



Parc éolien Le Ménec

Communes de Trévé et de Loudéac
Département des Côtes-d'Armor (22)

PIECE 5.2 :

ÉTUDE DE DANGERS

VERSION COMPLETEE POUR RECEVABILITE

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. Les zones urbanisées	13
III.1.2. Les établissements recevant du public (ERP).....	15
III.1.3. Les installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE)	15
III.1.4. Les autres activités	16
III.2. L'ENVIRONNEMENT NATUREL	16
III.2.1. Le contexte climatique	16
III.2.2. Les risques naturels	18
III.3. L'ENVIRONNEMENT MATERIEL	21
III.3.1. Les voies de communication.....	21
III.3.2. Le risque lié au transport de matières dangereuses.....	22
III.3.3. Les servitudes et les réseaux publics ou privés	22
III.4. LES MESURES INITIALES D'EVITEMENT ET DE REDUCTION DES RISQUES DE DANGERS	23
III.5. LA SYNTHESE.....	25
IV. LA DESCRIPTION DE L'INSTALLATION	27
IV.1. LES CARACTERISTIQUES DE L'INSTALLATION	27
IV.1.1. Les activités de l'installation	27
IV.1.2. Les caractéristiques générales d'un parc éolien.....	27
IV.1.3. Les éléments constitutifs d'un aérogénérateur.....	27
IV.1.4. La composition de l'installation	29
IV.2. LE FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION.....	31
IV.2.1. Le mât	31
IV.2.2. Le rotor.....	31
IV.2.3. La nacelle	32
IV.2.4. Le générateur.....	33
IV.2.5. L'unité d'alimentation au réseau	33
IV.2.6. La certification des éoliennes	34
IV.3. LE FONCTIONNEMENT DE L'EOLIENNE	35
IV.3.1. Les spécifications techniques	35
IV.3.2. Le démarrage de l'éolienne.....	37
IV.3.3. Les modes de fonctionnement	38
IV.3.4. L'arrêt de l'éolienne	38
IV.4. LA SECURITE DE L'INSTALLATION	40
IV.4.1. Les règles de conception et le système qualité	40
IV.4.2. La conformité aux prescriptions de l'arrêté ministériel.....	41
IV.4.3. La gestion à distance du fonctionnement des éoliennes.....	42
IV.4.4. Les méthodes et les moyens d'intervention	42
IV.5. LES OPERATIONS DE MAINTENANCE DE L'INSTALLATION	43
IV.6. LE STOCKAGE ET LE FLUX DE PRODUITS DANGEREUX	43
IV.7. LE FONCTIONNEMENT DES RESEAUX DE L'INSTALLATION	43
IV.7.1. Les spécificités techniques.....	43
IV.7.2. Le réseau inter-éolien.....	44
IV.7.3. Le poste de livraison.....	44
IV.7.4. Le réseau électrique externe	44

V. L'IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION	45
V.1. LES POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX PRODUITS	45
V.2. LES POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX DECHETS	47
V.3. LES POTENTIELS DE DANGERS LIES AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION	47
V.4. LA REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS A LA SOURCE	48
V.4.1. <i>Les principales actions préventives</i>	48
V.4.2. <i>L'utilisation des meilleures techniques disponibles</i>	49
VI. L'ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE	50
VI.1. L'INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS EN FRANCE	50
VI.2. L'INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS A L'INTERNATIONAL	51
VI.3. LA SYNTHESE DES PHENOMENES DANGEREUX REDOUTES ISSUS DU RETOUR D'EXPERIENCE	53
VI.3.1. <i>L'analyse de l'évolution des accidents en France</i>	53
VI.3.2. <i>L'analyse des typologies d'accidents les plus fréquents</i>	54
VI.4. LES LIMITES D'UTILISATION DE L'ACCIDENTOLOGIE	54
VII. L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES	55
VII.1. L'OBJECTIF DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES	55
VII.2. LE RECENSEMENT DES EVENEMENTS EXCLUS DE L'ANALYSE DES RISQUES	55
VII.3. LE RECENSEMENT DES AGRESSIONS EXTERNES POTENTIELLES	56
VII.3.1. <i>Les agressions externes liées aux activités humaines</i>	56
VII.3.2. <i>Les agressions externes liées aux phénomènes naturels</i>	57
VII.4. LES SCENARIOS ETUDIES DANS L'ANALYSE GNERIQUE DES RISQUES	58
VII.5. LES EFFETS DOMINOS	62
VII.6. LA MISE EN PLACE DES MESURES DE SECURITE	62
VII.7. LA CONCLUSION DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES	68
VIII. L'ETUDE DETAILLEE DES RISQUES	70
VIII.1. LE RAPPEL DES DEFINITIONS	70
VIII.1.1. <i>La cinétique</i>	70
VIII.1.2. <i>L'intensité</i>	71
VIII.1.3. <i>La gravité</i>	71
VIII.1.4. <i>La probabilité</i>	72
VIII.2. LA CARACTERISATION DES SCENARIOS RETENUS	74
VIII.2.1. <i>L'effondrement de l'éolienne</i>	74
VIII.2.2. <i>La chute de glace</i>	79
VIII.2.3. <i>La chute d'élément de l'éolienne</i>	82
VIII.2.4. <i>La projection de pale ou de fragment de pale</i>	86
VIII.2.5. <i>La projection de glace</i>	90
VIII.2.6. <i>La synthèse de l'étude détaillée des risques</i>	94
VIII.2.7. <i>Les mesures de limitation des risques</i>	97
VIII.2.8. <i>Les moyens de secours et d'intervention</i>	98
VIII.3. LA CARTOGRAPHIE DE SYNTHESE DES RISQUES	99
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)	108
IX.1. LA PRESENTATION GENERALE DU PROJET	108
IX.2. LES CHAPITRES DE L'ETUDE D'IMPACT CONCERNES PAR LA LIGNE ELECTRIQUE SOUTERRAINE (20 KV) ET LE POSTE DE LIVRAISON	109
IX.3. LA DESCRIPTION TECHNIQUE DES OUVRAGES ELECTRIQUES ET DU POSTE DE LIVRAISON (OUVRAGES PRIVES)	110
IX.3.1. <i>Les généralités</i>	110
IX.3.2. <i>les câbles</i>	113
IX.3.3. <i>Les postes de livraison (cf. Pièce AU 10-1)</i>	115
IX.4. L'ENGAGEMENT DU PORTEUR DE PROJET	117
IX.4.1. <i>Le respect des règles de l'art</i>	117
IX.4.2. <i>Le contrôle technique des travaux</i>	117
IX.4.3. <i>L'information du gestionnaire du réseau public</i>	117
IX.4.4. <i>L'information auprès de l'INERIS</i>	117
IX.5. LE TABLEAU BILAN DT/DICT	117
X. LA CONCLUSION	121
XI. ANNEXES	122

LISTE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : La démarche générale de l'étude de dangers	9
Figure 2 : Le zonage sismique de la France en vigueur	19
Figure 3 : Le schéma simplifié d'un aérogénérateur	28
Figure 4 : Le dessin schématique de la nacelle (source : NORDEX)	32
Figure 5 : Les dimensions de l'éolienne retenue – Nordex N-117/3,6 MW	37
Figure 6 : Le schéma de raccordement électrique d'un parc éolien	44
Figure 7 : Les causes premières des accidents d'aérogénérateurs en France (source FEE)	51
Figure 8 : La répartition des événements accidentels par rapport à la totalité des accidents (source FEE)	52
Figure 9 : Les causes premières des accidents d'aérogénérateurs dans le monde (source : FEE)	53
Figure 10 : L'évolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées (source : FEE)	54
Figure 11 : Le panneau de prévention des risques sur un parc éolien de P&T Technologie	97

LISTE DES CARTES

Carte 1 : La localisation du projet	11
Carte 2 : Le périmètre de l'étude de dangers	12
Carte 3 : Les bâtiments dans un rayon de 600 m autour du parc éolien	14
Carte 4 : La densité de foudroiement annuel au km ² en France (source Météorage)	17
Carte 5 : Les enjeux de l'environnement matériel au sein du périmètre d'étude de dangers	24
Carte 6 : Le plan détaillé de l'installation	30
Carte 7 : La zone d'effet du risque d'effondrement de l'éolienne	75
Carte 8 : La zone d'effet du risque de chute de glace	80
Carte 9 : La zone d'effet du risque de chute d'élément	83
Carte 10 : La zone d'effet du risque de projection de pale ou de fragment de pale	87
Carte 11 : La zone d'effet des risques de projection de glace	91
Carte 12 : Les zones d'effets des différents risques étudiés	100
Carte 13 : Les niveaux de risque au regard des scénarii étudiés	101
Carte 14 : Les zones d'effets des différents risques étudiés au droit de l'éolienne E1	102
Carte 15 : Les zones d'effets des différents risques étudiés au droit de l'éolienne E2	103
Carte 16 : Les zones d'effets des différents risques étudiés au droit de l'éolienne E3	104
Carte 17 : Les zones d'effets des différents risques étudiés au droit de l'éolienne E4	105
Carte 18 : Les zones d'effets des différents risques étudiés au droit de l'éolienne E5	106
Carte 19 : Les zones d'effets des différents risques étudiés au droit de l'éolienne E6	107

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)	13
Tableau 4 : Les types de risque identifiés sur les communes de Trévé et de Loudéac	18
Tableau 5 : Les arrêtés de catastrophe naturelle répertoriés sur les communes de Trévé et de Loudéac	18
Tableau 6 : Les coordonnées GPS et l'altimétrie des éoliennes	29
Tableau 7 : Les dimensions envisagées des aménagements du parc éolien	29
Tableau 8 : La description des éléments constitutifs de l'éolienne retenue	31
Tableau 9 : Les spécifications techniques des éoliennes Nordex N-117/3,6 MW (source : Nordex)	36
Tableau 10 : Les produits utilisés pour le bon fonctionnement des éoliennes	46
Tableau 11 : Les potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation	48
Tableau 12 : Les agressions externes liées aux activités humaines	57
Tableau 13 : Les agressions externes liées aux phénomènes naturels	57
Tableau 14 : Les scénarios génériques d'accidents possibles	61
Tableau 15 : Les fonctions de sécurité de l'installation	68

<i>Tableau 16 : Les catégories de scénarios exclus</i>	<i>68</i>
<i>Tableau 17 : Les niveaux de gravité</i>	<i>72</i>
<i>Tableau 18 : Les niveaux de probabilité.....</i>	<i>73</i>
<i>Tableau 19 : L'évaluation de l'intensité pour le risque d'effondrement des éoliennes</i>	<i>76</i>
<i>Tableau 20 : L'évaluation de la gravité pour le risque d'effondrement d'une éolienne.....</i>	<i>77</i>
<i>Tableau 21 : L'évaluation de la probabilité pour le risque d'effondrement d'une éolienne.....</i>	<i>77</i>
<i>Tableau 22 : L'acceptabilité du risque d'effondrement d'une éolienne</i>	<i>79</i>
<i>Tableau 23 : L'évaluation de l'intensité du risque de chute de glace.....</i>	<i>81</i>
<i>Tableau 24 : L'évaluation de la gravité du risque de chute de glace</i>	<i>82</i>
<i>Tableau 25 : L'acceptabilité du risque d'effondrement d'une éolienne</i>	<i>82</i>
<i>Tableau 26 : L'évaluation de l'intensité du risque de chute d'élément de l'éolienne.....</i>	<i>84</i>
<i>Tableau 27 : L'évaluation de la gravité du risque de chute d'éléments de l'éolienne.....</i>	<i>85</i>
<i>Tableau 28 : L'acceptabilité du risque d'effondrement d'une éolienne</i>	<i>85</i>
<i>Tableau 29 : L'évaluation de l'intensité du risque de projection de pale ou de fragment de pale.....</i>	<i>86</i>
<i>Tableau 30 : L'évaluation de la gravité du risque de projection de pale ou de fragment de pale</i>	<i>89</i>
<i>Tableau 31 : L'évaluation de la probabilité pour le risque de projection de pale ou de fragment de pale</i>	<i>89</i>
<i>Tableau 32 : L'acceptabilité du risque projection de pale ou de fragment de pale</i>	<i>90</i>
<i>Tableau 33 : L'évaluation de l'intensité du risque de projection de morceaux de glace pour les éoliennes</i>	<i>92</i>
<i>Tableau 34 : L'évaluation de la gravité du risque de projection de morceaux de glace</i>	<i>93</i>
<i>Tableau 35 : L'acceptabilité du risque d'effondrement d'une éolienne</i>	<i>94</i>
<i>Tableau 36 : La synthèse de l'évaluation des risques étudiés</i>	<i>95</i>
<i>Tableau 37 : La synthèse de l'acceptabilité des risques.....</i>	<i>96</i>
<i>Tableau 38 : Les mesures de maîtrise du risque de chute de glace.....</i>	<i>97</i>
<i>Tableau 39 : Les mesures de maîtrise du risque de chute d'éléments</i>	<i>98</i>

I. LE PREAMBULE

I.1. L'OBJECTIF DE L'ETUDE 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 Le Ménéck situé sur les communes de Trévé et de Loudéac (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 Le Ménéck. 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 Le Ménéck, 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 LEGISLATIF ET REGLEMENTAIRE

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

I.3. LA NOMENCLATURE DES INSTALLATIONS CLASSEES

Conformément à l'article R.511-9 du Code de l'environnement, modifié par le décret n°2011-984 du 23 août 2011 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 Le Mének 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.

I.4. LA DEMARCHE GENERALE DE L'ETUDE DE DANGER

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

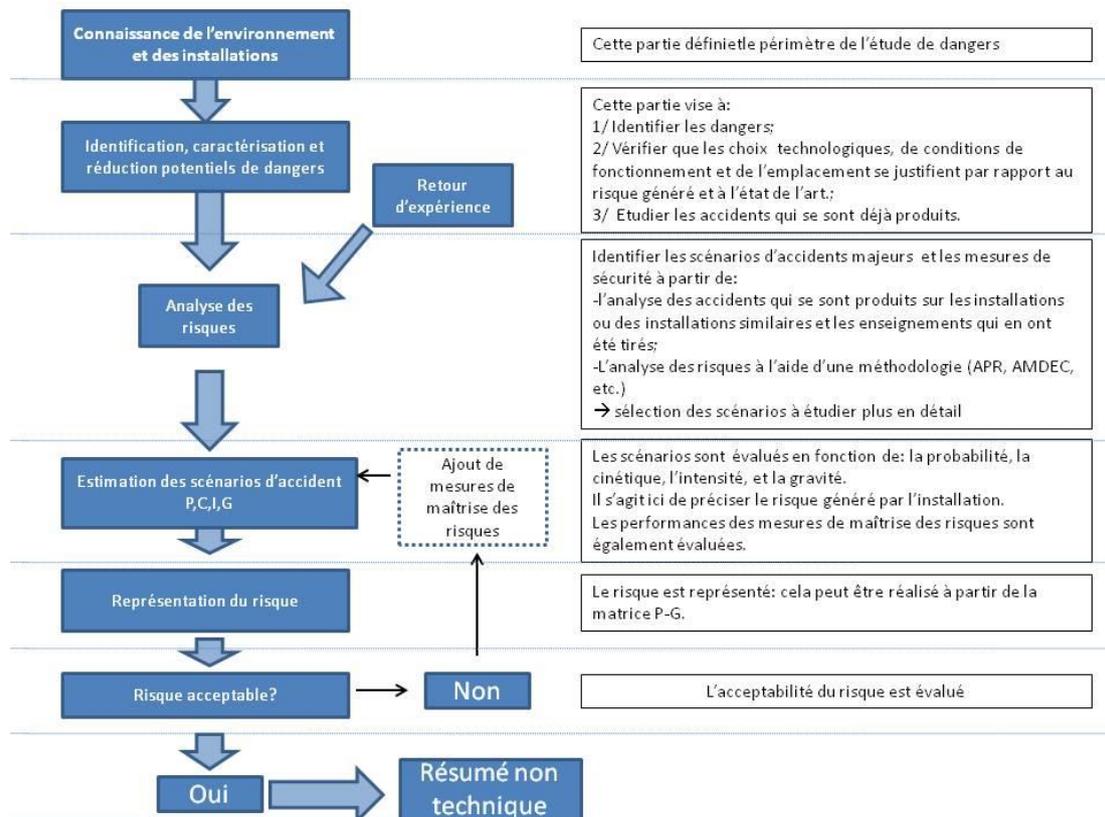


Figure 1 : La démarche générale de l'étude de dangers

II. LES INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION

II.1. LES RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS

LE DEMANDEUR

Raison sociale de l'établissement : **Parc éolien Le Ménéec**

Forme juridique : Société par Actions Simplifiées à associé unique

Capital : 10 000 €

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 : 822 289 674 R.C.S. RENNES

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

Pour tout renseignement complémentaire à cette demande, veuillez contactez Mr Michel GILLET au +33 2 99 36 04 13.

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

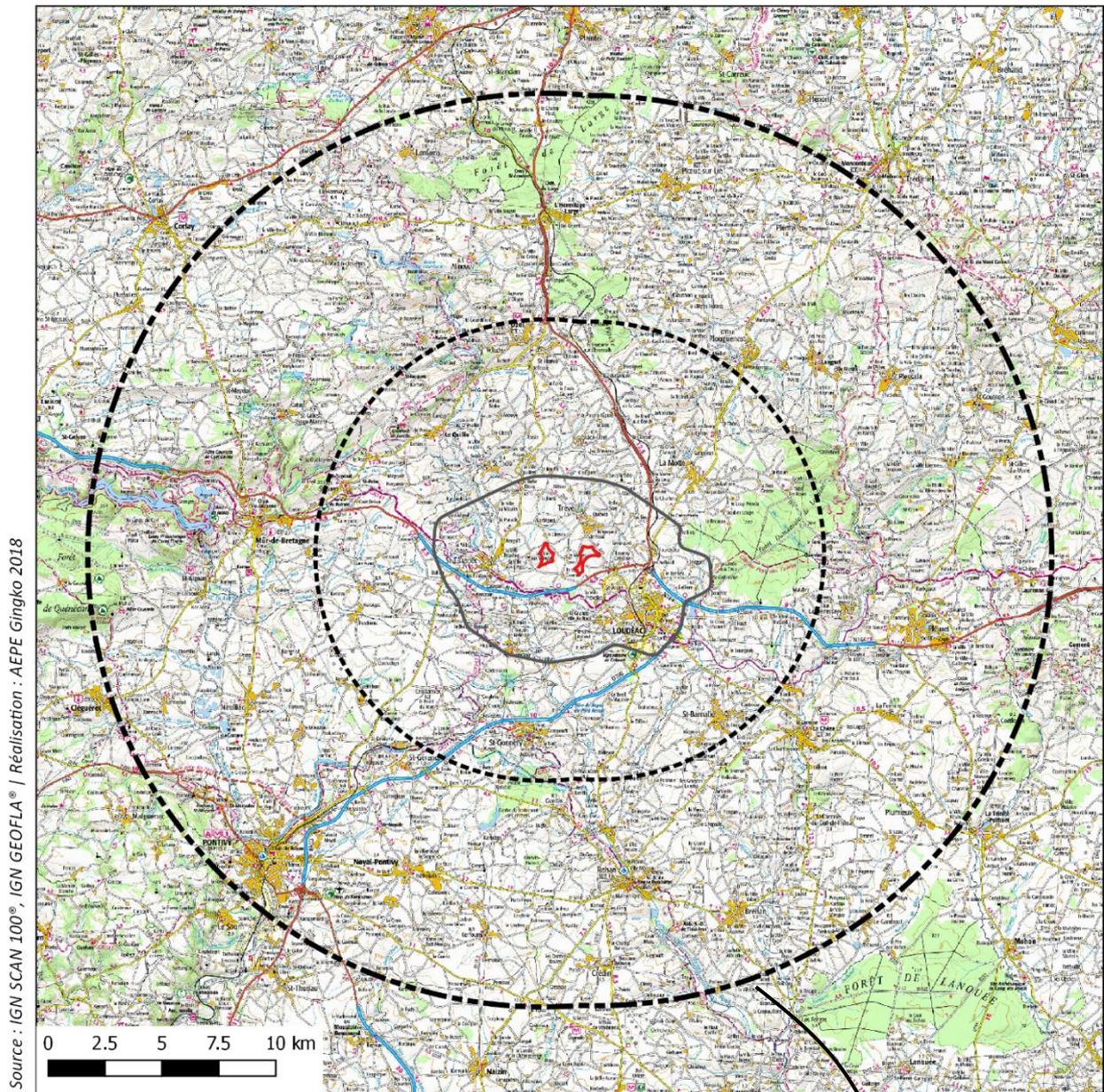
Tél : 02 41 68 06 95



Le demandeur est également le futur exploitant du site.

II.2. LA LOCALISATION DU SITE

Le parc éolien Le Mének, composé de 6 aérogénérateurs, est localisé sur les communes de Trévé et de Loudéac, dans le département des Côtes-d'Armor, en région Bretagne.

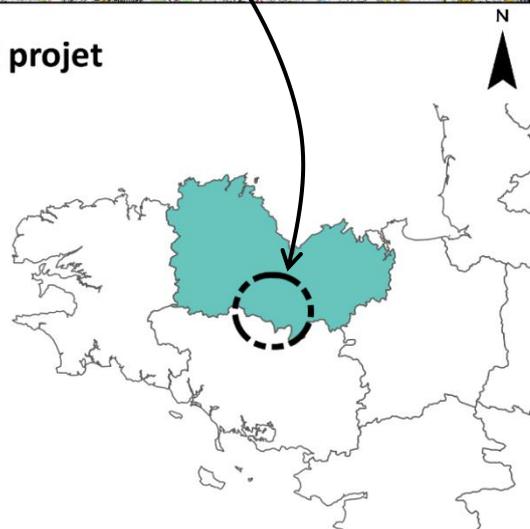


Source : IGN SCAN 100®, IGN GEOFLA® / Réalisation : AEPE Gingko 2018

AEPE Gingko

La localisation du projet

- Périètre immédiat
- Périètre rapproché
- Périètre intermédiaire
- Périètre éloigné

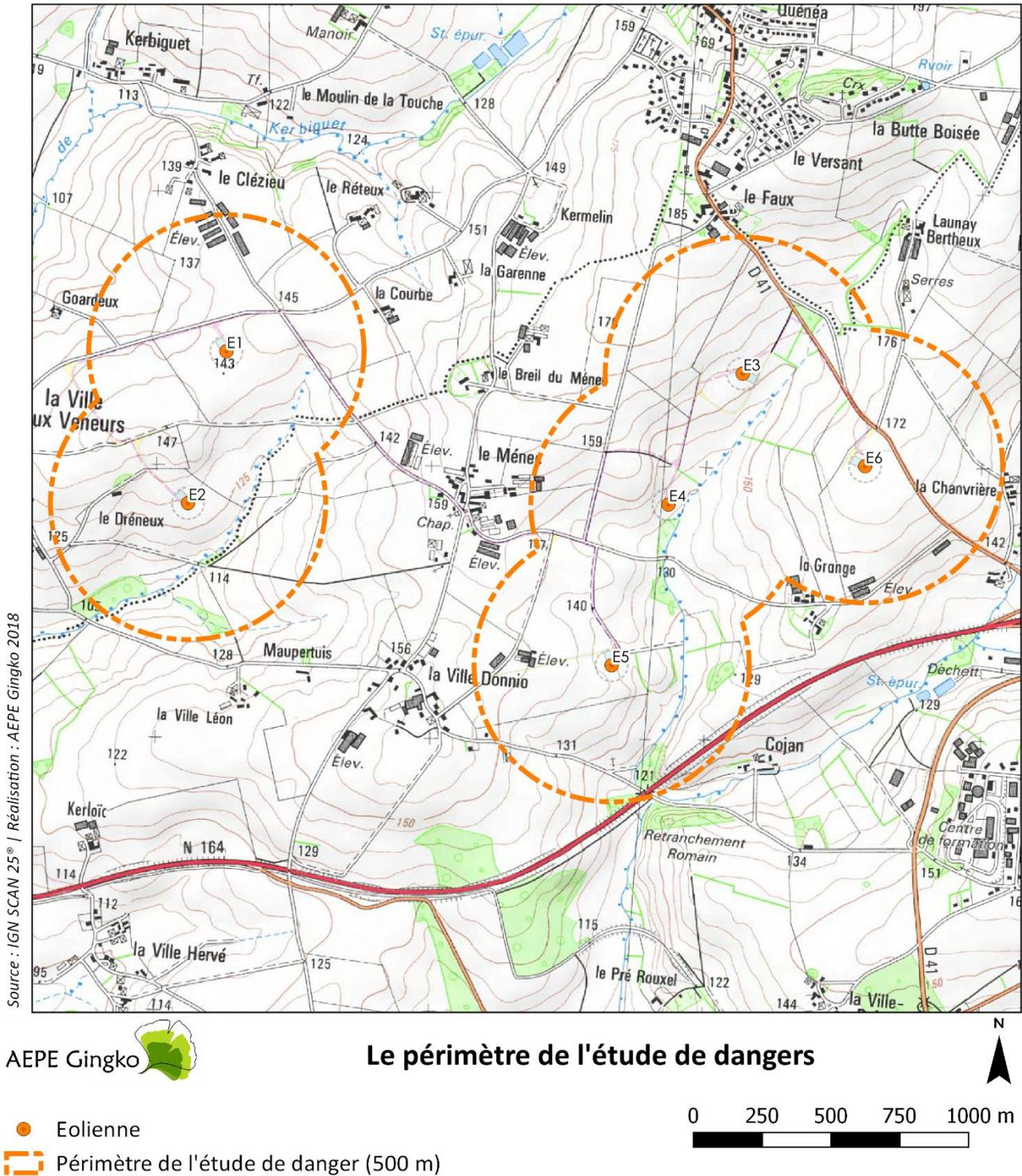


Carte 1 : La localisation du projet

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

La zone sur laquelle porte l'étude de dangers pour le projet de parc éolien Le Méné 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 URBANISEES

Le périmètre de l'étude de dangers s'inscrit sur les communes de Trévé et de Loudéac. L'occupation du sol sur la commune de Trévé est régie par un plan local d'urbanisme intercommunale (PLUi). Le périmètre d'étude de dangers est localisé sur les zones A (agricole) et N (naturelle) du PLUi.

Aucune zone destinée à l'habitation dans le PLUi 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
E1	La Courbe	Trévé	< 5	555,6 m
E2	La Ville Aux Veneurs	Trévé	< 10	563,1 m
E3	Le Faux	Loudéac	< 15	549,3 m
E4	Le Ménec	Loudéac	< 30	554,7 m
E5	La Ville Donnio	Loudéac	< 5	514,5 m
E6	La Chanvrière	Loudéac	< 5	515,5 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 en 2011	Évolution de la population entre 2006 et 2011			Densité de population en 2011 (hab/km ²)
		Taux annuel moyen	Solde naturel	Solde entrée/sortie	
Loudéac	9 759	+ 0,3 %	- 0,1 %	+ 0,4 %	121
Trévé	1 573	+ 1,9 %	+ 0,5 %	+ 1,4 %	59,1

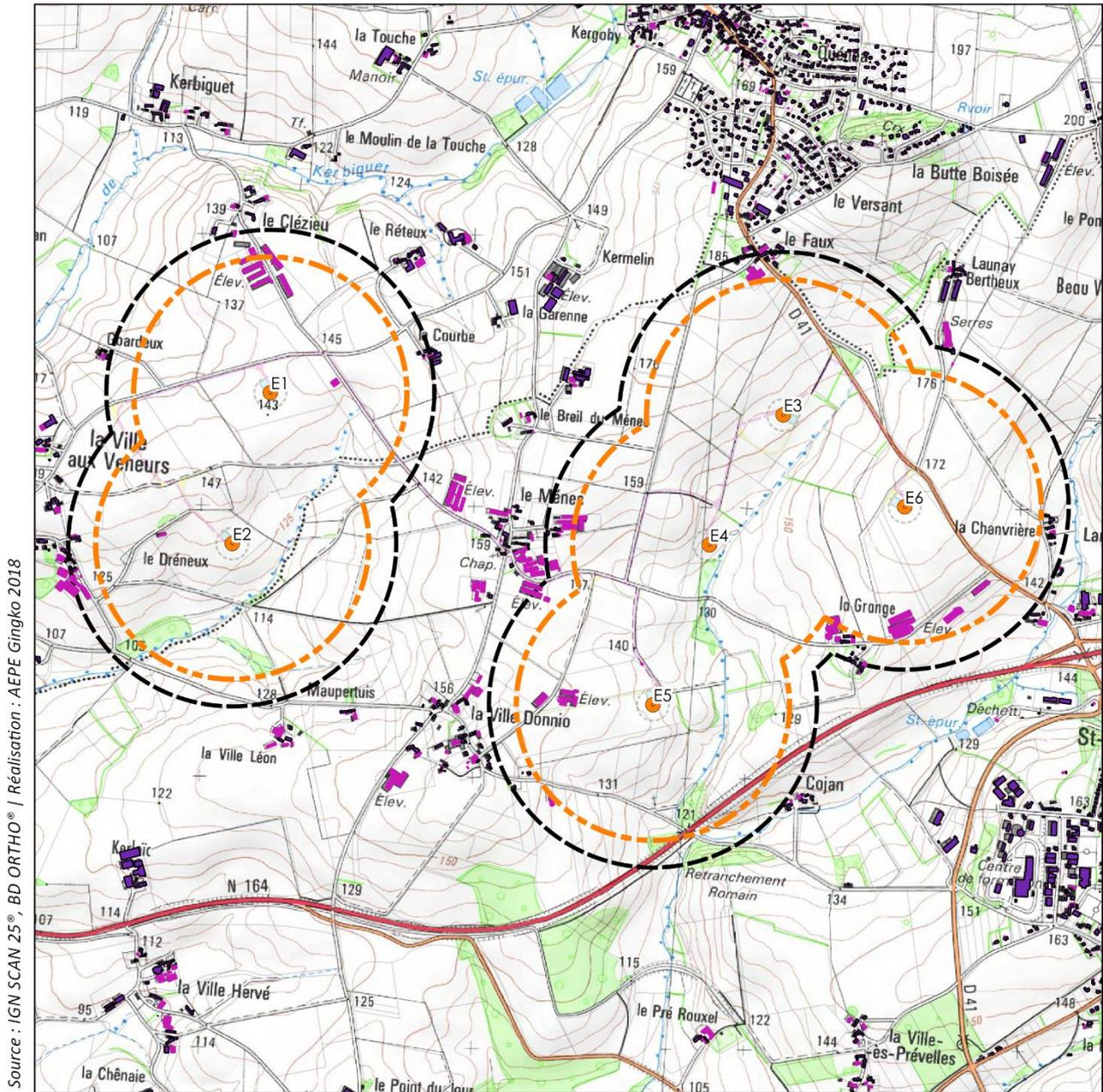
Tableau 3 : Les données démographiques des communes du périmètre d'étude de dangers (INSEE)

En 2011, la population légale sur la commune de Loudéac est de 9 759 habitants. Loudéac constitue le principal centre démographique proche du site d'étude. Il s'agit d'une des principales villes du Centre Bretagne ; le centre bourg de Loudéac se situe à 3,5 km au sud-est du périmètre immédiat du projet.

