

Maître d'ouvrage

SNC Ferme Éolienne de Gurunhuel
2 rue du Libre Echange
CS 95893
31 506 TOULOUSE Cedex 5

Maître d'œuvre

ABO
WIND



Ferme Éolienne de Gurunhuel

Commune de Gurunhuel

5.2 – ÉTUDE DE DANGERS

Bureau d'études

Alise
Environnement

Décembre 2016

Version modifiée en mars 2018 et en septembre 2018

DOSSIER DE DEMANDE D'AUTORISATION UNIQUE

Ferme éolienne de Gurunhuel

Commune de Gurunhuel
Département des Côtes d'Armor (22)



5 - ETUDE DE DANGERS

Décembre 2016

Version modifiée en mars 2018 et en septembre 2018

Développeur éolien :

ABO
WIND

Bureau d'études :



DOSSIER DE DEMANDE D'AUTORISATION UNIQUE

Ferme éolienne de Gurunhuel

Commune de Gurunhuel

Département des Côtes d'Armor (22)

5 - ETUDE DE DANGERS

Décembre 2016

Version modifiée en mars 2018 et en septembre 2018

Développeur éolien :

ABO
WIND

2 rue du Libre Echange
CS 95893
31506 Toulouse CEDEX 5
France
Tél. : +33 (0) 5 34 31 16 76
Fax : +33 (0) 5 34 31 63 76
Site : www.abo-wind.fr

Bureau d'études :



102 rue du Bois Tison
76160 ST JACQUES-SUR-DARNETAL
Tél : 02 35 61 30 19
Fax : 02 35 66 30 47
Site : www.alise-environnement.fr

SOMMAIRE

1 - INTRODUCTION.....	9	4.4 - FONCTIONNEMENT DES RESEAUX DE L'INSTALLATION	37
1.1 - OBJET DE L'ETUDE DE DANGERS.....	9	4.4.1 - Réseaux électriques.....	37
1.2 - CONTEXTE LEGISLATIF ET REGLEMENTAIRE	9	4.4.2 - Autres réseaux.....	38
1.3 - REFERENCE NOMENCLATURE ICPE	9	5 - IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION	39
1.4 - RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS.....	10	5.1 - POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX PRODUITS.....	39
2 - LOCALISATION DU SITE.....	11	5.1.1 - Inventaire des produits	39
2.1 - SITUATION GEOGRAPHIQUE	11	5.1.2 - Danger des produits	39
2.2 - SITUATION ADMINISTRATIVE.....	11	5.1.3 - Conclusion	39
2.3 - COORDONNEES DES EOLIENNES ET DU POSTE DE LIVRAISON.....	11	5.2 - POTENTIELS DE DANGERS LIES AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION.....	39
2.4 - DEFINITION DES AIRES D'ETUDE.....	11	5.3 - REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGER A LA SOURCE	40
3 - ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION	15	5.3.1 - Principales actions préventives	40
3.1 - ENVIRONNEMENT NATUREL	15	5.3.2 - Utilisation des meilleures techniques disponibles	41
3.1.1 - Contexte climatique	15	6 - ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE.....	42
3.1.2 - Risques majeurs.....	18	6.1 - INTRODUCTION.....	42
3.2 - ENVIRONNEMENT LIE A L'ACTIVITE HUMAINE.....	23	6.2 - INVENTAIRE ET DESCRIPTION DES ACCIDENTS ET INCIDENTS EN FRANCE	42
3.2.1 - Zones urbanisées et urbanisables	23	6.2.1 - Bases de données consultées.....	42
3.2.2 - Documents d'urbanisme	25	6.2.2 - Inventaires des accidents en France.....	42
3.2.3 - Les établissements sensibles et les établissements recevant du public au niveau de l'aire d'étude rapprochée	25	6.3 - INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS A L'INTERNATIONAL	49
3.2.4 - Activités	26	6.4 - INVENTAIRE DES ACCIDENTS MAJEURS SURVENUS SUR LES SITES DE L'EXPLOITANT	50
3.2.5 - Réseaux de transports	26	6.5 - SYNTHESE DES PHENOMENES DANGEREUX REDOUTES ISSUS DU RETOUR D'EXPERIENCE	50
3.2.6 - Réseaux.....	26	6.5.1 - Analyse de l'évolution des accidents en France	50
3.2.7 - Risques technologiques.....	28	6.5.2 - Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents.....	50
3.3 - CARTOGRAPHIE DE SYNTHESE.....	29	6.6 - LIMITES D'UTILISATION DE L'ACCIDENTOLOGIE	50
3.3.1 - Nombre d'équivalent personnes permanentes.....	29	7 - ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES (APR)	51
3.3.2 - Cartographie.....	29	7.1 - OBJECTIFS DE L'APR.....	51
4 - ACTIVITE DE L'INSTALLATION	31	7.2 - RECENSEMENT DES EVENEMENTS INITIATEURS EXCLUS DE L'ANALYSE DES RISQUES	51
4.1 - NATURE DES ACTIVITES	31	7.3 - RECENSEMENT DES AGRESSIONS EXTERNES POTENTIELLES	51
4.2 - CARACTERISTIQUES DE L'INSTALLATION.....	31	7.3.1 - Agressions externes liées aux activités humaines.....	51
4.2.1 - Caractéristiques générales d'un parc éolien	31	7.3.2 - Agressions externes liées aux phénomènes naturels.....	53
4.2.2 - Eléments constitutifs d'un aérogénérateur.....	31	7.4 - SCENARIOS ETUDIES DANS L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES.....	53
4.2.3 - Activité de l'installation	32	7.5 - EFFETS DOMINOS.....	56
4.2.4 - Composition de l'installation.....	32	7.6 - MISE EN PLACE DES MESURES DE SECURITE	56
4.3 - FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION	34	7.7 - CONCLUSION DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES.....	61
4.3.1 - Principe de fonctionnement d'un aérogénérateur.....	34	8 - ETUDE DETAILLEE DES RISQUES.....	62
4.3.2 - Sécurité des installations.....	35	8.1 - RAPPEL DES DEFINITIONS	62
4.3.3 - Opérations de maintenance de l'installation	37	8.1.1 - Cinétique	62
4.3.4 - Stockage et flux de produits dangereux	37	8.1.2 - Intensité.....	62
		8.1.3 - Gravité.....	62
		8.1.4 - Probabilité	63
		8.1.5 - Acceptabilité.....	63

