque de chute d'éléments (46 m)
-  Voies de communication non structurantes
-  Voie ferrée
-  Parcelles agricoles



Carte 11 : La zone d'effet du risque de chute d'élément

VIII.2.3.2 L'intensité

Pour le phénomène de chute d'élément, 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'élément de l'éolienne dans le cas du parc éolien Biterne Sud. D est le degré d'exposition, Z_I la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, R la longueur de pale ($R = 43,80$ m) et LB la largeur de la base de la pale ($LB = 4,00$ m).

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à 46 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 87,60 m ²	$Z_E = \pi \times R^2$ Soit 6 027 m ²	$D = Z_I / Z_E$ Soit 1,45% (1 % < x < 5 %)	Exposition forte

Tableau 29 : L'évaluation de l'intensité du risque de chute d'élément de l'éolienne

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

VIII.2.3.3 La gravité

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 d'éléments dans la zone de survol de l'éolienne.

La zone d'effet ne concerne que des terrains non aménagés et très peu fréquentés. Elle est inférieure à 100 ha, il est donc possible d'estimer que la présence humaine est « au plus 1 personne exposée ». On dénombre donc 0,006 personne concernée par éolienne.

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

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à 46 m)			
Éolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)		Gravité
Éolienne 1	0,006	Au plus 1 personne exposée	Sérieuse
Éolienne 2	0,006	Au plus 1 personne exposée	Sérieuse
Éolienne 3	0,006	Au plus 1 personne exposée	Sérieuse

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à 46 m)			
Éolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)		Gravité
Éolienne 4	0,006	Au plus 1 personne exposée	Sérieuse
Éolienne 5	0,006	Au plus 1 personne exposée	Sérieuse
Éolienne 6	0,006	Au plus 1 personne exposée	Sérieuse

Tableau 30 : L'évaluation de la gravité du risque de chute d'éléments de l'éolienne

VIII.2.3.4 La probabilité

Peu d'éléments sont disponibles dans la littérature pour évaluer la fréquence des événements de chute de pales ou d'éléments d'éoliennes.

Le retour d'expérience connu en France montre que ces événements ont une classe de probabilité « C » (2 chutes et 5 incendies pour 15 667 années d'expérience, soit 4.47×10^{-4} événement par éolienne et par an).

Ces événements correspondent également à la définition qualitative de l'arrêté du 29 Septembre 2005 d'une probabilité « C » : « Évènement 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'évènement.

VIII.2.3.5 L'acceptabilité

Le tableau suivant rappelle pour chaque aérogénérateur du parc éolien Biterne Sud, la gravité associée et le niveau de risque et donc d'acceptabilité (acceptable/inacceptable).

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à 46 m)		
Éolienne	Gravité	Niveau de risque
Éolienne 1	Sérieuse	Faible
Éolienne 2	Sérieuse	Faible
Éolienne 3	Sérieuse	Faible
Éolienne 4	Sérieuse	Faible
Éolienne 5	Sérieuse	Faible
Éolienne 6	Sérieuse	Faible

Tableau 31 : L'acceptabilité du risque d'effondrement d'une éolienne

Ainsi, pour le parc éolien Biterne Sud, le phénomène de chute d'éléments des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

VIII.2.4 La projection de pale ou de fragment de pale

VIII.2.4.1 La zone d'effet

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

L'accidentologie éolienne mondiale manque de fiabilité car la source la plus importante (en termes statistiques) est une base de données tenue par une association écossaise majoritairement opposée à l'énergie éolienne [3] (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 pale ou de fragment de pale dans le cadre des études de dangers des parcs éoliens.

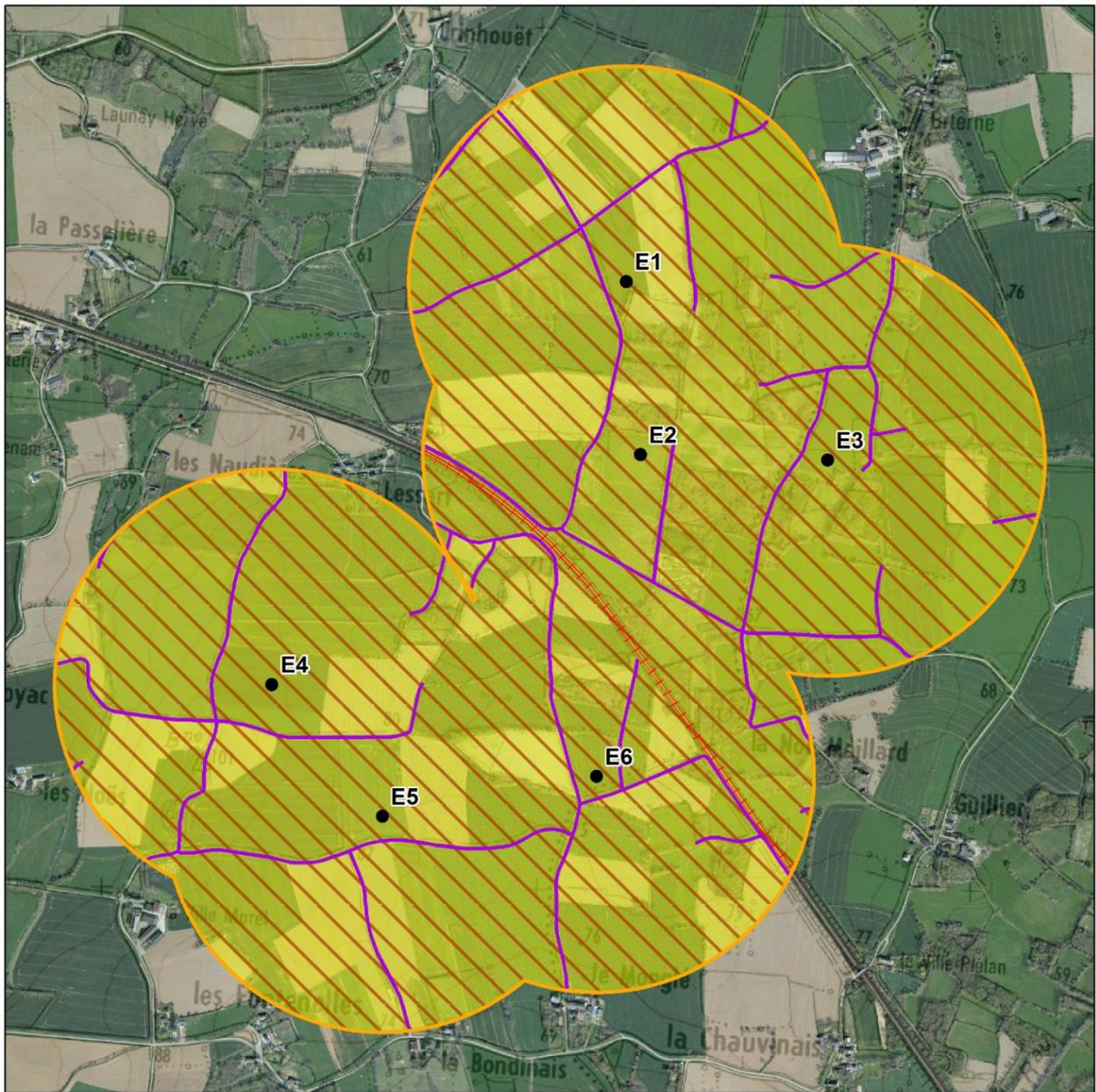
VIII.2.4.2 L'intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de pale ou de fragment de pale dans le cas du parc éolien Biterne Sud. D est le degré d'exposition, Z_i la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, R la longueur de pale ($R = 43,80$ m), LB la largeur de la base de la pale ($LB = 4,00$ m) et r le rayon de projection maximale ($r = 500$ m).

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 87,60 m ²	$Z_E = \pi \times r^2$ Soit 785 397 m ²	$D = Z_i / Z_E$ Soit 0,01 % (< 1 %)	Exposition modérée

Tableau 32 : L'évaluation de l'intensité du risque de projection de pale ou de fragment de pale



Source : IGN SCAN 25
Conception : AEPE Gingko 2015

-  Périmètre d'étude de danger (500 m)
-  Eoliennes du projet
-  Voies de communication non structurantes
-  Voie ferrée
-  Zones de risque de projection de pale (500 m)
-  Parcelles agricoles

0 125 250 500 Mètres



Carte 12 : La zone d'effet du risque de projection de pale ou de fragment de pale

VIII.2.4.3 La gravité

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 87,6 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 0,876 personne concernée par éolienne.

Pour les terrains aménagés mais peu fréquentés (voies de communication non structurantes), la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relatives aux règles méthodologiques applicables aux études de danger recommande d'estimer la fréquentation à 1 personne par 10 ha.

Pour les voies ferrées transportant des voyageurs, l'estimation de l'exposition est de 0,4 personne / km / train nb train / jour, selon cette même circulaire du 10 mai 2010. La ligne Rennes/Saint-Brieuc accueille 39 trains par jour.

La superficie concernée par le risque de projection de pale et la fréquentation sont détaillées ci-après pour chaque éolienne :

- Éolienne 1 : 14 480 m² soit 0,1448 personnes concernées,
- Éolienne 2 : 18 340 m² + 14 800 m² soit 0,4143 personnes concernées,
- Éolienne 3 : 15 470 m² soit 0,1547 personnes concernées,
- Éolienne 4 : 13 520 m² soit 0,1352 personnes concernées,
- Éolienne 5 : 15 825 m² soit 0,1582 personnes concernées,
- Éolienne 6 : 17 980 m² + 17 660 m² soit 0,4553 personnes concernées.

Aucun bâtiment agricole n'est recensé au sein du périmètre d'étude de danger.

2 personnes ont été ajoutées au droit des éoliennes E4, E5 et E6 proches des chemins de randonnée.

Ainsi, la gravité du phénomène de projection de pale ou de fragment de pale sur les enjeux humains est cotée « modérée » (avec moins de 1 personne permanente exposée dans une zone d'exposition modérée) dans la zone d'effet de 500 m, des éoliennes E1 et E3. La gravité est cotée comme « sérieuse » (avec moins de 10 personnes permanentes exposées dans une zone d'exposition modérée) dans la zone d'effet des éoliennes E2 et E6, qui sont situées à moins de 500 m de la voie ferrée Rennes/Saint-Brieuc, faisant augmenter le nombre de personnes permanentes exposées (12 trains de voyageurs par jour en moyenne) et pour les éoliennes E4, E5 et E6 concernées par la proximité de chemins de randonnée.

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 500 m)			
Éolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)		Gravité
Éolienne 1	0,876 + 0,144 = 1,020	Au plus 1 personne exposée	Modérée
Éolienne 2	0,876 + 0,414 = 1,290	Présence humaine exposée inférieure 10 personnes	Sérieuse
Éolienne 3	0,876 + 0,155 = 1,031	Au plus 1 personne exposée	Modérée
Éolienne 4	0,876 + 0,135 + 2 = 3,011	Présence humaine exposée inférieure 10 personnes	Sérieuse

Projection de pale ou de fragment de pale (dans un rayon de 500 m)			
Éolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)		Gravité
Éolienne 5	0,876 + 0,158 + 2 = 3,034	Présence humaine exposée inférieure 10 personnes	Sérieuse
Éolienne 6	0,876 + 0,455 + 2 = 3,331	Présence humaine exposée inférieure 10 personnes	Sérieuse

Tableau 33 : L'évaluation de la gravité du risque de projection de pale ou de fragment de pale

VIII.2.4.4 La probabilité

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

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

Tableau 34 : L'évaluation de la probabilité pour le risque de projection de pale ou de fragment de pale

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 évènements correspondent également à la définition qualitative de l'arrêté du 29 Septembre 2005 d'une probabilité « C » : « Évènement 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'évènement.

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 ;
- le système de détection des survitesses et le système redondant de freinage ;
- le système de détection des vents forts et le système redondant de freinage et de mise en sécurité des installations – un système adapté est installé en cas de risque cyclonique ;
- l'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* ».

VIII.2.4.5 L'acceptabilité

Le tableau suivant rappelle pour chaque aérogénérateur du parc éolien Biterne Sud, la gravité associée et le niveau de risque donc d'acceptabilité (acceptable/inacceptable).

Projection de pale ou de fragment de pale (dans un rayon de 500 m)		
Éolienne	Gravité	Niveau de risque
Éolienne 1	Modérée	Très faible
Éolienne 2	Sérieuse	Faible
Éolienne 3	Modérée	Très faible
Éolienne 4	Sérieuse	Faible
Éolienne 5	Sérieuse	Faible
Éolienne 6	Sérieuse	Faible

Tableau 35 : L'acceptabilité du risque d'effondrement d'une éolienne

Ainsi, pour le parc éolien Biterne Sud, le phénomène de projection de pale ou de fragment de pale constitue un risque acceptable pour les personnes.

VIII.2.5 La projection de glace

VIII.2.5.1 La zone d'effet

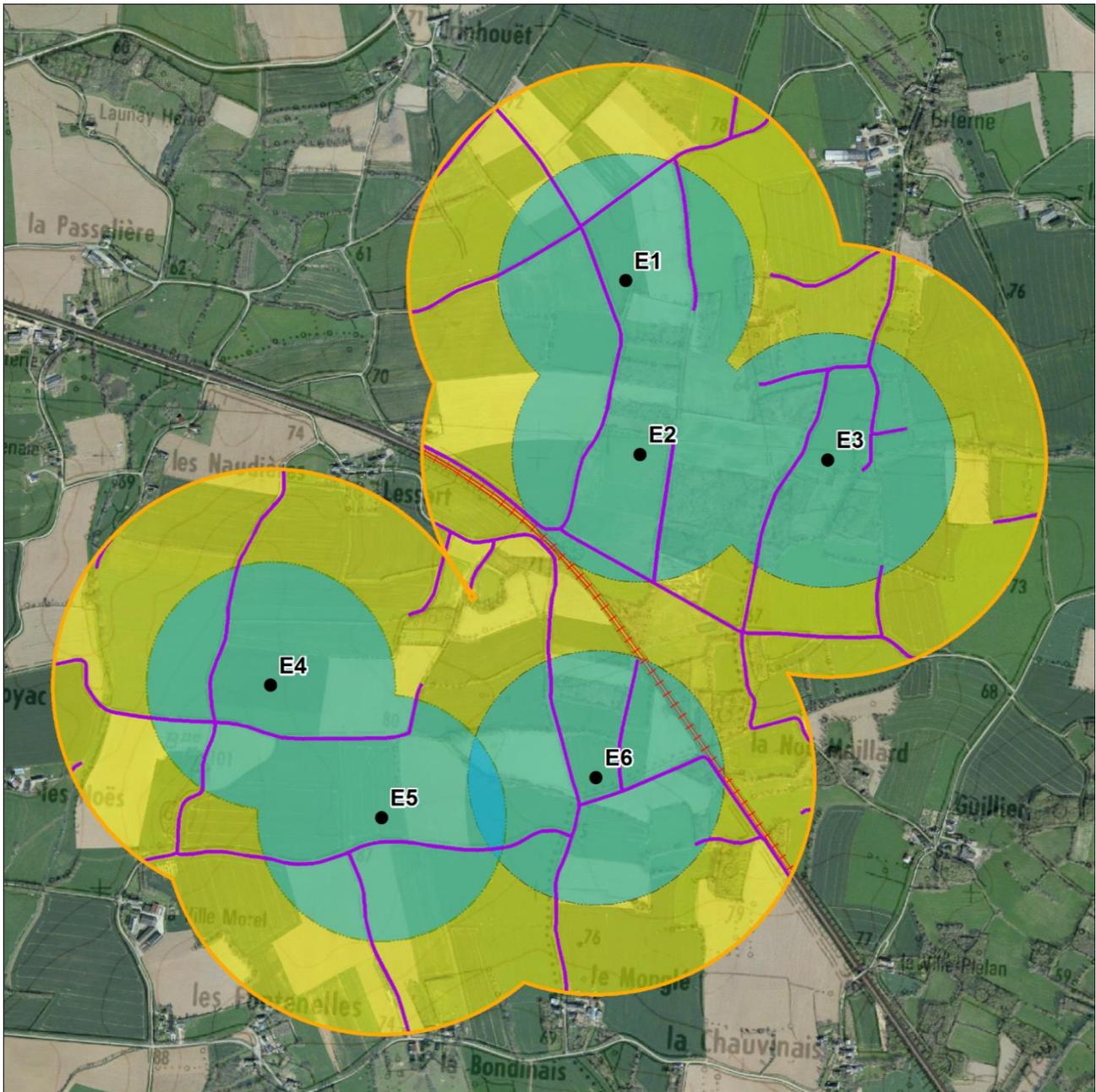
L'accidentologie rapporte quelques cas de projection de glace. Ce phénomène est connu et possible, mais n'a jamais occasionné de dommage sur les personnes ou les biens.