La commune de Trévé présente une population de l'ordre de 1 500 habitants. Il s'agit d'un bourg secondaire qui gravite autour de la ville de Loudéac.

Depuis le recensement de 2006, la population a globalement augmenté sur ces communes.

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.



Source : IGN SCAN 25®, BD ORTHO® | Réalisation : AEPE Gingko 2018

AEPE Gingko 

Les bâtiments dans un rayon de 600 m autour du parc éolien



-  Eolienne
-  Périmètre de l'étude de danger (500 m)
-  Périmètre de 600 m autour des éoliennes
-  Bâti
-  Habitation



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

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

III.1.2. LES ETABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC (ERP)

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

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

Près d'une centaine d'ICPE liées à des élevages est recensée sur les quatre communes du périmètre rapproché. Après un recensement exhaustif, il ressort que 17 élevages classés au titre des ICPE sont recensés à une distance inférieure à 1 km du périmètre d'étude immédiat :

COLLET Dominique, La ville Donnio (Loudéac),	GAEC Le Menec (Loudéac),
COLLET Philippe, Le Menec (Loudéac),	LE BIIHAN Myriam, Kerbiguet (Loudéac),
DONNIO Dominique, Le Retheux (Trévé)	SCA LE BIHAN GLOUX, La Touche (Trévé),
EARL Chauvel, La Ville au Veneur (Trévé),	SCEA de la Croix, Le Menec (Trévé),
EARL de Kerloïc (Loudéac),	SCEA de la Touche (Trévé),
EARL du Breil Menec (Loudéac),	SCEA de la Courbe (Trévé),
EARL Jégard, Le Clezieux (Trévé),	SCEA Etienne Leclerc, Launay Gresillon (Loudéac),
EARL le Devehat, Le Retheux (Trévé),	SCEA Leclerc, Kermelin (Trévé).
EARL COLLET Noël, Le Menec (Loudéac),	

Ces installations concernent des bâtiments d'élevage qui ne présentent pas de risque industriel ou technologique notable, leur classement est essentiellement lié aux pollutions environnementales liées à ce type d'activité.

Ces installations ne présentent donc pas de risque particulier dans le cadre d'un projet éolien, toutefois une attention particulière devra être prise afin de s'assurer de la maîtrise des risques liés à un parc éolien sur ces élevages.

Deux établissements recensés dans le périmètre rapproché sont concernés par la définition de zones de dangers selon l'arrêté du 10 mai 2000 en raison de la présence de produits toxiques, explosifs, comburants et inflammables :

- Union EOLYS sur la commune de Loudéac (bd de Penthievre),
- Bretagne Frigo sur la commune de Loudéac (ZI Mon Plaisir).

Les zones de dangers liées à ces établissements sont situées à plusieurs kilomètres du périmètre d'étude immédiat et n'induisent donc pas de risque particulier dans le cadre du projet.

Deux sites SEVESO induisent par ailleurs des risques sur la commune de Loudéac (aucun sur Trévé) :

- INVIVO (stockage d'engrais). Cet établissement SEVESO seuil bas est localisé à 4 km au sud-est du périmètre d'étude immédiat du projet ;
- Nitrobickford (stockages d'explosifs). Cet établissement, seuil haut assorti de servitudes, est localisé à 7 km à l'est du périmètre immédiat du projet. Un périmètre de prévention des risques technologiques est associé à cet établissement, il concerne uniquement la forêt de Loudéac.

Au regard de l'éloignement de ces sites SEVESO et de l'emprise des risques associés, ils n'induisent aucun enjeu dans le cadre du projet éolien.

D'après le dossier départemental des risques majeurs, plusieurs établissements concernés par le stockage d'ammoniac, les silos et le stockage d'ammonitrates sont recensés sur les communes du périmètre rapproché :

- Bretagne Frigo à Loudéac,
- Bretagne Frigo à Saint-Caradec,
- EOLYS Union à Loudéac,
- Loudéac Viandes à Loudéac,
- Salaisons Argoat Le Hir à Loudéac

Ces établissements sont distants de plus de 3 kilomètres du périmètre d'étude immédiat et n'induisent donc pas d'enjeux particuliers dans le cadre du projet.

L'éloignement de ces ICPE du périmètre immédiat induit des enjeux très limités.

III.1.4. LES AUTRES ACTIVITES

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 PLUVIOSITE

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.

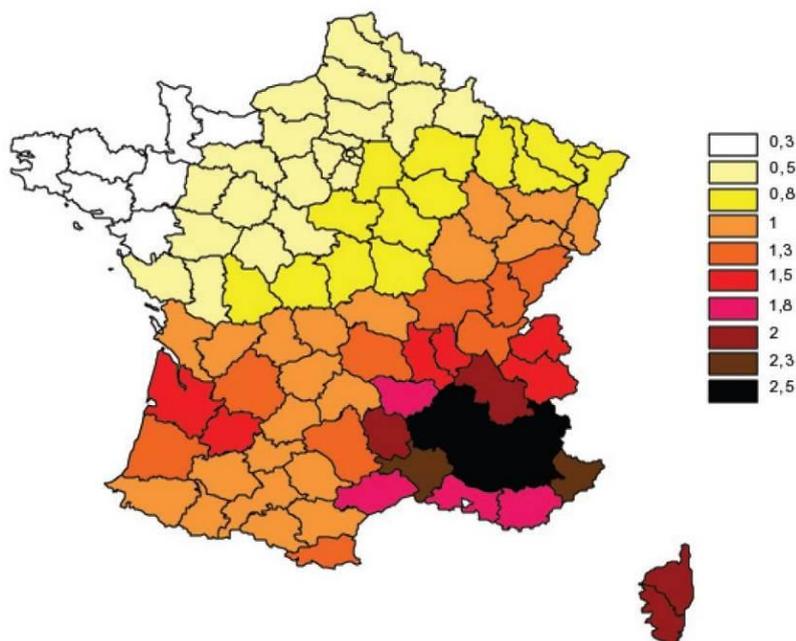
III.2.1.5 LES TEMPERATURES

Du fait de la présence proche de l'océan atlantique qui joue un rôle de régulateur thermique, les températures sont relativement douces tout au long de l'année. La moyenne annuelle est de 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 moins de 15 km au nord-est de Trévé, 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 ARRETES 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 rappelés dans les tableaux suivants.

Loudéac	Inondation, tempête et grains (vent), feu de forêt, risque industriel (effet de surpression), radon, inondation (par crue à débordement lent de cours d'eau), phénomène lié à l'atmosphère, séisme (zone 2), mouvement terrain (tassements différentiels), transport de marchandises dangereuses
Trévé	Inondation, tempête et grains (vent), radon, inondation (par crue à débordement lent de cours d'eau), phénomène lié à l'atmosphère, séisme (zone 2), mouvement terrain (tassements différentiels), transport de marchandises dangereuses

Tableau 4 : Les types de risque identifiés sur les communes de Trévé et de Loudéac

Les arrêtés de reconnaissance de catastrophe naturelle permettent de compléter cette première approche globale.

Sur les communes de Trévé et de Loudéac, dix arrêtés de catastrophe naturelle ont été promulgués.

Type de catastrophe	Date de la catastrophe	Date de l'arrêté	Communes
Inondations et coulées de boue	Du 19/05/1986 au 20/05/1986	Le 30/07/1986	Loudéac
Tempête	Du 15/10/1987 au 16/10/1987	Le 22/10/1987	Loudéac, Trévé
Inondations et coulées de boue	Du 15/01/1988 au 15/02/1988	Le 07/04/1988	Loudéac
Inondations et coulées de boue	Du 31/05/1992 au 01/06/1992	Le 06/11/1992	Loudéac
Inondations et coulées de boue	Du 08/06/1993 au 09/06/1993	Le 28/09/1993	Loudéac, Trévé
Inondations et coulées de boue	Du 17/01/1995 au 31/01/1995	Le 06/02/1995	Loudéac, Trévé
Inondations, coulées de boue, glissements et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	Du 25/12/1999 au 29/12/1999	Le 30/12/1999	Loudéac, Trévé
Inondations et coulées de boue	Du 05/01/2001 au 06/01/2001	Le 30/04/2002	Trévé
Inondations et coulées de boue	Du 19/07/2007 au 19/07/2007	Le 05/12/2007	Loudéac
Inondations et coulées de boue	Du 01/01/2014 au 01/02/2014	Le 28/07/2014	Trévé

Tableau 5 : Les arrêtés de catastrophe naturelle répertoriés sur les communes de Trévé et de Loudéac

Les communes de Trévé et de Loudéac sont concernées par un nombre significatif d'arrêtés liés au risque d'inondations et de coulées de boue. Ils traduisent la forte sensibilité des vallons et zones de pentes aux épisodes pluvieux importants et ce aussi bien en période hivernale qu'estivale. **Un enjeu fort lié à ce type de catastrophe peut donc être identifié à l'échelle du territoire des communes de Trévé et de Loudéac.**

III.2.2.2 LA SISMICITE

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 Trévé et de Loudéac sont localisées dans une zone de sismicité faible, comme le montre la figure suivante.

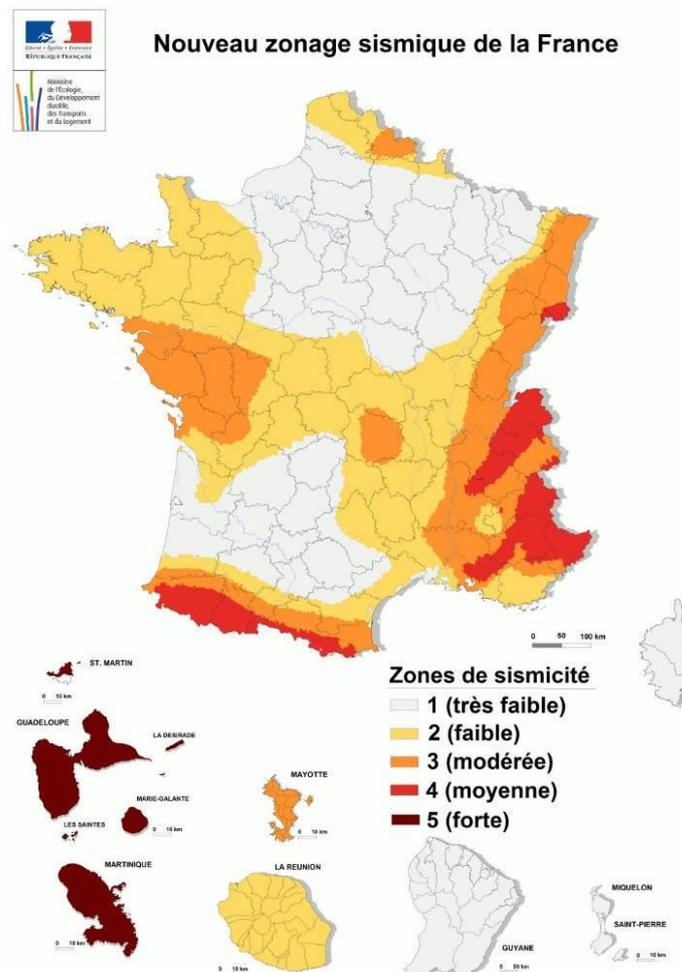


Figure 2 : Le zonage sismique de la France en vigueur

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.

Trévé

Loudéac

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.**

III.2.2.3 LES RISQUES D'INONDATION

D'après le dossier départemental des risques majeurs, les communes de Trévé et de Loudéac sont concernées par les risques d'inondation liés au bassin versant de l'Oust (partie amont). Sur ce secteur, le risque est essentiellement lié aux crues des rivières par ruissellements et coulées de boues. Lorsque des précipitations intenses tombent sur tout un bassin versant, les eaux ruissellent et se concentrent rapidement dans le cours d'eau, d'où des crues brutales et violentes. Le lit du cours d'eau est en général rapidement colmaté par le dépôt de sédiments et des bois morts, lesquels peuvent former des barrages, appelés embâcles aggravant les débordements.

Aucun plan de prévention du risque inondation n'est répertorié sur les communes de Trévé et de Loudéac. Toutefois ces communes sont concernées par l'atlas des zones inondables (AZI) des Côtes-d'Armor. Aucune zone inondable n'est répertoriée sur ou à proximité du périmètre d'étude immédiat. Les deux cours d'eau secondaires qui traversent le périmètre d'étude immédiat ne présentent pas de zone inondable identifiée dans l'atlas des zones inondables. Il s'agit de cours d'eau à très faible débit drainant un faible bassin versant (localisation en tête de bassin).

Le risque inondation est donc faible et cantonné à l'abord immédiat de ces cours d'eau secondaires.

III.2.2.4 LES RISQUES LIES AUX CAVITES

D'après les données du BRGM (www.bdcavite.net), Aucune cavité n'est connue sur la commune de Trévé. Une cavité (un ouvrage civil) est répertoriée sur la commune de Loudéac. Elle se situe toutefois au niveau du lieudit La Ville Bourrigault à l'extrême sud-est de cette commune, à une distance de l'ordre de 9 km du périmètre d'étude immédiat.

Le dossier départemental des risques majeurs recense également les communes soumises à un risque d'effondrement des cavités. **Les communes de Trévé et de Loudéac ne sont pas soumises à ce risque.**

Aucun enjeu lié à ce risque n'est donc répertorié sur le périmètre d'étude immédiat du projet.

III.2.2.5 LES RISQUES DE MOUVEMENTS DE TERRAIN

Les mouvements de terrain connus sont recensés sur le site du BRGM (<http://www.bdmvt.net>). Aucun ne concerne les communes du périmètre d'étude immédiat du projet. De même, le dossier départemental des risques majeurs recense les communes concernées par ce type de risque et les communes de Trévé et de Loudéac ne sont pas identifiées à ce titre dans ce document.

Aucun enjeu particulier n'est donc lié aux mouvements de terrain sur le périmètre d'étude immédiat.

III.2.2.6 LES RISQUES LIES AUX FEUX DE FORET

Le dossier départemental des risques majeurs indique que la commune de Loudéac est concernée par le risque de feu de forêt. Ce risque est lié à la présence de la forêt de Loudéac située à l'est de la commune. Cette forêt est éloignée de plus de 3,5 km du périmètre d'étude immédiat. À cette distance, et en l'absence de continuités boisées permettant la propagation du feu, **aucun enjeu lié au risque de feu de forêt n'est recensé sur le périmètre d'étude immédiat.**

III.2.2.7 L'ALEA RETRAIT/GONFLEMENT D'ARGILE

Le périmètre d'étude immédiat n'est pas concerné par un aléa retrait/gonflement d'argiles important. Le périmètre d'étude immédiat présente globalement un enjeu faible pour ce risque.

III.2.2.8 LE RISQUE DE REMONTEE 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 pouvant nécessiter des mesures constructives adaptées.

III.3. L'ENVIRONNEMENT MATERIEL

III.3.1. LES VOIES DE COMMUNICATION

Le périmètre d'étude rapproché est drainé par un réseau de voies départementales. Aucune de ces routes ne traverse le périmètre d'étude immédiat, toutefois plusieurs se situent à proximité :

- la RD41, qui relie Loudéac à Trévé accueille 2 679 véhicules/jour et passe à 110 m à l'est de l'éolienne la plus proche (E6) ;
- l'ancienne RN164, qui dessert le bourg de Saint-Caradec se situe à 1,1 km au sud-ouest du périmètre d'étude immédiat ;
- la RD7, qui relie Saint-Caradec à Hervé accueillait 1 240 véhicules/jour en 2012 et se localise à 1,4 km à l'ouest du périmètre d'étude immédiat.

La RN164 qui relie Rennes à Brest, axe structurant qui accueillera à l'horizon 2025 un trafic journalier moyen compris entre 7 000 et 12 700 véhicules par jour selon les sections, passe à 370 m au sud du périmètre d'étude immédiat du projet.

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

La RN164 est suffisamment distante du périmètre d'étude de dangers pour ne pas être concernée ; seule **la RD41 est susceptible de présenter un enjeu lié à la sécurité** dans le cadre du projet éolien.

Des voies communales sont également recensées sur le périmètre d'étude rapproché. Elles accueillent un trafic plus réduit lié à des dessertes très locales. Une de ces voies communales traverse le périmètre d'étude de dangers (zone est). Cette voie dessert les hameaux de la Grange et du Ménécc depuis la RD41 et est **susceptible de présenter un enjeu lié à la sécurité** dans le cadre du projet éolien.

III.3.2. LE RISQUE LIÉ AU TRANSPORT DE MATIÈRES DANGEREUSES

À l'échelle du périmètre d'étude rapproché, trois infrastructures de transport sont concernées par le risque de transport de matières dangereuses :

- la RN 164, entre Rennes et Brest. Cet axe est distant de plus de 350 m du périmètre d'étude immédiat. Les risques liés à cet axe sont faibles au regard de cet éloignement ;
- la RD700, qui relie Saint-Brieuc à Pontivy. Cette route est éloignée de plus de 2 km du périmètre d'étude immédiat. À cette distance, le risque peut être jugé nul ;
- un gazoduc qui passe au sud de la commune de Loudéac à une distance suffisamment importante pour garantir l'absence de risque lié à cet ouvrage.

L'axe concerné par le risque lié au de transport de matières dangereuses le plus proche de la zone d'implantation potentielle des éoliennes est donc la RN164. Les enjeux liés à cet axe sont toutefois limités au regard de son éloignement de plus de 350 m. **À cette distance, le risque de propagation d'un accident est très faible.**

III.3.3. LES SERVITUDES ET LES RESEAUX PUBLICS OU PRIVÉS

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

- le projet interfère avec la MSA (altitude minimale de sécurité) de l'aérodrome de Vannes-Meucon. De ce fait, l'altitude en bout de pale des éoliennes ne devra pas dépasser 340 m NGF ;
- le périmètre d'étude immédiat se situe à 1,8 km au sud de la zone latérale de protection d'un tronçon du réseau de vol à très basse altitude de la Défense dénommé LF-R 57. Il n'est donc pas concerné par les contraintes aéronautiques liées à ce réseau de vol à très basse altitude (RTBA) ;
- une liaison hertzienne Loudéac-Mur-de-Bretagne est concernée par une servitude PT2 fixée par décret du 23/11/1989. Cette servitude induit un couloir de 100 m de large au sein duquel aucun aménagement ne doit dépasser la côte NGF de + 225 m. Cette servitude est localisée à 485 m au nord du périmètre immédiat du projet. Celui-ci n'est donc pas concerné par cette servitude ;
- deux sites mobiles Orange sont également localisés au sud du bourg de Trévé et au centre du Bourg de Loudéac. Ils sont concernés par un périmètre de protection de 500 m. Ces stations sont respectivement localisées à 750 m et 2 250 m du périmètre d'étude immédiat qui n'est donc pas concerné par ces servitudes ;
- une servitude PT1 liée à une station de Loudéac/Limpiguet (n°ANFR220220002) gérée par Orange est présente. La zone de protection liée à cette station concerne un périmètre de 1 500 m de rayon. Le périmètre d'étude immédiat est distant de plus de 2,3 km de cette station et se situe donc totalement en dehors du périmètre de servitude ;
- le périmètre d'étude immédiat du projet se localise à plus de 20 km des radars hydrométéorologique sde Météo-France et donc en dehors de toute servitude liée à ces radars ;
- un faisceau hertzien de la Gendarmerie nationale est présent. Ce faisceau présente une zone de protection de 106 mètres de part et d'autre au sein de laquelle l'implantation d'aérogénérateurs est proscrite, bout de pale inclus. Il traverse la zone ouest du périmètre d'étude immédiat et grève donc une partie de l'espace disponible pour l'implantation d'éoliennes ;
- deux lignes électriques HTA aériennes sont recensées dans la zone est du périmètre d'étude immédiat. La première est située au sud de la route communale qui relie les hameaux de La Grange et Le Ménéac. La

seconde traverse le site selon un axe nord-ouest/sud-est. Ce type de ligne électrique n'induit pas de servitude particulière par rapport à l'implantation d'éoliennes. En revanche, les travaux devront être conformes au décret n°2011-1241 du 5 octobre 2011 relatif à l'exécution de travaux à proximité de certains ouvrages souterrains, aériens, ou subaquatiques de transports ou de distribution. Aucun réseau électrique n'est répertorié sur la zone ouest du périmètre immédiat ;

- aucune canalisation de transport de gaz n'est répertoriée sur le périmètre d'étude de dangers ;
- aucune canalisation de transport d'hydrocarbures n'est répertoriée sur le secteur ;
- seule une conduite d'eau potable, au profit du syndicat départemental d'adduction d'eau potable des Côtes-d'Armor (SDAEP), est recensée au sein du périmètre d'étude de dangers. Celle-ci est localisée le long de la route communale qui relie les hameaux de La Grange et Le Ménec ;
- le périmètre d'étude de dangers est situé en dehors de tout périmètre de protection de captage d'eau potable.

III.4. LES MESURES INITIALES D'EVITEMENT ET DE REDUCTION 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 maximum de la seule route à fort trafic (RN164). Ainsi l'éolienne la plus proche de la RN164 (E5) se situe à environ 415 m ;
- la ligne électrique passant à proximité de l'éolienne E4 sera enterrée ;
- il a été tenu compte de l'absence de réseau de transport de gaz à moins de 200 m du périmètre d'étude immédiat ;
- il a été tenu compte de l'absence de réseau de transport de pétrole à moins de 200 m du périmètre d'étude immédiat ;
- il a été tenu compte de l'absence de captage d'eau potable ou périmètre de protection associé à un captage sur le périmètre d'étude de dangers.



Source : IGN SCAN 25®, BD ORTHO® | Réalisation : AEPE Gingko 2018

AEPE Gingko 

L'environnement matériel



-  Eolienne
-  Périmètre de l'étude de danger (500 m)



Infrastructures

-  Route non structurante
-  RD 41
-  RN 164
-  Bâti
-  Terrain non bâti, non aménagé et très peu fréquenté
-  Ligne électrique

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

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, des routes communales et la RD41 qui supporte moins de 3 000 véhicules par jour. La RN164, qui passe à plus de 400 m de l'éolienne la plus proche (E5) est suffisamment distante de celle-ci pour que les risques soient très limités. La présence de bâtiments agricoles au sein du périmètre d'étude de dangers n'a pu être évitée, compte tenu du mitage important des exploitations agricoles au sein du site d'étude.

Les parcelles agricoles correspondent à des « terrains non aménagés et très peu fréquentés ». Les éléments fournis par la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers permettent d'estimer la fréquentation à 1 personne par tranche de 100 ha.

Nous avons considéré que les bâtiments agricoles entraînent dans la catégorie des « terrains aménagés mais peu fréquentés (jardins et zones horticoles, vignes, zones de pêche, gares de triage, ...) ». Les éléments fournis par la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers permettent d'estimer la fréquentation à 1 personne par tranche de 10 ha.

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

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

- le projet interfère avec la MSA (altitude minimale de sécurité) de l'aérodrome de Vannes-Meucon. De ce fait, l'altitude en bout de pale des éoliennes ne devra pas dépasser 340 m NGF ;
- le périmètre d'étude immédiat se situe à 1,8 km au sud de la zone latérale de protection d'un tronçon du réseau de vol à très basse altitude de la Défense dénommé LF-R 57. Il n'est donc pas concerné par les contraintes aéronautiques liées à ce réseau de vol à très basse altitude (RTBA) ;
- une liaison hertzienne Loudéac-Mur-de-Bretagne est concernée par une servitude PT2 fixée par décret du 23/11/1989. Cette servitude induit un couloir de 100 m de large au sein duquel aucun aménagement ne doit dépasser la côte NGF de + 225 m. Cette servitude est localisée à 485 m au nord du périmètre immédiat du projet. Celui-ci n'est donc pas concerné par cette servitude ;
- deux sites mobiles Orange sont également localisés au sud du bourg de Trévé et au centre du Bourg de Loudéac. Ils sont concernés par un périmètre de protection de 500 m. Ces stations sont respectivement localisées à 750 m et 2 250 m du périmètre d'étude immédiat qui n'est donc pas concerné par ces servitudes ;
- une servitude PT1 liée à une station de Loudéac/Limpiguet (n°ANFR220220002) gérée par Orange est présente. La zone de protection liée à cette station concerne un périmètre de 1 500 m de rayon. Le périmètre d'étude immédiat est distant de plus de 2,3 km de cette station et se situe donc totalement en dehors du périmètre de servitude ;
- le périmètre d'étude immédiat du projet se localise à plus de 20 km des radars hydrométéorologique sde Météo-France et donc en dehors de toute servitude liée à ces radars ;
- un faisceau hertzien de la Gendarmerie nationale est présent. Ce faisceau présente une zone de protection de 106 mètres de part et d'autre au sein de laquelle l'implantation d'aérogénérateurs est proscrite, bout

de pale inclus. Il traverse la zone ouest du périmètre d'étude immédiat et grève donc une partie de l'espace disponible pour l'implantation d'éoliennes ;

- deux lignes électriques HTA aériennes sont recensées dans la zone est du périmètre d'étude immédiat. La première est située au sud de la route communale qui relie les hameaux de La Grange et Le Ménék. La seconde traverse le site selon un axe nord-ouest/sud-est. Ce type de ligne électrique n'induit pas de servitude particulière par rapport à l'implantation d'éoliennes. En revanche, les travaux devront être conformes au décret n°2011-1241 du 5 octobre 2011 relatif à l'exécution de travaux à proximité de certains ouvrages souterrains, aériens, ou subaquatiques de transports ou de distribution. Aucun réseau électrique n'est répertorié sur la zone ouest du périmètre immédiat ;
- aucune canalisation de transport de gaz n'est répertoriée sur le périmètre d'étude de dangers ;
- aucune canalisation de transport d'hydrocarbures n'est répertoriée sur le secteur ;
- seule une conduite d'eau potable, au profit du syndicat départemental d'adduction d'eau potable des Côtes-d'Armor (SDAEP), est recensée au sein du périmètre d'étude de dangers. Celle-ci est localisée le long de la route communale qui relie les hameaux de La Grange et Le Ménék ;
- le périmètre d'étude de dangers est situé en dehors de tout périmètre de protection de captage d'eau potable.

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

- la zone d'implantation potentielle des éoliennes a été fixée à une distance maximum de la seule route à fort trafic (RN164). Ainsi l'éolienne la plus proche de la RN164 (E5) se situe à environ 415 m ;
- la ligne électrique passant à proximité de l'éolienne E4 sera enterrée ;
- il a été tenu compte de l'absence de réseau de transport de gaz à moins de 200 m du périmètre d'étude immédiat ;
- il a été tenu compte de l'absence de réseau de transport de pétrole à moins de 200 m du périmètre d'étude immédiat ;
- il a été tenu compte de l'absence de captage d'eau potable ou périmètre de protection associé à un captage sur le 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 CARACTERISTIQUES DE L'INSTALLATION

IV.1.1. LES ACTIVITES DE L'INSTALLATION

L'activité principale du parc éolien Le Ménécc 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 CARACTERISTIQUES GENERALES D'UN PARC EOLIEN

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

- plusieurs éoliennes fixées sur une fondation adaptée, accompagnée d'une aire stabilisée appelée « plateforme 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 ELEMENTS CONSTITUTIFS D'UN AEROGENERATEUR

Au sens du 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.

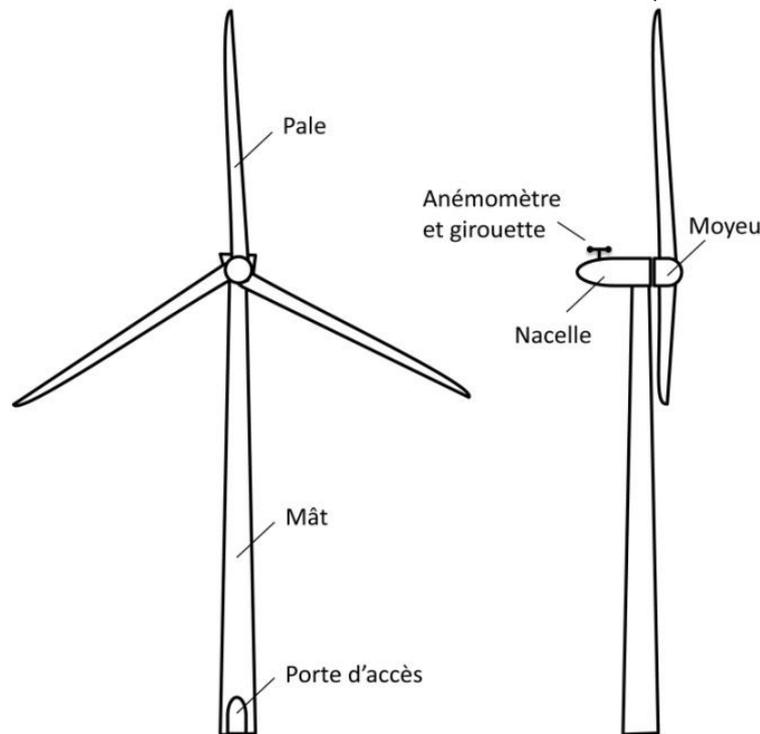


Figure 3 : Le schéma simplifié d'un aérogénérateur

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 Le Mének est composé de 6 aérogénérateurs et de deux postes de livraison. Les aérogénérateurs ont tous un rotor de 116,8 mètres de diamètre ; leur mat est d'une hauteur de 117,9 m soit une hauteur totale en bout de pale de 178,5 m, pour les éoliennes E1, E2, E3, E4 et E5 et d'une hauteur de 103,9 m soit une hauteur totale en bout de pale de 164,5 m, pour l'éoliennes E6.

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>		Altitude au sol	Hauteur de mât envisagé	Hauteur totale de l'éolienne	Hauteur totale
	E (m)	N (m)	X	Y	NGF	En m	En m	NGF
E1	268 298	6 804 637	48°19'89.46"N	2°81'68.43"O	142,4	117,9	178,5	320,9
E2	268 158	6 804 081	48°19'38.64"N	2°81'68.71"O	129,8	117,9	178,5	308,3
E3	270 174	6 804 555	48°19'94.50"N	2°79'02.81"O	153,3	117,9	178,5	331,8
E4	269 904	6 804 076	48°19'49.73"N	2°79'56.29"O	137,0	117,9	178,5	315,5
E5	269 697	6 803 487	48°18'95.51"N	2°79'56.29"O	137,5	117,9	178,5	316,0
E6	270 618	6 804 216	48°19'67.00"N	2°78'39.87"O	169,7	103,9	164,5	334,2

Tableau 6 : Les coordonnées GPS et l'altimétrie des éoliennes

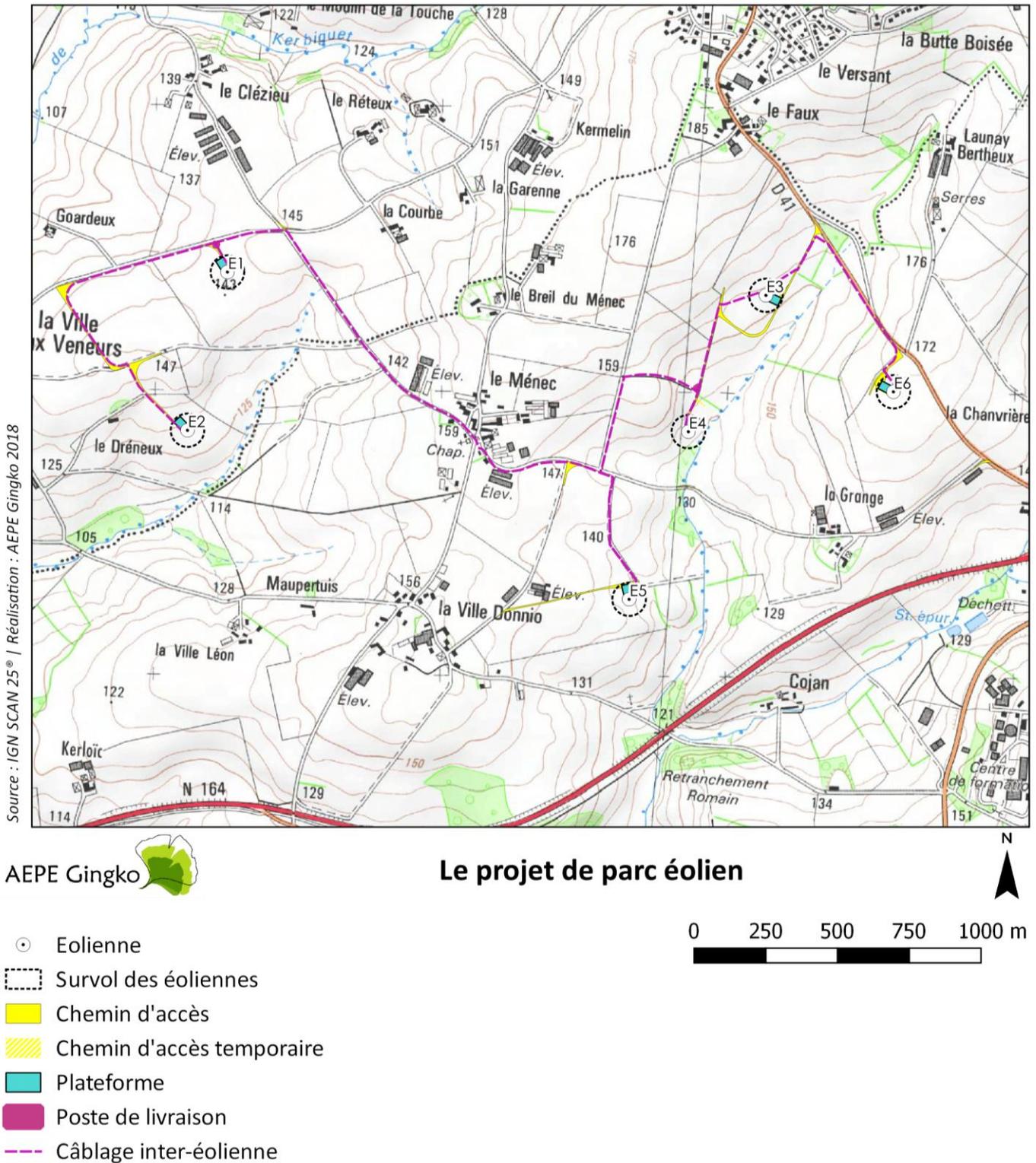
Pour le raccordement des éoliennes, il est prévu l'installation de 2 postes de livraison raccordés sur le poste source de Loudéac ; l'un positionné sur la parcelle ZX6 sur la commune de Trévé et l'autre positionné sur la parcelle ZP19 sur la commune de Loudéac.

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

Aménagements	Dimensions envisagées
Fondation des éoliennes	La dimension et le procédé utilisé pour le coulage des fondations seront précisés suite à étude géotechnique intervenant en amont de la construction des éoliennes
Plate-forme de maintenance des éoliennes	Surface plane d'environ 25 m sur 55 m composée d'un revêtement formé à partir d'un mélange de minéraux ou de matériaux recyclés
Deux postes de livraison	23 m ² chacun
Chemins d'accès	Largeur utile de la chaussée de 4,5 m La création d'un chemin d'accès nécessite généralement une couche de matériaux recyclés puis une couche de gravier

Tableau 7 : 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.



Carte 6 : Le plan détaillé de l'installation

IV.2. LE FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

Le fonctionnement des éoliennes Nordex N-117/3,6 MW repose sur les éléments repris dans le tableau suivant.

Élément de l'installation	Fonction	Caractéristiques
Fondation	Ancrer et stabiliser l'éolienne dans le sol	Leur dimension exacte sera définie suite à une étude géotechnique
Mât	Supporter la nacelle et le rotor	Hauteur du mat de 117,9 m (E1, E2, E3, E4 et E5) et de 103,9 m (E6)
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 58,4 m soit un rotor de 116,8 m de diamètre
Transformateur	Élever la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau	

Tableau 8 : 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 Nordex N-117/3,6 MW retenue pour le projet éolien est conforme aux dispositions de la norme IEC61400-1 / NF EN 61 400-1 dans sa version de juin 2006 intitulée « Exigence de conception », de la norme IEC61400-22 / NF EN 61400-22 Avril 2011 intitulée « essais de conformité et certification », de la norme CEI/TS 61400-23:2001 Avril 2014 intitulée « essais en vraie grandeur des structures des pales ».

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 MAT

Nordex propose des tours en acier de 91 mètres, 106 mètres et 120 mètres pour la N117/3,6 MW. Le système de tour hybride éprouvé avec une hauteur de moyeu de 141 mètres est également disponible.

IV.2.2. LE ROTOR

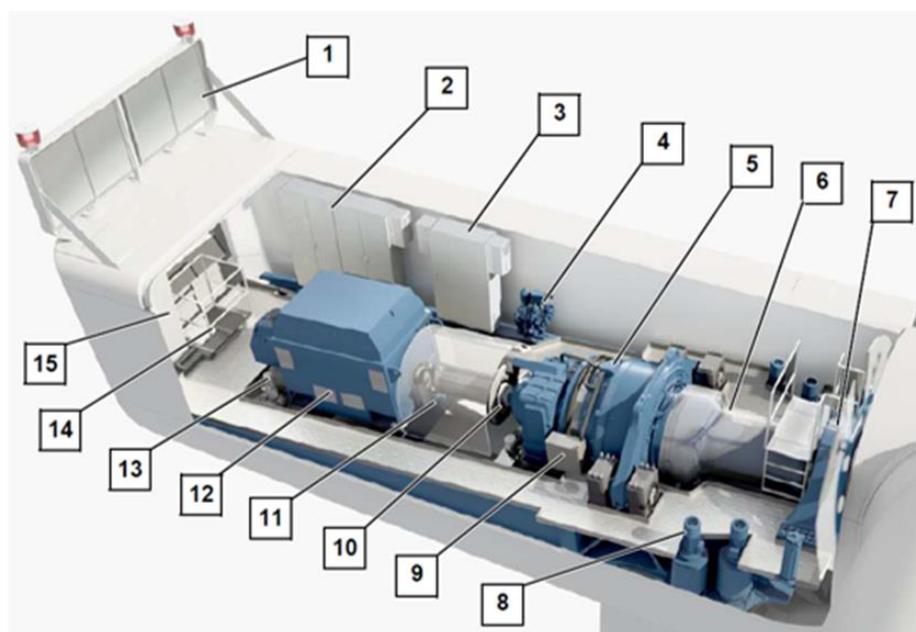
Le rotor de l'éolienne est équipé de trois pales en polyester renforcé de fibres de verre, qui jouent un rôle important dans le rendement de l'éolienne et dans son comportement sonore.

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

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

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

IV.2.3. LA NACELLE



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

Figure 4 : Le dessin schématique de la nacelle (source : NORDEX)

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

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

Le palier d'orientation de la nacelle, muni d'une couronne, est monté directement sur la connexion supérieure de la tour. Il permet la rotation de l'éolienne et ainsi de l'orienter face au vent. Les moteurs équipés de roues dentées («

moteurs d'orientation » ou moteurs de « Yaw ») s'engagent dans la couronne pour faire tourner la nacelle et l'orienter en fonction du vent.

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

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

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

IV.2.4. LE GENERATEUR

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

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

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

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

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

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

IV.2.5. L'UNITE D'ALIMENTATION AU RESEAU

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

L'énergie produite par les éoliennes est redirigée vers un poste de livraison qui est le nœud de raccordement de toutes les éoliennes avant que l'électricité ne soit injectée dans le réseau public. Le câblage des éoliennes jusqu'au poste de livraison correspond au réseau électrique interne. Il se fera en souterrain en longeant les routes à proximité ou en

plein champs conformément au plan d'implantation. Les tranchées nécessaires seront de 1 m de profondeur. En parallèle avec la pose des câbles, il sera mis en place un réseau de fibre optique afin de permettre la surveillance et le contrôle du parc éolien.

IV.2.6. LA CERTIFICATION DES EOLIENNES

Les éoliennes NORDEX 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.

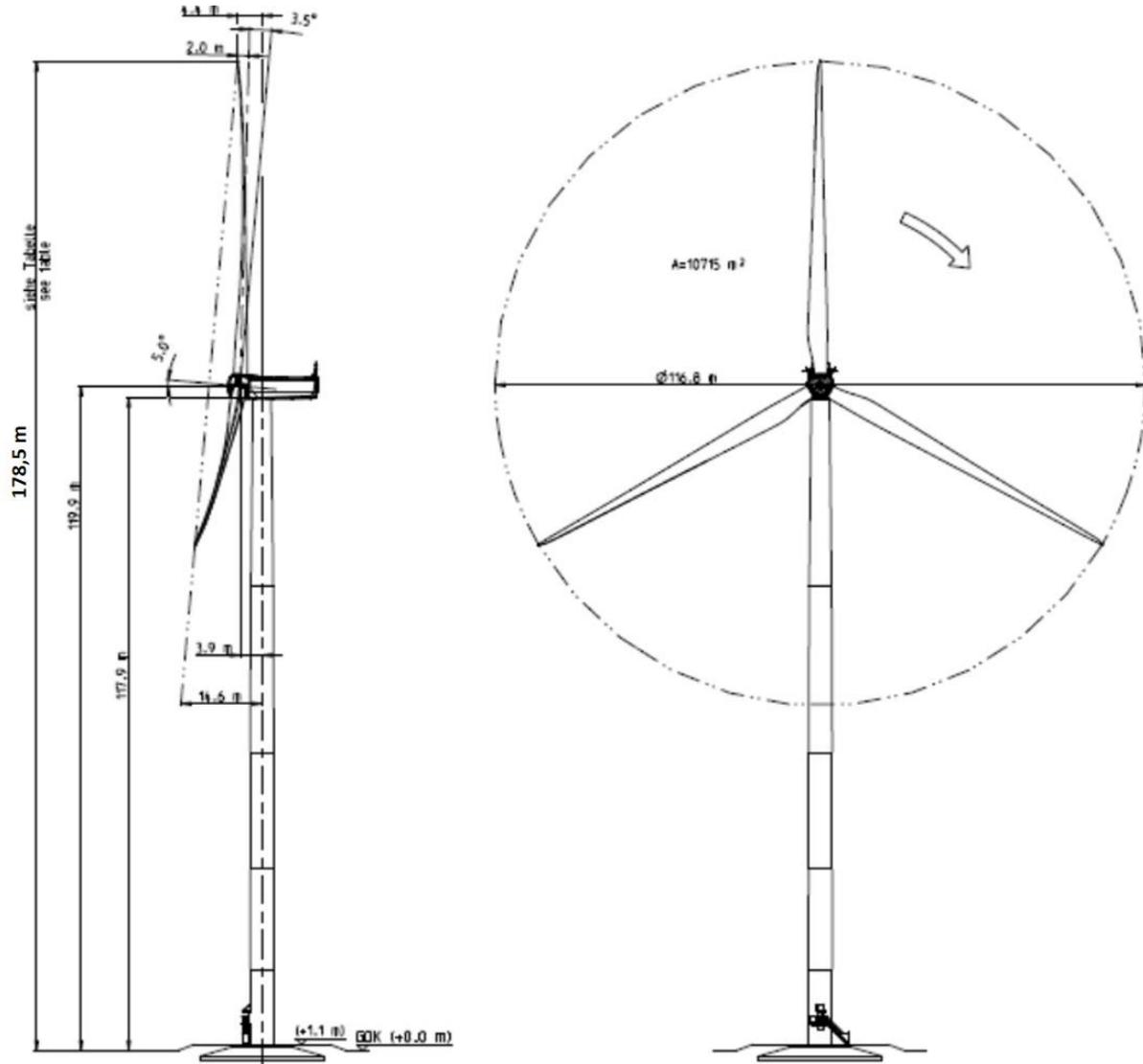
Si l'éolienne a été arrêtée manuellement ou par son système de commande, les pales sont mises progressivement en position drapeau, réduisant la surface utile des pales exposée au vent. L'éolienne continue de tourner et passe progressivement en fonctionnement au ralenti.

IV.3.1. LES SPECIFICATIONS TECHNIQUES

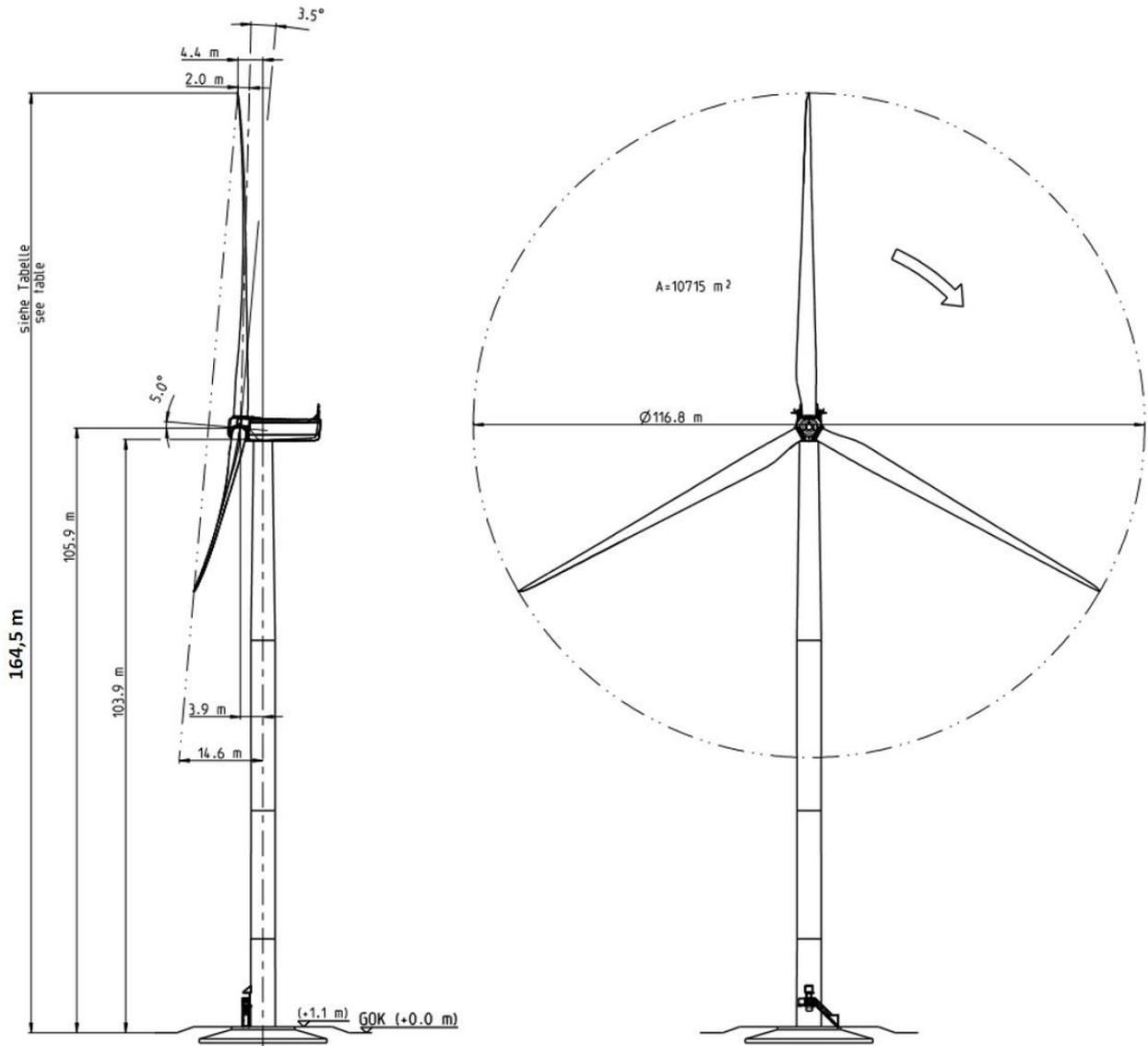
Type d'éolienne	Nordex N117
Puissance nominale	3,6 MW
Diamètre du rotor	116,8 m
Hauteur du moyeu	Hauteur du moyeu de 120 m (E1, E2, E3, E4 et E5) et de 106 m (E6)
Concept de l'installation	Boite de vitesse, vitesse de rotation variable
Type de rotor	Orientation active des pales face au vent
Sens de rotation	Sens des aiguilles d'une montre
Nombre de pales	3
Surface balayée	10 715 m ²
Matériau utilisé pour les pales	Plastique renforcé à la fibre de verre (GFK), protection contre la foudre intégrée en accord complet avec la norme IEC 61 - 400-24 (Juin 2010)
Vitesse de rotation	Variable de 7,9 à 14,1 tours/min
Système de réglage des pales	Ajustage individuel des pales Nordex, un système autonome d'ajustage par pale du rotor, avec alimentation de secours
Moyeu	Fixe
Palier principal	Un roulement à rouleaux cylindriques
Régulation de puissance	Variation active de pale individuelle
Système de freinage	Frein principal aérodynamique : orientation individuelle des pales par activation électromécanique avec alimentation de secours Frein auxiliaire mécanique : Frein à disque à actionnement actif sur l'arbre rapide

Période de fonctionnement	Pour un vent de 12,6 à 25 m/s, l'éolienne fournit sa puissance nominale. Cette dernière est maintenue constante grâce à une réduction progressive de la portance des pales
Surveillance à distance	Nordex Control 2

Tableau 9 : Les spécifications techniques des éoliennes Nordex N-117/3,6 MW (source : Nordex)



La Nordex N-117/3,6 MW avec hauteur de moyeu de 120 m (E1, E2, E3, E4 et E5)



La Nordex N-117/3,6 MW avec hauteur de moyeu de 106 m (E6)

Figure 5 : Les dimensions de l'éolienne retenue – Nordex N-117/3,6 MW

IV.3.2. LE DEMARRAGE DE L'EOLIENNE

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 REGULATION

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

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

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'ARRET DE L'EOLIENNE

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

IV.3.4.1 L'ARRET AUTOMATIQUE

En mode automatique, les éoliennes sont freinées de façon aérodynamique par la seule inclinaison des pales. Les pales du rotor inclinées réduisent les forces aérodynamiques, freinant ainsi ce dernier. Les dispositifs d'inclinaison des pales

(Pitch) peuvent décrocher les pales du vent en l'espace de quelques secondes seulement en les mettant en position drapeau.

L'éolienne s'arrête si la vitesse du vent est de 25 m/s avec une valeur moyenne de 3 minutes ou si elle est de 30 m/s avec une valeur moyenne 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'ARRET MANUEL

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

IV.3.4.3 L'ARRET MANUEL D'URGENCE

Si nécessaire, l'éolienne peut être stoppée immédiatement, en appuyant sur le bouton d'arrêt d'urgence (armoire de commande). Ce bouton déclenche un freinage d'urgence sur le rotor, avec une inclinaison rapide par l'intermédiaire des unités de réglage des pales et de freinage d'urgence. Le frein d'arrêt mécanique est actionné simultanément. L'alimentation électrique de tous les composants reste assurée.

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

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.

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

IV.4. LA SECURITE DE L'INSTALLATION

IV.4.1. LES REGLES DE CONCEPTION ET LE SYSTEME QUALITE

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

Les aérogénérateurs de type N-117/3,6 MW font l'objet d'évaluations de conformité (tant lors de la conception que lors de la construction), de certifications de type (certifications CE) par un organisme agréé et de déclarations de conformité aux standards et directives applicables. Les équipements projetés répondront aux normes internationales de la Commission électrotechnique internationale (CEI) et Normes françaises (NF) homologuées relatives à la sécurité des éoliennes, et notamment :

- la norme IEC61400-1 / NF EN 61400-1 Juin 2006 intitulée « Exigence de conception », qui spécifie les exigences de conception essentielles pour assurer l'intégrité technique des éoliennes. Elle a pour objet de fournir un niveau de protection approprié contre les dommages causés par tous les risques pendant la durée de vie prévue. Elle concerne tous les sous-systèmes des éoliennes tels que les mécanismes de commande et de protection, les systèmes électriques internes, les systèmes mécaniques et les structures de soutien ; La norme IEC 61400-1 spécifie les exigences de conception essentielles pour assurer l'intégrité technique des éoliennes ;
- la norme IEC61400-22 / NF EN 61400-22 Avril 2011 intitulée « essais de conformité et certification », qui définit les règles et procédures d'un système de certification des éoliennes comprenant la certification de type et la certification des projets d'éoliennes installées sur terre ou en mer. Ce système spécifie les règles relatives aux procédures et à la gestion de mise en œuvre de l'évaluation de la conformité d'une éolienne et des parcs éoliens, avec les normes spécifiques et autres exigences techniques en matière de sécurité, de fiabilité, de performance, d'essais et d'interaction avec les réseaux électriques ;
- la norme CEI/TS 61400-23:2001 Avril 2014 intitulée « essais en vraie grandeur des structures des pales » relative aux essais mécaniques et essais de fatigue.

D'autres normes de sécurité sont applicables :

- la génératrice est construite suivant le standard IEC60034 et les équipements mécaniques répondent aux règles fixées par la norme ISO81400-4 ;
- la protection foudre de l'éolienne répond au standard IEC61400-24 et aux standards non spécifiques aux éoliennes comme IEC62305-1, IEC62305-3 et IEC62305-4 ;

- la Directive 2004/108/EC du 15 décembre 2004 relative aux réglementations qui concernent les ondes électromagnétiques ;
- le traitement anticorrosion des éoliennes répond à la norme ISO 9223.

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

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

IV.4.2. LA CONFORMITE AUX PRESCRIPTIONS DE L'ARRETE MINISTERIEL

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

Cela concerne notamment :

- l'éloignement de 500 mètres de toute construction à usage d'habitation, de tout immeuble habité ou de toute zone destinée à l'habitation telle que définie dans les documents d'urbanisme opposables en vigueur au 13 juillet 2010 et de 300 mètres d'une installation nucléaire ;
- l'implantation de façon à ne pas perturber de manière significative le fonctionnement des radars et des aides à la navigation utilisés dans le cadre des missions de sécurité de la navigation aérienne et de sécurité météorologique des personnes et des biens ;
- la présence d'une voie d'accès carrossable entretenue permettant l'intervention des services d'incendie et de secours ;
- le respect des normes suivantes : norme NF EN 61 400-1 (version de juin 2006) ou CEI 61 400-1 (version de 2005) ou toute norme équivalente en vigueur dans l'Union européenne ;
- l'installation conforme aux dispositions de l'article R.111-38 du Code de la construction et de l'habitation ;
- le respect des normes suivantes : norme IEC 61 400-24 (version de juin 2010), normes NFC 15-100 (version compilée de 2008), NFC 13-100 (version de 2001) et NFC 13-200 (version de 2009) ;
- l'installation conforme aux dispositions de la directive du 17 mai 2006 susvisée qui leur sont applicables ;
- le balisage de l'installation conformément aux dispositions prises en application des articles L.6351-6 et L.6352-1 du Code des transports et des articles R.243-1 et R.244-1 du Code de l'aviation civile ;
- le maintien fermé à clé des accès à l'intérieur de chaque aérogénérateur, du poste de transformation, de raccordement ou de livraison, afin d'empêcher les personnes non autorisées d'accéder aux équipements ;
- l'affichage visible des prescriptions à observer par les tiers sur un panneau sur le chemin d'accès de chaque aérogénérateur, sur le poste de livraison et, le cas échéant, sur le poste de raccordement ;
- la réalisation d'essais d'arrêt permettant de s'assurer du fonctionnement correct de l'ensemble des équipements avant la mise en service industrielle des aérogénérateurs ;
- l'interdiction d'entreposage à l'intérieur de l'aérogénérateur de matériaux combustibles ou inflammables.

La description détaillée des différents systèmes de sécurité de l'installation sera quant à elle effectuée au stade de l'analyse préliminaire des risques, dans la partie 7.6.

IV.4.3. LA GESTION A DISTANCE DU FONCTIONNEMENT DES EOLIENNES

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

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

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

De plus, les éoliennes N-117/3,6 MW sont équipées d'un système de contrôle à distance des données. La supervision peut s'effectuer à distance depuis un PC équipé d'un navigateur Internet et d'une connexion ADSL ou RNIS. Le logiciel de supervision (SCADA – Supervising Control And Data Acquisition) utilisé est le Nordex Control 2.

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

IV.4.4. LES METHODES ET LES MOYENS D'INTERVENTION

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

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

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

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

IV.5. LES OPERATIONS DE MAINTENANCE DE L'INSTALLATION

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

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

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

Pour la maintenance, une équipe de techniciens spécialisés est implantée à Pleyben dans le Finistère (29), distante d'environ 100 km du parc éolien. En cas de déviance sur la production ou d'avaries techniques, une équipe de maintenance interviendra sur le site.

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

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 Le Ménéck.

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 RESEAUX DE L'INSTALLATION

IV.7.1. LES SPECIFICITES TECHNIQUES

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

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

Les installations électriques extérieures à l'aérogénérateur sont conformes aux normes NFC 15-100 (version compilée de 2008), NFC 13-100 (version de 2001) et NFC 13-200 (version de 2009). Ces installations sont entretenues et maintenues en bon état et sont contrôlées avant la mise en service industrielle puis à une fréquence annuelle, après leur installation ou leur modification par une personne compétente. La périodicité, l'objet et l'étendue des vérifications des installations électriques ainsi que le contenu des rapports relatifs aux dites vérifications sont fixés par l'arrêté du 10 octobre 2000 susvisé.

Le parc éolien Le Mének 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.

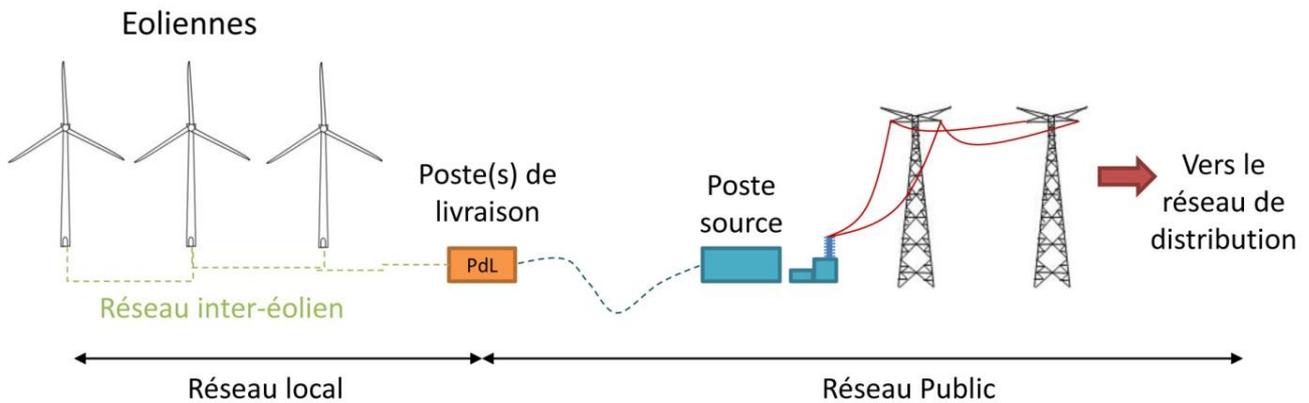


Figure 6 : Le schéma de raccordement électrique d'un parc éolien

IV.7.2. LE RESEAU INTER-EOLIEN

Le réseau inter-éolien permet de relier le transformateur, intégré ou non dans le mât de chaque éolienne¹, au point de raccordement avec le réseau public. Ce réseau comporte également une liaison de télécommunication qui relie chaque éolienne au terminal de télésurveillance. Ces câbles constituent le réseau interne de la centrale éolienne. 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 4 180 m.

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). Dans le cas du parc éolien Le Mének, deux postes de livraison sont prévus. 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 RESEAU ELECTRIQUE EXTERNE

Le réseau électrique externe relie le ou les postes de livraison avec le poste source (réseau public de transport d'électricité). Ce réseau est réalisé par le gestionnaire du réseau de distribution (généralement ENEDIS) ; 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 LIES 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 Le Ménéck 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, nettoyants, ...) 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 les postes 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.

La liste des produits concernés en est fournie dans le tableau suivant.

Lieu de lubrification	Désignation	Lubrifiant	Quantité	Classe de matière dangereuse
Système de refroidissement /Génératrice, /Convertisseur	Varidos FSK 45	Liquide de refroidissement	env. 70 L	Xn

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

Nota : Graisse = lubrifiant solide ; huile = lubrifiant liquide.

Tableau 10 : Les produits utilisés pour le bon fonctionnement des éoliennes

Les risques associés aux différents produits concernant le site du parc éolien Le Méneec sont :

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

V.2. LES POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX DECHETS

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

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

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

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

À titre d'exemple, le retour d'expérience chez 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.

V.3. LES POTENTIELS DE DANGERS LIES AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

Les dangers liés au fonctionnement du parc éolien Le Ménéck 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

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

Installation ou système	Fonction	Phénomène redouté	Danger potentiel
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 11 : Les potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation

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

V.4.1. LES PRINCIPALES ACTIONS PREVENTIVES

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

V.4.1.1 LA REDUCTION DES DANGERS LIES AUX PRODUITS

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

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

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

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

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

V.4.1.2 LA REDUCTION DES DANGERS LIES AUX INSTALLATIONS

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 ;
- 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.

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

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

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'EXPERIENCE

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

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

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

VI.1. L'INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS EN FRANCE

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

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.