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 :

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

Cette distance de projection est jugée conservatrice dans des études postérieures [17]. À défaut de données fiables, Les études menées par l'INERIS dans le cadre de l'élaboration d'une étude de danger 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 Biterne Sud, la distance d'effet est donc évaluée à un rayon de 293,85 m autour des éoliennes E1, E2, E3 et E6, et à un rayon de 285,57 m autour des éoliennes E4 et E5.



Source : IGN SCAN 25 Et BD ORTHO
Conception : AEPE Gingko 2015

- Périmètre d'étude de danger (500 m)
- Eoliennes du projet
- Voies de communication non structurantes
- Voie ferrée
- Zone de risque de projection de glace
- Parcelles agricoles



Carte 13 : La zone d'effet des risques de projection de glace

VIII.2.5.2 L'intensité

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

Le tableau ci-après permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de glace dans le cas du parc éolien Biterne Sud. D est le degré d'exposition, ZI la zone d'impact, ZE la zone d'effet, R la longueur de pale (R= 43,80 m), H la hauteur du moyeu (H= 103,90 m ou 98,38 m), et SG la surface majorante d'un morceau de glace.

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de 293,85 m autour de l'éolienne)				
Machines concernées	Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
E1, E2, E3 et E6	Z _i = SG soit 1 m ²	ZE = $\pi \times 1,5 \times (H+2 \times R)^2$ Soit 79 542 m ²	D = 0,001 % (< 1 %)	Exposition modérée
Projection de morceaux de glace (dans un rayon de 285,57 m autour de l'éolienne)				
Machines concernées	Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
E4 et E5	Z _i = SG soit 1 m ²	ZE = $\pi \times 1,5 \times (H+2 \times R)^2$ Soit 77 236 m ²	D = 0,001 % (< 1 %)	Exposition modérée

Tableau 36 : L'évaluation de l'intensité du risque de projection de morceaux de glace pour les éoliennes

VIII.2.5.3 La gravité

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 17 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 0,17 personnes concernées par éolienne

Pour les terrains aménagés mais peu fréquentés (voies de communication non structurantes), 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.

Pour les voies ferrées transportant des voyageurs, l'estimation de l'exposition est de 0,4 personne / km / train nb train / jour, selon cette même circulaire du 10 mai 2010. La ligne Rennes/Saint-Brieuc accueille 39 trains par jour.

La superficie concernée par le risque de projection de glace et la fréquentation sont détaillées ci-après pour chaque éolienne :

- Éolienne 1 : 6 675 m² soit 0,067 personnes concernées,
- Éolienne 2 : 5 520 m² + 3 120 m² soit 0,104 personnes concernées,
- Éolienne 3 : 5 820 m² soit 0,058 personnes concernées,
- Éolienne 4 : 5 370 m² soit 0,054 personnes concernées,
- Éolienne 5 : 5 590 m² soit 0,056 personnes concernées,
- Éolienne 6 : 7 365 m² + 6 660 m² soit 1,177 personnes concernées.

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. Par ailleurs, aucun bâtiment agricole n'est recensé dans le périmètre d'étude de danger.

2 personnes ont été ajoutées au droit des éoliennes E4, E5 et E6 proches des chemins de randonnée.

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 293,85 m ou 285,57 m autour de l'éolienne)			
Éolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)		Gravité
Éolienne 1	$0,17 + 0,067 = 0,237$	Présence humaine exposée inférieure à 1 personne	Modérée
Éolienne 2	$0,17 + 0,104 = 0,274$	Présence humaine exposée inférieure à 1 personne	Modérée
Éolienne 3	$0,17 + 0,058 = 0,228$	Présence humaine exposée inférieure à 1 personne	Modérée
Éolienne 4	$0,17 + 0,054 + 2 = 2,224$	Présence humaine exposée inférieure 10 personnes	Sérieuse
Éolienne 5	$0,17 + 0,056 + 2 = 2,226$	Présence humaine exposée inférieure 10 personnes	Sérieuse
Éolienne 6	$0,17 + 1,177 + 2 = 3,347$	Présence humaine exposée inférieure 10 personnes	Sérieuse

Tableau 37 : L'évaluation de la gravité du risque de projection de morceaux de glace

VIII.2.5.4 La probabilité

Au regard de la difficulté d'établir un retour d'expérience précis sur cet évènement 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 – évènement probable » est proposé pour cet évènement.

VIII.2.5.5 L'acceptabilité

Le tableau suivant rappelle pour chaque aérogénérateur du parc éolien Biterne Sud, la gravité associée et le niveau de risque donc d'acceptabilité (acceptable/inacceptable).

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de 293,8 m ou 285,57 m autour de l'éolienne)		
Éolienne	Gravité	Niveau de risque
Éolienne 1	Modérée	Très faible
Éolienne 2	Modérée	Très faible
Éolienne 3	Modérée	Très faible
Éolienne 4	Sérieuse	Faible
Éolienne 5	Sérieuse	Faible
Éolienne 6	Sérieuse	Faible

Tableau 38 : L'acceptabilité du risque d'effondrement d'une éolienne

Ainsi, pour le parc éolien Biterne Sud, le phénomène de projection de glace constitue un risque acceptable pour les personnes.

VIII.2.6 La synthèse de l'étude détaillée des risques

VIII.2.6.1 Le tableau de synthèse des scénarii étudiés

Le tableau suivant récapitule, pour chaque évènement redouté central retenu, les paramètres de risque : la cinétique, l'intensité, la gravité et la probabilité. Il concerne les six éoliennes du parc Biterne Sud 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 149,90 m	E1, E2 et E3	Rapide	Exposition forte	Sérieuse	D
		E6			Importante	
Effondrement de l'éolienne	Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale, soit 144,38 m	E4 et E5	Rapide	Exposition forte	Importante	D
Chute de glace	Zone de survol soit un rayon de 46,00 m	Toutes	Rapide	Exposition modérée	Modérée	A
Chute d'élément de l'éolienne	Zone de survol soit un rayon de 46,00 m	Toutes	Rapide	Exposition forte	Sérieuse	C
Projection de pales ou de fragment de pale	Rayon de 500 m autour des éoliennes	E1 et E3	Rapide	Exposition modérée	Modérée	D
Projection de pales ou de fragment de pale	Rayon de 500 m autour des éoliennes	E2, E4, E5 et E6	Rapide	Exposition modérée	Sérieuse	C
Projection de glace	Rayon de 293,80 m autour des éoliennes	E1 et E3	Rapide	Exposition modérée	Modérée	B
		E4 et E5			Sérieuse	
Projection de glace	Rayon de 285,57 m autour des éoliennes	E6	Rapide	Exposition modérée	Sérieuse	B

Tableau 39 : La synthèse de l'évaluation des risques étudiés

VIII.2.6.2 La 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	Désastreuse					
	Catastrophique					
	Importante					
	Sérieuse					
	Modérée					

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 scénarii étudiés.

Scénario	Zone d'effet	Éolienne	Probabilité	Gravité	Risque	Acceptabilité
Effondrement de l'éolienne	Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale, soit 149,90 m	E1, E2 et E3	D	Sérieuse	Très faible	Acceptable
		E6		Importante		
Effondrement de l'éolienne	Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale, soit 144,38 m	E4 et E5	D	Importante	Très faible	Acceptable
Chute de glace	Zone de survol soit un rayon de 46,00 m	Toutes	A	Modérée	Faible	Acceptable
Chute d'élément de l'éolienne	Zone de survol soit un rayon de 46,00 m	Toutes	C	Sérieuse	Faible	Acceptable
Projection de pale ou de fragment de pale	Rayon de 500 m autour des éoliennes	E1 et E3	D	Modérée	Très faible	Acceptable
Projection de pale ou de fragment de pale	Rayon de 500 m autour des éoliennes	E2, E4, E5 et E6	C	Sérieuse	Faible	Acceptable
Projection de glace	Rayon de 293,80 m autour des éoliennes	E1, E2 et E3,	B	Modérée	Très faible	Acceptable
		E4 et E5		Sérieuse	Faible	
Projection de glace	Rayon de 293,80 m autour des éoliennes	E6	B	Sérieuse	Faible	Acceptable

Tableau 40 : La 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 scénarii d'accident engendrent des risques très faibles, ils ne nécessitent pas de mesure de maîtrise des risques. Quatre scénarii d'accident induisent des risques faibles ; il s'agit des risques de chute de glace, de chute d'élément de l'éolienne, de projection de pale ou de fragment de pale et de projection de glace. Ces risques sont jugés acceptables ; les deux premiers concernent par ailleurs uniquement des parcelles agricoles. Aucune route ou chemin agricole n'est survolé par les pales des éoliennes et donc n'est concerné par ces risques. Pour ces accidents, il convient de souligner que les fonctions de sécurité détaillées dans la partie IV.4 (La sécurité de l'installation) seront mises en place.

Les risques de projection concernent, en plus des parcelles agricoles, des voies communales et chemins d'exploitation et la voie ferrée Rennes/Saint-Brieuc.

Les mesures de maîtrise des risques, présentées dans le tableau ci-après, 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 machine Éloignement des zones habitées et fréquentées

Tableau 41 : Les mesures de maîtrise du risque de chute de glace



Figure 15 : Le panneau de prévention des risques sur un parc éolien de P&T Technologie

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'élément.

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'assemblage (ex : brides, joints, etc.) Procédures qualité
Serrage inapproprié Erreur de maintenance - desserrage	Chute de fragment de pale	10	Procédure maintenance

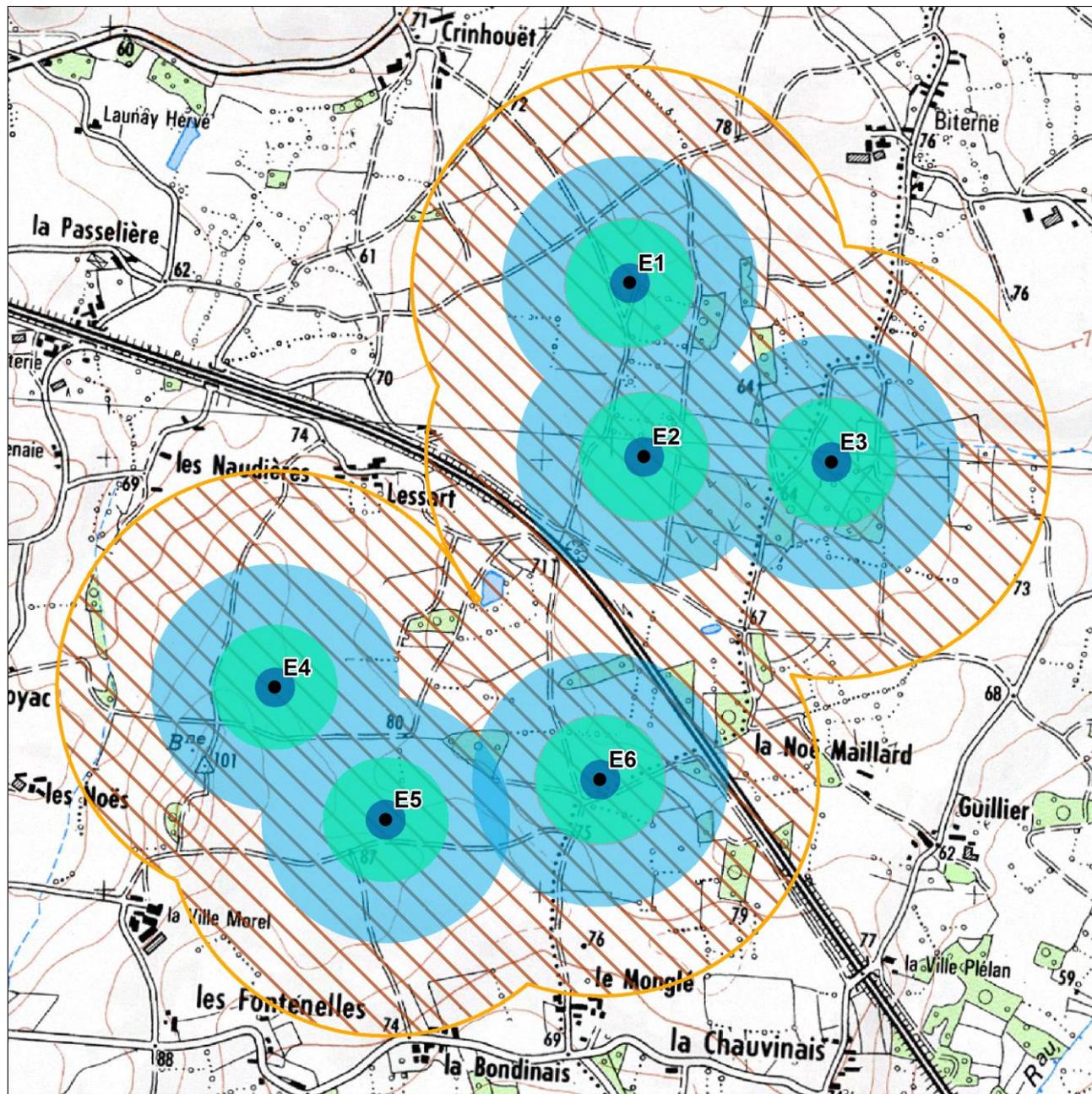
Évènement initiateur	Évènement intermédiaire	N° fonction de sécurité	Description de la mesure de maîtrise de risque (MMR)
Erreur maintenance	Chute de trappe	10	Procédure maintenance
Défaillance fixation anémomètre	Chute anémomètre	10	Procédure maintenance
Serrage inappropriée – défaillance de la fixation des pales au moyeu	Chute de pale	10	Procédure maintenance
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 fixation 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 fixation, 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 fixation, 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 42 : Les mesures de maîtrise du risque de chute d'éléments

Ainsi, aucun scénario ne présente de risque inacceptable.