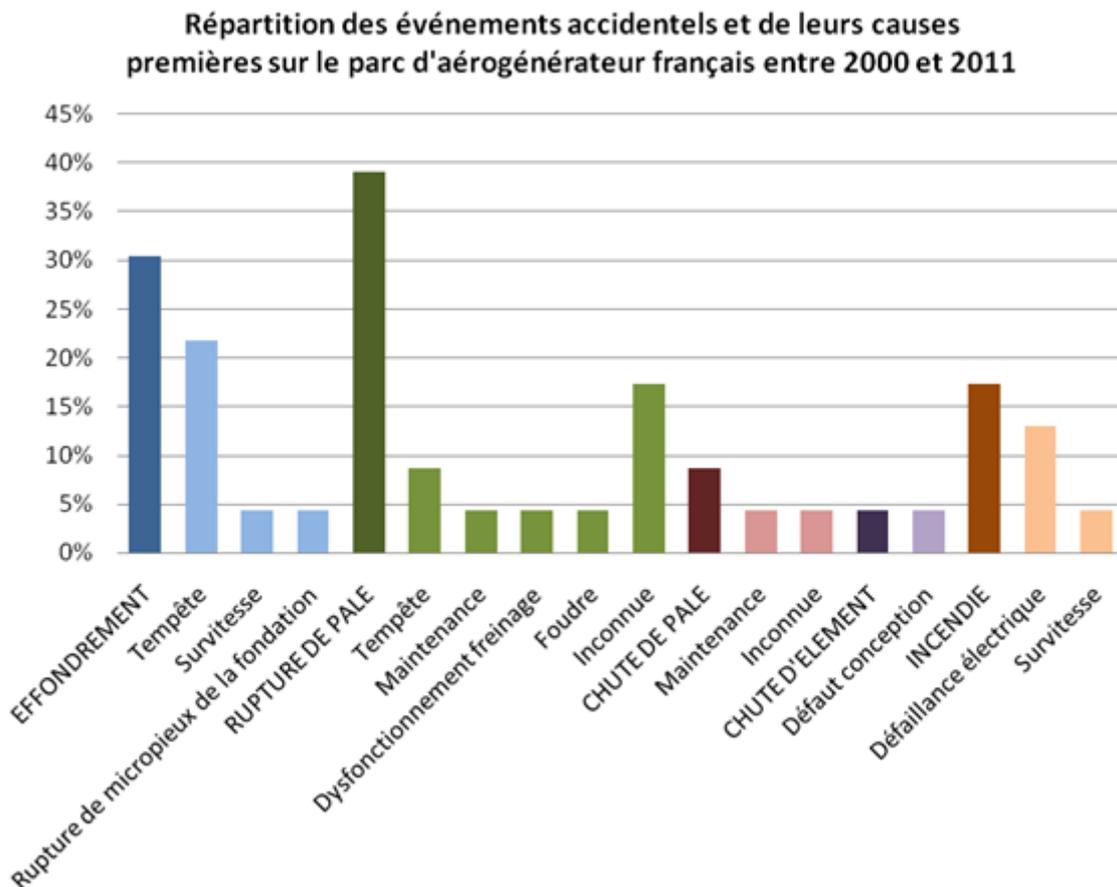


Figure 7 : Les causes premières des accidents d'aérogénérateurs en France (source FEE)

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 A L'INTERNATIONAL

Un inventaire des incidents et accidents à l'international a également été réalisé. Il se base lui aussi sur le retour d'expérience de la filière éolienne fin 2010.

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.

Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2011

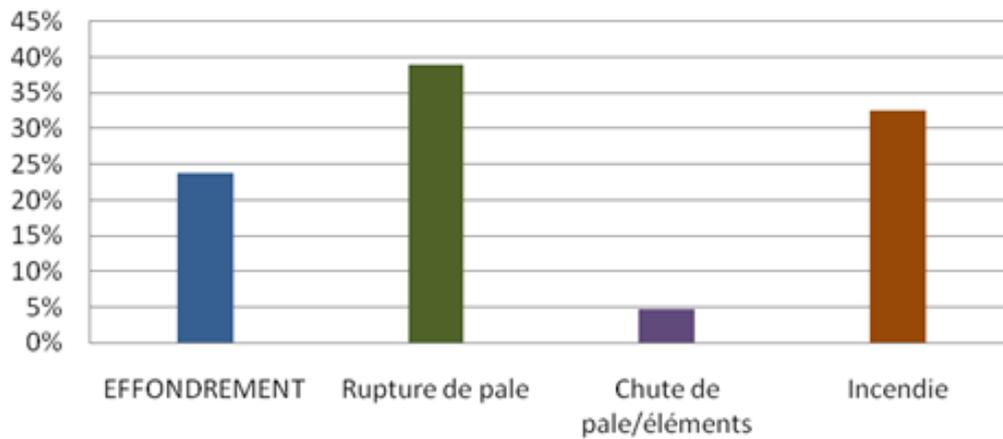
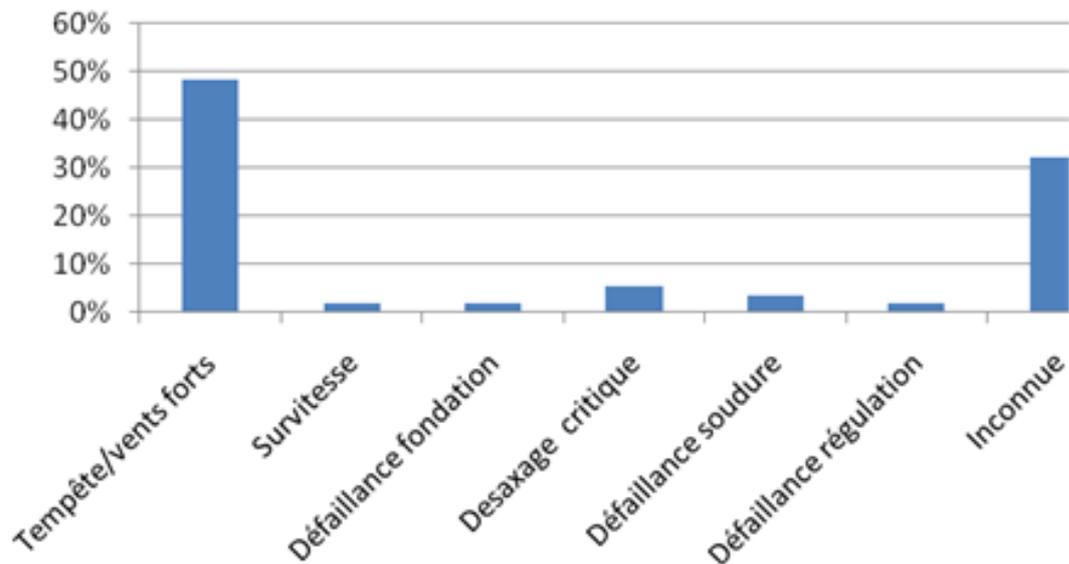


Figure 8 : La répartition des événements accidentels par rapport à la totalité des accidents (source FEE)

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).

Répartition des causes premières d'effondrement



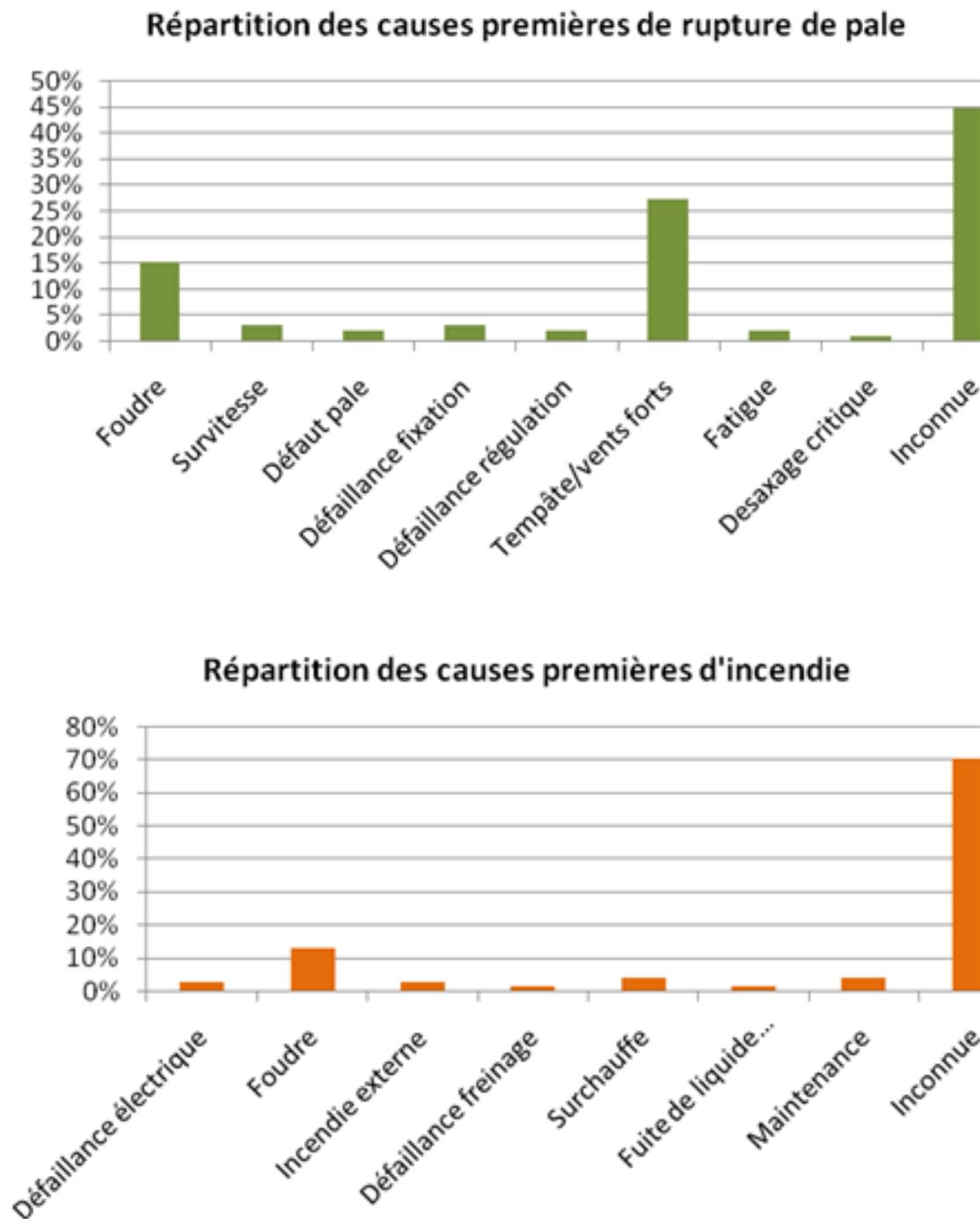


Figure 9 : Les causes premières des accidents d'aérogénérateurs dans le monde (source : FEE)

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 REDOUTES 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.

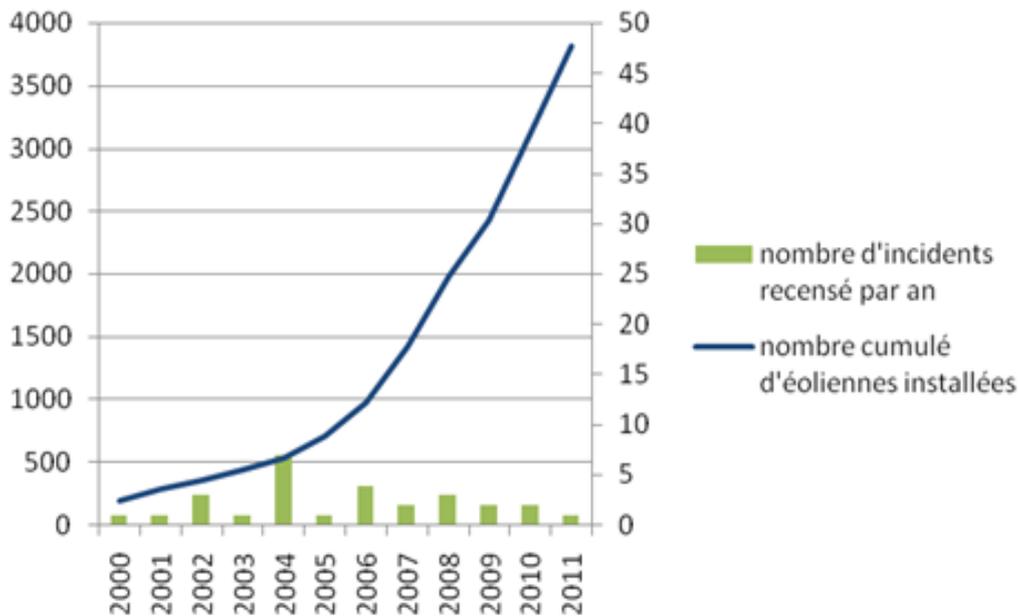


Figure 10 : L'évolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées (source : FEE)

VI.3.2. L'ANALYSE DES TYPOLOGIES D'ACCIDENTS LES PLUS FREQUENTS

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 PRELIMINAIRE DES RISQUES

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

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

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

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

VII.2. LE RECENSEMENT DES EVENEMENTS EXCLUS DE L'ANALYSE DES RISQUES

Comme cela est précisé dans la circulaire du 10 mai 2010, les événements suivants sont exclus de l'analyse des risques :

- 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 LIEES AUX ACTIVITES 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 RD secondaires et de voies communales à proximité.					
				1 550	1 800	450	480	1240	110
Voies de circulation ferroviaire	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Énergie cinétique des véhicules et flux thermiques	Absence de voie ferroviaire dans un rayon de 200 m.					
Aérodrome	Transport aérien	Chute d'aéronef	Énergie cinétique de l'aéronef, flux thermique	Absence d'aérodrome dans un rayon de 2 km.					

Infrastructure	Fonction	Événement redouté	Danger potentiel	Distance par rapport au mât des éoliennes (en mètres)					
				E1	E2	E3	E4	E5	E6
Ligne THT	Transport d'électricité	Rupture de câble	Arc électrique, surtensions	Absence de ligne THT dans un rayon de 200 m. Présence d'une ligne HTA.					
Ligne HTA				Enfouissement prévu de la ligne HTA passant à proximité de l'éolienne E4.					
Autres aérogénérateurs	Production d'électricité	Accident générant des projections d'éléments	Énergie cinétique des éléments projetés	Absence d'autres aérogénérateurs.					

Tableau 12 : Les agressions externes liées aux activités humaines

Aucune agression externe liée aux activités humaines n'est donc recensée dans le périmètre rapproché du parc éolien Le Mének.

VII.3.2. LES AGRESSIONS EXTERNES LIEES AUX PHENOMENES 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.
Glissement de sols/ affaissement miniers	Aucun risque de ce type n'est répertorié sur le périmètre d'étude rapproché du parc éolien Le Mének.

Tableau 13 : 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 SCENARIOS ETUDIES DANS L'ANALYSE GNERIQUE 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

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
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
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	Impact sur cible	1

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
				d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)		
C03	Défaut fixation nacelle – pivot central – mât	Chute nacelle	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	1
P01	Survitesse	Contraintes trop importante sur les pales	Projection de tout ou partie de pale	Prévenir la survitesse (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
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 –	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
				exploitation) (N° 9)		
E07	Effondrement engin de levage travaux	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Actions de prévention mises en œuvre dans le cadre du plan de prévention (N°13)	Chute fragments et chute mât	2
E08	Vents forts	Défaillance fondation	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9) Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort (N°12) Dans les zones cycloniques, mettre en place un système de prévision cyclonique et équiper les éoliennes d'un dispositif d'abattage et d'arrimage au sol (N°13)	Projection/chute fragments et chute mât	2
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 14 : 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 SECURITE

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

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

Dans le cadre de l'étude de dangers des parcs éoliens, les 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	<p>Capteurs de température des pièces mécaniques.</p> <p>Définition de seuils critiques de température pour chaque type de composant avec alarmes.</p> <p>Mise à l'arrêt ou bridage jusqu'à refroidissement.</p>		
Description	/		
Indépendance	Oui.		
Temps de réponse	NA.		
Efficacité	100 %.		
Tests	/		
Maintenance	<p>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.</p> <p>Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.</p>		
Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	4
Mesures de sécurité	Détection de survitesse et système de freinage.		
Description	<p>Systèmes de coupure s'enclenchant en cas de dépassement des seuils de vitesse prédéfinis, indépendamment du système de contrôle de commande.</p> <p>NB : Le système de freinage est constitué d'un frein aérodynamique principal (mise en drapeau des pales) et / ou d'un frein mécanique auxiliaire.</p>		
Indépendance	Oui.		
Temps de réponse	<p>Temps de détection < 1 minute.</p> <p>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.</p>		
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	<p>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).</p> <p>Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.</p>		

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	Détecteurs de niveau d'huiles. Procédure d'urgence. Kit antipollution.		
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.</p> <p>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.</p> <p>Des kits de dépollution d'urgence, composés de grandes feuilles de textile absorbant, pourront être utilisés afin de :</p> <p style="text-align: center;">contenir et arrêter la propagation de la pollution ;</p> <p>absorber jusqu'à 20 litres de déversements accidentels de liquides (huile, eau, alcools, ...) et produits chimiques (acides, bases, solvants, ...) ;</p> <p style="text-align: center;">récupérer les déchets absorbés.</p> <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	Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints, etc.). Procédures qualités. Attestation du contrôle technique (procédure permis de construire).		
Description	La norme IEC 61 400-1 « Exigence pour la conception des aérogénérateurs » fixe les prescriptions propres à fournir « un niveau approprié de protection contre les dommages résultant de tout risque durant la durée de vie » de l'éolienne. Ainsi la nacelle, le nez, les fondations et la tour répondent au standard IEC 61 400-1. Les pales respectent le standard IEC 61 400-1 ; 12 ; 23. Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223.		
Indépendance	Oui.		
Temps de réponse	NA.		
Efficacité	100 %.		
Tests	NA.		
Maintenance	Les couples de serrage (brides sur les diverses sections de la tour, bride de raccordement des pales au moyeu, bride de raccordement du moyeu à l'arbre lent, éléments du châssis, éléments du pitch system, couronne du Yam Gear, boulons de fixation de la nacelle, ...) sont vérifiés au bout de 3 mois de fonctionnement puis tous les 3 ans, conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011.		
Fonction de sécurité	Prévenir les erreurs de maintenance	N° de la fonction de sécurité	10
Mesures de sécurité	Procédure maintenance.		
Description	Préconisations du manuel de maintenance. Formation du personnel.		
Indépendance	Oui.		
Temps de réponse	NA.		
Efficacité	100 %.		
Tests	NA.		
Maintenance	NA.		
Fonction de sécurité	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	N° de la fonction de sécurité	11
Mesures de sécurité	Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de 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 15 : 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 PRELIMINAIRE DES RISQUES

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

Dans le cadre de l'APR générique, trois catégories de scénarios sont a priori exclues de l'étude détaillée, en raison de leur faible intensité ; 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 16 : 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'ETUDE DETAILLEE 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 DEFINITIONS

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 CINETIQUE

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'INTENSITE

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 GRAVITE

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

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 pour 0,33 ha sur les bâtiments agricoles se trouvant dans le périmètre de 500 m.

- 1 personne par tranche de 10 ha dans les terrains aménagés mais très peu fréquentés (voies de communications non structurantes et chemins d'exploitation).

Dans le cadre de la présente étude, pour la détermination des surfaces de voirie concernées, une largeur moyenne de 4 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 17 : Les niveaux de gravité

VIII.1.4. LA PROBABILITE

L'annexe I de l'arrêté du 29 Septembre 2005 définit les classes de probabilité qui doivent être utilisées dans les études de dangers pour caractériser les scénarios d'accident majeur (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.	$10^{-4} < P \leq 10^{-3}$

Niveau de probabilité	Échelle qualitative	Échelle quantitative (probabilité annuelle)
D	Rare S'est déjà produit mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement la probabilité.	$10^{-5} < P \leq 10^{-4}$
E	Extrêmement rare Possible mais non rencontré au niveau mondial. N'est pas impossible au vu des connaissances actuelles.	$\leq 10^{-5}$

Tableau 18 : 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.

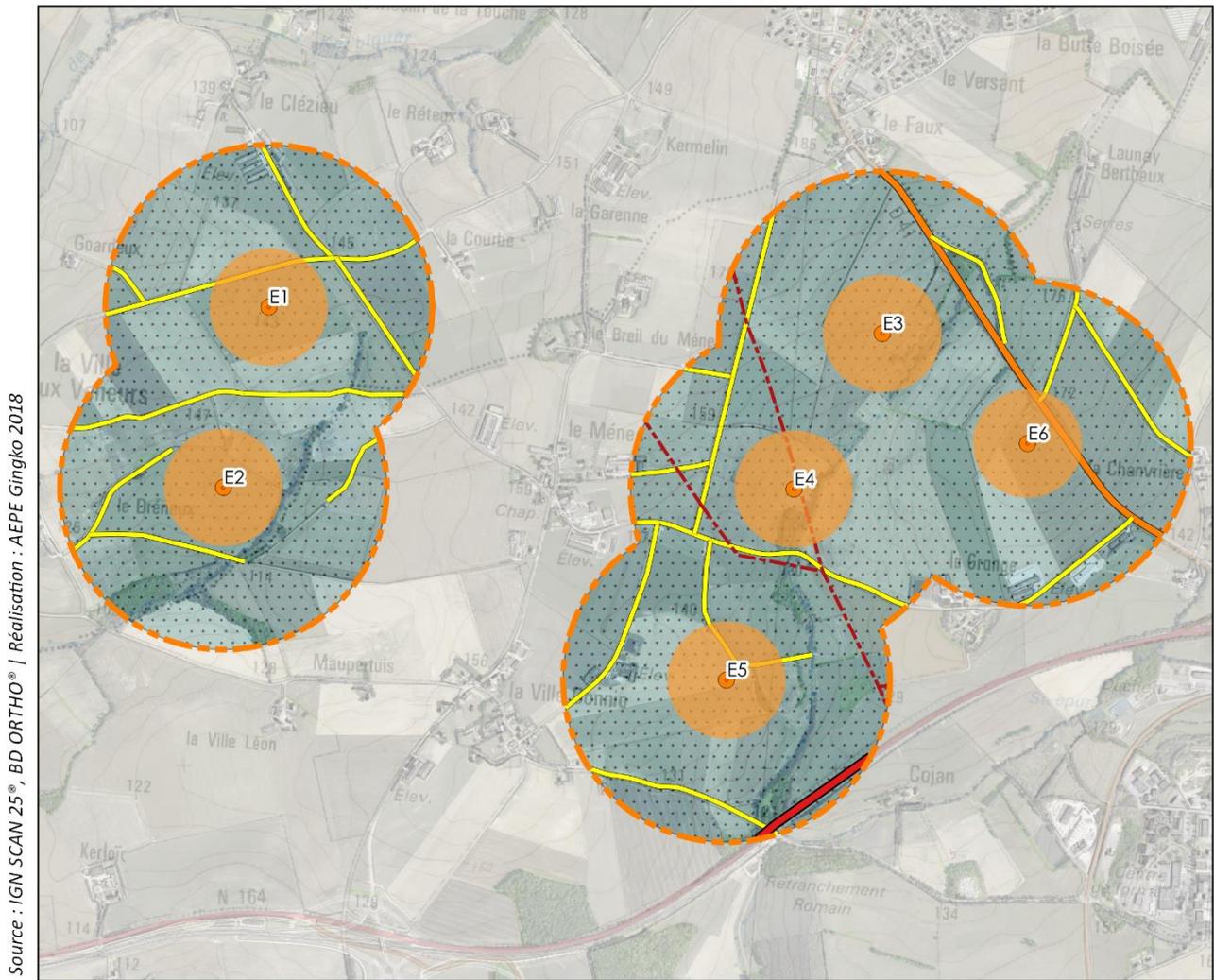
VIII.2. LA CARACTERISATION DES SCENARIOS RETENUS

VIII.2.1. L'EFFONDREMENT DE L'EOLIENNE

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 178,5 m dans le cas des éoliennes E1, E2, E3, E4 et E5 et 164,5 m dans le cas de l'éoliennes E6 composant le parc éolien Le Ménéec.

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.

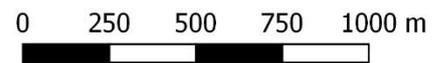


AEPE Gingko 

Les zones d'effet du risque d'effondrement des éoliennes



-  Eolienne
-  Périmètre de l'étude de danger (500 m)
-  Zone d'effet du risque d'effondrement de l'éolienne



Infrastructures

-  Route non structurante
-  RD 41
-  RN 164
-  Bâti
-  Terrain non bâti, non aménagé et très peu fréquenté
-  Ligne électrique

Carte 7 : La zone d'effet du risque d'effondrement de l'éolienne

VIII.2.1.2 L'INTENSITE

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 Le Ménék. R est la longueur de pale (R= 58,4 m), H la hauteur du mât (H= 117,9 m ou 103,9 m), L la largeur du mât à sa base (L= 4,3 m) et LB la largeur de la base de la pale (LB = 2,51 m).

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à 178,5 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, E4 et E5	$Z_I = (H \times L) + (3 \times R \times LB) / 2$ Soit 726,8 m²	$Z_E = \pi \times (H + R)^2$ soit 97 646 m²	0,74 %	Exposition modérée
Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à 164,5 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
E6	$Z_I = (H \times L) + (3 \times R \times LB) / 2$ Soit 666,6 m²	$Z_E = \pi \times (H + R)^2$ soit 82 754 m²	0,81 %	Exposition modérée

Tableau 19 : 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 GRAVITE

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 **9,8 ha** pour les éoliennes E1, E2, E3, E4 et E5, et d'environ **8,3 ha** pour l'éolienne E6. Ces chiffres sont à mettre en relation avec l'estimation d'une personne pour 100 ha. On dénombre donc **0,098** ou **0,083** personne concernée par éolienne.

Pour les bâtiments agricoles se trouvant dans le périmètre de 500 m il est retenu 1 personne pour 0,33 ha.

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 structurantes, la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 recommande de retenir 0,4 personne permanente par km exposé par tranche de 100 véhicules/jour.

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

- Éolienne 1 : $97\,646\text{ m}^2 + 1\,336\text{ m}^2$ soit $0,097646 + 0,01336 = 0,11$ personne concernée,
- Éolienne 2 : $97\,646\text{ m}^2$ soit $0,097646 = 0,10$ personne concernée,
- Éolienne 3 : $97\,646\text{ m}^2$ soit $0,097646 = 0,10$ personne concernée,
- Éolienne 4 : $97\,646\text{ m}^2 + 272\text{ m}^2$ soit $0,097646 + 0,00272 = 0,10$ personne concernée,
- Éolienne 5 : $97\,646\text{ m}^2 + 1\,052\text{ m}^2$ soit $0,097646 + 0,01052 = 0,11$ personne concernée,
- Éolienne 6 : $82\,754\text{ m}^2 + 1\,8016\text{ m}^2$ soit $0,082754 + 0,01816 = 0,10$ personne concernée.

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

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à 178,5 m ou 164,5 m)			
Éolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)		Gravité
Éolienne 1	0,11	Au plus 1 personne exposée	Sérieuse
Éolienne 2	0,10	Au plus 1 personne exposée	Sérieuse
Éolienne 3	0,10	Au plus 1 personne exposée	Sérieuse
Éolienne 4	0,10	Au plus 1 personne exposée	Sérieuse
Éolienne 5	0,11	Au plus 1 personne exposée	Sérieuse
Éolienne 6	0,10	Au plus 1 personne exposée	Sérieuse

Tableau 20 : L'évaluation de la gravité pour le risque d'effondrement d'une éolienne

VIII.2.1.4 LA PROBABILITE

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

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

Tableau 21 : 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'ACCEPTABILITE

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

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à 178,5 m ou 164,5 m)		
Éolienne	Gravité	Niveau de risque
Éolienne 1	Sérieuse	Très faible
Éolienne 2	Sérieuse	Très faible
Éolienne 3	Sérieuse	Très faible
Éolienne 4	Sérieuse	Très faible

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 178,5 m ou 164,5 m)		
Éolienne	Gravité	Niveau de risque
Éolienne 5	Sérieuse	Très faible
Éolienne 6	Sérieuse	Très faible

Tableau 22 : L'acceptabilité du risque d'effondrement d'une éolienne

Ainsi, pour le parc éolien Le Ménéck, 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 CONSIDERATIONS GENERALES

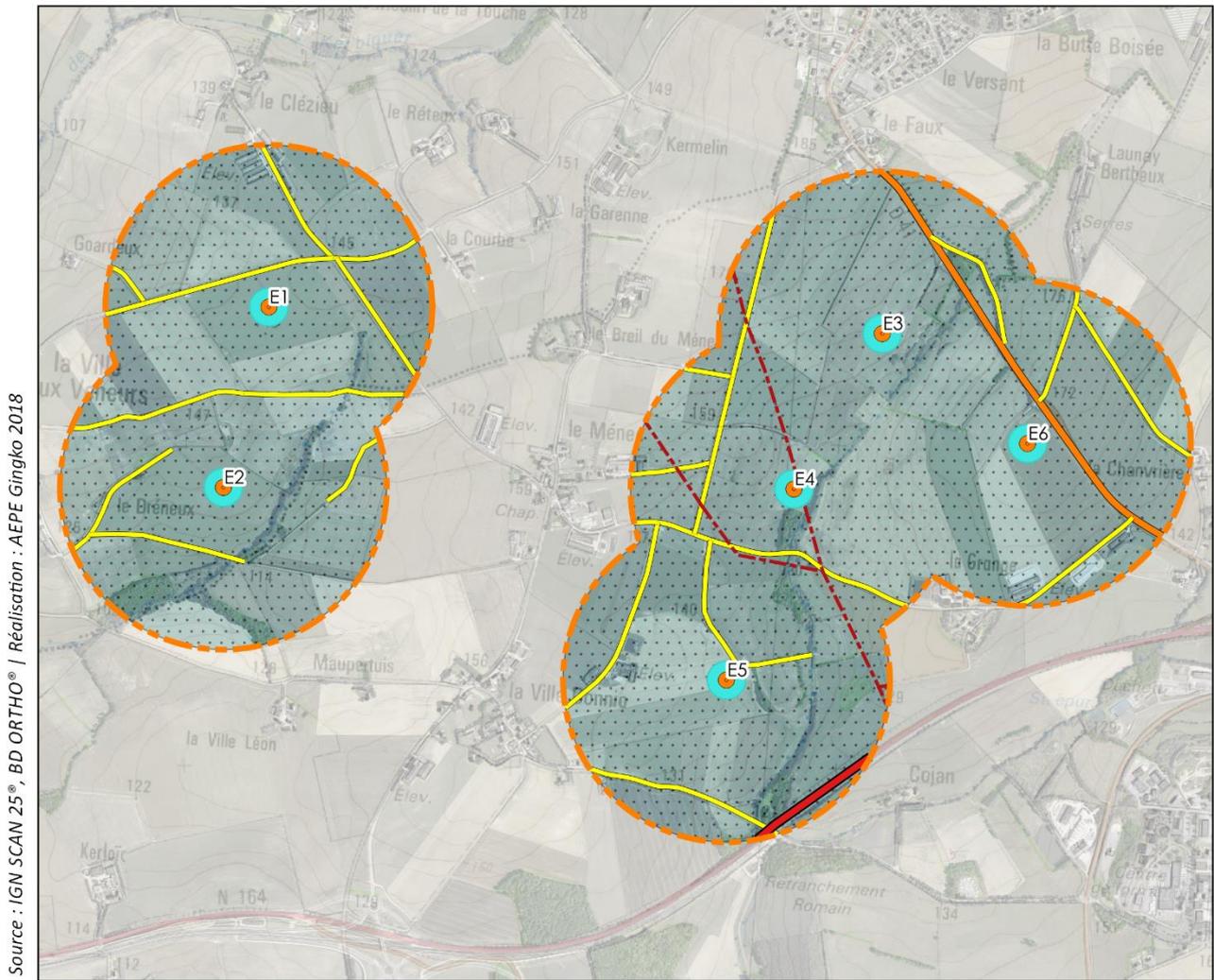
Les périodes de gel et l'humidité de l'air peuvent entraîner, dans des conditions de température et d'humidité de l'air bien particulières, une formation de givre ou de glace sur l'éolienne, ce qui induit des risques potentiels de chute de glace. Selon l'étude WECO [15], une grande partie du territoire 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 Le Ménéck, la zone d'effet a donc un rayon de 58,4 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.



Les zones d'effet du risque de chute de glace



-  Eolienne
-  Périmètre de l'étude de danger (500 m)
-  Zone d'effet du risque de chute de glace



Infrastructures

-  Route non structurante
-  RD 41
-  RN 164
-  Bâti
-  Terrain non bâti, non aménagé et très peu fréquenté
-  Ligne électrique

Carte 8 : La zone d'effet du risque de chute de glace

VIII.2.2.3 L'INTENSITE

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 Le Ménec. Z_I est la zone d'impact, Z_E est la zone d'effet, R est la longueur de pale ($R=58,4$ m), SG est la surface du morceau de glace majorant ($SG = 1$ m²).

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à 58,4 m)			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = SG$ Soit 1 m ²	$Z_E = \pi \times R^2$ Soit 10 715 m ²	$D = Z_I / Z_E$ Soit 0,011 % (< 1 %)	Exposition modérée

Tableau 23 : 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 GRAVITE

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 0,01 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 58,4 m)			
Éolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)		Gravité
Éolienne 1	0,01	Présence humaine exposée inférieure à une personne	Modérée
Éolienne 2	0,01	Présence humaine exposée inférieure à une personne	Modérée
Éolienne 3	0,01	Présence humaine exposée inférieure à une personne	Modérée
Éolienne 4	0,01	Présence humaine exposée inférieure à une personne	Modérée
Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à 58,4 m)			
Éolienne	0,01		Gravité

Éolienne 5	0,01	Présence humaine exposée inférieure à une personne	Modérée
Éolienne 6	0,01	Présence humaine exposée inférieure à une personne	Modérée

Tableau 24 : L'évaluation de la gravité du risque de chute de glace

VIII.2.2.5 LA PROBABILITE

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'ACCEPTABILITE

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

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à 58,4 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 25 : L'acceptabilité du risque d'effondrement d'une éolienne

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

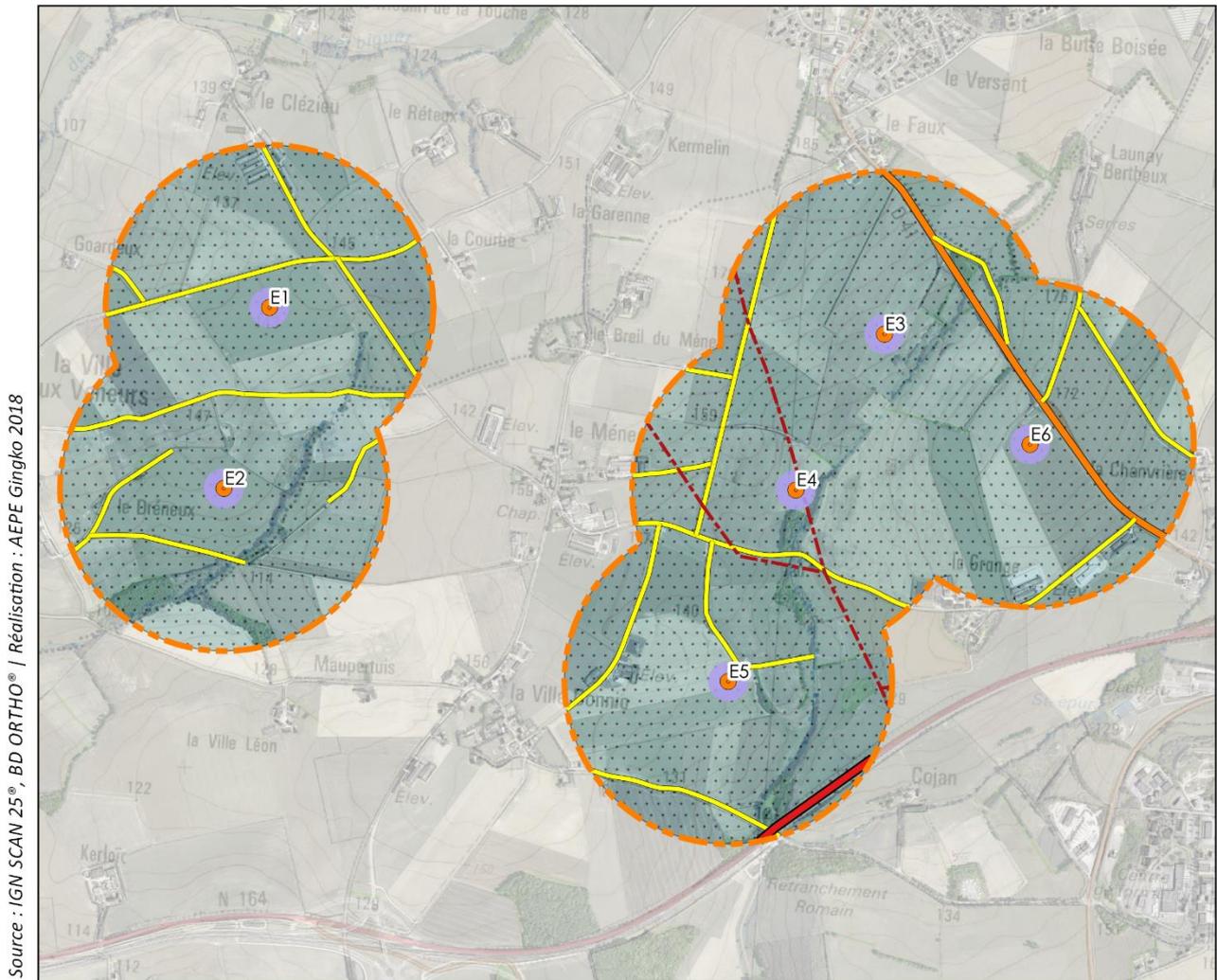
Il convient également de rappeler que, conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation, un panneau informant le public des risques (et notamment des risques de chute de glace) sera installé sur le chemin d'accès de chaque aérogénérateur, 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°, BD ORTHO® / Réalisation : AEPE Gingko 2018



Les zones d'effet du risque de chute d'éléments



- Eolienne
- ▭ Périmètre de l'étude de danger (500 m)
- ▭ Zone d'effet du risque de chute d'éléments



Infrastructures

- Route non structurante
- RD 41
- RN 164
- Bâti
- ▭ Terrain non bâti, non aménagé et très peu fréquenté
- Ligne électrique

Carte 9 : La zone d'effet du risque de chute d'élément

VIII.2.3.2 L'INTENSITE

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 Le Mének. D est le degré d'exposition, Z_I la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, R la longueur de pale ($R = 58,4$ m) et LB la largeur de la base de la pale ($LB = 2,51$ m).

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à 58,4 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 73,29 m ²	$Z_E = \pi \times R^2$ Soit 10 715 m ²	$D = Z_I / Z_E$ Soit 0,9 % (< 1 %)	Exposition modérée

Tableau 26 : 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 GRAVITE

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 0,01 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 58,4 m)			
Éolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)		Gravité
Éolienne 1	0,01	Présence humaine exposée inférieure à une personne	Modérée
Éolienne 2	0,01	Présence humaine exposée inférieure à une personne	Modérée
Éolienne 3	0,01	Présence humaine exposée inférieure à une personne	Modérée
Éolienne 4	0,01	Présence humaine exposée inférieure à une personne	Modérée

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à 58,4 m)			
Éolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)		Gravité
Éolienne 5	0,01	Présence humaine exposée inférieure à une personne	Modérée
Éolienne 6	0,01	Présence humaine exposée inférieure à une personne	Modérée

Tableau 27 : L'évaluation de la gravité du risque de chute d'éléments de l'éolienne

VIII.2.3.4 LA PROBABILITE

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 $4,47 \times 10^{-4}$ événement par éolienne et par an).

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

Le tableau suivant rappelle pour chaque aérogénérateur du parc éolien Le Mének, 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 58,4 m)		
Éolienne	Gravité	Niveau de risque
Éolienne 1	Modérée	Très faible
Éolienne 2	Modérée	Très faible
Éolienne 3	Modérée	Très faible
Éolienne 4	Modérée	Très faible
Éolienne 5	Modérée	Très faible
Éolienne 6	Modérée	Très faible

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

Ainsi, pour le parc éolien Le Mének, 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'INTENSITE

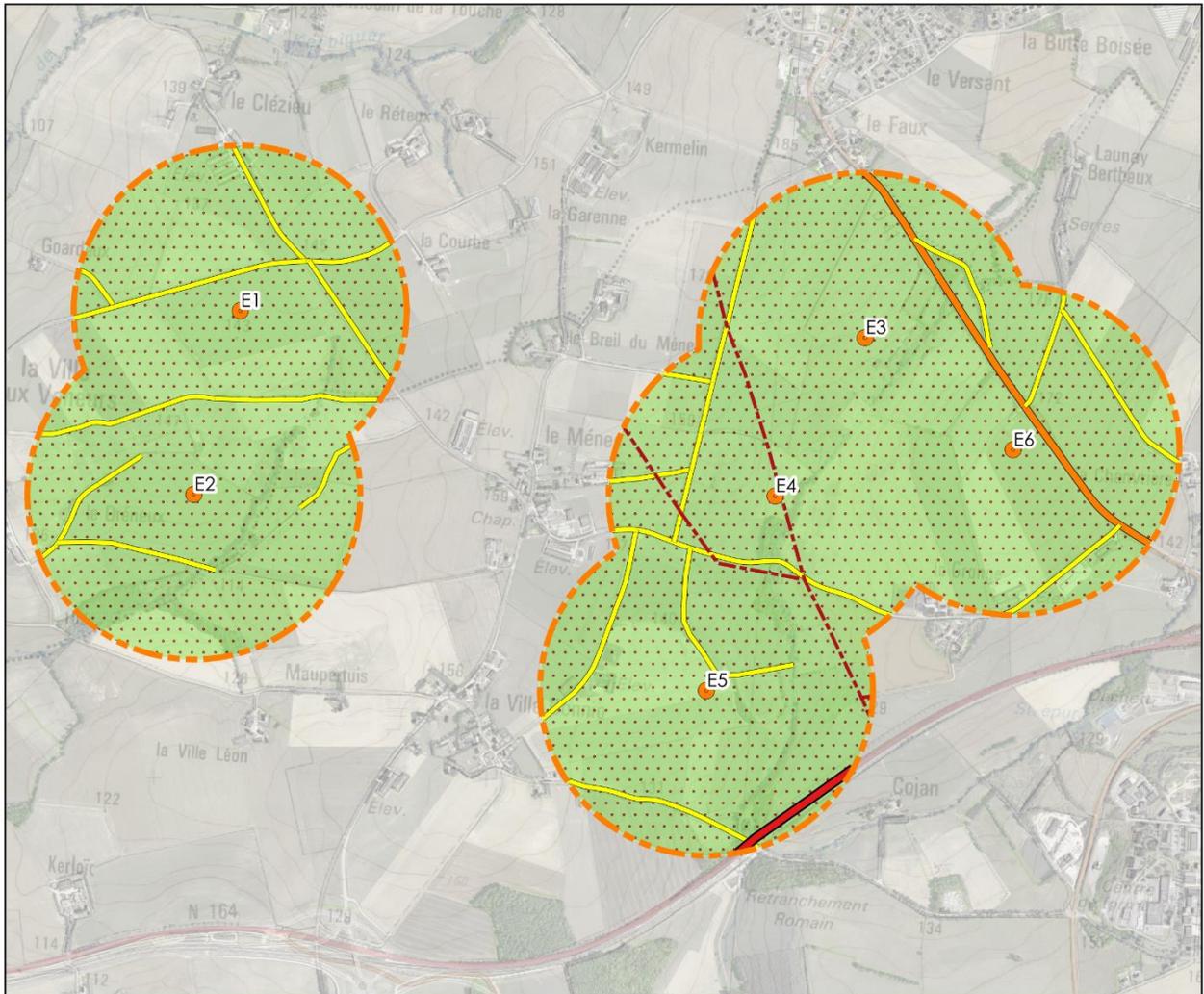
Pour le phénomène de projection de pale ou de fragment de pale, le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface d'un élément (cas majorant d'une pale entière) et la superficie de la zone d'effet du phénomène (500 m).

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 Le Mének. D est le degré d'exposition, Z_I la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, R la longueur de pale ($R = 58,4\text{m}$), LB la largeur de la base de la pale ($LB = 2,51\text{ m}$) et r le rayon de projection maximale ($r = 500\text{ m}$).

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 73,29 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 29 : L'évaluation de l'intensité du risque de projection de pale ou de fragment de pale

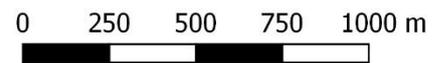
Source : IGN SCAN 25°, BD ORTHO® / Réalisation : AEPE Gingko 2018



Les zones d'effet du risque de projection de pâles



-  Eolienne
-  Périmètre de l'étude de danger (500 m)
-  Zone d'effet du risque de projection de pâles



Infrastructures

-  Route non structurante
-  RD 41
-  RN 164
-  Bâti
-  Terrain non bâti, non aménagé et très peu fréquenté
-  Ligne électrique

Carte 10 : La zone d'effet du risque de projection de pale ou de fragment de pale

VIII.2.4.3 LA GRAVITE

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

Pour les terrains non aménagés et très peu fréquentés (parcelles agricoles), la zone d'effet est d'environ 78,5 ha par éolienne. Ce chiffre est à mettre en relation avec l'estimation d'une personne pour 100 ha. Cela signifie que l'on peut estimer la présence d'un équivalent de 0,785 personne concernée par éolienne.

Pour les bâtiments agricoles se trouvant dans le périmètre de 500 m il est retenu 1 personne pour 0,33 ha.

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.

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

- Éolienne 1 : $785\,397\text{ m}^2 + 7\,153\text{ m}^2 + 10\,976\text{ m}^2$ soit $0,7854 + 2,1676 + 0,1097 = 3,063$ personnes concernées,
- Éolienne 2 : $785\,397\text{ m}^2 + 172\text{ m}^2 + 11\,188\text{ m}^2$ soit $0,7854 + 0,0521 + 0,1118 = 0,949$ personne concernée,
- Éolienne 3 : $785\,397\text{ m}^2 + 8\,436\text{ m}^2$ soit $0,7854 + 0,0844 = 0,870$ personne concernée,
- Éolienne 4 : $785\,397\text{ m}^2 + 10\,096\text{ m}^2$ soit $0,7854 + 0,1010 = 0,886$ personne concernée,
- Éolienne 5 : $785\,397\text{ m}^2 + 3\,101\text{ m}^2 + 9\,692\text{ m}^2 + 0,498\text{ km}^2$ soit $0,7854 + 0,0969 + 29,88 = 31,7020$ personnes concernées,
- Éolienne 6 : $785\,397\text{ m}^2 + 8\,758\text{ m}^2 + 10\,828\text{ m}^2$ soit $0,7854 + 2,6539 + 0,1083 = 3,5476$ personnes concernées.

Ainsi, la gravité du phénomène de projection de pale ou de fragment de pale sur les enjeux humains est cotée :

- « modérée » (avec au plus 1 personne permanente exposée dans une zone d'exposition modérée) dans la zone d'effet de 500 m, des éoliennes E2, E3 et E4 ;
- « sérieuse » (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 E6 ;
- « importante » (avec entre 10 et 100 personnes permanente exposée dans une zone d'exposition modérée) dans la zone d'effet de 500 m, de l'éolienne E5.

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	3,06	Présence humaine exposée inférieure 10 personnes	Sérieuse
Éolienne 2	0,95	Au plus 1 personne exposée	Modérée

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 3	0,87	Au plus 1 personne exposée	Modérée
Éolienne 4	0,89	Au plus 1 personne exposée	Modérée
Éolienne 5	31,7	Entre 10 et 100 personnes exposées	Importante
Éolienne 6	3,55	Présence humaine exposée inférieure 10 personnes	Sérieuse

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

VIII.2.4.4 LA PROBABILITE

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 31 : 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 $7,66 \times 10^{-4}$ évènement 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'ACCEPTABILITE

Le tableau suivant rappelle pour chaque aérogénérateur du parc éolien Le Mének, 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	Sérieuse	Très faible
Éolienne 2	Modérée	Très faible
Éolienne 3	Modérée	Très faible
Éolienne 4	Modérée	Très faible
Éolienne 5	Importante	Faible
Éolienne 6	Sérieuse	Très faible

Tableau 32 : L'acceptabilité du risque projection de pale ou de fragment de pale

Ainsi, pour le parc éolien Le Mének, 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

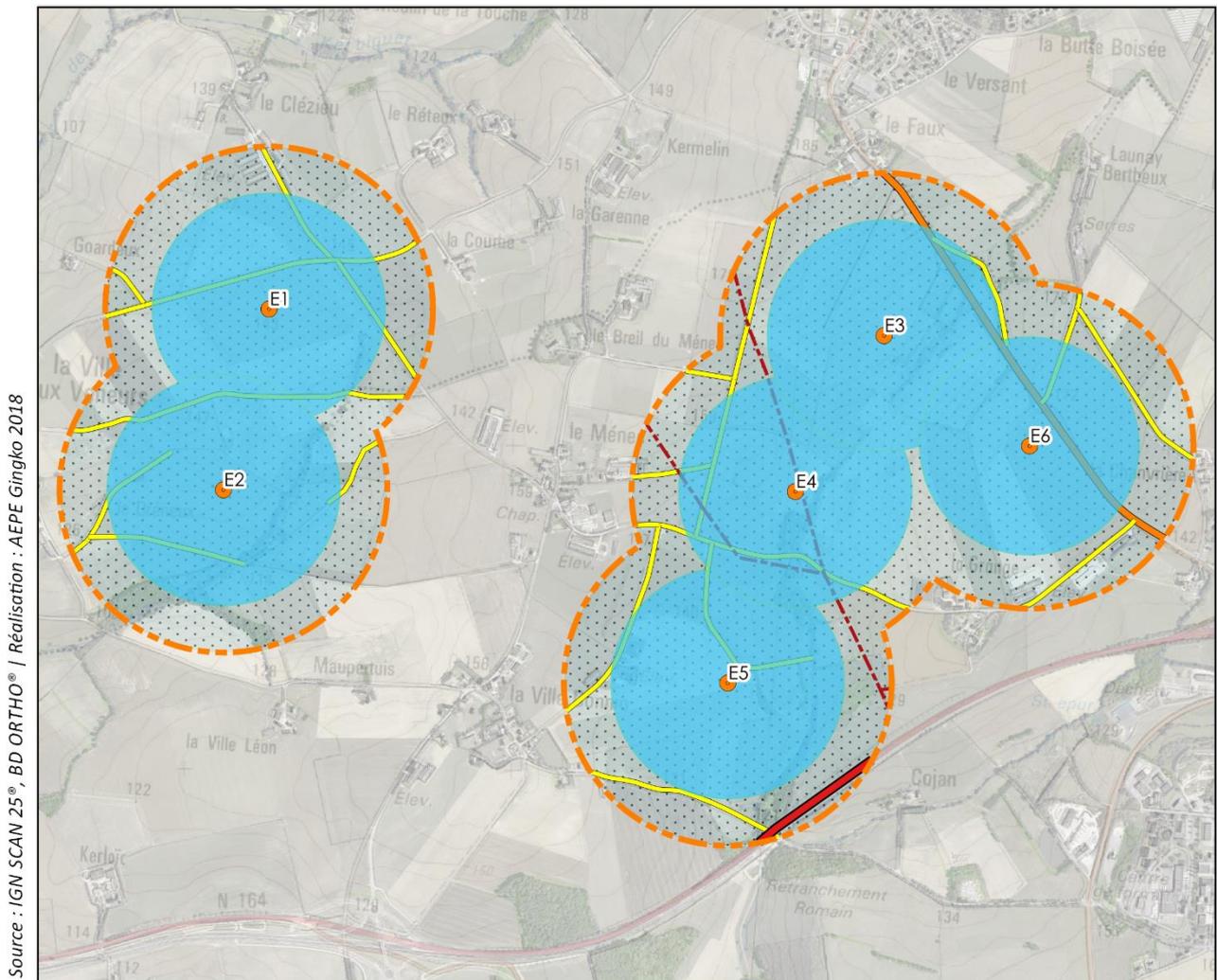
L'accidentologie rapporte quelques cas de projection de glace. Ce phénomène est connu et possible, mais n'a jamais occasionné de dommage sur les personnes ou les biens.

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 Le Mének, la distance d'effet est donc évaluée à un rayon de **355,20 m** autour des éoliennes E1, E2, E3, E4 et E5, et à un rayon de **334,20 m** autour de l'éoliennes E6.



Source : IGN SCAN 25°, BD ORTHO® / Réalisation : AEPE Gingko 2018



Les zones d'effet du risque de projection de glace



- Eolienne
 - ▭ Périmètre de l'étude de danger (500 m)
 - ▭ Zone d'effet du risque de projection de glace
- Infrastructures**
- Route non structurante
 - RD 41
 - RN 164
 - Bâti
 - ▭ Terrain non bâti, non aménagé et très peu fréquenté
 - Ligne électrique



Carte 11 : La zone d'effet des risques de projection de glace

VIII.2.5.2 L'INTENSITE

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 Le Ménék. D est le degré d'exposition, ZI la zone d'impact, ZE la zone d'effet, R la longueur de pale (R= 58,4 m), H la hauteur du moyeu (H= 119,9 m ou 105,9 m), et SG la surface majorante d'un morceau de glace.

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de 355,05 m autour de l'éolienne)				
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, E4 et E5	Z _i = SG soit 1 m ²	ZE = $\pi \times 1,5 \times (H+2 \times R)^2$ Soit 127 204 m ²	D = 0,001 % (< 1 %)	Exposition modérée
Projection de morceaux de glace (dans un rayon de 334,05 m autour de l'éolienne)				
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
E6	Z _i = SG soit 1 m ²	ZE = $\pi \times 1,5 \times (H+2 \times R)^2$ Soit 119 578 m ²	D = 0,001 % (< 1 %)	Exposition modérée

Tableau 33 : L'évaluation de l'intensité du risque de projection de morceaux de glace pour les éoliennes

VIII.2.5.3 LA GRAVITE

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 bâtiments agricoles se trouvant dans le périmètre de 500 m il est retenu 1 personne pour 0,33 ha.

Pour les terrains non aménagés et très peu fréquentés (parcelles agricoles), la zone d'effet est d'environ 12 à 13 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 0,12 à 0,13 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.

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

- Éolienne 1 : 130 846 m² + 1 219 m² + 6 136 m² soit 0,1308 + 0,3694 + 0,0614 = 0,56 personne concernée,
- Éolienne 2 : 130 846 m² + 172 m² + 6 680 m² soit 0,1308 + 0,0521 + 0,0668 = 0,25 personne concernée,
- Éolienne 3 : 130 846 m² + 2 136 m² soit 0,1308 + 0,0214 = 0,15 personne concernée,
- Éolienne 4 : 130 846 m² + 5 628 m² soit 0,1308 + 0,0563 = 0,18 personne concernée,
- Éolienne 5 : 130 846 m² + 1 189 m² + 2 144 m² soit 0,1308 + 0,3603 + 0,0214 = 0,51 personne concernée,
- Éolienne 6 : 123 075 m² + 4 056 m² soit 0,1231 + 0,0406 = 0,16 personne concernée.

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.

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

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de 355,05 m ou 334,05 m autour de l'éolienne)			
Éolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)		Gravité
Éolienne 1	0,56	Présence humaine exposée inférieure à 1 personne	Modérée
Éolienne 2	0,25	Présence humaine exposée inférieure à 1 personne	Modérée
Éolienne 3	0,15	Présence humaine exposée inférieure à 1 personne	Modérée
Éolienne 4	0,18	Présence humaine exposée inférieure à 1 personne	Modérée
Éolienne 5	0,51	Présence humaine exposée inférieure à 1 personne	Modérée
Éolienne 6	0,16	Présence humaine exposée inférieure à 1 personne	Modérée

Tableau 34 : L'évaluation de la gravité du risque de projection de morceaux de glace

VIII.2.5.4 LA PROBABILITE

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

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

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

VIII.2.5.5 L'ACCEPTABILITE

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

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de 355,05 m ou 334,05 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

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de 355,05 m ou 334,05 m autour de l'éolienne)		
Éolienne	Gravité	Niveau de risque
Éolienne 4	Modérée	Très faible
Éolienne 5	Modérée	Très faible
Éolienne 6	Modérée	Très faible

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

Ainsi, pour le parc éolien Le Ménéck, 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 SCÉNARIOS ÉTUDIÉS

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

Scénario	Zone d'effet	Éolienne	Cinétique	Intensité	Gravité	Probabilité
Effondrement de l'éolienne	Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale, soit 178,5 m	E1, E2, E3, E4 et E5	Rapide	Exposition modérée	Sérieuse	D
Effondrement de l'éolienne	Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale, soit 164,5 m	E6	Rapide	Exposition modérée	Sérieuse	D
Chute de glace	Zone de survol soit un rayon de 57,3 m	Toutes	Rapide	Exposition modérée	Modérée	A
Chute d'élément de l'éolienne	Zone de survol soit un rayon de 57,3 m	Toutes	Rapide	Exposition modérée	Modérée	C
Projection de pales ou de fragment de pale	Rayon de 500 m autour des éoliennes	E2, E3 et E4	Rapide	Exposition modérée	Modérée	D
Projection de pales ou de fragment de pale	Rayon de 500 m autour des éoliennes	E5	Rapide	Exposition modérée	Importante	D

Projection de pales ou de fragment de pale	Rayon de 500 m autour des éoliennes	E1 et E6	Rapide	Exposition modérée	Sérieuse	D
Projection de glace	Rayon de 355,05 m autour des éoliennes	E1, E2, E3, E4 et E5	Rapide	Exposition modérée	Modérée	B
Projection de glace	Rayon de 334,05 m autour des éoliennes	E6	Rapide	Exposition modérée	Modérée	B

Tableau 36 : La synthèse de l'évaluation des risques étudiés

VIII.2.6.2 LA SYNTHESE DE L'ACCEPTABILITE 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	Yellow	Red	Red	Red	Red
	Catastrophique	Yellow	Yellow	Red	Red	Red
	Importante	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red
	Sérieuse	Green	Green	Yellow	Yellow	Red
	Modérée	Green	Green	Green	Green	Yellow

Légende de la matrice :

	Niveau de risque	Acceptabilité
Green	Risque très faible	acceptable
Yellow	Risque faible	acceptable
Red	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 178,5 m	E1, E2, E3, E4 et E5	D	Sérieuse	Très faible	Acceptable
Effondrement de l'éolienne	Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale, soit 164,5 m	E6	D	Sérieuse	Très faible	Acceptable
Chute de glace	Zone de survol soit un rayon de 57,3 m	Toutes	A	Modérée	Faible	Acceptable
Chute d'élément de l'éolienne	Zone de survol soit un rayon de 57,3 m	Toutes	C	Modérée	Très faible	Acceptable
Projection de pale ou de fragment de pale	Rayon de 500 m autour des éoliennes	E2, E3 et E4	D	Modérée	Très faible	Acceptable
Projection de pales ou de fragment de pale	Rayon de 500 m autour des éoliennes	E5	D	Importante	Faible	Acceptable
Projection de pale ou de fragment de pale	Rayon de 500 m autour des éoliennes	E1 et E6	D	Sérieuse	Très faible	Acceptable
Projection de glace	Rayon de 355,05 m autour des éoliennes Rayon de 334,05 m autour des éoliennes	E1, E2, E3, E4 et E5	B	Modérée	Très faible	Acceptable
Projection de glace	Rayon de 355,05 m autour des éoliennes	E6	B	Sérieuse	Faible	Acceptable

Tableau 37 : 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.

Six scénarii d'accident engendrent des risques très faibles, ils ne nécessitent pas de mesure de maîtrise des risques. Trois scénarii d'accident induisent des risques faibles ; il s'agit des risques de chute de glace, de projection de pale ou de fragment de pale et de projection de glace. Ces risques sont jugés acceptables ; le premier concerne 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 départementales non structurante, la RN164 pour E5, des chemins d'exploitation et des bâtiments agricoles.

VIII.2.7. LES MESURES DE LIMITATION DES RISQUES

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 38 : Les mesures de maîtrise du risque de chute de glace



Figure 11 : 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
Erreur maintenance	Chute de trappe	10	Procédure maintenance

Évènement initiateur	Évènement intermédiaire	N° fonction de sécurité	Description de la mesure de maîtrise de risque (MMR)
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 39 : Les mesures de maîtrise du risque de chute d'éléments

Ainsi, aucun scénario ne présente de risque inacceptable.

VIII.2.8. LES MOYENS DE SECOURS ET D'INTERVENTION

VIII.2.8.1 LES MOYENS INTERNES

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

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

Le personnel est formé à l'utilisation des extincteurs.

VIII.2.8.2 LES MOYENS EXTERNES

La caserne de pompiers la plus proche est le centre *d'incendie et de secours de Loudéac*, située 25 rue Pavillon, 22600 LOUDEAC

Cette caserne compte un effectif de 63 sapeurs-pompiers, professionnels et volontaires.

Coordonnées :

Tél : 02 96 28 11 60

Fax : 02.96.28.60.73

Le porteur de projet s'engage à :

- ce que les éoliennes soient accessibles au moyen d'une voie carrossable d'une largeur de 3 mètres afin de faciliter l'intervention des engins d'incendie (fiches techniques A.3.21, A.3.22 et A.3.24) ;
- disposer d'une zone de sécurité aux abords de l'éolienne égale à une fois et demie sa hauteur totale, de défricher régulièrement cette zone et de la laisser libre de toute construction.

VIII.2.8.3 LE TRAITEMENT DE L'ALERTE

Les paramètres sont retransmis au centre de commande du parc éolien à Pleyben dans le Finistère (29) en continu via le système SCADA en place sur le parc.

Les données d'exploitation et les messages d'état (anomalies, alertes...) sont par ailleurs conservés en copie sur le système implanté, sur le parc sur une période de 20 ans. Les systèmes embarqués des éoliennes peuvent quant à eux conserver les 10 derniers messages d'état horodatés.

Les messages d'état sont construits sous la forme de codes « état principal : sous état »

Par exemple, le message d'état « 20 :52 » signifie « défaut de mesure du vent : pas de signal de l'anémomètre ».

Une alerte est envoyée en moins d'une minute au centre de contrôle, qui est à même de contacter les services compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'installation.

VIII.3. LA CARTOGRAPHIE DE SYNTHESE DES RISQUES

La carte ci-après permet de visualiser les zones d'effets des différents scénarii de risques envisagés pour le parc éolien Le Ménec.