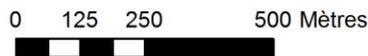
VIII.3 La cartographie de synthèse des risques

Les cartes ci-après permettent de visualiser les zones d'effets des différents scénarii de risques envisagés pour le parc éolien Biterne Sud.

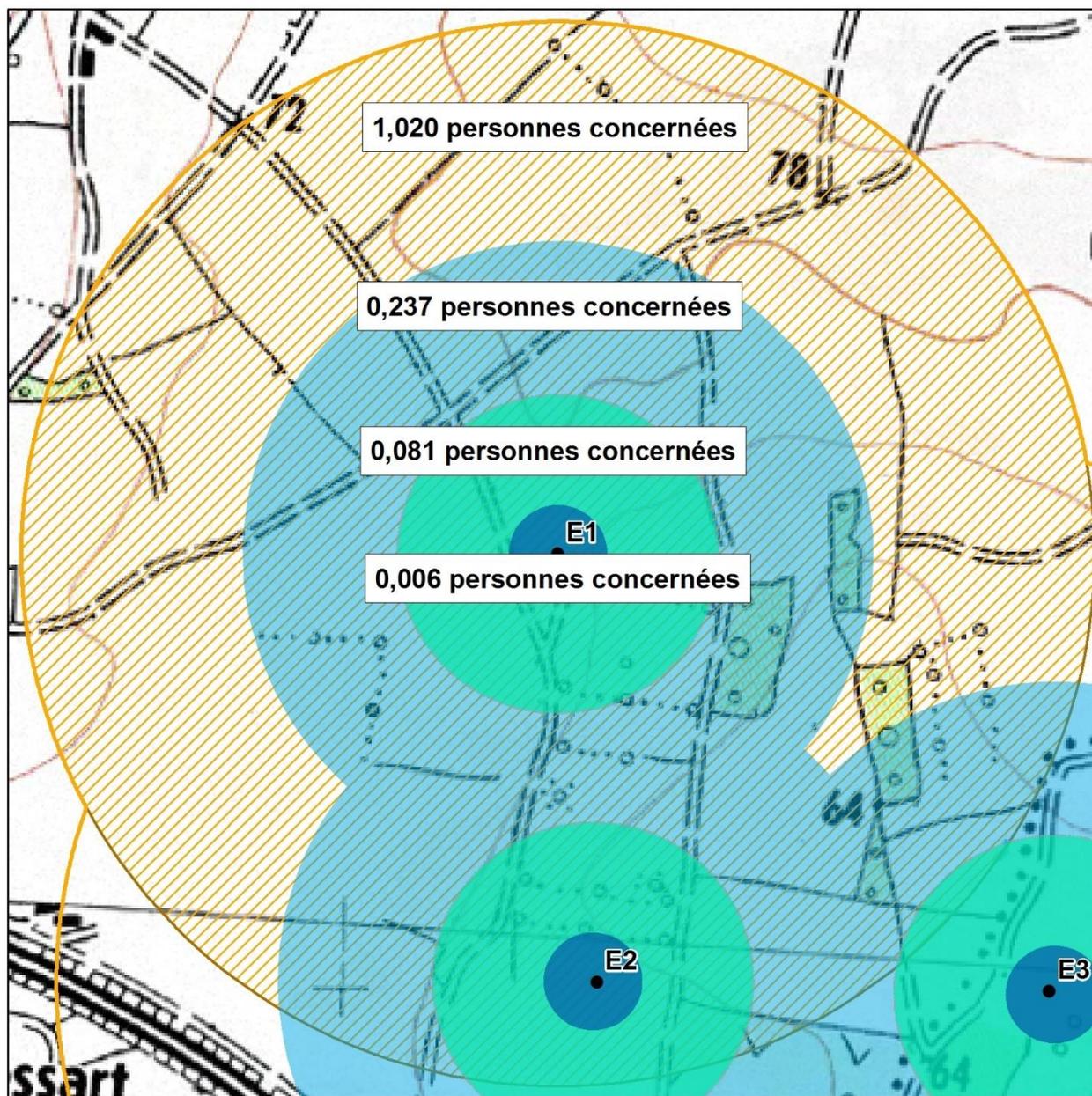


Source : IGN SCAN 25
Conception : AEPE Gingko 2015

- Eoliennes du projet
- ▭ Périmètre d'étude de danger (500 m)
- ▭ Zone de risque de chute de glace et d'éléments
- ▭ Zone de risque d'effondrement
- ▭ Zone de risque de projection de glace
- ▭ Zone de risque de projection de pale



Carte 14 : Les zones d'effets des différents risques étudiés

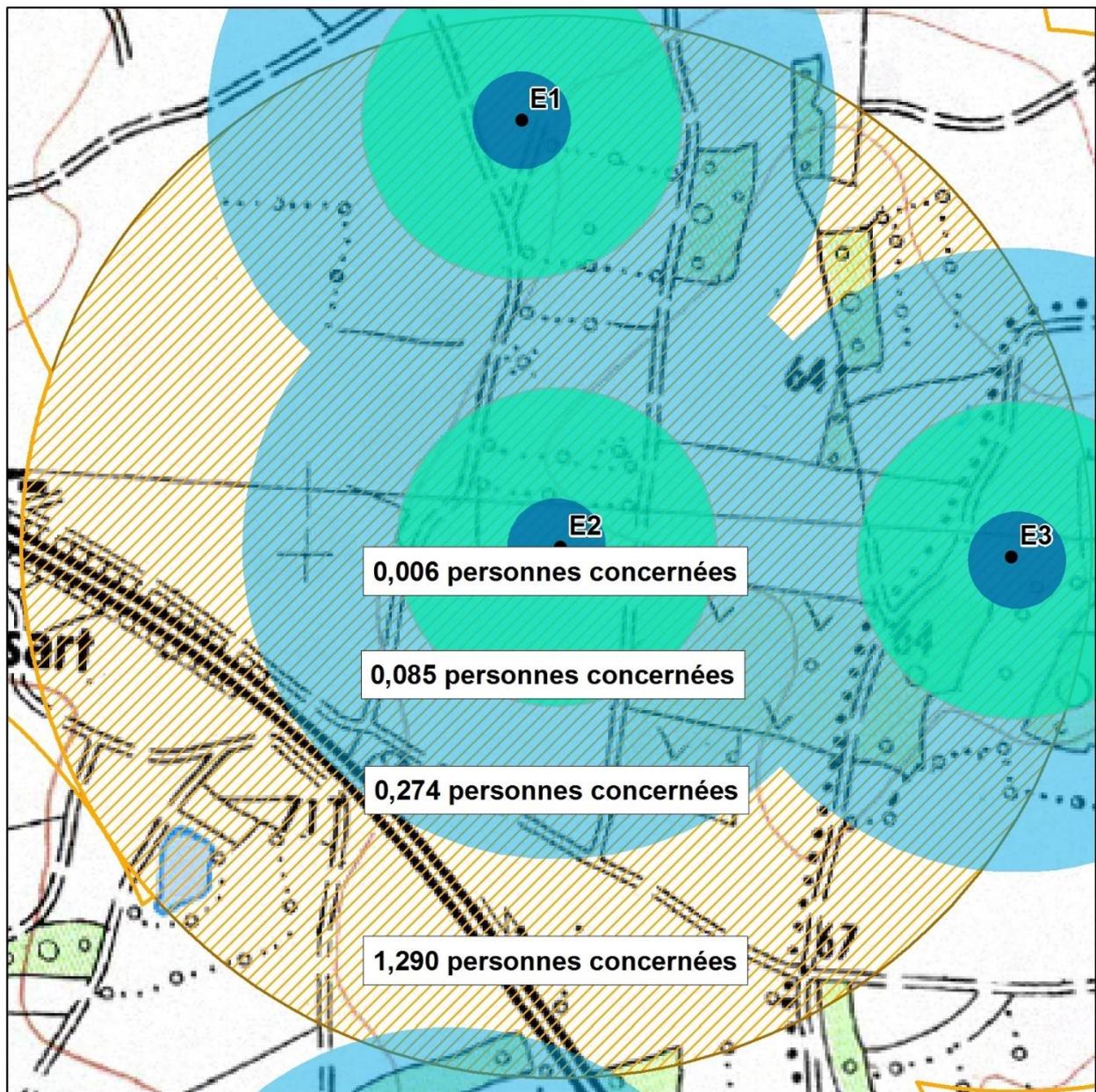


Source : IGN SCAN 25
Conception : AEPE Gingko 2016

- Eoliennes du projet
- Périmètre d'étude de danger (500 m)
- Zone de risque de chute de glace et d'éléments
- Zone de risque d'effondrement
- Zone de risque de projection de glace
- Zone de risque de projection de pale (500 m)
- E1



Carte 15 : Les zones d'effets des différents risques étudiés au droit de l'éolienne E1



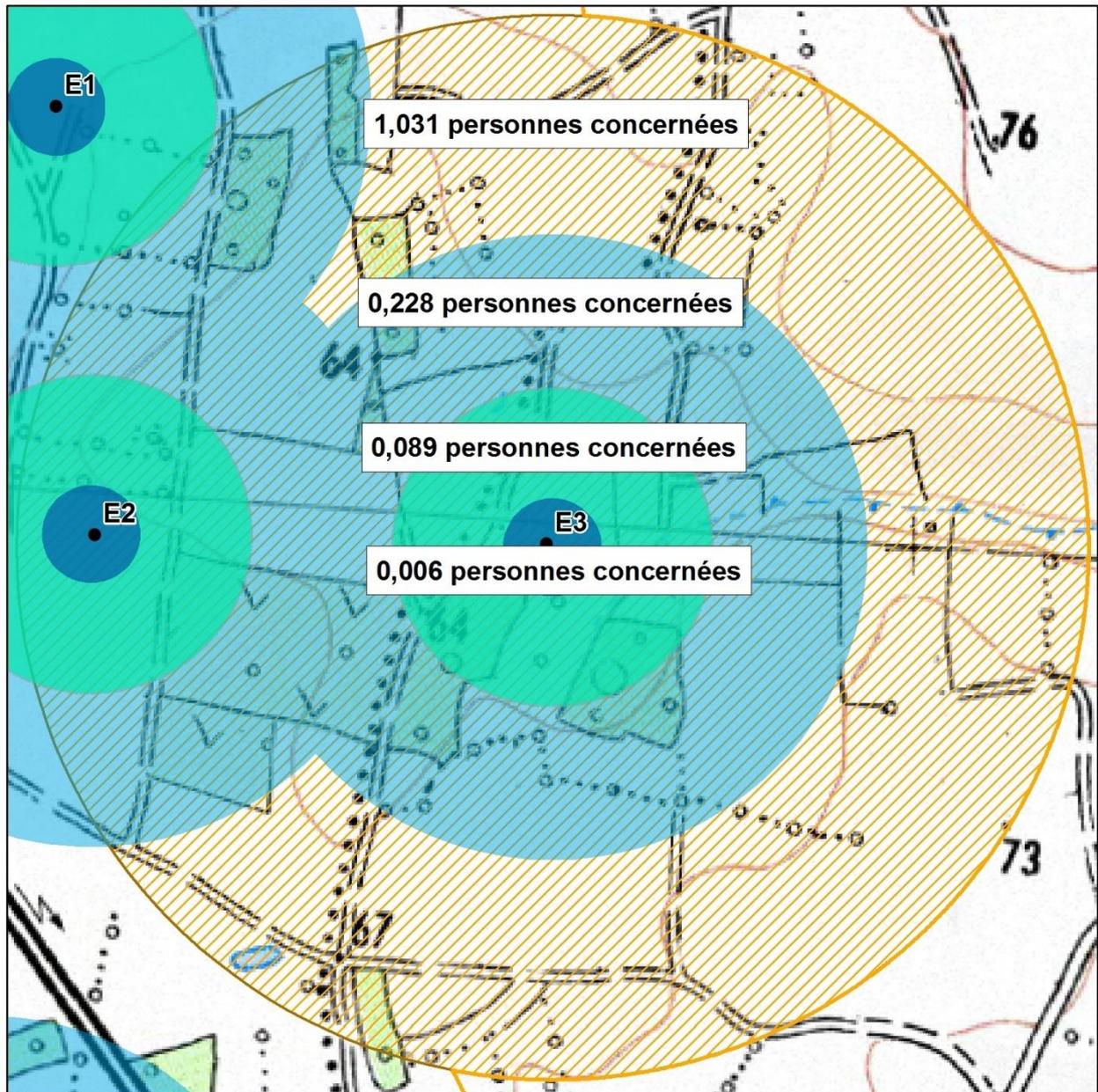
Source : IGN SCAN 25
Conception : AEPE Gingko 2016

- Eoliennes du projet
- ▭ Périmètre d'étude de danger (500 m)
- Zone de risque de chute de glace et d'éléments
- Zone de risque d'effondrement
- Zone de risque de projection de glace
- Zone de risque de projection de pale (500 m)
- ▨ E2

0 50 100 200 Mètres



Carte 16 : Les zones d'effets des différents risques étudiés au droit de l'éolienne E2