Source : IGN SCAN 25®, BD ORTHO® | Réalisation : AEPE Gingko 2018



AEPE Gingko 

Les niveaux de risques au regard des scénarii étudiées



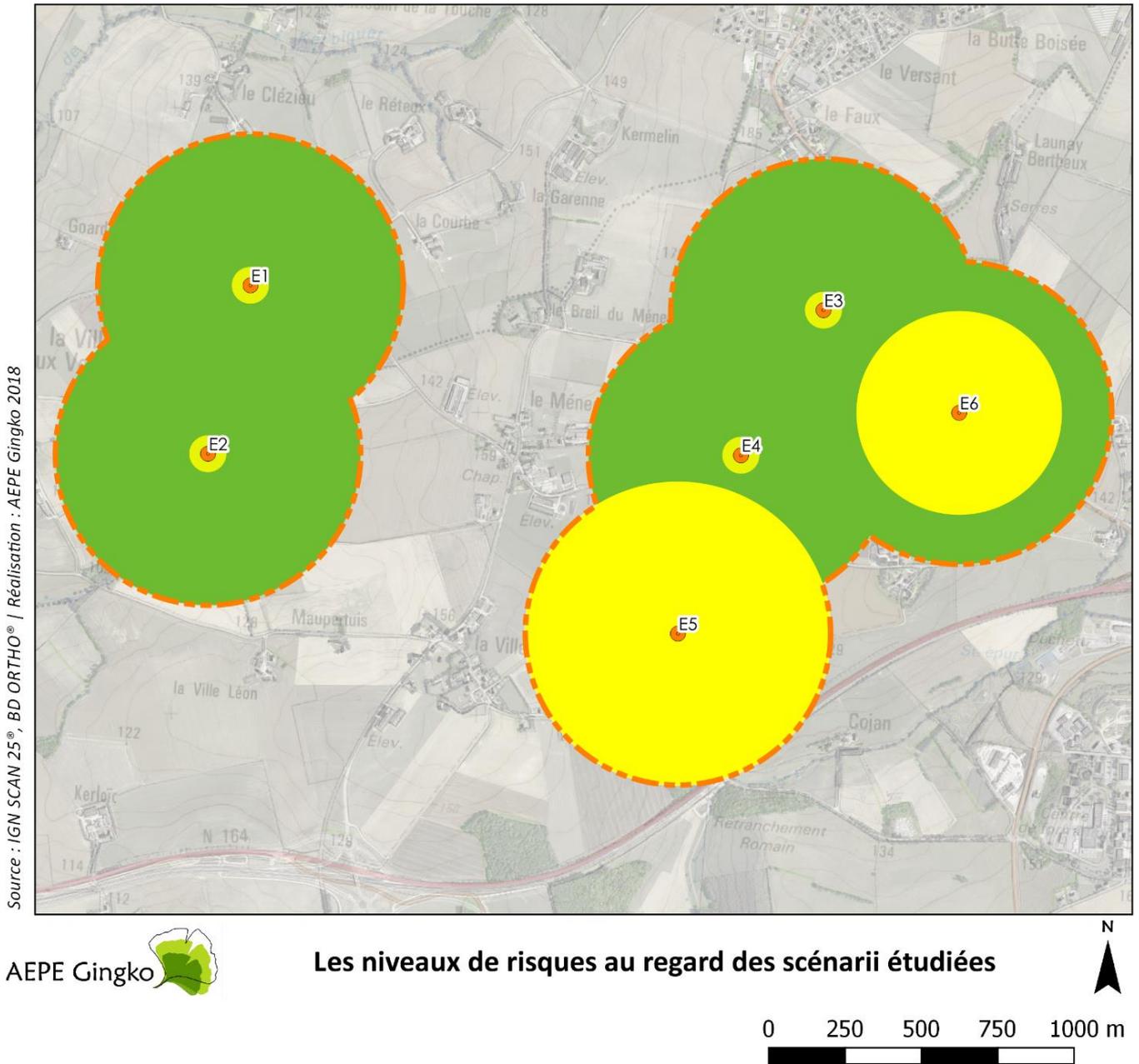
-  Eolienne
-  Périmètre de l'étude de danger (500 m)
-  Zone d'effet du risque de chute de glace et d'éléments
-  Zone d'effet du risque d'effondrement
-  Zone d'effet du risque de projection de glace
-  Zone d'effet du risque de projection de pôle

Infrastructures

-  Route non structurante
-  RD 41
-  RN 164
-  Bâti
-  Terrain non bâti, non aménagé et très peu fréquenté
-  Ligne électrique

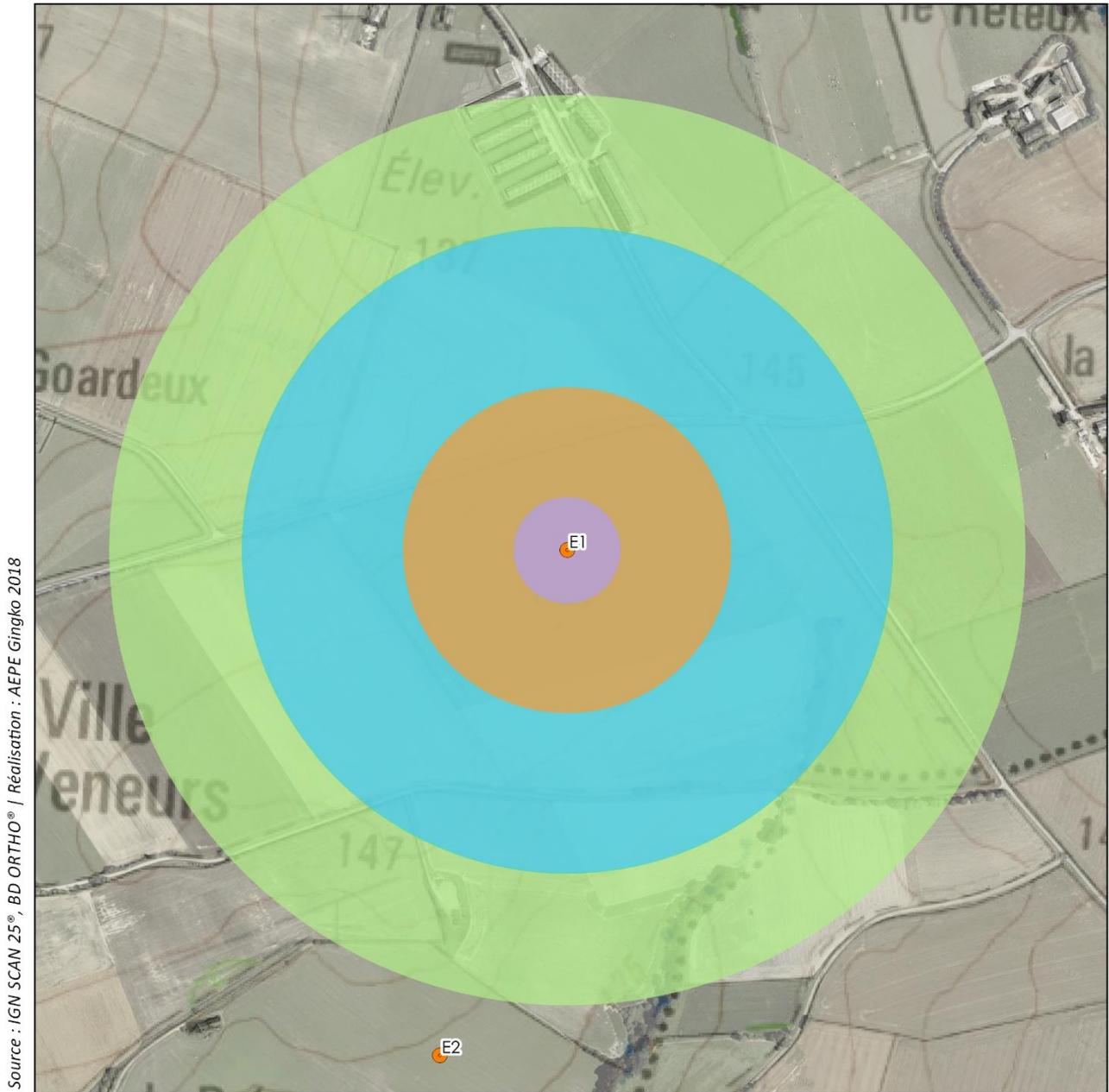
Carte 12 : Les zones d'effets des différents risques étudiés

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.



Carte 13 : Les niveaux de risque au regard des scénarii étudiés

Les cartes ci-après permettent de visualiser les zones d'effets des différents scénarii de risques envisagés pour chaque éolienne du parc éolien Le Méné.



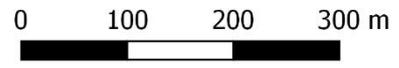
Source : IGN SCAN 25°, BD ORTHO® / Réalisation : AEPE Gingko 2018



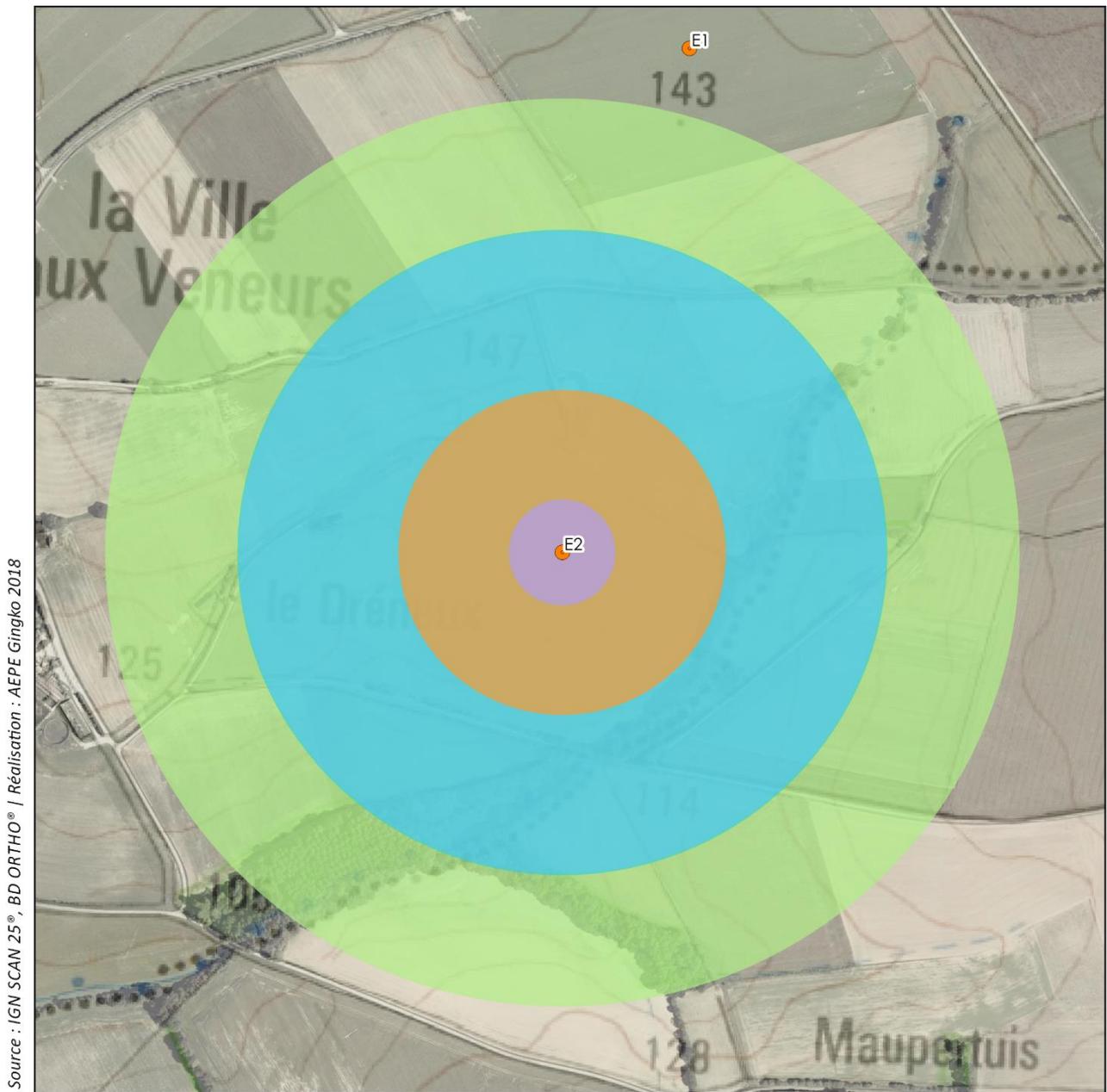
**Les zones d'effets des différents risques étudiés
 au droit de l'éolienne E1**



- Eolienne
- Zone d'effet du risque de chute de glace et d'élément
- Zone d'effet du risque d'effondrement
- Zone d'effet du risque de projection de glace
- Zone d'effet du risque de projection de pôle



Carte 14 : Les zones d'effets des différents risques étudiés au droit de l'éolienne E1

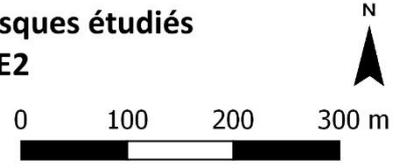


Source : IGN SCAN 25°, BD ORTHO® / Réalisation : AEPE Gingko 2018

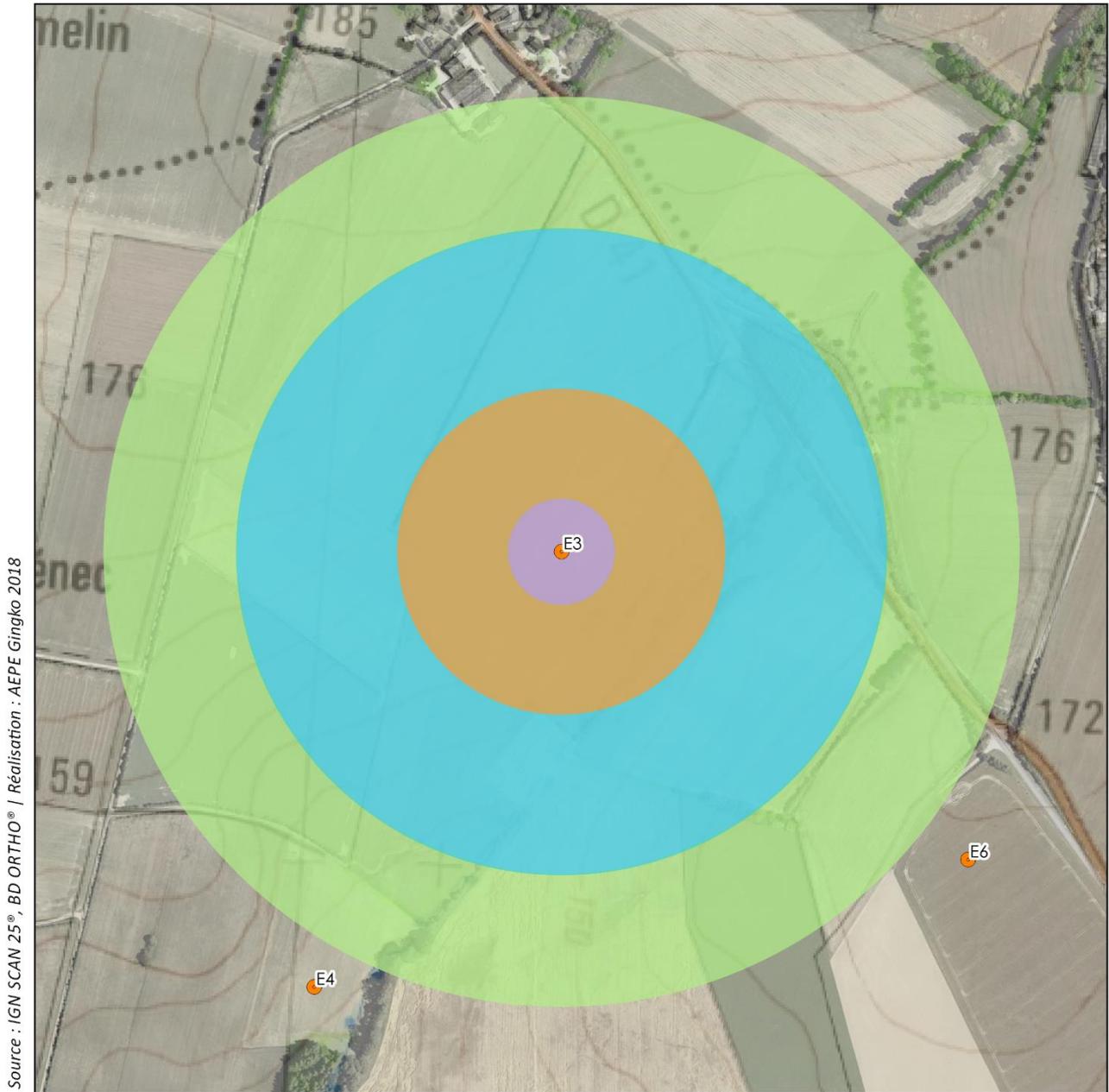


**Les zones d'effets des différents risques étudiés
 au droit de l'éolienne E2**

- Eolienne
- Zone d'effet du risque de chute de glace et d'élément
- Zone d'effet du risque d'effondrement
- Zone d'effet du risque de projection de glace
- Zone d'effet du risque de projection de pôle



Carte 15 : Les zones d'effets des différents risques étudiés au droit de l'éolienne E2

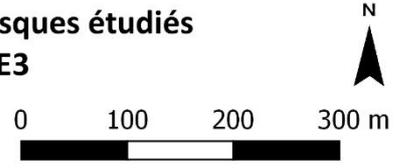


Source : IGN SCAN 25°, BD ORTHO® / Réalisation : AEPE Gingko 2018

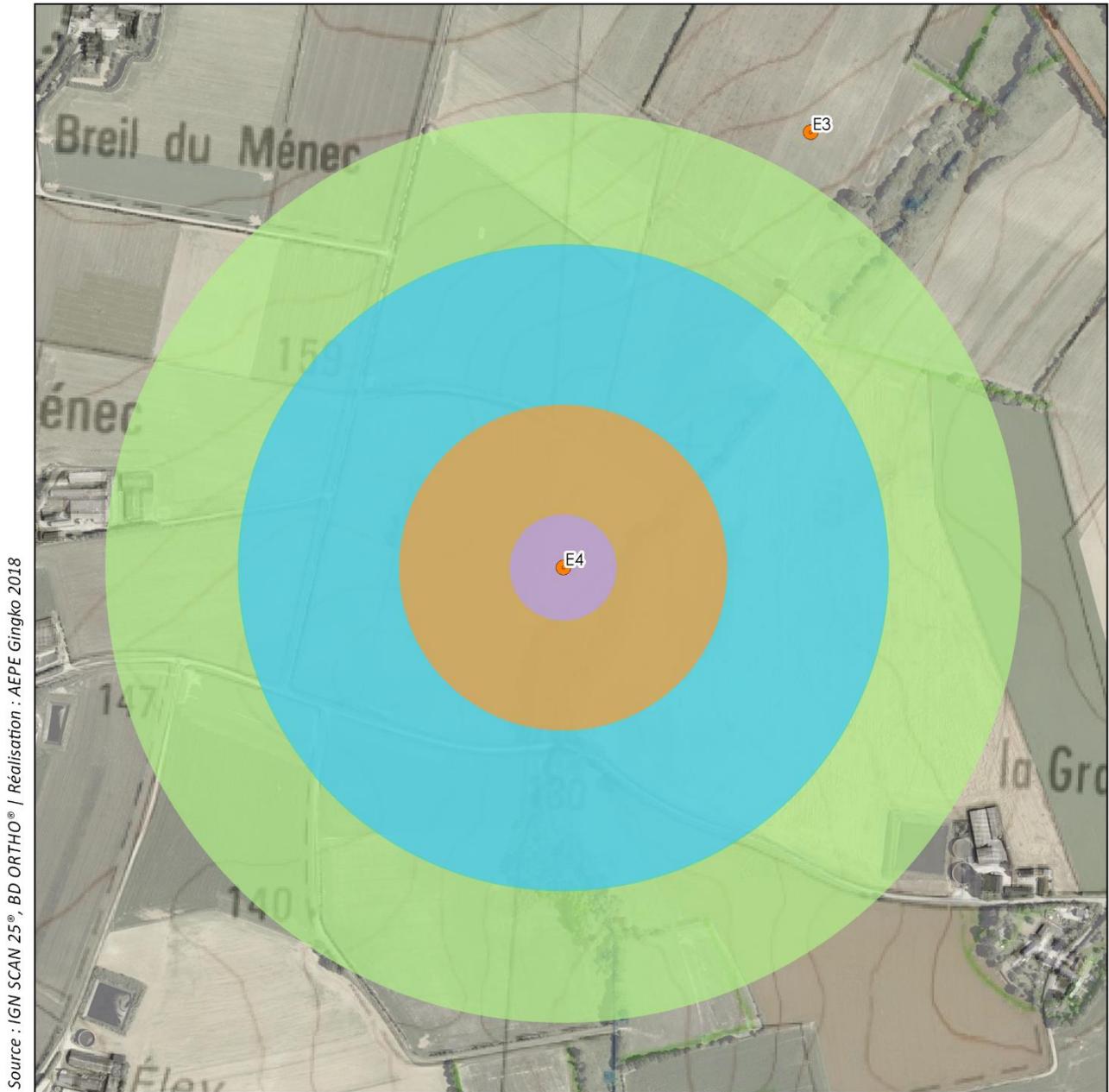


**Les zones d'effets des différents risques étudiés
 au droit de l'éolienne E3**

- Eolienne
- Zone d'effet du risque de chute de glace et d'élément
- Zone d'effet du risque d'effondrement
- Zone d'effet du risque de projection de glace
- Zone d'effet du risque de projection de pôle



Carte 16 : Les zones d'effets des différents risques étudiés au droit de l'éolienne E3

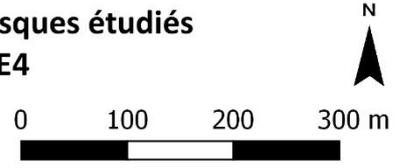


Source : IGN SCAN 25°, BD ORTHO® / Réalisation : AEPE Gingko 2018

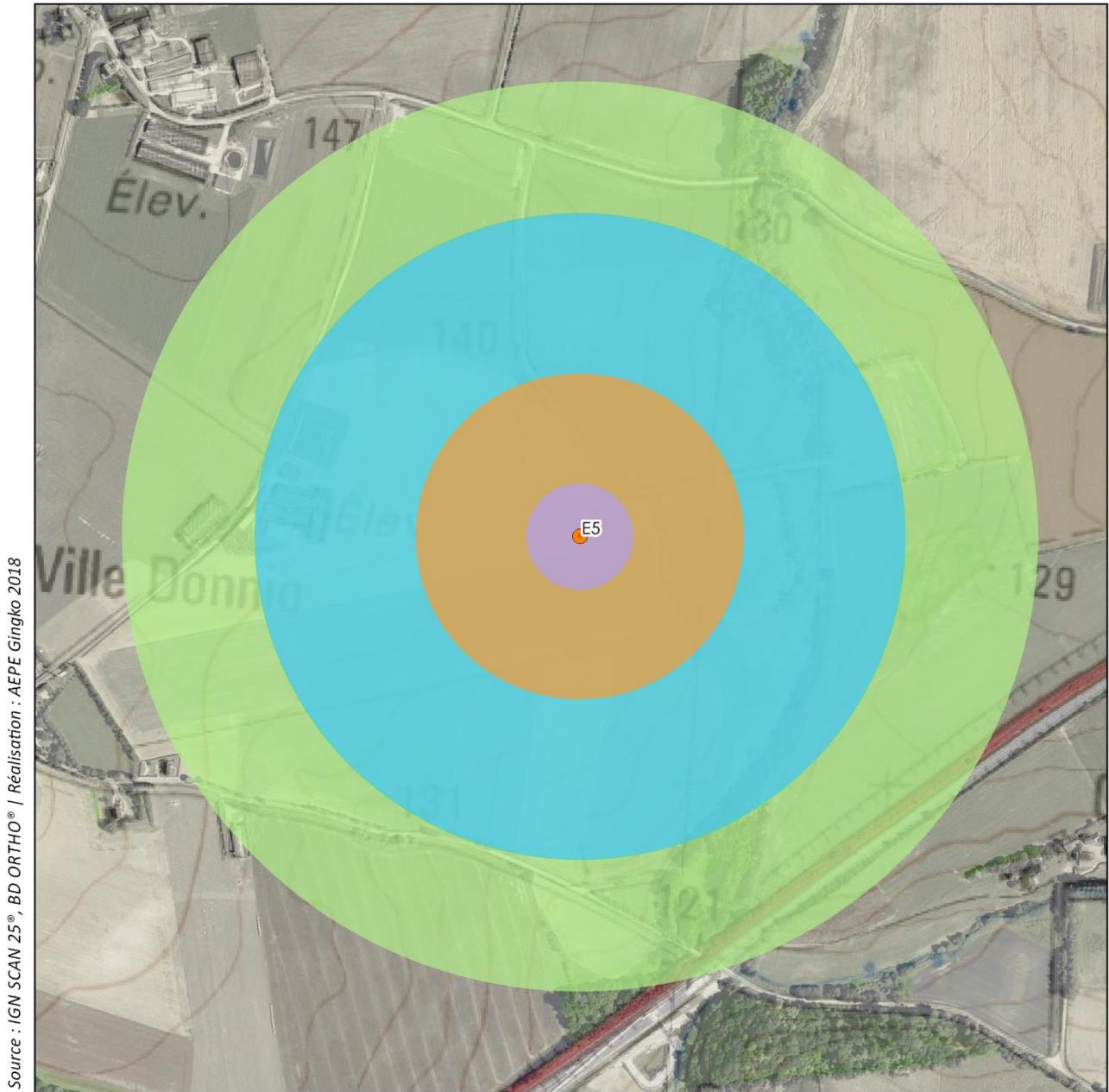


Les zones d'effets des différents risques étudiés au droit de l'éolienne E4

-  Eolienne
-  Zone d'effet du risque de chute de glace et d'élément
-  Zone d'effet du risque d'effondrement
-  Zone d'effet du risque de projection de glace
-  Zone d'effet du risque de projection de pale



Carte 17 : Les zones d'effets des différents risques étudiés au droit de l'éolienne E4

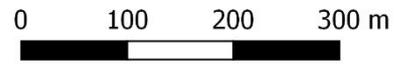


AEPE Gingko 

**Les zones d'effets des différents risques étudiés
 au droit de l'éolienne E4**

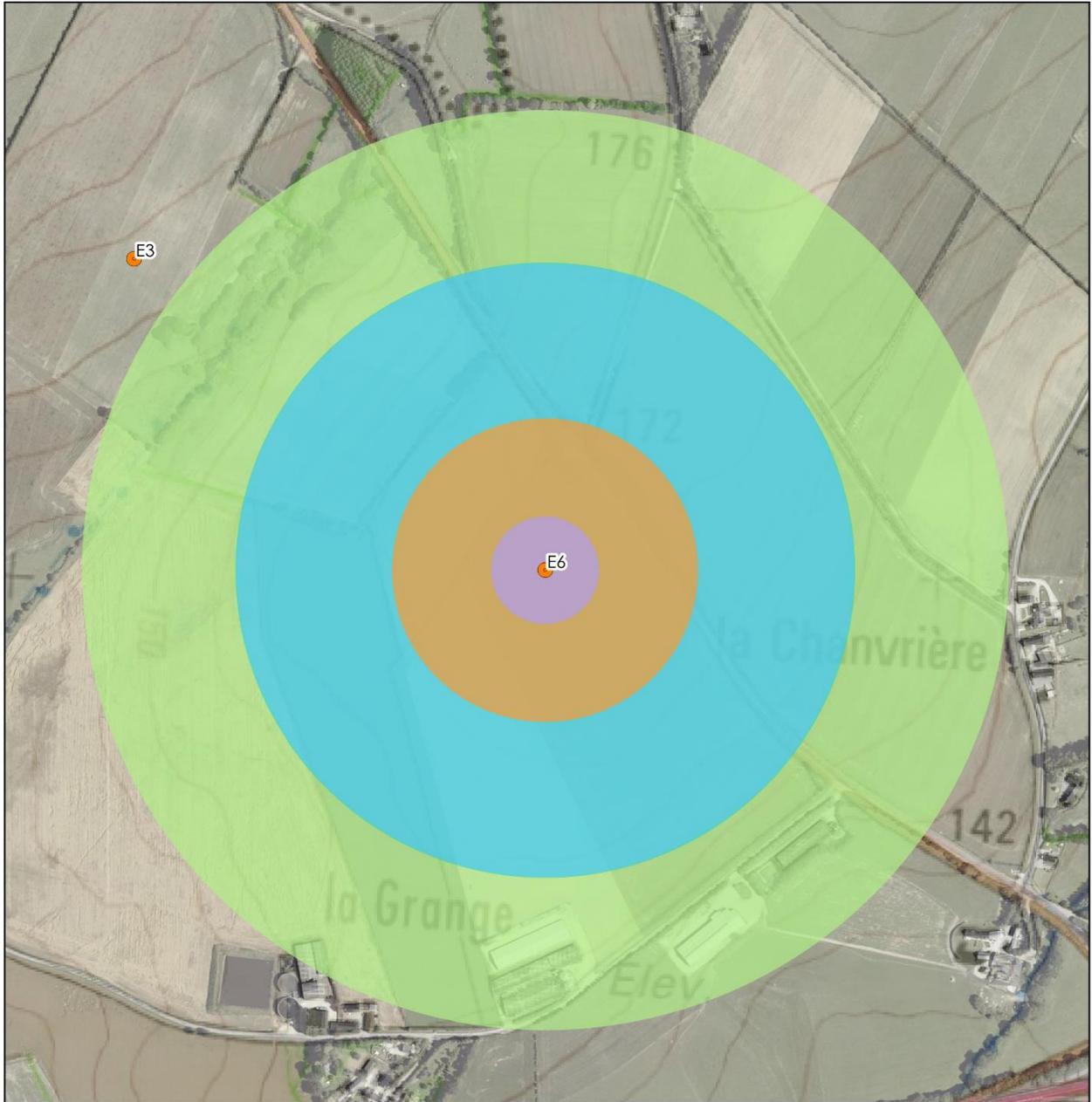


-  Eolienne
-  Zone d'effet du risque de chute de glace et d'élément
-  Zone d'effet du risque d'effondrement
-  Zone d'effet du risque de projection de glace
-  Zone d'effet du risque de projection de pôle



Carte 18 : Les zones d'effets des différents risques étudiés au droit de l'éolienne E5

Source : IGN SCAN 25°, BD ORTHO® / Réalisation : AEPE Gingko 2018

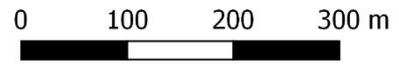


AEPE Gingko 

**Les zones d'effets des différents risques étudiés
 au droit de l'éolienne E4**



-  Eolienne
-  Zone d'effet du risque de chute de glace et d'élément
-  Zone d'effet du risque d'effondrement
-  Zone d'effet du risque de projection de glace
-  Zone d'effet du risque de projection de pôle



Carte 19 : Les zones d'effets des différents risques étudiés au droit de l'éolienne E6

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)

IX.1. LA PRESENTATION GENERALE DU PROJET

LE MAITRE D'OUVRAGE

L'ADRESSE DU SIEGE

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

L'ADRESSE DE L'INSTALLATION

Parc éolien Le Ménéce
Le Ménéce
22 600 LOUDEAC

LA DESIGNATION 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 Trévé et Loudéac.

Le parc éolien sera constitué de 6 éoliennes de type Nordex N117. Elles sont construites avec une tour de 120 m de haut pour les éoliennes E1 à E5 et 106 m pour l'éolienne E6. Le dispositif possède 3 pales de rotor formant un diamètre de 117 m environ.