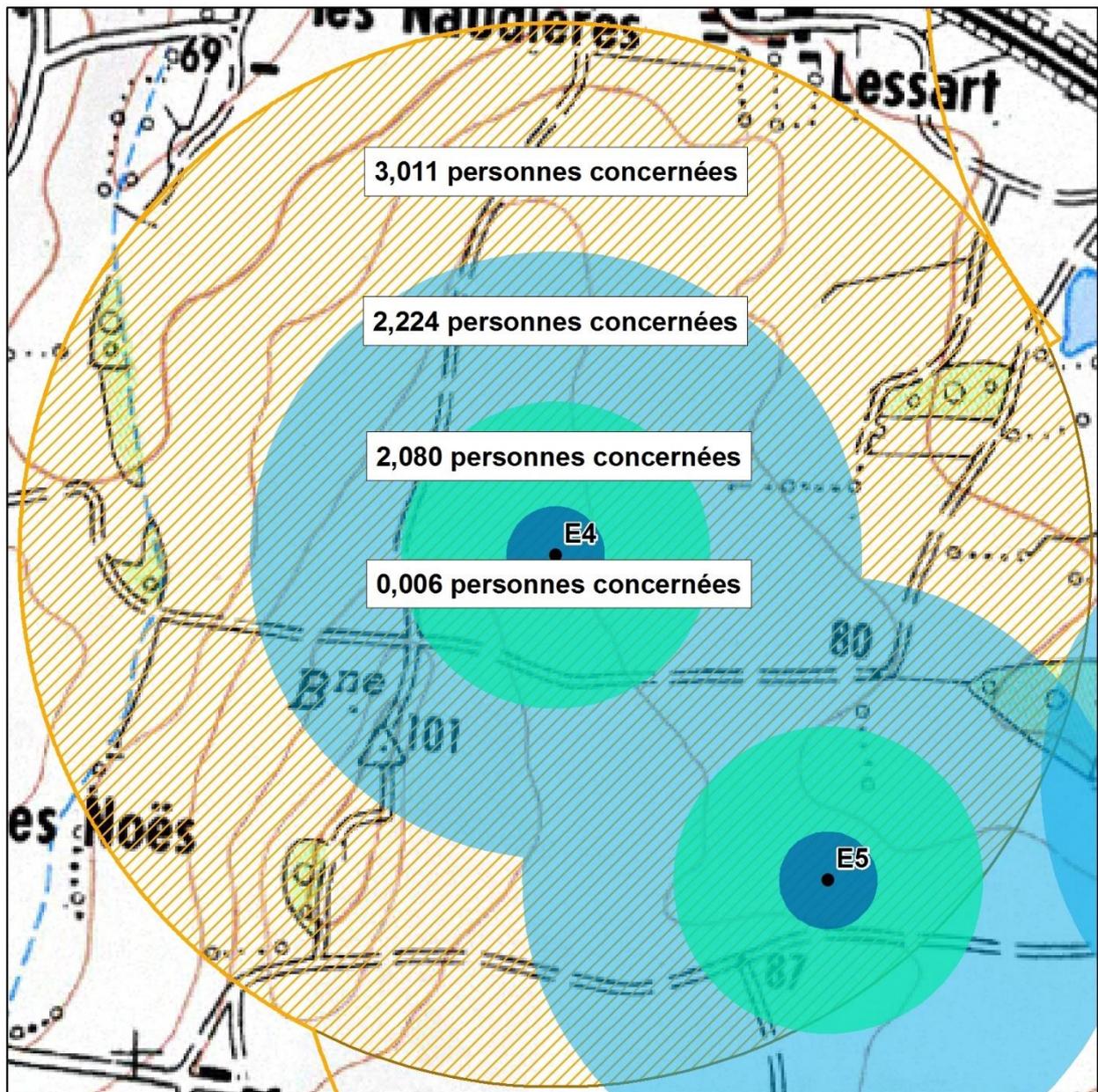
Source : IGN SCAN 25
Conception : AEPE Gingko 2016

- Eoliennes du projet
- ▭ Périimètre d'étude de danger (500 m)
- Zone de risque de chute de glace et d'éléments
- Zone de risque d'effondrement
- Zone de risque de projection de glace
- Zone de risque de projection de pale (500 m)
- ▨ E3

0 50 100 200 Mètres



Carte 17 : Les zones d'effets des différents risques étudiés au droit de l'éolienne E3

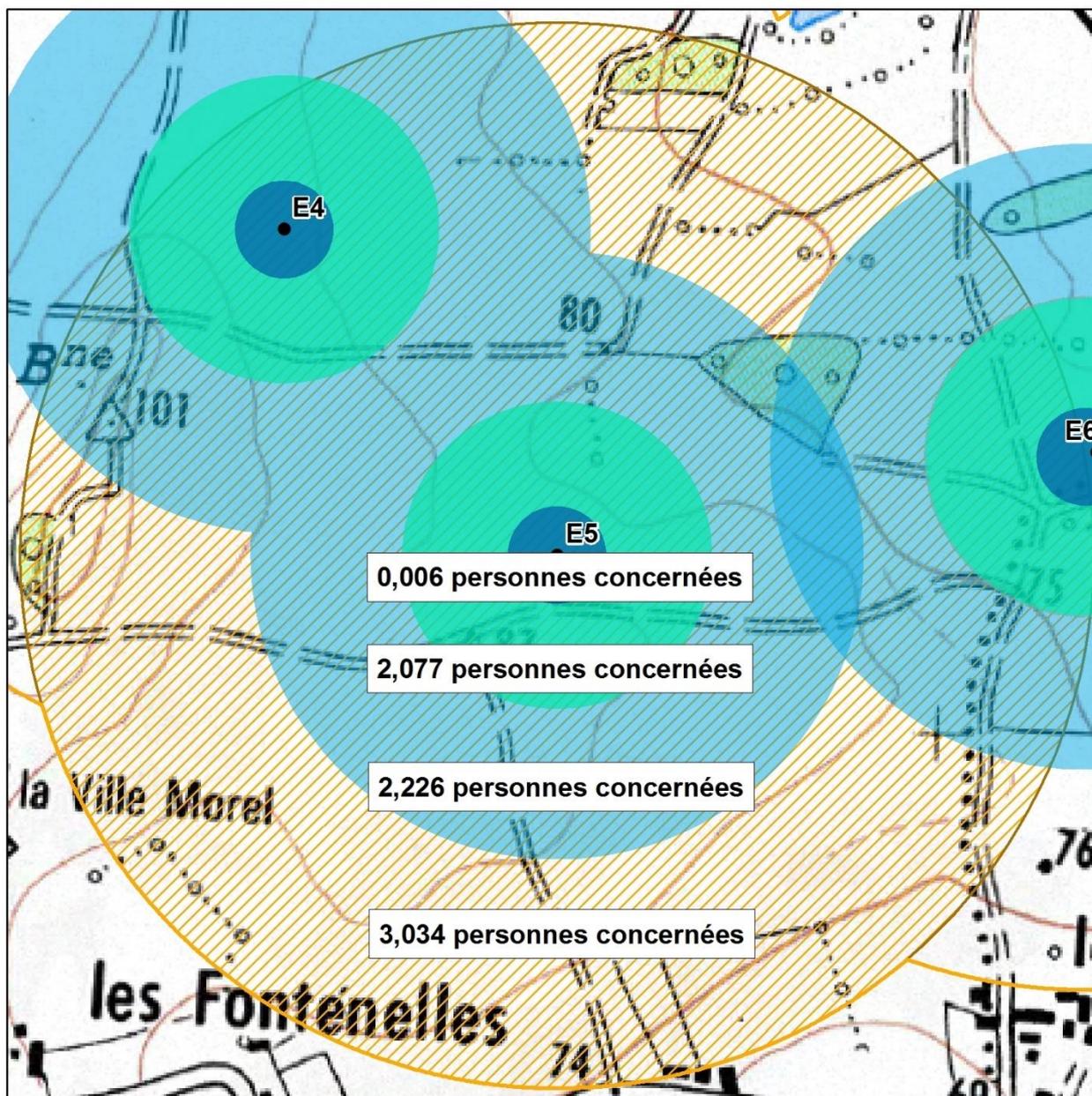


Source : IGN SCAN 25
Conception : AEPE Gingko 2016

- Eoliennes du projet
- ▭ Périimètre d'étude de danger (500 m)
- ▭ Zone de risque de chute de glace et d'éléments
- ▭ Zone de risque d'effondrement
- ▭ Zone de risque de projection de glace
- ▭ Zone de risque de projection de pale
- ▭ E4

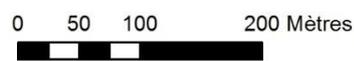


Carte 18 : Les zones d'effets des différents risques étudiés au droit de l'éolienne E4

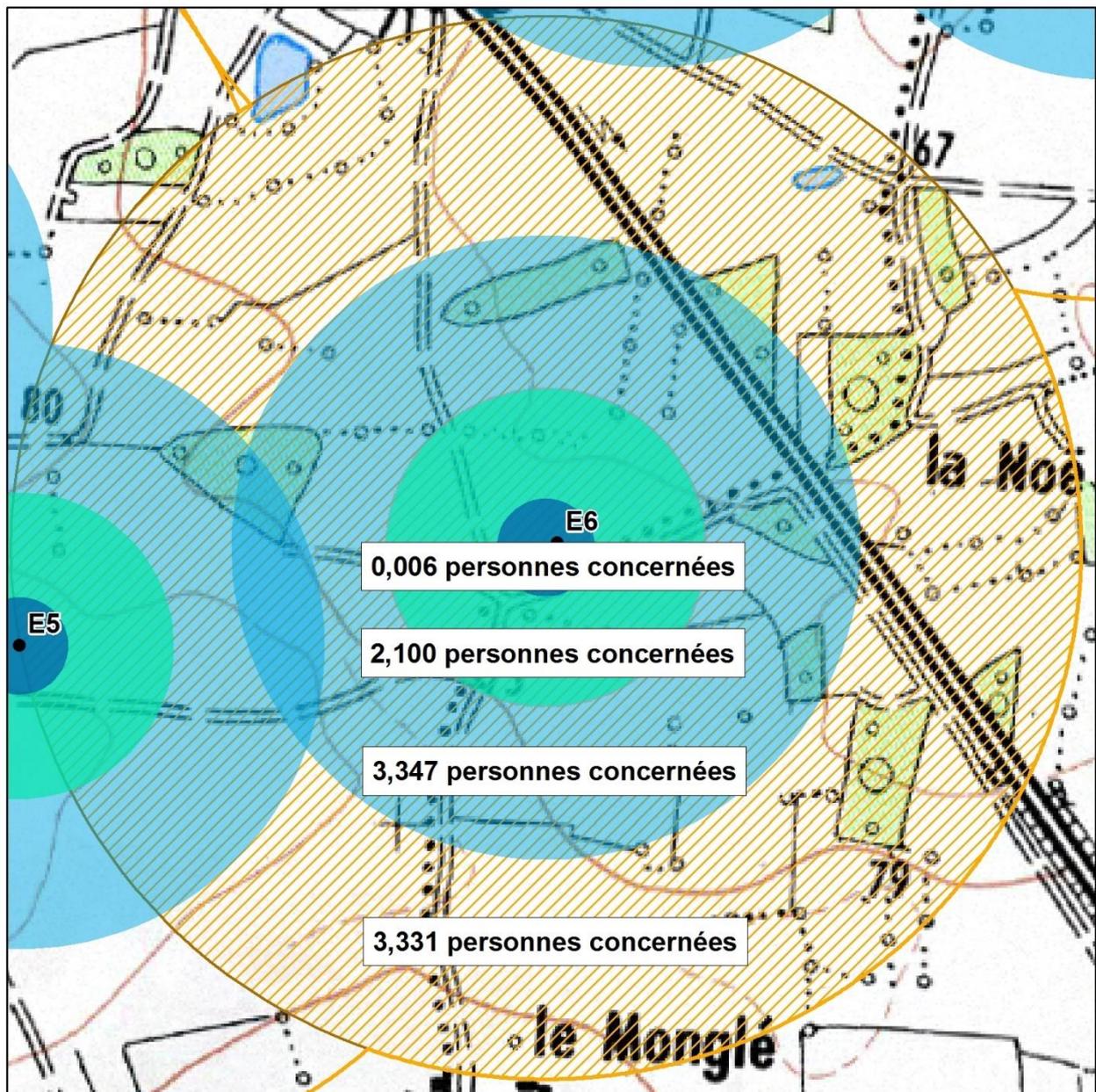


Source : IGN SCAN 25
Conception : AEPE Gingko 2016

- Eoliennes du projet
- ▭ Périimètre d'étude de danger (500 m)
- Zone de risque de chute de glace et d'éléments
- Zone de risque d'effondrement
- Zone de risque de projection de glace
- Zone de risque de projection de pale
- ▨ E5



Carte 19 : Les zones d'effets des différents risques étudiés au droit de l'éolienne E5



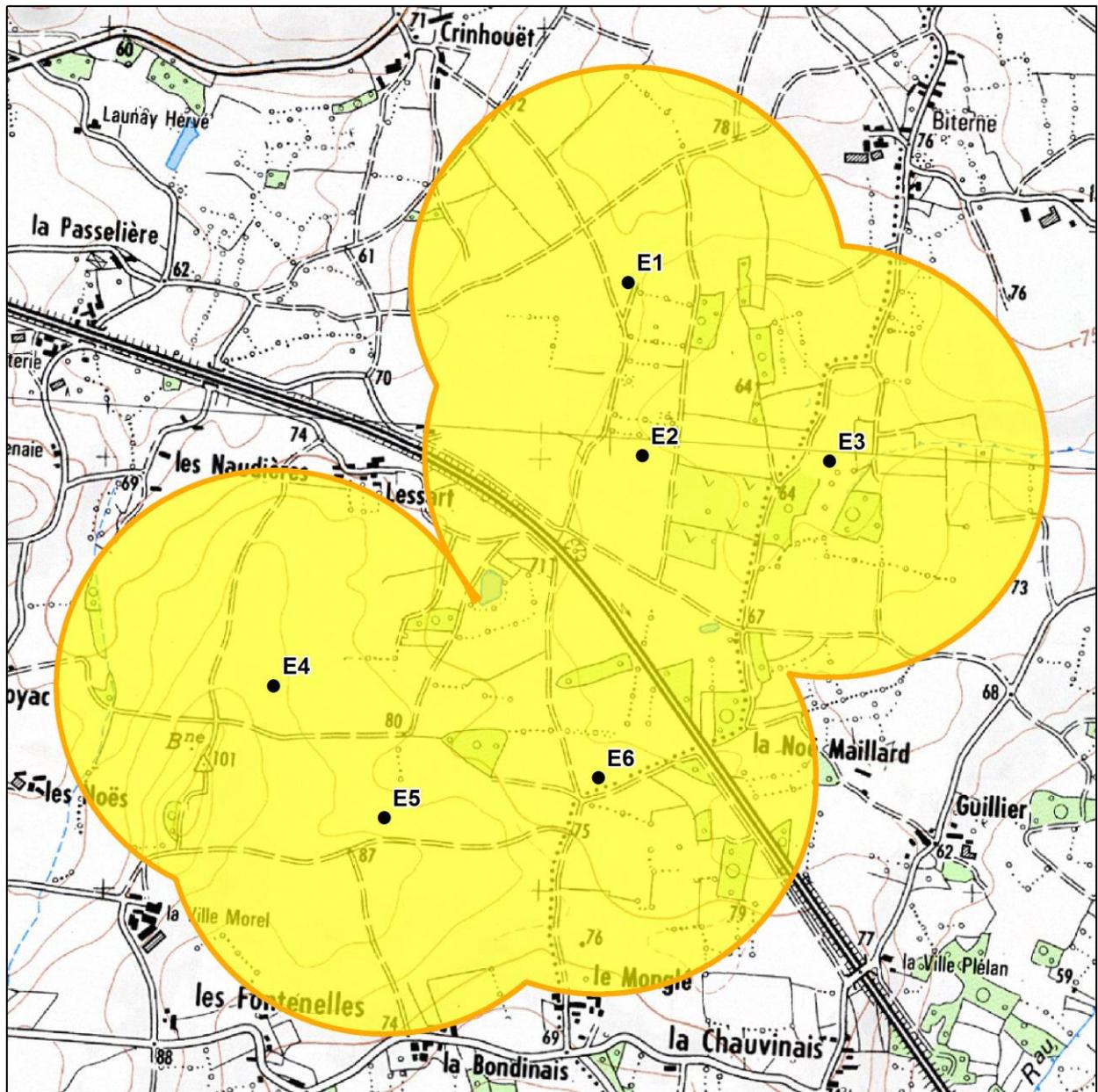
Source : IGN SCAN 25
Conception : AEPE Gingko 2016

- Eoliennes du projet
- Périmètre d'étude de danger (500 m)
- Zone de risque de chute de glace et d'éléments
- Zone de risque d'effondrement
- Zone de risque de projection de glace
- Zone de risque de projection de pale
- E6



Carte 20 : Les zones d'effets des différents risques étudiés au droit de l'éolienne E6

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



Source : IGN SCAN 25
Conception : AEPE Gingko 2015

- Eoliennes du projet
- ▭ Périimètre d'étude de danger (500 m)
- ▭ Risque faible

0 125 250 500 Mètres



Carte 21 : Les niveaux de risque au regard des scénarii étudiés

IX- La Demande d'Approbation du Projet d'Ouvrage de la ligne électrique souterraine (20 KV) et du poste de livraison (Art R.323-40 du Code de l'Énergie)

IX.1 La présentation générale du projet

Le Maître d'ouvrage

L'adresse du Siège

Parc éolien Biterne Sud
Val d'Orson – Rue du Pré Long
35700 VERN-SUR-SEICHE

L'adresse de l'installation

Parc éolien Biterne Sud
Biterne sud
22250 BROONS

La désignation de l'ouvrage

Le projet est constitué de canalisations souterraines (liaisons HTA et fibre optique) reliant 6 aérogénérateurs entre eux et leurs raccordements aux deux postes de livraison.

Ce projet rentre dans l'aménagement d'un parc éolien pour la production d'électricité sur les communes de Broons et Yvignac-la-Tour.

Le parc éolien sera constitué de 6 éoliennes de type Enercon E92. Elles sont construites avec une tour de 98,38 m de haut pour les machines E4 et E5 et 103,90 m pour les machines E1, E2, E3 et E6. Le dispositif possède 3 pales de rotor formant un diamètre de 92 m.

Le 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.

Le rappel réglementaire

Parc éolien Biterne Sud 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.

IX.2 Les chapitres de l'étude d'impact concernés par la ligne électrique souterraine (20 KV) et le poste de livraison

Informations	Étude d'impact	Résumé mon technique
Topographie - hydrographie	<p>Chapitre I.5 Les liaisons souterraines Page 35</p> <p>Chapitre II.1 La construction Page 39</p> <p>Chapitre II.2 L'exploitation Page 39</p> <p>Chapitre II.3 Le démantèlement Pages 39 à 40</p> <p>Chapitre II.1 Les effets sur le sous-sol et les sols Pages 375 à 376</p> <p>Chapitre II.2 Les effets sur la topographie et l'hydrographie Pages 376 à 378</p> <p>Chapitre II.3 Les effets sur les zones humides Pages 379 à 385</p> <p>Carte 95 : La délimitation des zones humides retenues en 2014 Page 380</p> <p>Cartes 96 à 99 sur les sondages complémentaires et le positionnement des éoliennes par rapport aux zones humides Pages 381 à 384</p> <p>Chapitre II.4 La compatibilité avec les documents de cadrage Pages 385 à 386</p>	<p>Chapitre Les effets sur le milieu physique Page 60</p>
Faune - Flore	<p>Chapitre III.3.2 Les effets sur les habitats : les boisements et les haies Page 402</p> <p>Chapitre III.5 La synthèse des effets du projet et des mesures proposées Pages 416 à 417</p>	<p>Chapitre Un parc éolien qui prend en compte les enjeux sur les espèces animales et végétales Pages 35 à 36</p> <p>Chapitre Les effets sur les habitats et la flore Page 61</p>
Patrimoine	<p>Chapitre V.6 Les impacts du projet sur le patrimoine Pages 482 à 495</p>	<p>Chapitre Les effets sur le paysage et le patrimoine culturel Page 64</p>

Urbanisme	<p>Chapitre I.6 Le poste de livraison Page 36</p> <p>Chapitre IV.1.5 Les documents d'urbanisme communaux Page 421</p>	Chapitre Les postes de livraison Page 16
Servitudes	<p>Chapitre IV.4.6.2 La voie ferrée Page 433 à 434</p> <p>Chapitre IV.4.7 Les réseaux de transport d'énergie Page 434</p>	Chapitre Des contraintes limitées prises en compte dans la conception du projet Page 40
Activité agricole	Chapitre IV.2.2 Les effets sur les activités agricoles Pages 424 à 425	/
Bruit	Ne concerne pas le/les câbles et le poste de livraison	/
Paysage	<p>Chapitre V.5.7 L'impact sur le périmètre d'étude immédiat et les aménagements paysagers du site Pages 480 à 481</p> <p>Carte 126 : Le positionnement des éoliennes et des aménagements annexes (poste de livraison, chemins d'accès, plateformes, câblage inter-éoliennes) Page 481</p> <p>Chapitre V.8.1 Les mesures paysagères d'évitement Pages 495 à 496</p> <p>Chapitre V.8.2 Les mesures paysagères de réduction Pages 496 à 497</p>	Chapitre Les effets sur le paysage et le patrimoine culturel Page 64

IX.3 La description technique des ouvrages électriques et du poste de livraison (ouvrages privés)

IX.3.1 Les généralités

- le réseau souterrain ;
- le réseau HTA et fibre optique ;
- 2^{ème} Catégorie ;
- la tension de service : 20 000 V ;
- la longueur électrique et géographique :

Câble	Sous voies publiques (m)	Sous voies privées (m)	En domaine privé (autre que voie) (m)	Total (m)
Longueur électrique	878	1787	913	3578
Longueur géographique	878	1787	744	3409

- la description du système de distribution :

2°) - Définition du système et description générale de la distribution <i>Le système de distribution principal est le plus contraignant car il demande la mise en place de deux postes de livraison et la réalisation d'un forage dirigé sous la voie SNCF.</i>	Raccordement de l'éolienne E1 sur le poste de livraison 2 (Nord) Raccordement de l'éolienne E2 sur le poste de livraison 2 (Nord) Raccordement de l'éolienne E3 sur l'éolienne E6 Raccordement de l'éolienne E6 sur le poste de livraison 1 (Sud) Raccordement de l'éolienne E4 sur l'éolienne E 5 Raccordement de l'éolienne E5 sur le poste de livraison 1 (Sud) Raccordement de l'éolienne E6 sur le poste de livraison 1 (Sud) Tension de service 20 000 V
2°) - Caractéristique maximales de l'ouvrage	Puissance nominale d'une éolienne : 2,35 MW Puissance maximale du parc : 14,1 MW Tension de service 20 000 V
3) - Transformateurs, emplacement, puissance	Transformateurs de puissance nominale de 2500 kVA situés au sein des éoliennes en pied de machine

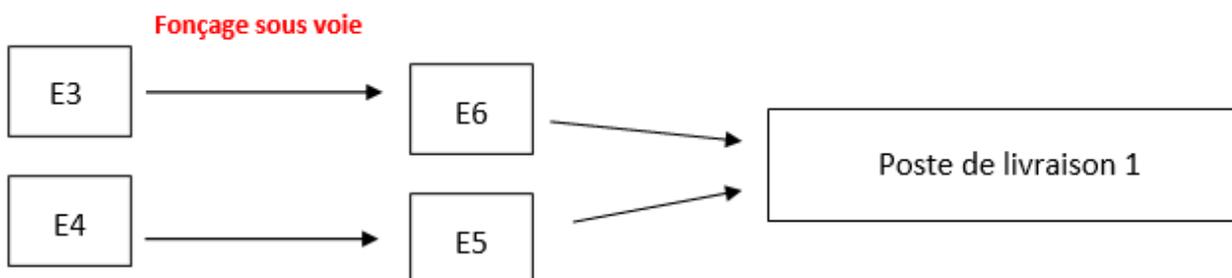
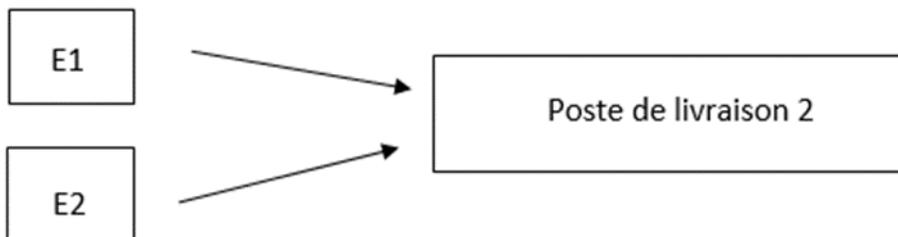
4) - Poste de livraison	2 Postes béton Poste de livraison n°1 (9,4 MW) Poste de livraison n°2 (4,7 MW)
-------------------------	--

Le schéma général de la distribution est fonction de l'étude du raccordement qui sera menée par le gestionnaire du réseau public d'électricité, à savoir ERDF.

En effet, à l'obtention des différentes autorisations administratives, ERDF sera en mesure de nous préciser le nom du Poste Source auquel nous serons rattachés ainsi que de la nécessité ou non de mettre en place deux postes de livraison.

Différentes variantes sont ainsi présentées en complément du système de distribution principal décrit dans cette demande.

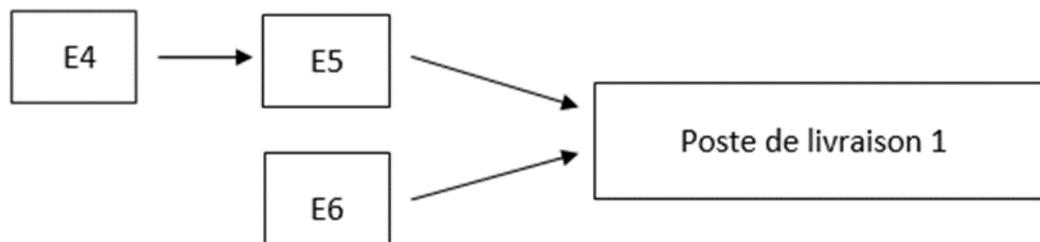
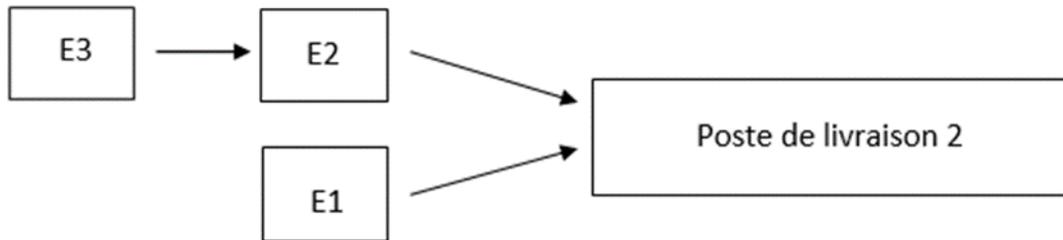
IX.3.1.1 Le système de distribution principal (cf. Pièce 7 : Documents demandés au titre du Code de l'environnement)



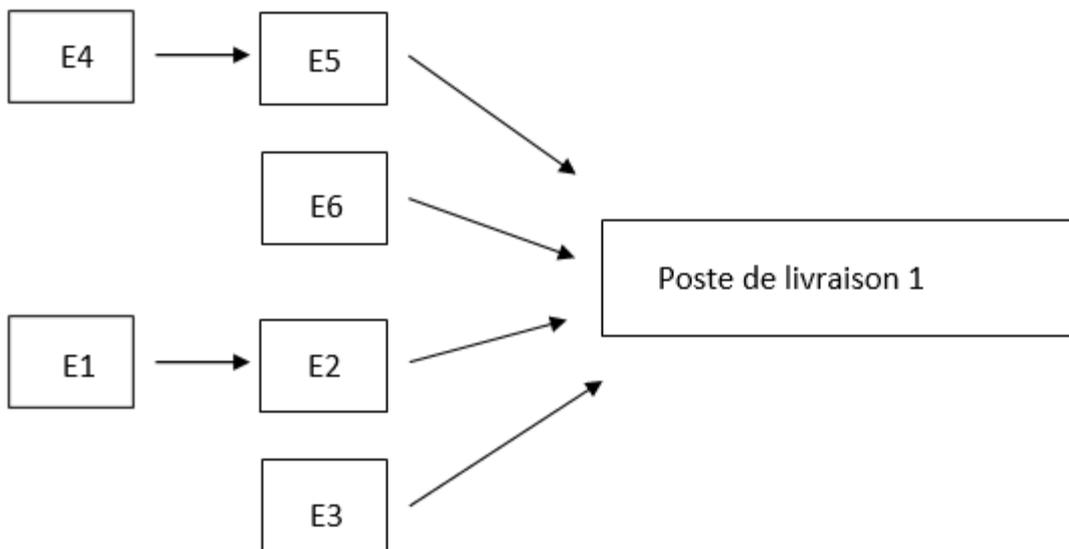
Le système de distribution principal est le plus contraignant car il demande la mise en place de deux postes de livraison et la réalisation d'un forage dirigé sous la voie SNCF.

Les variantes envisagées

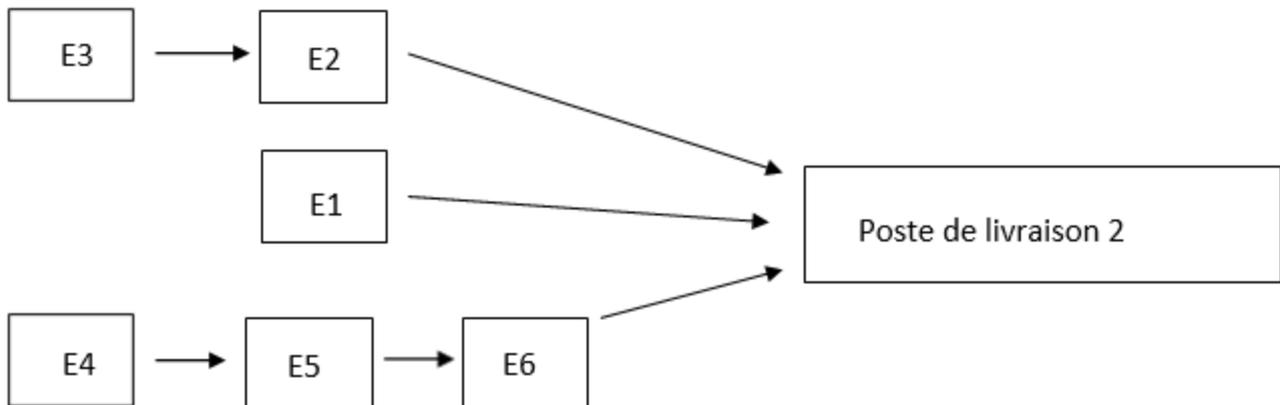
La Variante A



La Variante B



La Variante C



IX.3.1.2 Les renseignements sur la distribution

La distribution décrite ci-dessous est basée sur le système de distribution principal ayant les contraintes les plus importantes (deux postes de livraison et la réalisation d'un forage dirigé sous la voie SNCF).