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 REGLEMENTAIRE

Parc éolien Le Ménéce 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'ETUDE D'IMPACT CONCERNES PAR LA LIGNE ELECTRIQUE SOUTERRAINE (20 KV) ET LE POSTE DE LIVRAISON

Informations	Étude d'impact	Résumé mon technique
Topographie - hydrographie	Chapitre IV.5 Les liaisons souterraines Page 41 Chapitre IV.6 Le poste de livraison Page 41 Chapitre V.1 La construction Page 43 Chapitre V.2 L'exploitation Page 43 Chapitre V.3 Le démantèlement Page 43 Chapitre XVI.1 Les effets sur le sous-sol et les sols Page 449 Chapitre XVI.2 Les effets sur la topographie et l'hydrographie Page 450	Chapitre Les effets sur le milieu physique Page 55
Faune - Flore	Chapitre XVII.4 Les effets sur la Flore, les habitats et les zones humides Page 466	Chapitre Un parc éolien qui prend en compte les enjeux sur les espèces animales et végétales Pages 31 Chapitre Les effets sur les habitats et la flore Page 53
Patrimoine	Chapitre XIX.3. L'analyse des impacts du projet sur le patrimoine Page 581	Chapitre Les effets sur le paysage et le patrimoine culturel Page 60
Urbanisme	Chapitre XVIII.1.3. Le Schéma Régional de Raccordement au Réseau des Energies Renouvelables (S3RENr) Page 507	Chapitre Les postes de livraison Page 17
Servitudes	Chapitre XVIII.4.6. Les réseaux de transport d'énergie Page 520	Chapitre Des contraintes limitées prises en compte dans la conception du projet Page 35
Activité agricole	Chapitre XVIII.2.2. Les effets sur les activités agricoles Page 510	Chapitre Des impacts limités lors de la construction et l'exploitation du parc éolien Page 57 à 60
Bruit	Ne concerne pas le/les câbles et le poste de livraison	/
Paysage	Chapitre XIX.2.6. Les impacts sur l'évolution des paysages Page 573 Chapitre XIX.2.7. L'aménagement du site et les impacts sur le paysage du périmètre immédiat Page 574 Chapitre XIX.4.1. Les mesures paysagères d'évitement Page 585 Chapitre XIX.4.2. Les mesures paysagères de réduction Page 585 Chapitre V.8.3 Les mesures paysagères de compensation Pages 587	Chapitre Les effets sur le paysage et le patrimoine culturel Page 55

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

IX.3.1. LES GENERALITES

- 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	1403	392	2386	4181
Longueur géographique	1403	392	2200	3995

- la description du système de distribution :

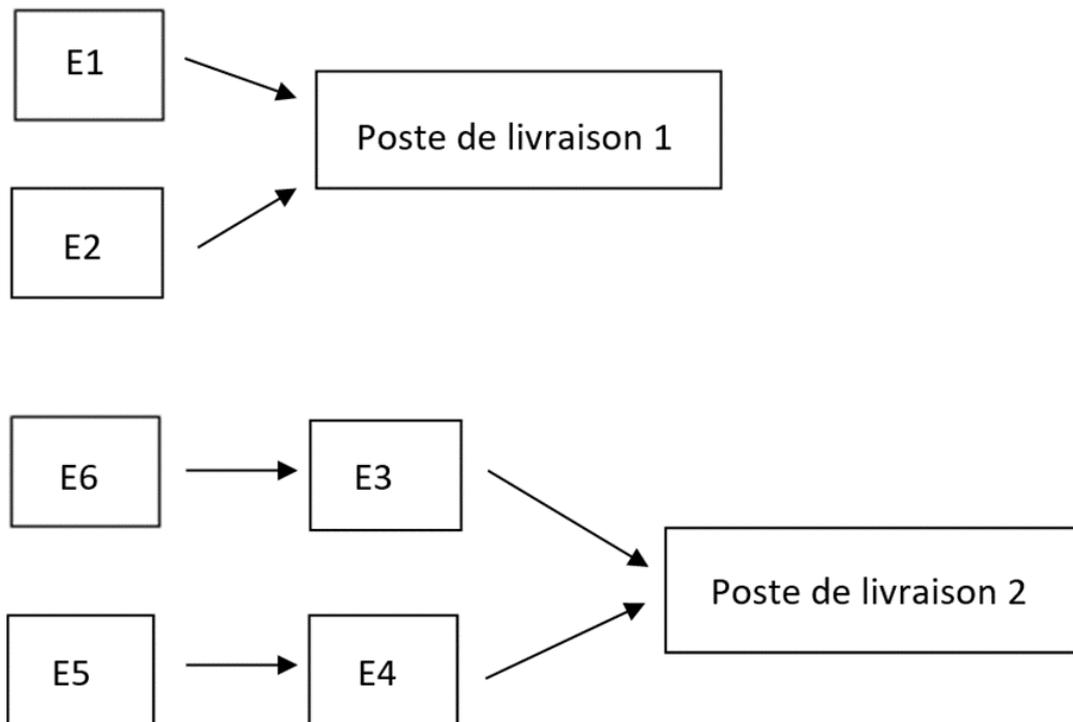
2°) - Définition du système et description générale de la distribution	Raccordement de l'éolienne E2 sur l'éolienne E1 Raccordement de l'éolienne E1 sur le poste de livraison 1 Raccordement de l'éolienne E6 sur l'éolienne E3 Raccordement de l'éolienne E3 sur le poste de livraison 2 Raccordement de l'éolienne E5 sur l'éolienne E 4 Raccordement de l'éolienne E4 sur le poste de livraison 2 Tension de service 20 000 V
2°) - Caractéristique maximales de l'ouvrage	Puissance nominale d'une éolienne : 3,6 MW Puissance maximale du parc : 21,6 MW Tension de service 20 000 V
3) - Transformateurs, emplacement, puissance	Transformateurs de puissance nominale de 4 100 kVA situés au sein des éoliennes en pied de machine
4) - Poste de livraison	2 Postes béton Poste de livraison n°1 (7,2 MW) Poste de livraison n°2 (14,4 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 ENEDIS.

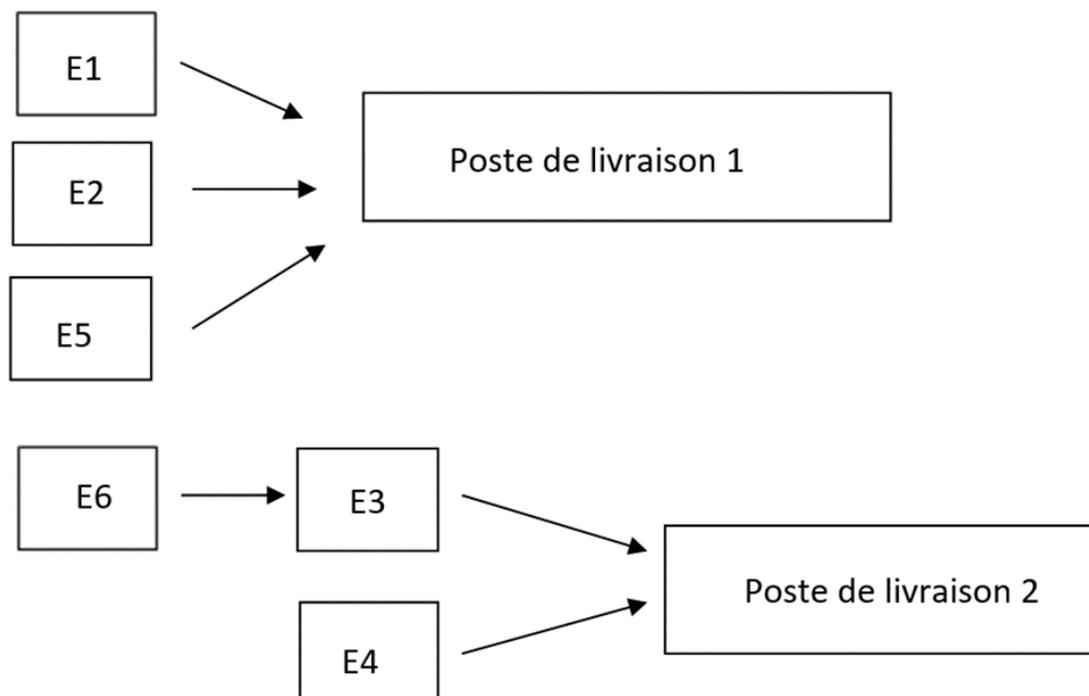
En effet, à l'obtention des différentes autorisations administratives, ENEDIS sera en mesure de nous préciser le nom du Poste Source auquel nous serons rattachés ainsi que le nombre d'éoliennes pouvant être raccordées sur les postes de livraison.

Une variante est ainsi présentée en complément du système de distribution principal décrit dans cette demande.

IX.3.1.1 LE SYSTEME DE DISTRIBUTION PRINCIPAL (CF. PIECE 7 : DOCUMENTS DEMANDES AU TITRE DU CODE DE L'ENVIRONNEMENT)



IX.3.1.2 LA VARIANTE ENVISAGEE



La variante envisagée est plus contraignante car elle impose un linéaire de câblage plus important.

IX.3.1.3 LES RENSEIGNEMENTS SUR LA DISTRIBUTION

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

Tronçon	Longueur électrique du tronçon	Commune	Voies publiques empruntées (Désignation de la voie)	Voies privées empruntées (section et numéros)	Domaines privés empruntés (section et numéros)	Observations	
E2-PDL 1	1253 m en 150 mm ² AL	Trévé			ZX 25	En plein champ	
		Trévé		ZX 27			
		Trévé			ZX 28	En plein champ	
		Trévé		ZX 21		En traversée	
		Trévé			ZX 4	En plein champ	
		Trévé	Voie communale n°2			En accotement de voirie	
		Trévé			ZX 6	En plein champ	
E1-PDL 1	68 m en 150 mm ² AL	Trévé			ZX 6	En plein champ	
PDL 2 – E5	1173 m en 150 mm ² AL	Trévé			ZP 19	En plein champ	
		Trévé			ZP 20	En accotement de voirie	
		Trévé	Chemin rural du Ménéac au Faux				En accotement de voirie
		Loudéac	Chemin rural de la limite de Trévé au chemin départemental n°41				En accotement de voirie
		Loudéac			ZO 40	En plein champ	
					ZO 22	En plein champ	
					ZO 23		
		Loudéac		ZO 27		En accotement de voirie	
E4 -PDL 2	187 m en 150 mm ² AL	Loudéac			ZP 24	En plein champ	
		Loudéac			ZP 20	En plein champ	
		Loudéac			ZP 19	En plein champ	
PDL 2- E3	511 m en 240 mm ² AL	Loudéac			ZP 19	En plein champ	
		Loudéac			ZP 20	En plein champ	
		Loudéac			ZP 17	En plein champ	
		Loudéac			ZP 123	En plein champ	
E3-E6	989 m en 150 mm ² AL	Loudéac			ZP 123	En plein champ	
		Loudéac		ZP 80		En accotement de voirie	
		Loudéac		ZP 79		En accotement de voirie	
		Loudéac	Route départementale n°41			En accotement de voirie	
		Loudéac		ZR 150		En accotement de voirie et en traversée	
E3-E6		Loudéac			ZR 144	En plein champ	

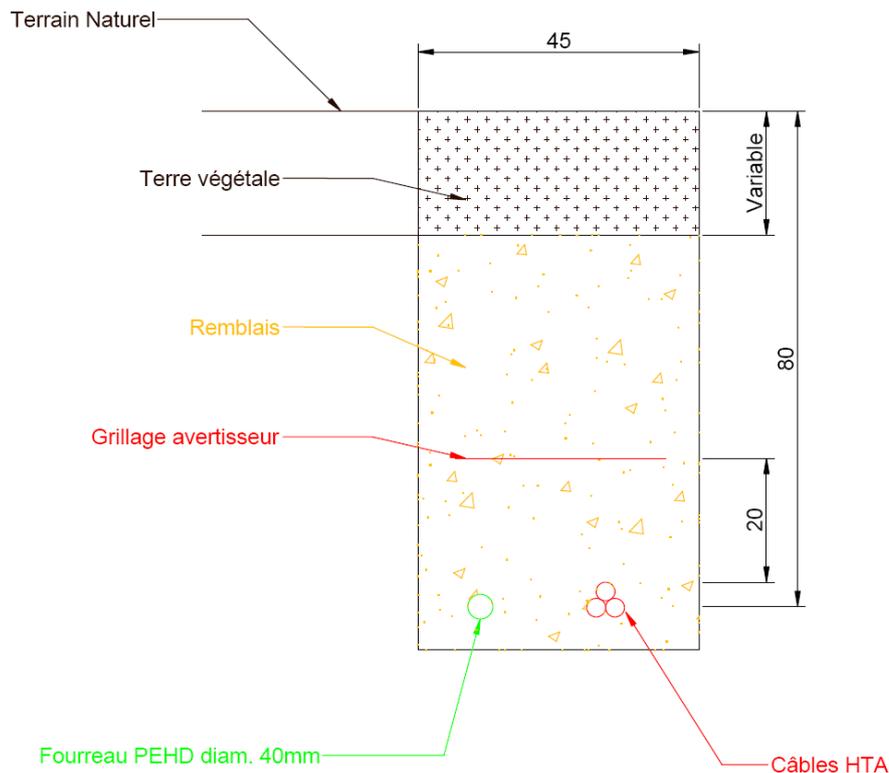
IX.3.2. LES CABLES

Les câbles correspondront à la Norme NF C33 226.

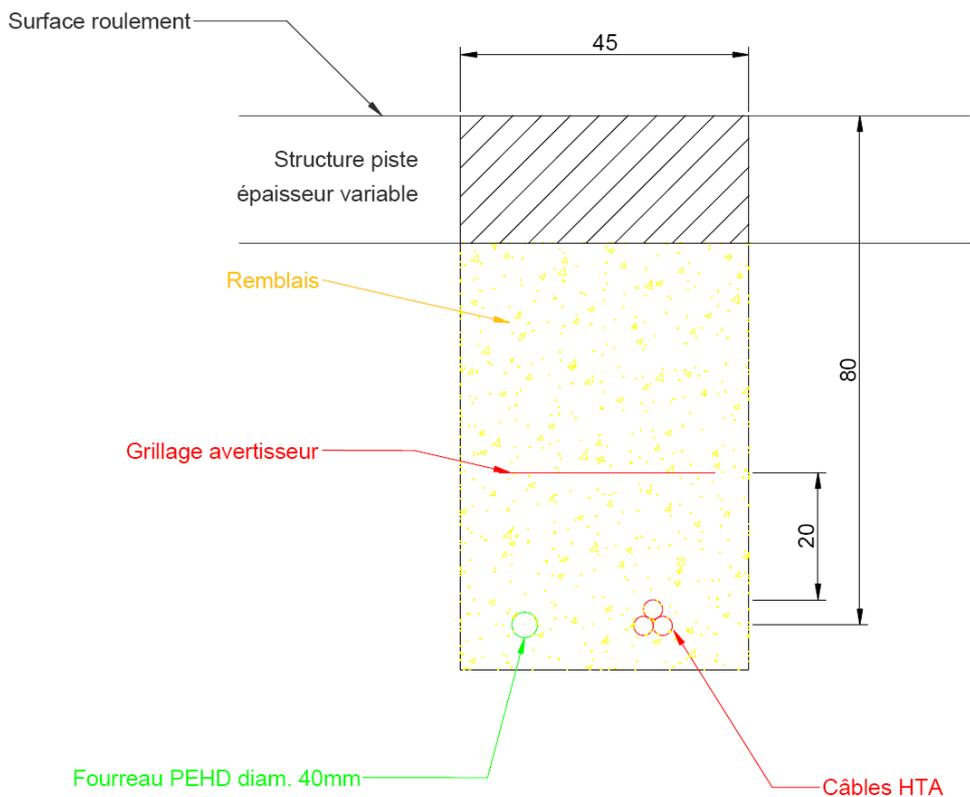
Une fiche technique des câbles est jointe au dossier à l'Annexe 4 - du présent document. Par ailleurs, des coupes présentant le passage des câbles au niveau de l'accotements de la RD41 et de l'ouvrage hydraulique ont été ajoutées à la pièce [4-2 Étude d'impact, dans le paragraphe XVI.2 Les effets sur la topographie et l'hydrographie, page 450](#).

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

LA TRANCHEE EN PLEINE TERRE



LA TRANCHEE EN ACCOTEMENT ET TRAVERSEE DE VOIRIE (VOIE COMMUNALE ET VOIES PRIVEES)



LES INFORMATIONS SUR LES CHAMPS ELECTRIQUES

Le champ électrique est très atténué par l'enfouissement sous terre. Dans le cas des lignes souterraines, le champ magnétique décroît plus rapidement avec la distance que dans le cas des lignes aériennes.

En France, le niveau maximal d'exposition au voisinage des lignes électriques est fixé par la réglementation à 100 microteslas (μT).

RTE précise, par le biais du site internet « La Clé des champs », que selon la distance de la ligne électrique, les valeurs moyennes des champs magnétiques, ainsi que celles des champs électriques pour des lignes souterraines 90 000 V / 63 000 V :

	Distance			
	Sur la ligne	5 m	10 m	15 m
Champ magnétique (μT)	2,4	0,4	0,1	0,05
Champ électrique (V/m)	-	-	-	-

La valeur du champ électrique est nulle au-dessus d'une ligne souterraine en raison de l'écran métallique entrant sa constitution.

La ligne souterraine mise en place dans le cadre du projet de parc éolien Le Mének aura une tension de 20 000 V bien inférieure à la tension ayant servi de référence pour les calculs des valeurs des champs magnétiques.

IX.3.3. LES POSTES DE LIVRAISON (CF. PIECE AU 10-1)

IX.3.3.1 LE POSTE DE LIVRAISON N°1

Ce poste de livraison sera implanté sur la parcelle n° 6-section ZX Trévé, à proximité des parcelles n° 5, 7 et 44 -section ZX, sur laquelle sera aussi installée l'éolienne n° 1.

La construction se situera à 3,10 m de la limite cadastrale avec la voie communale n°2 et à une distance de 170,00 m depuis l'angle nord-est de la parcelle n°6.

L'accès au poste se fera depuis la voie communale n°2. La haie bocagère sera supprimée partiellement et un empierrement stabilisé sera créé avec la réalisation d'un busage au niveau du fossé existant.

Une plateforme/parking (empierrement stabilisé) sera créée entre la façade sud-est du Poste de livraison et l'aire de maintenance.

La construction sera entourée au nord-est et au sud-est d'une haie bocagère composée d'érables champêtres, chênes pédonculés, viburnum lantana, merisiers, crataegus monogyna, prunus mirobolan.

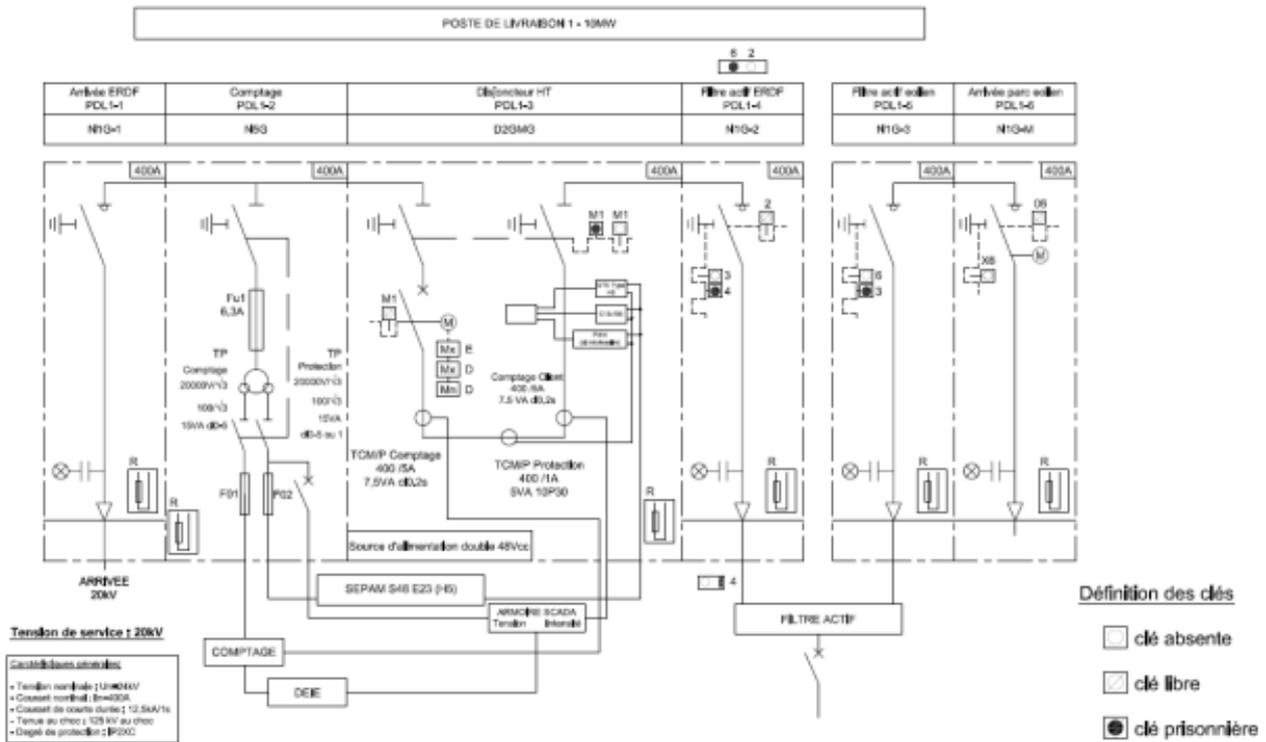
IX.3.3.2 LE POSTE DE LIVRAISON N°2

Le poste de livraison se situera à l'angle Sud- Est de la parcelle n° 19 : au Sud, à 5.00 m de la limite cadastrale avec le chemin d'exploitation, les arbres existants seront conservés, et à l'Est, à 3.00 m de recul de la limite cadastrale.

Le long de cette limite Est sera créé un chemin d'accès entre les éoliennes E3 et E4, permettant d'accéder aussi à la plateforme-parking (NGF 141.86) et au futur poste de livraison.

Un talus, permettant de rattraper la faible pente du champ agricole (parcelle n°19) sera créé au pourtour de la plateforme-parking.

Un exemple de synoptique



LES PRINCIPAUX ORGANES PRESENTANT LE TABLEAU HTA

CELLULE INTERRUPTEUR ARRIVÉE ÉNEDIS

➔ Arrivée du câble ÉNEDIS

La cellule est équipée d'un Interrupteur et d'un sectionneur qui permettent d'isoler le poste du réseau ENEDIS.

Le rôle de l'interrupteur est d'ouvrir ou de fermer un circuit électrique (notion de coupure)

→ Ouvert, il empêche le courant électrique de circuler

→ Fermé, il permet de conduire le courant

Le sectionnement permet de séparer le circuit de toute source de tension.

→ Cette séparation permet d'assurer la mise en hors tension de tout ou partie d'une installation en la séparant de toute source d'énergie électrique.

CELLULE TRANSFORMATEUR DE POTENTIEL ET COMPTAGE

En distribution électrique MT les valeurs élevées de courant et de tension ne permettent pas leur utilisation directe par les unités de mesure ou protection.

Des transformateurs de mesure sont donc nécessaires pour fournir des valeurs utilisables par des dispositifs de mesurer de protection ou de comptage.

La tension va ainsi être abaissée de 20kV à 100 V par les transformateurs de potentiel (TP) présents dans cette cellule afin de permettre sa mesure par le dispositif de protection et de comptage.

Les transformateurs sont protégés par un fusible et peuvent être séparés du reste de l'installation par un sectionneur.

CELLULE DISJONCTEUR

Plusieurs éléments importants composent cette cellule.

→ Des transformateurs de courant : Le courant va être abaissé de 125 A à 5 A par les transformateurs de courant (TC) afin de permettre sa mesure par le dispositif de protection et de comptage (+SCADA).

→ Un disjoncteur général : Pour assurer les différentes fonctions de protection, le disjoncteur est associé à une chaîne de mesure composée d'un capteur de mesure et d'un relai de protection.

Le relai de protection (type SEPAM)

CELLULES ARRIVÉE/DÉPART FILTRE ACTIF ET FILTRE ACTIF (SI NECESSAIRE)

Le signal tarifaire émis depuis le poste source sur lequel est raccordé le parc éolien sur une fréquence de 175 Hz peut être absorbé par celui-ci.

Pour recréer et renvoyer ce signal vers les consommateurs afin que ces derniers puissent bénéficier du basculement tarifaire, il faut installer un filtre actif dans le poste de livraison.

Cet impact est étudié par Enedis dans le cadre de l'étude du raccordement une fois les autorisations administratives obtenues.

CELLULES ARRIVÉE PARC ÉOLIEN

La cellule est équipée d'un interrupteur et d'un sectionneur qui permettent d'isoler le poste du réseau inter-éolien.

Le poste de livraison sera équipé de deux extincteurs pour lutter contre un incendie.

En cas d'installation d'un filtre actif à la demande d'ENEDIS, le poste de livraison sera équipé d'une cuve de rétention d'huile intégrée au vide sanitaire de l'enveloppe béton afin d'éviter toute pollution. Cet organe est le seul à contenir de l'huile dans le poste de livraison.

IX.4. L'ENGAGEMENT DU PORTEUR DE PROJET

IX.4.1. LE RESPECT DES REGLES DE L'ART

Les installations seront exécutées conformément aux dispositions des articles L.323-12, R.323-23 et D.323-24 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 CONTROLE TECHNIQUE DES TRAVAUX

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

IX.4.3. L'INFORMATION DU GESTIONNAIRE DU RESEAU PUBLIC

Conformément à l'article R.323-29 du Code de l'énergie, le porteur de projet s'engage à transmettre au gestionnaire du réseau public de distribution d'électricité (ENEDIS) 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 AUPRES DE L'INERIS

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

IX.5. LE TABLEAU BILAN DT/DICT

LA VILLE AU VENEUR

Exploitant	Contact	Date de la demande	Date de la réponse	Commentaires
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 Urgence: +33 (0)2 96 01 20 20 Endommagement: +33 (0)2 96 39 40 00	Demande : Reçue le 15/11/16 DT (NR)144594204	Réponse : Reçu le 22/11/16	Non concerné : Pas d'ouvrage
ENEDIS-DRBZH-DT-DICT BRETAGNE Pôle DT DICT Bretagne 64 BOULEVARD VOLTAIRE 35000 RENNES	6031802.ERDFNAT@demat .protys.fr Tel: 0299035587 Fax: 0344625437 Urgence: 0181624701 Endommagement: 0176614701	Demande : Reçue le 15/11/16 DT (NR)144594218	Réponse : Reçu le 16/11/16	Concerné : Présence d'ouvrage: EL Responsable: Catherine PRIOU Commentaires: Des branchements sans affleurant ou (et) aérosouterrain sont susceptibles d'être dans l'emprise TVX Vous devrez avant le début des travaux évaluer les distances d'approches au réseau.

Exploitant	Contact	Date de la demande	Date de la réponse	Commentaires
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 Endommagement: 0222064509	Demande : Reçue le 15/11/16 DT (NR)144594220	Réponse : Reçu le 22/11/16	Non concerné : Pas d'ouvrage
VEOLIA EAU OUEST CHEZ SOGEDATA BRETAGNE OUEST TSA 40111 69949 LYON CEDEX 20	veolia-ouest-rennais- 1@delegation.sogedata.fr Tel: 0296627576 Fax: 0170921358 Urgence: 0969323529 Endommagement: 0969323529	Demande : Reçue le 15/11/16 DT (NR)144594223	Réponse : Reçu le 22/11/16	Concerné : Présence d'ouvrage: I Recommandations: Les tronçons ne sont pas systématiquement dotés de grillages avertisseurs
Mairie de LOUDEAC 20 rue Notre Dame BP 645 22600 LOUDEAC	f.letellier@ville-loudeac.fr Tel: +33 (0)2 96 66 85 23 Fax: +33 (0)2 96 66 85 18 Endommagement: +33 (0)2 96 66 85 22	Demande : Reçue le 15/11/16 DT (NR)144594224	Réponse : Reçu le 23/11/16	Non concerné : Pas d'ouvrage
Daniel RAULT SEEG SA La croix Montfort 22600 LA MOTTE	accueil@seegsa.fr Tel: 0296254338 Fax: 0296254885 Urgence: 0296254338 Endommagement: 0296254338	Demande : Reçue le 15/11/16 DT (NR)144594226		
Ghislaine HERVE AGENCE TECHNIQUE DEPARTEMENTALE Secteur Loudeac Rue de la Chesnaie 22603 LOUDEAC	Tel: 0296662100 Fax: 0296662131 Endommagement: 0296662100	Demande : Reçue le 18/11/16 IPT144594227	Réponse : Reçu le 22/11/16	Concerné : Les travaux situés dans l'emprise des Routes Départementales sont soumis à autorisation de voirie. Les demandes sont à adresser à l'ATD de Loudéac.
CIDERAL Eaux Usées 4 Boulevard de la Gare 22602 LOUDEAC	Tel: +33 (0)2 96 66 09 09 Fax: +33 (0)2 96 66 09 08	Demande : Reçue le 16/11/16 IPT144594228		
MAIRIE SERVICE TECHNIQUE Voirie & Assainissement 1 PLACE DE LA MAIRIE 22600 TREVE	mairiedetreve@wanadoo.fr Tel: 0296281367 Fax: 0296286662	Demande : Reçue le 15/11/16 IPT144594230		

LE MENE

Exploitant	Contact	Date de la demande	Date de la réponse	Commentaires
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 Urgence: +33 (0)2 96 01 20 20 Endommagement: +33 (0)2 96 39 40 00	Demande : Reçue le 15/11/16 DT (NR)144599065	Réponse : Reçu le 22/11/16	Non concerné : Pas d'ouvrage
ENEDIS-DRBZH-DT-DICT BRETAGNE Pôle DT DICT Bretagne	6031802.ERDFNAT@demat .protys.fr Tel: 0299035587	Demande : Reçue le 15/11/16	Réponse : Reçu le 16/11/16	Concerné : Présence d'ouvrage: Des branchements sans affleurant ou (et) aérosouterrain

Exploitant	Contact	Date de la demande	Date de la réponse	Commentaires
64 BOULEVARD VOLTAIRE 35000 RENNES	Fax: 0344625437 Urgence: 0181624701 Endommagement: 0176614701	DT (NR)144599066		sont susceptibles d'être dans l'emprise TVX Vous devrez avant le début des travaux évaluer les distances d'approches au réseau.
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 Endommagement: 0222064509	Demande : Reçue le 15/11/16 DT (NR)144599071	Réponse : Reçu le 22/11/16	Concerné : Présence d'ouvrage: EA Recommandations: POUR UN RDV SUR LE SITE, LA DEMANDE DOIT ETRE FAITE PAR EMAIL A L'ADRESSE : rdvsite.ouest@saur.com AVEC MINIMUM 10 JOURS DE PREAVIS
VEOLIA EAU OUEST CHEZ SOGEDATA BRETAGNE OUEST TSA 40111 69949 LYON CEDEX 20	veolia-ouest-rennais- 1@delegation.sogedata.fr Tel: 0296627576 Fax: 0170921358 Urgence: 0969323529 Endommagement: 0969323529	Demande : Reçue le 15/11/16 DT (NR)144599074	Réponse : Reçu le 22/11/16	Non concerné : Pas d'ouvrage
Frédérique LETELLIER Mairie de LOUDEAC 20 rue Notre Dame BP 645 22600 LOUDEAC	f.letellier@ville-loudeac.fr Tel: +33 (0)2 96 66 85 23 Fax: +33 (0)2 96 66 85 18 Endommagement: +33 (0)2 96 66 85 22	Demande : Reçue le 15/11/16 DT (NR)144599075	Réponse : Reçu le 23/11/16	Non concerné : Pas d'ouvrage
Daniel RAULT SEEG SA La croix Montfort 22600 LA MOTTE	accueil@seegsa.fr Tel: 0296254338 Fax: 0296254885 Urgence: 0296254338 Endommagement: 0296254338	Demande : Reçue le 15/11/16 DT (NR)144599077		
Ghislaine HERVE AGENCE TECHNIQUE DEPARTEMENTALE Secteur Loudeac Rue de la Chesnaie 22603 LOUDEAC	Tel: 0296662100 Fax: 0296662131 Endommagement: 0296662100	Demande : Reçue le 18/11/16 IPT144599078	Réponse : Reçu le 22/11/16 IPT144599078	Concerné : Les travaux situés dans l'emprise des Routes Départementales sont soumis à autorisation de voirie. Les demandes sont à adresser à l'ATD de Loudéac.
CIDERAL Eaux Usées 4 Boulevard de la Gare 22602 LOUDEAC	Tel: +33 (0)2 96 66 09 09 Fax: +33 (0)2 96 66 09 08	Demande : Reçue le 16/11/16 IPT144599080		
MAIRIE SERVICE TECHNIQUE Voirie & Assainissement 1 PLACE DE LA MAIRIE 22600 TREVE	mairiedetreve@wanadoo.fr Tel: 0296281367 Fax: 0296286662	Demande : Reçue le 15/11/16 IPT144599082		

Exploitant	Contact	Date de la demande	Date de la réponse	Commentaires
GrDF URG Bretagne - Pole DT/DICT BRETAGNE 95 BOULEVARD VOLTAIRE - 35009 RENNES 35000 RENNES		Demande : Postée le 16/11/16 IPT144599085		

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 structurantes, nationales et autoroutes identifiées) sont exclues des zones d'implantation potentielles de parcs éoliens.