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
E1-PDL	383 m en 95 mm ² AL	Broons			ZH 96	En plein champ
		Broons		ZK18		En accotement de voirie
		Broons			ZK 19	En plein champ
PDL-E2	177 m en 95 mm ² AL	Broons			ZK 19	En plein champ
		Broons		ZK18		En accotement de voirie
		Broons			ZK 19	En plein champ
E3- E6	1724,5 m en 95 mm ² AL	Yvignac-la-Tour			F 756	En plein champ
		Yvignac-la-Tour	Chemin de Biterne longeant les parcelles F 756, F757, ...			En accotement de voirie et en traversée (tranchée ouverte)
		Broons		ZK 57		En accotement de voirie
		Broons		ZK 47		En accotement de voirie
		Broons		ZK 72		En accotement de voirie

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
		Broons		ZK 175		Forage dirigé sous voie SNCF
		Broons		ZK 102		En accotement de voirie
		Broons			ZK 88	En plein champ
		Broons			ZK 87	En plein champ
E6-PDL	98 m en 150 mm ² AL	Broons			ZK 88	En plein champ
					ZK 87	En plein champ
				ZK 102		En accotement de voirie et en traversée (tranchée ouverte)
					ZL 24	En plein champ
PDL – E5	602.5 m en 150 mm ² AL				ZL 24	En plein champ
				ZK 102		En accotement de voirie
			Chemin de Monglé longeant les parcelles ZL 23, ZL 24, ...			En accotement de voirie
				ZL 18		En accotement de voirie
E5-E4	593 m en 95 mm ² AL				ZL 13	En plein champ
				ZL 9		En accotement de voirie et en traversée (tranchée ouverte)
					ZK 133	En plein champ
					ZK 136	En plein champ
				ZK 135	En plein champ	

IX.3.2 Le câble / les câbles

Les câbles correspondront à la Norme NF C33 226.

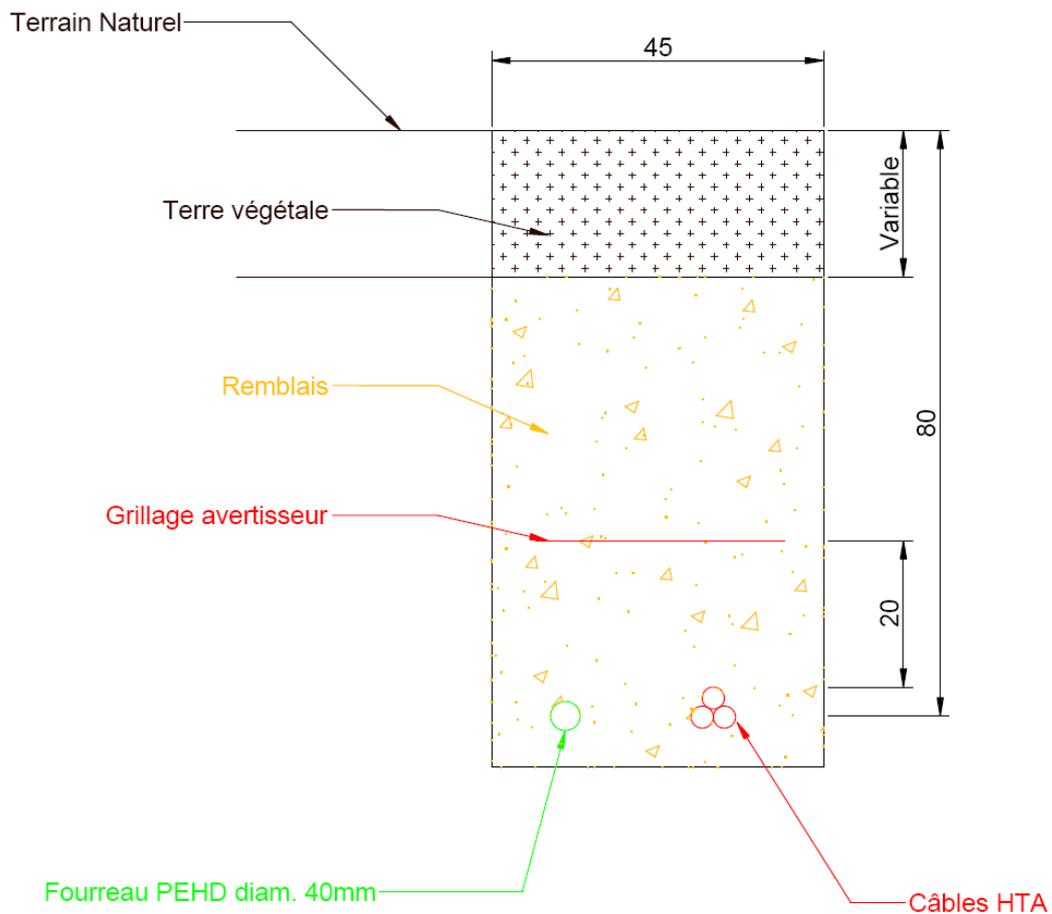
Une fiche technique des câbles est jointe au dossier.

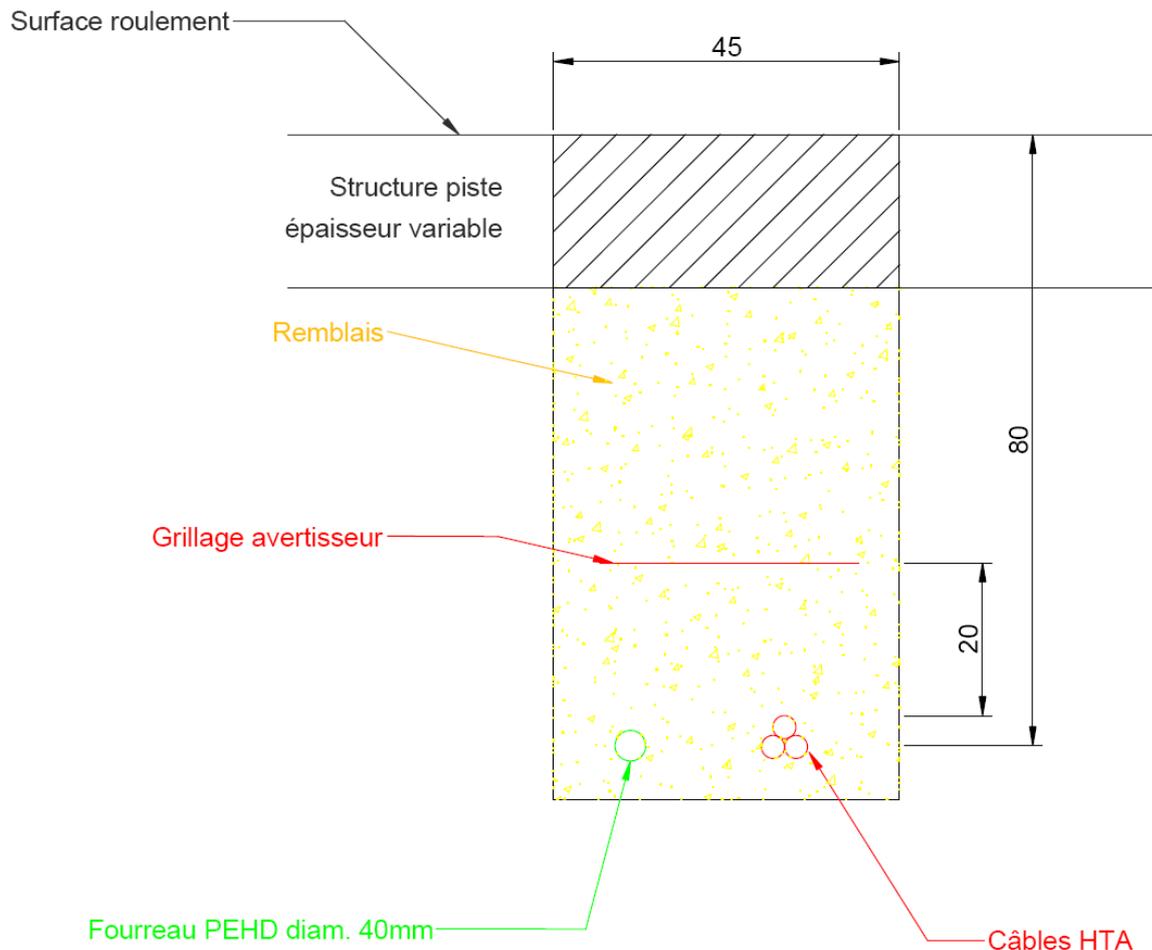
Selon l'environnement rencontré, les câbles seront posés de la façon suivante :

Le forage dirigé sous la voie SNCF (coupe type)



La tranchée en pleine terre



La tranchée sous voirie (accotement et traversée)***IX.3.3 Les postes de livraison (cf. Pièce 7 : Documents demandés au titre du Code de l'environnement)*****IX.3.3.1 Le poste de livraison N°1**

Ce poste de livraison sera implanté sur la parcelle n° 24-section ZK, à proximité des parcelles n° 87 et 88 - section ZK sur lesquelles sera installée l'éolienne n° 6.

La construction se situera à l'angle nord/est de la parcelle n° 24. Le poste sera implanté à 5,00 m de la limite cadastrale nord (parcelle n° 89, terre agricole) et à 4,00 m de la limite cadastrale est (chemin d'exploitation).

La construction sera entourée au nord et à l'ouest d'une haie bocagère composée d'érable champêtre, chêne pédonculé, viburnum lantana, merisier, crataegus monogyna, prunus mirobolan.

L'accès au poste se fera depuis le chemin d'exploitation. Un accès traversant le fossé sera aménagé, avec remblai et pose d'une buse. Une plateforme/parking (empierrement stabilisé) de 3,00 m de large sera créée en façade sud ainsi qu'un accès piétonnier (largeur 1,20 m) au pourtour de la construction.

La maîtrise des boues pour le fonçage sous la voie SNCF et les précautions prises pour que les câbles ne drainent pas la zone humide

Des fosses de décantation seront réalisées de part et d'autre de la voie ferrée. Les boues (environ 5 m³) seront pompées par une entreprise spécialisée (assainissement) et retraitées.

Concernant les précautions prises pour que les câbles ne drainent pas la zone humide, des fosses de décantation seront réalisées de part et d'autre de la voie ferrée. Les boues (environ 5 m³) seront pompées par une entreprise spécialisée (assainissement) et retraitées.

IX.3.3.2 Le poste de livraison N°2

Le poste de livraison sera implanté sur la parcelle de l'éolienne n° 2 (section ZK, parcelle n° 19). La construction se situera à l'angle nord/ouest de la parcelle n° 19, à 5,00 m de recul au nord par rapport à la limite cadastrale avec le champ agricole (parcelle n° 20), et à 4.00m de la limite cadastrale avec le chemin d'exploitation n° 18.

La construction sera entourée au nord et à l'est d'une haie bocagère avec des essences de végétaux identiques au poste de livraison et filters n° 1.

L'accès au poste se fera par le chemin d'exploitation n° 18.

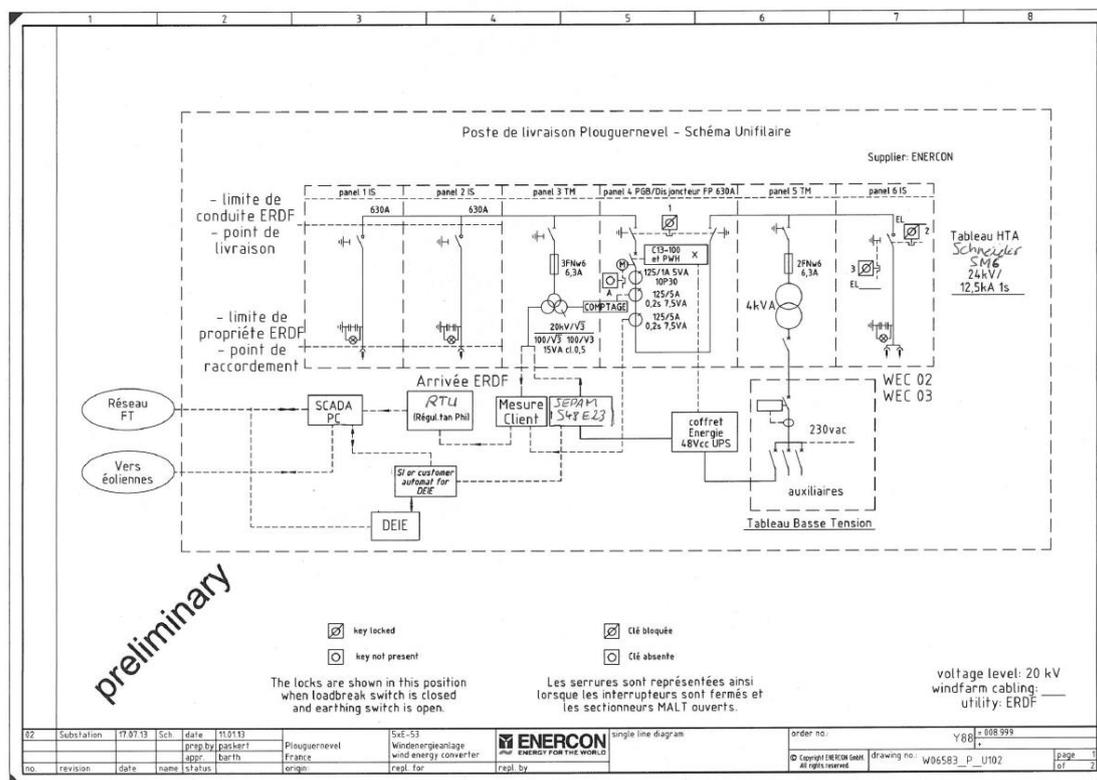
D'une largeur de 3,00 m, l'accès sera créé au niveau du fossé existant avec remblai et pose d'une buse.

Le long de la façade sud, il sera créé une plateforme/parking (empierrement stabilisé) avec un accès piétonnier (largeur 1,20 m) au pourtour du poste.

Les postes de livraison (béton préfabriqué peint) et les portes métalliques seront de couleur vert olive.

Les postes de livraison permettront d'injecter la production du parc éolien, à savoir 9,4 MW pour le poste de livraison n°1 et 4,7 MW pour le poste de livraison n°2, sur le réseau de distribution d'ERDF.

Un exemple de synoptique



IX.4 L'engagement du porteur de projet

IX.4.1 Le respect des règles 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).

IX.4.2 Le contrôle 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.

IX.4.3 L'information du gestionnaire du réseau 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.

IX.4.4 L'information auprès 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.

IX.5 Le tableau bilan DT/DICT

Exploitant	Contact	Date de la demande	Date de la réponse	Commentaires
DT (NR)126705474	Bureau d'études Service DT/DICT SDE 53 BD Carnot 22000 ST BRIEUC bureau.etudes@sde22.fr Tel : +33 (0)2 96 01 20 20 Fax : +33 (0)2 96 78 16 67	Demande : Reçue le 23/09/15	Réponse : Reçu le 25/09/15	Non concerné : Pas d'ouvrage
DT (NR)126705479	ERDF DT/DICT BRETAGNE Pôle DT DICT Bretagne 64 BOULEVARD VOLTAIRE 35000 RENNES 6031802.ERDFNAT@demat.protys.fr Tel : 0299035587 Fax : 0344625437	Demande : Reçue le 24/09/15		

Exploitant	Contact	Date de la demande	Date de la réponse	Commentaires
DT (NR)126705486	GRTGAZ RCA RBR ZONE SAINT BRIEUC SERVICE DT-DICT 10 QUAI EMILE CORMERAIS CS10002 44801 SAINT HERBLAIN Cedex : 6232773. GRTGAZ@demat.protys.fr Tel : 0240388629 Fax : 0240388585	Demande : Reçue le 24/09/15	Réponse : Reçu le 08/10/15 + réponse par mail le 30/10/2015.	Concerné : Présence d'ouvrage : « Selon les caractéristiques fournies, l'éolienne la plus proche se trouvera à 233m de nos ouvrages et n'engendrera aucune interaction, nous n'émettons donc aucune objection à votre projet. »
DT (NR)126705491 Endommagement : 0222064509	SAUR GRAND OUEST SAUR COTES D'ARMOR 21, rue Anita Conti CS 80190 56005 VANNES saur_go_cda@in.sogelink.fr Tel : 0297627202 Fax : 0297545260	Demande : Reçue le 23/09/15	Réponse : Reçu le 30/09/15	Non concerné : Pas d'ouvrage
DT (NR)126705495	ORANGE UI PAYS LOIRE POLE NANTES DICT1Q2 131 chemin du bac à traillie Les portes du Rhône 69647 CALUIRE ET CUIRE CEDEX orange- nantes1q2@delegation.sogedata.fr Tel : 0228563535 Fax : 0369250022	Demande : Reçue le 23/09/15	Réponse : Reçu le 25/09/15	Concerné : Présence d'ouvrage : TL
PT126705499	MAIRIE SERVICE TECHNIQUE : Voirie, Eau & Assainissement PLACE DUGUESCLIN 22250 BROONS mairiebroons22@wanadoo.fr Tel : 0296846003 Fax : 0296846022	Demande : Reçue le 23/09/15		
PT126705503	MAIRIE Service Technique 4 rue Mathurin Monier 22350 YVIGNAC LA TOUR Tel : 0296860159 Fax : 0296860606	Demande : Reçue le 23/09/15		
DT (NR)126704898	SNCF Accueil DT-DICT-ATL 14 bis terrasse Bellini 92807 PUTEAUX CEDEX accueil-dt-dict-atl@sncf.fr Tel : 0142916750 Fax : 0142916728	Demande : Reçue le 24/09/15	Réponse : Reçu le 13/10/15	Concerné : Présence d'ouvrage : TR « Les éoliennes doivent être positionnées à une distance au minimum égal à la hauteur de l'éolienne + 20 mètres par rapport à la voie ferrée. »

Client :

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 * 150 mm² Alu 12/20 kV
Norme : C33-226
DEVIS N° CT/16/01

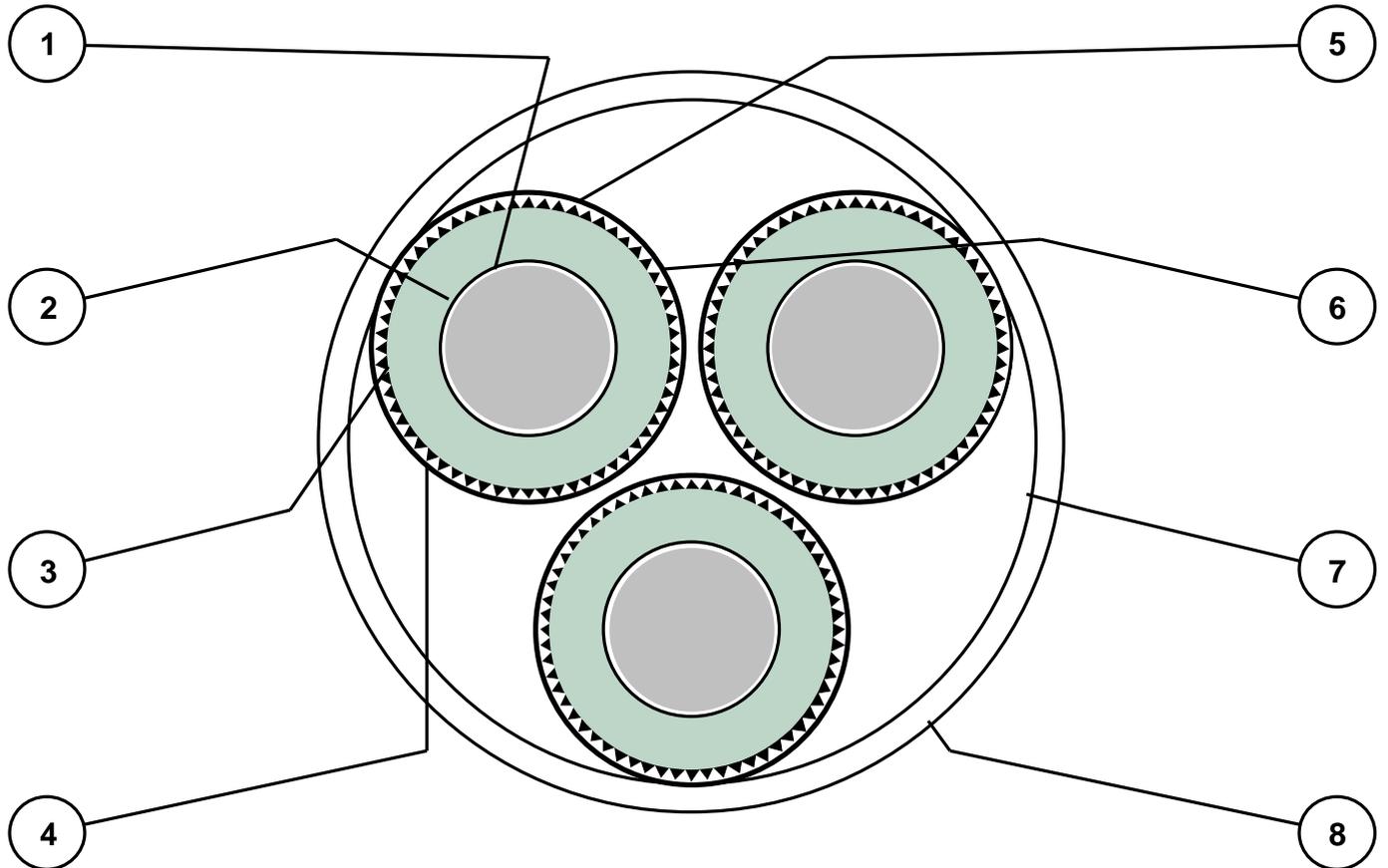
Code	DESIGNATION	Val	Unité
AME CONDUCTRICE	Nature du métal Aluminium Section Classe 2 (CEI 60-228) Diamètre approximatif	150 14,1	mm ² mm
SEMI CONDUCTEUR SUR AME	Constitution Extrudé Epaisseur approximative Gradient sur ame	0,6 3,39	mm kV/mm
ISOLATION	Constitution PRC extrudé Epaisseur nominale Diamètre approximatif Gradient sur isolant	4,5 24,3 2,14	mm mm kV/mm
SEMI CONDUCTEUR SUR ISOLANT	Constitution Pelable extrudé Epaisseur approximative	1,3	mm
ETANCHEITE	Constitution Poudre Epaisseur approximative	0,0	mm
ECRAN METALLIQUE	Constitution Ruban alu longitudinal 0,15 Section Epaisseur nominale	12,7 0,15	mm ² mm
ASSEMBLAGE	Diamètre approximatif	59,6	mm
GAINES EXTERIEURE	Constitution Pe Epaisseur courante	2,5	mm

Diamètre approximatif :	67,80 mm
Poids total approximatif :	4,98 kg/m
Rayon de courbure minimum	
Câble après pose :	678 mm
Câble en cours de pose :	1356 mm

Cable: 3 * 150 mm² Alu 12/20 kV

Norme: C33-226

Devis: CT/16/01



1 cm

1	CORDE ALUMINIUM	5	POUDRE ETANCHEITE
2	SEMI CONDUCTEUR EXTRUDE	6	RUBAN ALU LONGITUDINAL
3	ISOLANT PRC	7	ASSEMBLAGE ET BOURRAGE PVC
4	S.C.PELABLE CANNELE PRC	8	GAINES EXTERIEURE PE NOIR LISERE GRIS

Client :

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 * 150 mm² Alu 12/20 kV
Norme : C33-226
DEVIS N° CT/16/01
CARACTERISTIQUES ELECTRIQUES
CABLE : 3 x 150 Alu 20 kV NON ARME
IMPEDANCES

Résistance en courant continu à 20°C	Ohm/km	0.20600
Résistance en courant alternatif à 90°C	Ohm/km	0.26479
Self induction	mH/km	0.32
Inductance à 50 Hz	Ohm/km	0.10
Capacité	microF/km	0.30
Impedance à 50 Hz et à 90°C	Ohm/km	0.28

PERTES

Chute de tension (cos =0.9)	V/A.km	0.28
Courant capacitif	A/km	1.13
Pertes dielectriques par phase	kW/km	0.010
Pertes Joule par phase à pleine charge		
Cable enterré	kW/km	33.55
Cable à l'air libre	kW/km	35.98

CAPACITE DE TRANSIT

Cable enterré	A	355
Resistivité du sol : 0.85 K.m/W		
Température du sol : 20 °C		
Profondeur de pose : 800 mm		
Cable à l'air libre	A	368
Température de l'air: 30 °C		

COURT-CIRCUIT ADMISSIBLE

Dans le conducteur		
Durée : 0.5 s	kA	20.39
: 1.0 s	kA	14.52
: 2.0 s	kA	10.36
Dans l'écran métallique		
Durée : 0.5 s	kA	2.78
: 1.0 s	kA	2.24
: 2.0 s	kA	1.82

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 cables sont supposés posés en pleine terre.
 Pour la partie à l'air libre,les cables sont supposés posés sur des chemins de
 cable ,à une distance des murs égale à au moins un diamètre de cable.
 La chute de tension indiquée est une chute de tension phase / terre (U₀).

Bourg en Bresse factory

 2, rue des Marguerites - BP 101
 01003 Bourg en Bresse Cedex
 TEL+33 (0)4 74 32 16 00

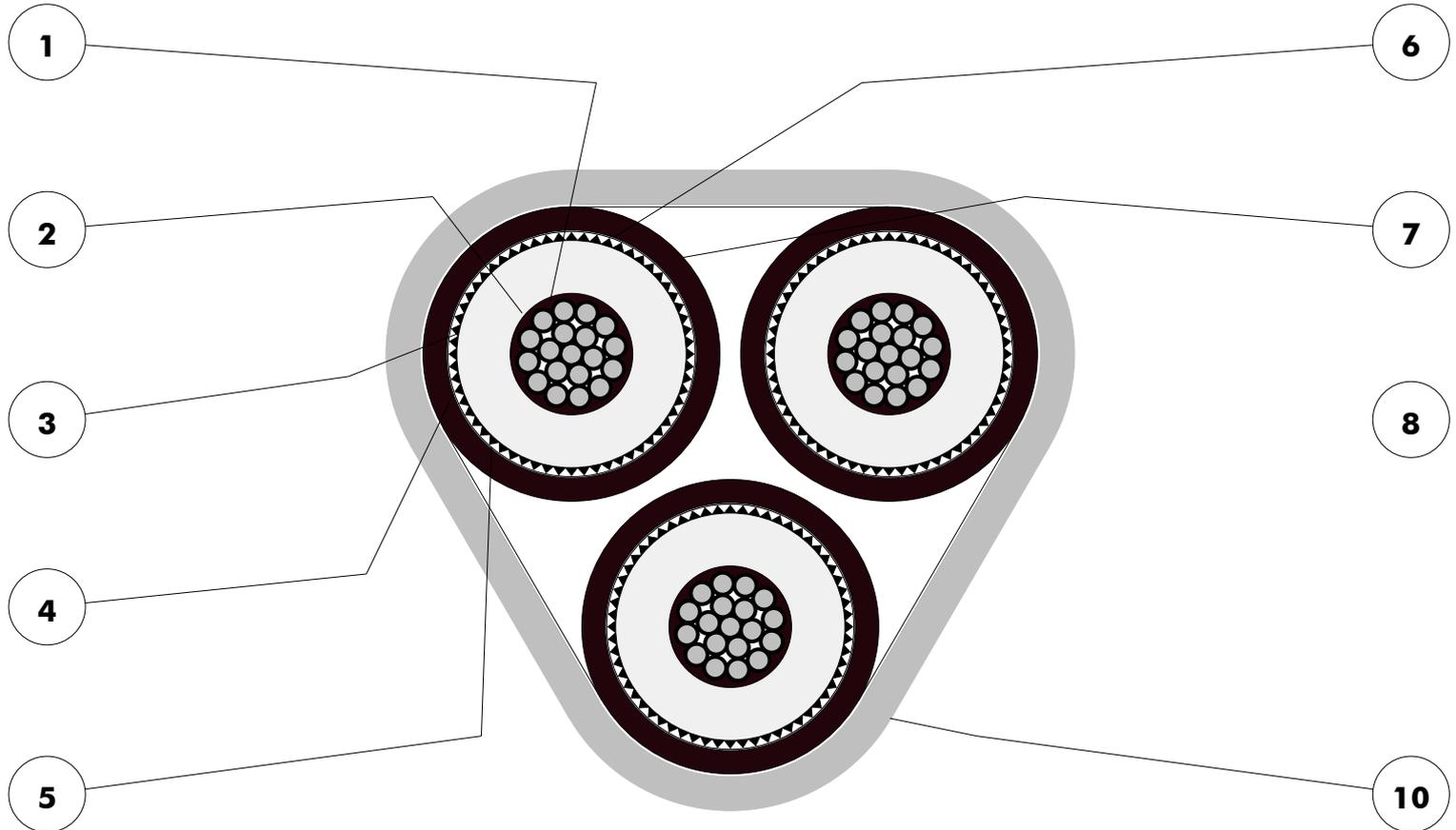
Cable : 3 * 1 * 95 mm² Alu 12/20 (24) kV
Standard: NF C 33-226 + EDR
QUOTATION N° SR230114/01/01