La RN164 est suffisamment distante du périmètre d'étude de dangers pour être concernée que sur quelques centaines de mètres ; seule la RD41 est susceptible de présenter un enjeu lié à la sécurité dans le cadre du projet éolien.

Des voies communales sont également recensées sur le périmètre d'étude rapproché. Elles accueillent un trafic plus réduit lié à des dessertes très locales. Une de ces voies communales traverse le périmètre d'étude de dangers (zone est). Cette voie dessert les hameaux de la Grange et du Ménécc depuis la RD41 et est susceptible de présenter un enjeu lié à la sécurité dans le cadre du projet éolien. Les chemins d'exploitation sont quant à eux fréquentés par les agriculteurs car ils desservent les parcelles agricoles (nombreux chemins en impasse). Ces voies sont considérées comme des « terrains aménagés et peu fréquentés ».

Un certain nombre de bâtiments agricoles est recensé dans la zone d'étude de dangers.

Afin d'évaluer les risques induits par le parc éolien Le Ménécc, 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, trois 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 d'accident induisent des risques faibles (acceptables) ; 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.

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

SOMMAIRE.....	3
LISTE DES ILLUSTRATIONS	5
LISTE DES CARTES	5
LISTE DES TABLEAUX.....	5

Annexe 1 - L'accidentologie (màj août 2018)

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

Le tableau ci-dessous a été établi par le groupe de travail constitué pour la réalisation du présent guide. 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. Analyse des retours d'expérience en début du présent document.

Type d'accident	Date	Nom du parc / lieu	Dép.	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)

Type d'accident	Date	Nom du parc / lieu	Dép.	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	28/12/2002	Névian - Grande Garrigue	Aude	0,85	2002	Oui	Effondrement d'une éolienne suite au dysfonctionnement du système de freinage	Tempête + dysfonctionnement du système de freinage	Rapport du CGM Site Vent de Colère Article de presse (Midi Libre)	-
Rupture de pale	25/02/2002	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pale en bois (avec inserts) sur une éolienne bipale	Tempête	Article de presse (La Dépêche du 26/03/2003)	Information peu précise
Rupture de pale	05/11/2003	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pales en bois (avec inserts) sur trois éoliennes. Morceaux de pales disséminés sur 100 m.	Dysfonctionnement du système de freinage	Rapport du CGM Article de presse (Midi Libre du 15/11/2003)	-
Effondrement	01/01/2004	Le Portel – Boulogne sur Mer	Pas de Calais	0,75	2002	Non	Cassure d'une pale, chute du mât et destruction totale. Une pale tombe sur la plage et les deux autres dérivent sur 8 km.	Tempête	Base de données ARIA Rapport du CGM Site Vent de Colère Articles de presse (Windpower Monthly May 2004, La Voix du Nord du 02/01/2004)	-
Effondrement	20/03/2004	Loon Plage – Port de Dunkerque	Nord	0,3	1996	Non	Couchage du mât d'une des 9 éoliennes suite à l'arrachement de la fondation	Rupture de 3 des 4 micropieux de la fondation, erreur de calcul (facteur de 10)	Base de données ARIA Rapport du CGM Site Vent de Colère Articles de presse (La Voix du Nord du 20/03/2004 et du 21/03/2004)	-
Rupture de pale	22/06/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2001	Non	Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5 m à 50 m, mât intact	Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage)	Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004)	-

Type d'accident	Date	Nom du parc / lieu	Dép.	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Rupture de pale	08/07/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2001	Non	Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5m à 50m, mat intact	Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage)	Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004)	Incident identique à celui s'étant produit 15 jours auparavant
Rupture de pale	2004	Escales-Conilhac	Aude	0,75	2003	Non	Bris de trois pales		Site Vent de Colère	Information peu précise
Rupture de pale + incendie	22/12/2004	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75	2004	Non	Bris des trois pales et début d'incendie sur une éolienne (survitesse de plus de 60 tr/min)	Survitesse due à une maintenance en cours, problème de régulation, et dysfonctionnement du système de freinage	Base de données ARIA Article de presse (La Tribune du 30/12/2004) Site Vent de Colère	-
Rupture de pale	2005	Wormhout	Nord	0,4	1997	Non	Bris de pale		Site Vent de Colère	Information peu précise
Rupture de pale	08/10/2006	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2004	Non	Chute d'une pale de 20 m pesant 3 tonnes	Allongement des pales et retrait de sécurité (débridage), pas de REX suite aux précédents accidents sur le même parc	Site FED Articles de presse (Ouest France) Journal FR3	-
Incendie	18/11/2006	Roquetaillade	Aude	0,66	2001	Oui	Acte de malveillance: explosion de bonbonne de gaz au pied de 2 éoliennes. L'une d'entre elles a mis le feu en pieds de mat qui s'est propagé jusqu'à la nacelle.	Malveillance / incendie criminel	Communiqués de presse exploitant Articles de presse (La Dépêche, Midi Libre)	-
Effondrement	03/12/2006	Bondues	Nord	0,08	1993	Non	Sectionnement du mât puis effondrement d'une éolienne dans une zone industrielle	Tempête (vents mesurés à 137Kmh)	Article de presse (La Voix du Nord)	-

Type d'accident	Date	Nom du parc / lieu	Dép.	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Rupture de pale	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 rétrofit 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 Beechcraft (liaison Ouessant-Brest) et une pale d'éolienne à l'arrêt. Perte d'une pièce de protection au bout d'aile. Mise à l'arrêt de la machine pour inspection.	Mauvaise météo, conditions de vol difficiles (sous le plafond des 1000m imposé par le survol de la zone) et faute de pilotage (altitude trop basse)	Articles de presse (Le Télégramme, Le Post)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident aéronautique)

Type d'accident	Date	Nom du parc / lieu	Dép.	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Rupture de pale	19/07/2008	Erize-la-Brûlée - Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Oui	Chute de pale et projection de morceaux de pale suite à un coup de foudre	Foudre + défaut de pale	Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain 22/07/2008)	-
Incendie	28/08/2008	Vauvillers	Somme	2	2006	Oui	Incendie de la nacelle	Problème au niveau d'éléments électroniques	Dépêche AFP 28/08/2008	-
Rupture de pale	26/12/2008	Raival - Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Oui	Chute de pale		Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain)	-
Maintenance	26/01/2009	Clastres	Aisne	2,75	2004	Oui	Accident électrique ayant entraîné la brûlure de deux agents de maintenance	Accident électrique (explosion d'un convertisseur)	Base de données ARIA	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Rupture de pale	08/06/2009	Bollène	Vaucluse	2,3	2009	Oui	Bout de pale d'une éolienne ouvert	Coup de foudre sur la pale	Interne exploitant	Non utilisable dans les chutes ou les projections (la pale est restée accrochée)
Incendie	21/10/2009	Froidfond - Espinassière	Vendée	2	2006	Oui	Incendie de la nacelle	Court-circuit dans transformateur sec embarqué en nacelle ?	Article de presse (Ouest-France) Communiqué de presse exploitant Site FED	-
Incendie	30/10/2009	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)	-

Type d'accident	Date	Nom du parc / lieu	Dép.	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	20/04/2010	Toufflers	Nord	0,15	1993	Non	Décès d'un technicien au cours d'une opération de maintenance	Crise cardiaque	Article de presse (La Voix du Nord 20/04/2010)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Effondrement	30/05/2010	Port la Nouvelle	Aude	0,2	1991	Non	Effondrement d'une éolienne	Le rotor avait été endommagé par l'effet d'une survitesse. La dernière pale (entière) a pris le vent créant un balourd. Le sommet de la tour a plié et est venu buter contre la base entraînant la chute de l'ensemble.	Interne exploitant	-
Incendie	19/09/2010	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75	2004	Non	Emballement de deux éoliennes et incendie des nacelles.	Maintenance en cours, problème de régulation, freinage impossible, évacuation du personnel, survitesse de +/- 60 tr/min	Articles de presse Communiqué de presse SER-FEE	-
Maintenance	15/12/2010	Pouillé-les-Côteaux	Loire Atlantique	2,3	2010	Oui	Chute de 3 m d'un technicien de maintenance à l'intérieur de l'éolienne. L'homme de 22 ans a été secouru par le GRIMP de Nantes. Aucune fracture ni blessure grave.		Interne SER-FEE	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Transport	31/05/2011	Mesvres	Saône-et-Loire	-	-	-	Collision entre un train régional et un convoi exceptionnel transportant une pale d'éolienne, au niveau d'un passage à niveau Aucun blessé		Article de presse (Le Bien Public 01/06/2011)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident de transport hors site éolien)

Type d'accident	Date	Nom du parc / lieu	Dép.	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Rupture de pale	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	-
Oscillation anormale	18/05/20112	Fresnay-L'èveque	Eure-et-Loir	52 (26 éoliennes)	2008		Arrêt d'une éolienne dû à une oscillation anormale. 5h plus tard, chute d'une pale et du roulement.	Corrosion dues aux conditions de stockage de pièces constitutives du roulement	Aria	/
Chute éolienne (30 m)	30/05/2012	Port-la-Nouvelle	Aude	200 kW	1991	Non (ancien)	Chute du mât treillis d'une éolienne ancienne suite à des rafales de vent à 130 km/h.	Tempête (rafales de vent)	Aria	/

Type d'accident	Date	Nom du parc / lieu	Dép.	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
Projection d'élément d'une pale.	01/11/2012	Vieillespesse	Cantal	2,5 MW	2011	/	Projection d'un morceau de pale à 70 m du mât.	inconnu	Aria	/
Incendie, et chute de pale	05/11/2012	Sigean	Aude	660 kW / éolienne	Non connue	/	Incendie et chute de pale des suites de l'incendie. Perte des dispositifs de pilotage, et du système de freinage.	Problème de disjoncteur, court-circuit ayant entraîné un incendie	Aria	/
Chute d'une pale	06/03/2013	Conilhac-de-la-Montagne	Aude	Non connue	Non connue	/	Chute de pale consécutive à un défaut de vibration.	Défaut de vibration...	Aria	/
Incendie de la nacelle et chute de pale	17/03/2013	Euvy	Marne	18 éoliennes.	Non connue	/	Incendie suite à défaillance électrique et chute de pale.	Défaillance électrique	Aria	/
Incendie	29/01/2015	Remigny	Aine	Non connue	Non connue	/	Incendie suite à un arc électrique.	Arc électrique entre deux phases.	Aria	/
Incendie	06/02/2015	Lusseray	Deux-Sèvres	Non connue	Non connue	/	Incendie d'une armoire électrique, maîtrisé à l'aide d'extincteurs	Inconnue	Aria	/
Incendie	24/05/2015	Santilly	Eure-et-Loir	Non connue	Non connue	/	Incendie d'une éolienne ; Le foyer brûle sous surveillance.	Inconnue	Aria	/
Chute du rotor et de 3 pales	10/11/2015	Ménil-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

Type d'accident	Date	Nom du parc / lieu	Dép.	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Chute après défaillance de l'aérofrein	07/02/2016	Conilhac-Corbières	Aude	/	/	/	Chute au sol de l'aérofrein d'une pale après rupture.	Rupture d'un point d'attache du système mécanique de commande de l'aérofrein.	Aria	Informations peu précises sur la technologie défaillante
Rupture et chute de pale	08/02/2016	Dinéault	Finistère	1,2 MW	1999	Non	Tempête 160km/h. Chute d'une pale au sol, déchirement d'une pale retrouvée à 40 m au pied du mât.	Tempête	Aria	Non utilisable, gabarits différents. L'accident est survenu sur une éolienne de 29 m de hauteur.
Rupture et chute de pale	07/03/2016	Calanhel	Côtes-d'Armor	/	/	/	Rupture d'une pale et chute à 5 m du pied de l'éolienne	Défaillance du système d'orientation de la pale	Aria	/
Ecoulement d'huile	28/05/2016	Janville	28	/	/	/	Écoulement d'huile, récupéré	Défaillance raccord circuit refroidissement	Aria	/
Incendie du rotor	10/08/2016	Hescamps	80	/	/	/	Incendie (départ de feu dans la nacelle), maîtrisé par un technicien	Défaillance électrique	Aria	/
Incendie partie haute	18/08/2016	Dargies	60	/	/	/	Éolienne arrêtée, suivi d'un incendie maîtrisé par les pompiers	Défaillance électrique au niveau de l'armoire électrique ou le pupitre de commande	Aria	/
Électrisation d'un technicien	14/09/2016	Les Grandes-Chapelles	10 Aube	/	/	/	Un technicien est électrisé lors d'une intervention à l'intérieur de l'éolienne	/	Aria	/

Type d'accident	Date	Nom du parc / lieu	Dép.	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
Fissure sur pale d'éolienne	11/01/2017	Le Quesnoy	59	/	/	/	Fissure constatée entraînant l'arrêt de l'installation puis la réparation	/	Aria	/
Rupture des pales d'une éolienne	12/01/2017	Tuchan	11	600 kW	2002	/	Les 3 pales chutent au sol.	Endommagement roulement puis vents violents	Aria	/
Chute d'une pale d'éolienne	18/01/2017	Nurlu	80	/	/	/	Une pale chute et se brise	/	Aria	/
Chute d'élément d'une pale d'éolienne	27/02/2017	Trayes	79	/	/	/	Morceau de pale chute au sol	/	Aria	/
Feu dans nacelle d'éolienne	06/06/2017	Allonnes	28	/	/	/	Feu dans nacelle impliquant calcination du rotor. L'éolienne est ensuite démantelée	/	Aria	/
Chute de pale	08/06/2017	Aussac-Vadalle	16	/	/	/	Chute de pale due à la Foudre	Foudre	Aria	/
Chute de pale	24/06/2017	Conchy-sur-Canche	62	/	/	/	Chute de pale au pied du mât	/	Aria	/

Type d'accident	Date	Nom du parc / lieu	Dép.	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Chute d'aérovein	17/07/2017	Fécamp	76	/	/	/	L'aérovein se détache d'une pale et chute au pied du mât	/	Aria	/
Fuite d'huile	24/07/2017	Mauron	56	/	/	/	Fuite d'huile le long du mât	Rupture d'un flexible du circuit hydraulique	Aria	/
Bris de pale d'une éolienne	05/08/2017	Priez	02	/	/	/	Chute de pale au sol	/	Aria	/
Chute du carénage d'une éolienne	08/11/2017	Roman	27	/	/	/	Chute du carénage de la pointe de la nacelle au sol	Défaut d'assemblage des boulonnages	Aria	/
Chute d'éolienne	01/01/2018	Bouin	85	/	2003	/	Le mât se brise en deux impliquant l'effondrement de l'éolienne	/	Aria	/
Chute de pale	04/01/2018	Nixéville-Blercourt	55	2 MW	/	/	L'extrémité d'une pale chute au sol	Episode venteux	Aria	/
Chute d'aérovein	06/02/2018	Conilhac-Corbières	11	/	/	/	L'aérovein se détache d'une pale et chute au pied du mât	/	Aria	/

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] 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
- [13] Alpine test site Güttsch : monitoring of a wind turbine under icing conditions- R. Cattin et al.
- [14] Wind energy production in cold climate (WECO), Final report - Bengt Tammelin et al. – Finnish Meteorological Institute, Helsinki, 2000
- [15] Rapport sur la sécurité des installations éoliennes, Conseil Général des Mines - Guillet R., Leteurtois J.-P. - juillet 2004
- [16] Risk analysis of ice throw from wind turbines, Seifert H., Westerhellweg A., Kröning J. - DEWI, avril 2003
- [17] Wind energy in the BSR: impacts and causes of icing on wind turbines, Narvik University College, novembre 2005

Annexe 4 - Éléments d'information relatifs au câblage

jeudi 15 décembre 2005

Customer :NEXANS GERMANY
FRANCE**Bourg en Bresse factory**2, rue des Marguerites - BP 101
01003 Bourg en Bresse Cedex
TEL 04.74.32.16.00 - FAX 04.74.32.16.33**Cable : 3 * 1 * 240 mm² Cu 12/20 kV****Standard: C33-226**

COTATION N° AB5337/01/01

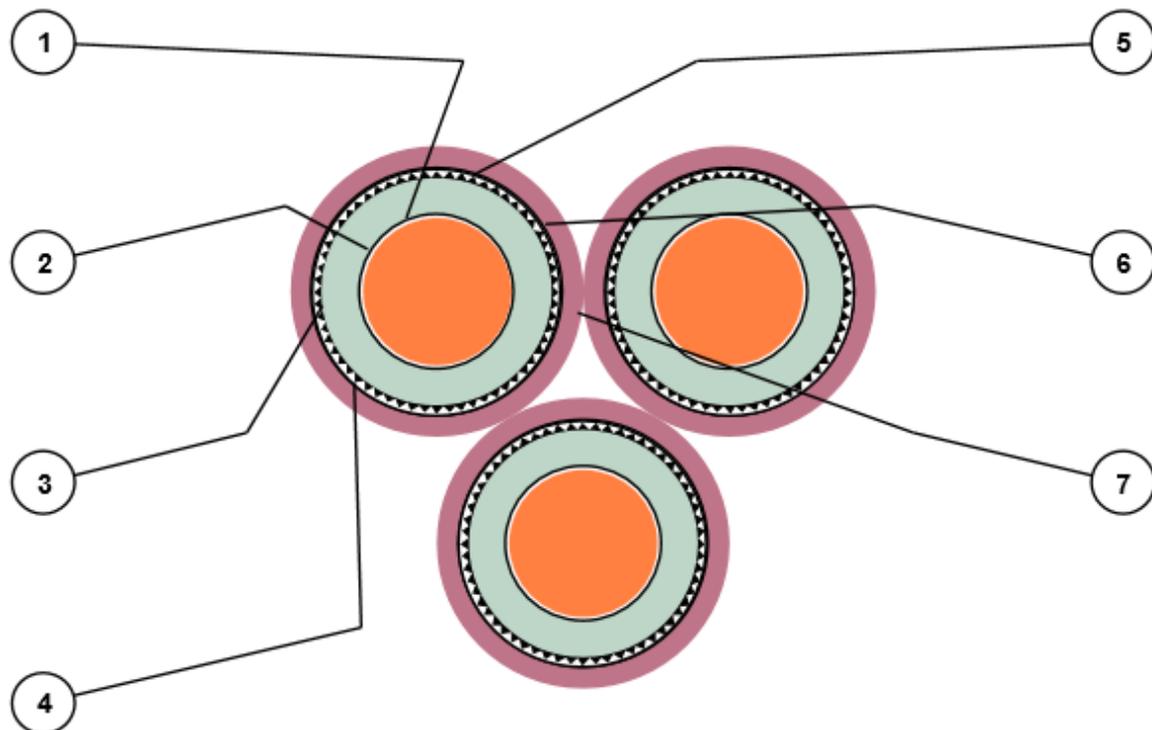
CONDUCTOR	Metal Nominal cross section Class 2 (IEC 60-228) Approximate diameter	Copper	240 18,2	mm ² mm
SEMI CONDUCTING SCREEN OVER CONDUCTOR	Type Approximate thickness Electrical level	Extruded	0,6 3,25	mm kV/mm
INSULATION	Type Nominal thickness Approximate diameter Electrical level	Extruded XLPE	4,5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

jeudi 15 décembre 2005



Cable: 3 * 1 * 240 mm² Cu 12/20 kV

Standard: C33-226
Cotation AB5337/01/01



1 cm

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

jeudi 15 décembre 2005



Client : NEXANS GERMANY
 FRANCE

Activité Infrastructures
 Unité de Bourg en Bresse

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

Câble : 3 * 1 * 240 mm² Cu 12/20 kV

Norme : C33-226

DEVIS N° AB5337/01/01

CARACTERISTIQUES ELECTRIQUES

CABLE : 3 x 1 x 240 Cu 20 kV UNARMORED

IMPEDANCES

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

LOSSES

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

CURRENT CAPACITY

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

ADMISSIBLE SHORT CIRCUIT

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

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



jeudi 15 décembre 2005

Customer : NEXANS GERMANY
FRANCE

Bourg en Bresse factory

2, rue des Marguerites - BP 101
01003 Bourg en Bresse Cedex
TEL 04.74.32.16.00 - FAX 04.74.32.16.33Cable : 3 * 1 * 240 mm² Alu 12/20 kV

Standard: C33-226

COTATION N° AB5337/02/01

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

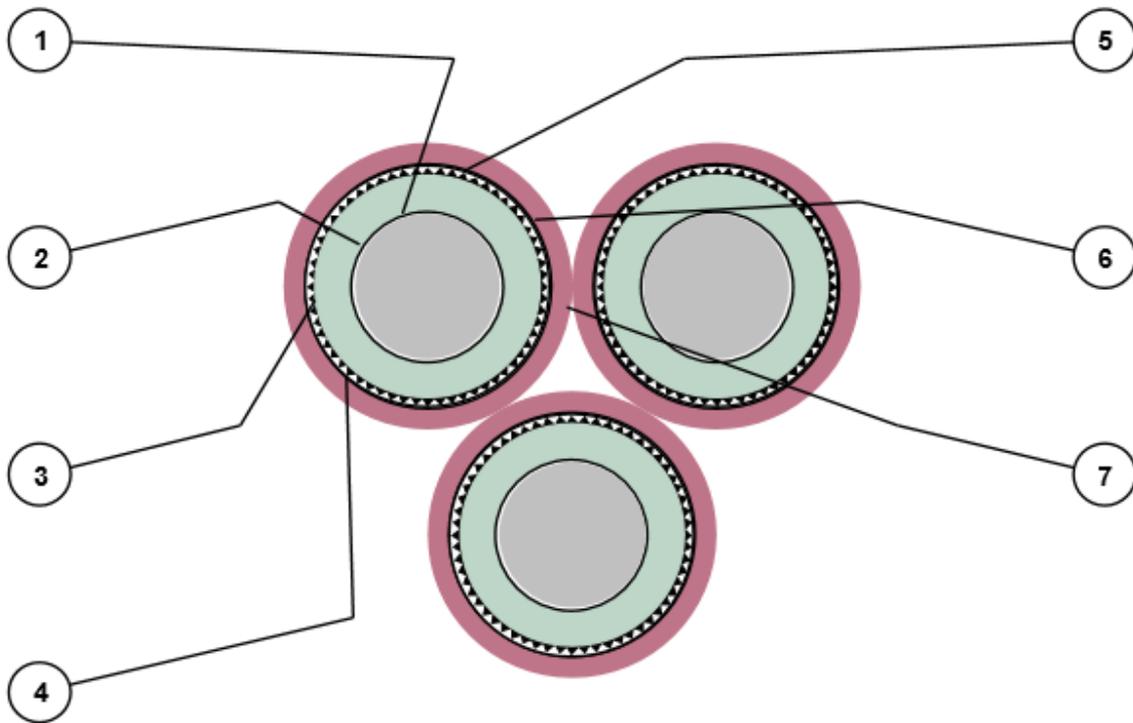
jeudi 15 décembre 2005



Cable: 3 * 1 * 240 mm² Alu 12/20 kV

Standard: C33-226

Cotation AB5337/02/01



1 cm

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

jeudi 15 décembre 2005



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

Client : NEXANS GERMANY
 FRANCE

Câble : 3 * 1 * 240 mm² Alu 12/20 kV

Norme : C33-226

DEVIS N° AB5337/02/01

CARACTERISTIQUES ELECTRIQUES

CABLE : 3 x 1 x 240 Alu 20 kV UNARMORED

IMPEDANCES

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

LOSSES

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

CURRENT CAPACITY

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

ADMISSIBLE SHORT CIRCUIT

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

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

jeudi 15 décembre 2005

Customer NEXANS GERMANY
FRANCE

Bourg en Bresse factory

2, rue des Marguerites - BP 101
01003 Bourg en Bresse Cedex
TEL 04.74.32.18.00 - FAX 04.74.32.16.33Cable : 3 * 1 * 150 mm² Alu 12/20 kV

Standard: C33-226

COTATION N° AB5337/03/01

CONDUCTOR	Metal Nominal cross section Class 2 (IEC 60-228) Approximate diameter	Aluminium 150 14,0	mm ² mm
SEMI CONDUCTING SCREEN OVER CONDUCTOR	Type Approximate thickness Electrical level	Extruded 0,6 3,40	mm kV/mm
INSULATION	Type Nominal thickness Approximate diameter Electrical level	Extruded XLPE 4,5 24,2 2,13	mm mm kV/mm
SEMI CONDUCTING SCREEN OVER INSULATION	Type Approximate thickness	Extruded 1,3	mm
WATERTIGHTNESS	Type Approximate thickness	powder 0,0	mm
METALLIC SCREEN	Type Nominal cross section Nominal thickness	Longitudinal aluminium tape 12,7 0,15	mm ² mm
OUTER SHEATH	Type Nominal thickness	Pe 2,5	mm
Approx, outside diameter 72,60 mm Approx cable weight 3,20 kg/m Minimum bending radius Cable after laying 726 mm Cable during laying 1452 mm			

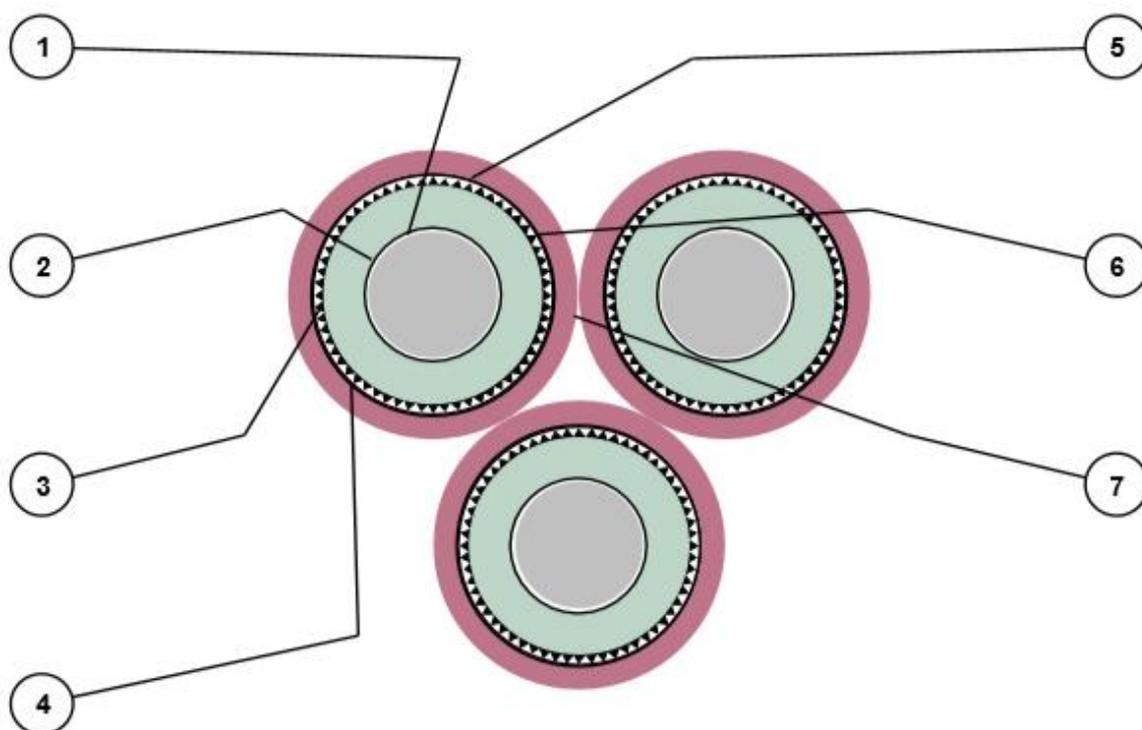
jeudi 15 décembre 2005



Cable: 3 * 1 * 150 mm² Alu 12/20 kV

Standard: C33-226

Cotation AB5337/03/01



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

jeudi 15 décembre 2005

Client : NEXANS GERMANY
FRANCEActivité Infrastructures
Unité de Bourg en Bresse2, rue des Marguerites - BP 101
01003 Bourg en Bresse Cedex
TEL 04.74.32.16.00 - FAX 04.74.32.16.33Câble : 3 * 1 * 150 mm² Alu 12/20 kV

Norme : C33-226

DEVIS N° AB5337/03/01

CARACTERISTIQUES ELECTRIQUES

CABLE : 3 x 1 x 150 Alu 20 kV UNARMORED

IMPEDANCES

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

LOSSES

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

CURRENT CAPACITY

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

ADMISSIBLE SHORT CIRCUIT

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

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

Annexe 5 - Certificat de maitrise des propriétés

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

Parc éolien Le Ménécs SAS**CERTIFICAT DE MAITRISE
DES PROPRIETES**

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

Construction des liaisons HTA souterraines de catégorie A (20 KV) d'une longueur d'environ 3 995 mètres permettant de relier les six aérogénérateurs du parc éolien Le Ménécs aux postes de Livraison raccordés par Enedis 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.

6/12/2016 

Société Générale Rennes
IBAN : en création
BIC : SOGEFRPP

Parc éolien Le Ménécs SAS
au capital de 10 000 Euros
RCS RENNES 822 289 674
FR51822289674