Code	DESIGNATION	Val	Unit
CONDUCTOR	Metal Aluminium	95	mm ²
	Nominal cross section Class 2 (IEC 60-228) Approximate diameter	11,3	mm
SEMI CONDUCTING SCREEN OVER CONDUCTOR	Type Extruded	0,6	mm
	Approximate thickness Electrical level	3,05	kV/mm
INSULATION	Type Extruded XLPE	5,5	mm
	Nominal thickness	23,5	mm
	Approximate diameter Electrical level	1,63	kV/mm
SEMI CONDUCTING SCREEN OVER INSULATION	Type Extruded grooved	1,1	mm
WATERTIGHNESS	Type powder	0,0	mm
METALLIC SCREEN	Type Longitudinal aluminium tape	12,0	mm ²
	Approximate section Nominal thickness	0,15	mm
OUTER SHEATH	Type Pe	2,5	mm
APPROX DIAMETER OVER LAID UP OF CORES	Approximate diameter	65,6	mm
OUTER SHEATH	Type Flam Retardant Pe HD Grey	3,5	mm
Phase diameter before laying up		30,43	mm
Approx, outside diameter		73,50	mm
Approx cable weight		3,41	kg/m
Minimum bending radius			
Cable after laying with form		478	mm
Cable during laying		956	mm

Cable: 3 * 1 * 95 mm² Alu 12/20 (24) kV

Standard: NF C 33-226 + EDR

Quotation SR230114/01/01



1 cm

1	ALUMINIUM CONDUCTOR	6	LONGITUDINAL ALUMINIUM SCREEN
2	XLPE SEMI CONDUCTING SCREEN	7	Flam retardant Pe OUTER SHEATH
3	XLPE INSULATION	8	DIAMETER
4	EXTRUDED SEMI-CONDUCTING SCREEN		
5	WATERTIGHT POWDER	10	Flam retardant Pe HD OUTER SHEATH Grey

Bourg en Bresse factory

2, rue des Marguerites - BP 101
01003 Bourg en Bresse Cedex
TEL+33 (0)4 74 32 16 00

Cable : 3 * 1 * 95 mm² Alu 12/20 (24) kV

Standard: NF C 33-226 + EDR

QUOTATION N° SR230114/01/01

ELECTRICAL DATA

CABLE : 3 x 95 Alu 20 kV UNARMoured

IMPEDANCES

Direct current resistance at 20°C	Ohm/km	0.32000
Alternative current resistance at 90°C	Ohm/km	0.41064
Self inductance	mH/km	0.35
Inductance at 50 Hz	Ohm/km	0.11
Capacitance	microF/km	0.22
Impedance at 50 Hz and 90°C	Ohm/km	0.43

LOSSES

Voltage drop (cosφ=0.9)	V/A.km	0.42
Capacitive current	A/km	0.84
Dielectric losses per phases	kW/km	0.007
Resistance losses per phase at nominal capacity		
Underground cable	kW/km	30.94
Cable at free air	kW/km	25.88

CURRENT CAPACITY

Underground cable	A	274
Soil resistivity : 0.85 K.m/W		
Soil temperature : 20 °C		
Depth of laying : 800 mm		
Cable at free air	A	251
Air temperature : 40 °C		

ADMISSIBLE SHORT CIRCUIT

In the conductor		
Time : 0.5 s	kA	12.97
: 1.0 s	kA	9.25
: 2.0 s	kA	6.62
In the metallic shield		
Time : 0.5 s	kA	2.70
: 1.0 s	kA	2.18
: 2.0 s	kA	1.77

N,B,: Values are calculated according to IEC 60287 standard,
Cables are supposed to work in nominal load (voltage and intensity),
Calculation results are given for indication for one circuit ,composed
of a touching trefoil feeder , with two ends earthing screen.
Laying conditions have to be according to the rules
For underground part,cables are supposed to be installed
directly buried.
For free air part,cables are to be installed on a cable tray
with a minimum clearance of one diameter from the walls.
The indicated voltage drop is a phase/earth voltage drop (U0).

X- La conclusion

L'analyse préalable des enjeux a permis de montrer que la majorité de la zone d'étude de danger concerne des « terrains non aménagés et très peu fréquentés ». Il convient de rappeler que les zones situées à moins de 200 m de la voirie (routes départementales, nationales et autoroutes identifiées) et à moins de 200 m de part et d'autre des axes ferroviaires sont exclues des zones d'implantation potentielles de parcs éoliens.

La RN12 et la RD973 sont suffisamment distantes du périmètre d'étude de dangers pour ne pas être concernées.

En revanche la voie ferrée coupe le périmètre d'étude de dangers concernant les éoliennes E2 et E6, distantes de la voie ferrée respectivement de 285 et 240 m.

Plusieurs voies communales de desserte et chemins agricoles traversent le périmètre d'étude de dangers. Ces routes sont peu fréquentées car elles desservent uniquement les hameaux. Les chemins d'exploitation sont quant à eux fréquentés par les agriculteurs car ils desservent les parcelles agricoles (nombreux chemins en impasse) ; elles sont considérées comme des terrains aménagés et peu fréquentés.

Deux circuits de randonnée passent à proximité des éoliennes E4, E5 et E6.

Aucun bâtiment agricole n'est recensé dans la zone d'étude de danger.

Afin d'évaluer les risques induits par le parc éolien Biterne Sud, cinq scénarii ont été envisagés. Ils concernent chacun les six éoliennes constituant le parc éolien.

Notons que du fait de zones d'effet limitées, aucun scénario n'est susceptible de concerner des zones habitées.

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.

Quatre scénarii présentent un risque faible (acceptable) et, pour deux d'entre eux, font l'objet de mesures de maîtrise des risques détaillée dans la présente étude :

- la chute d'éléments ;
- la chute de glace.

Ces deux scénarii ne concernent que des parcelles agricoles (aucun survol de chemin d'exploitation) ; les deux autres concernent des voies communales et chemins d'exploitation, ainsi que la voie ferrée Rennes/Saint-Brieuc.

Ainsi, **aucun risque inacceptable** n'a été recensé à l'issue de cette étude, ce qui a permis au porteur d'établir la Demande d'approbation au titre du Code de l'Énergie intégrée au présent dossier.

XI- ANNEXES

ANNEXE 1 : ACCIDENTOLOGIE.....	136
ANNEXE 2 : GLOSSAIRE	142
ANNEXE 3 : BIBLIOGRAPHIE ET REFERENCES UTILISEES	147
ANNEXE 4 : CERTIFICAT DE MAITRISE DES PROPRIETES	148

Annexe 1 : Accidentologie

Le tableau ci-dessous a été établi par le groupe de travail constitué pour la réalisation du guide technique « Élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens – mai 2012 ». 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.

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Effondrement	Novembre 2000	Port la Nouvelle	Aude	0,5	1993	Non	Le mât d'une éolienne s'est plié lors d'une tempête suite à la perte d'une pale (coupure courant prolongée pendant 4 jours suite à la tempête)	Tempête avec foudre répétée	Rapport du CGM Site Vent de Colère	-
Rupture de pale	2001	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pales en bois (avec inserts)	?	Site Vent de Colère	Information peu précise
Effondrement	01/02/2002	Wormhout	Nord	0,4	1997	Non	Bris d'hélice et mât plié	Tempête	Rapport du CGM Site Vent du Bocage	-
Maintenance	01/07/2002	Port la Nouvelle – Sigean	Aude	0,66	2000	Oui	Grave électrisation avec brûlures d'un technicien	Lors de mesures pour cartériser la partie haute d'un transformateur 690V/20kV en tension. Le mètre utilisé par la victime, déroulé sur 1,46m, s'est soudainement plié et est entré dans la zone du transformateur, créant un arc électrique.	Rapport du CGM	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Effondrement	28/12/2002	Névian - Grande Garrigue	Aude	0,85	2002	Oui	Effondrement d'une éolienne suite au dysfonctionnement du système de freinage	Tempête + dysfonctionnement du système de freinage	Rapport du CGM Site Vent de Colère Article de presse (Midi Libre)	-
Rupture de pale	25/02/2002	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pale en bois (avec inserts) sur une éolienne bipale	Tempête	Article de presse (La Dépêche du 26/03/2003)	Information peu précise
Rupture de pale	05/11/2003	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pales en bois (avec inserts) sur trois éoliennes. Morceaux de pales disséminés sur 100 m.	Dysfonctionnement du système de freinage	Rapport du CGM Article de presse (Midi Libre du 15/11/2003)	-

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

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Effondrement	03/12/2006	Bondues	Nord	0,08	1993	Non	Sectionnement du mât puis effondrement d'une éolienne dans une zone industrielle	Tempête (vents mesurés à 137Kmh)	Article de presse (La Voix du Nord)	-
Rupture de pale	31/12/2006	Ally	Haute-Loire	1,5	2005	Oui	Chute de pale lors d'un chantier de maintenance visant à remplacer les rotors	Accident faisant suite à une opération de maintenance	Site Vent de Colère	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident pendant la phase chantier)
Rupture de pale	03/2007	Clitourps	Manche	0,66	2005	Oui	Rupture d'un morceau de pale de 4 m et éjection à environ 80 m de distance dans un champ	Cause pas éclaircie	Site FED Interne exploitant	-
Chute d'élément	11/10/2007	Plouvien	Finistère	1,3	2007	Non	Chute d'un élément de la nacelle (trappe de visite de 50 cm de diamètre)	Défaut au niveau des charnières de la trappe de visite. Correctif appliqué et retrofit des boulons de charnières effectué sur toutes les machines en exploitation.	Article de presse (Le Télégramme)	-
Emballement	03/2008	Dinéault	Finistère	0,3	2002	Non	Emballement de l'éolienne mais pas de bris de pale	Tempête + système de freinage hors service (boulon manquant)	Base de données ARIA	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (événement unique et sans répercussion potentielle sur les personnes)
Collision avion	04/2008	Plouguin	Finistère	2	2004	Non	Léger choc entre l'aile d'un bimoteur Beechcraftch (liaison Quessant-Brest) et une pale d'éolienne à l'arrêt. Perte d'une pièce de protection au bout d'aile. Mise à l'arrêt de la machine pour inspection.	Mauvaise météo, conditions de vol difficiles (sous le plafond des 1000m imposé par le survol de la zone) et faute de pilotage (altitude trop basse)	Articles de presse (Le Télégramme, Le Post)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident aéronautique)
Rupture de pale	19/07/2008	Erize-la-Brûlée - Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Oui	Chute de pale et projection de morceaux de pale suite à un coup de foudre	Foudre + défaut de pale	Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain 22/07/2008)	-
Incendie	28/08/2008	Vauvillers	Somme	2	2006	Oui	Incendie de la nacelle	Problème au niveau d'éléments électroniques	Dépêche AFP 28/08/2008	-
Rupture de pale	26/12/2008	Raival - Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Oui	Chute de pale		Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain)	-

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

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Maintenance	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)
Rupture de pale	05/01/2012	Widehem	Pas-de-Calais	0,75	2000	Non	Bris de pales, dont des fragments ont été projetés jusqu'à 380 m. Aucun blessé et aucun dégât matériel (en dehors de l'éolienne).	Tempête + panne d'électricité	Article de presse (La Voix du Nord 06/01/2012) Vidéo DailyMotion Interne exploitant	-
Chute d'une pale	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	/

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Incendie	29/01/2015	Remigny	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	/
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'éaerofrein	07/02/2016	Conilhac-Corbières	Aude	/	/	/	Chute au sol de l'aerofrein d'une pale après rapture.	Rupture d'un point d'attache du système mécanique de commande de l'aerofrein.	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.

Annexe 2 : glossaire

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

Accident : Évènement 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'évènement 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.

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

Évènement redouté central : Évènement 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 Énergies Renouvelables

FEE : France Énergie Éolienne (branche éolienne du SER)

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

EDD : Étude de dangers

APR : Analyse Préliminaire des Risques

ERP : Établissement Recevant du Public

Annexe 3 : Bibliographie et références utilisées

- [1] L'évaluation des fréquences et des probabilités à partir des données de retour d'expérience (ref DRA-11-117406-04648A), INERIS, 2011
- [2] NF EN 61400-1 Éoliennes – Partie 1 : Exigences de conception, Juin 2006
- [3] Wind Turbine Accident data to 31 March 2011, Caithness Windfarm Information Forum
- [4] Site Specific Hazard Assessment for a wind farm project – Case study – Germanischer Lloyd, Windtest Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH, 2010/08/24
- [5] Guide for Risk-Based Zoning of wind Turbines, Energy research centre of the Netherlands (ECN), H. Braam, G.J. van Mulekom, R.W. Smit, 2005
- [6] Specification of minimum distances, Dr-ing. Veenker ingenieurgesellschaft, 2004
- [7] Permitting setback requirements for wind turbine in California, California Energy Commission – Public Interest Energy Research Program, 2006
- [8] Oméga 10 : Évaluation des barrières techniques de sécurité, INERIS, 2005
- [9] Arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement
- [10] Arrêté du 29 Septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation
- [11] Circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 Juillet 2003
- [12] Bilan des déplacements en Val-de-Marne, édition 2009, Conseil Général du Val-de-Marne
- [13] Arrêté du 29 Septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation
- [14] Alpine test site Güttsch : monitoring of a wind turbine under icing conditions- R. Cattin et al.
- [15] Wind energy production in cold climate (WECO), Final report - Bengt Tammelin et al. – Finnish Meteorological Institute, Helsinki, 2000
- [16] Rapport sur la sécurité des installations éoliennes, Conseil Général des Mines - Guillet R., Leteurtrois J.-P. - juillet 2004
- [17] Risk analysis of ice throw from wind turbines, Seifert H., Westerhellweg A., Kröning J. - DEWI, avril 2003
- [18] Wind energy in the BSR: impacts and causes of icing on wind turbines, Narvik University College, novembre 2005

Annexe 4 : Certificat de maitrise des propriétés

Parc éolien Biterne Sud SAS

A Vern-sur-Seiche, le 9 mars 2017

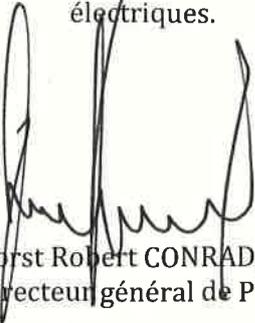
CERTIFICAT DE MAITRISE DES PROPRIETES

Je soussigné, Horst Robert CONRAD, en qualité de Directeur général de *Parc Eolien Biterne Sud*, 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 3x95 mm² Alu et 3x150 mm² dans les propriétés agricoles privées sises sur les communes de Broons et d'Yvignac-la-Tour.

Construction des liaisons HTA souterraines de catégorie A (20 KV) d'une longueur d'environ 3578 mètres permettant de relier les six aérogénérateurs du parc éolien de Biterne Sud au Poste de Livraison raccordé par ERDF au réseau électrique de Distribution Public.

Des indemnisations 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.


Horst Robert CONRAD,
Directeur général de Parc éolien Biterne Sud