8.2 - CARACTERISATION DES SCENARIOS RETENUS.....	64	6) Schéma unifilaire des installations électriques.....	93
8.2.1 - Effondrement de l'éolienne.....	64	7) Tranchées et impacts.....	97
8.2.2 - Chute de glace.....	66	8) Maîtrise foncière.....	97
8.2.3 - Chute d'éléments des éoliennes.....	68	9) Procédure et formation du personnel.....	97
8.2.4 - Projection de pales ou de fragments de pales.....	69	10) Réglementation technique.....	97
8.2.5 - Projection de glace.....	71	11.8 - ANNEXE 8 - ACCORD DE PRINCIPE AVEC SENVION.....	100
8.3 - SYNTHESE DE L'ETUDE DETAILLEE DES RISQUES.....	73	11.9 - ANNEXE 9 - PLAN DE L'INSTALLATION (extrait du plan d'ensemble).....	101
8.3.1 - Tableaux de synthèse des scénarios étudiés.....	73		
8.3.2 - Synthèse de l'acceptabilité des risques.....	73		
9 - MOYENS D'INTERVENTIONS ET DE LIMITATION DES CONSEQUENCES DES DANGERS.....	75		
9.1 - MOYENS INTERNES.....	75		
9.1.1 - Organisation en cas de dysfonctionnement.....	75		
9.1.2 - Moyens matériels.....	75		
9.1.3 - Moyens humains.....	75		
9.2 - MOYENS EXTERNES.....	75		
10 - CONCLUSION.....	76		
11 - ANNEXES A L'ETUDE DE DANGER.....	78		
11.1 - ANNEXE 1 – BIBLIOGRAPHIE ET REFERENCES UTILISEES.....	79		
11.2 - ANNEXE 2 –GLOSSAIRE.....	80		
11.3 - ANNEXE 3 – METHODE DE COMPTAGE DES PERSONNES POUR LA DETERMINATION DE LA GRAVITE POTENTIELLE D'UN ACCIDENT A PROXIMITE D'UNE EOLIENNE.....	82		
11.3.1 - Terrains non bâtis.....	82		
11.3.2 - Voies de circulation.....	82		
11.3.3 - Logements.....	82		
11.3.4 - Etablissements recevant du public (ERP).....	82		
11.3.5 - Zones d'activité.....	83		
11.4 - ANNEXE 4 - TABLEAU DE L'ACCIDENTOLOGIE FRANCAISE.....	84		
11.5 - ANNEXE 5 – SCENARIOS GENERIQUES ISSUS DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES.....	90		
11.5.1 - Scénarios relatifs aux risques liés à la glace (G01 et G02).....	90		
11.5.2 - Scénarios relatifs aux risques d'incendie (I01 à I07).....	90		
11.5.3 - Scénarios relatifs aux risques de fuites (F01 à F02).....	90		
11.5.4 - Scénarios relatifs aux risques de chute d'éléments (C01 à C03).....	91		
11.5.5 - Scénarios relatifs aux risques de projection de pales ou de fragments de pales (P01 à P06).....	91		
11.5.6 - Scénarios relatifs aux risques d'effondrement des éoliennes (E01 à E10).....	91		
11.6 - ANNEXE 6 – PROBABILITE D'ATTEINTE ET RISQUE INDIVIDUEL.....	92		
11.7 - ANNEXE 7 - NOTE DE PRESENTATION - article L.323-11 du Code de l'Energie.....	93		
Conformité des liaisons électriques.....	93		
1) Les installations.....	93		
2) Poste de Livraison.....	93		
3) Plan du réseau inter-éolien.....	93		
4) Conformité des câbles.....	93		
5) Tableau récapitulatif du réseau inter-éolien.....	93		

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Rubriques de la nomenclature des ICPE	9
Tableau 2 : Communes du rayon d'affichage	10
Tableau 3 : Renseignements administratifs du demandeur	10
Tableau 4 : Rédacteurs de l'étude de dangers	10
Tableau 5 : Situation géographique du projet	11
Tableau 6 : Principales villes du secteur par rapport au projet	11
Tableau 7 : Liste des sections cadastrales	11
Tableau 8 : Coordonnées des éoliennes	11
Tableau 9 : Températures moyennes à la station de Louargat (en °C)	15
Tableau 10 : Précipitations moyennes mensuelles de la station de Louargat (en mm)	16
Tableau 11 : Nombre de jours de pluie par mois à la station de Louargat	16
Tableau 12 : Records des températures maximales et minimales, nombres de jours de gel et nombres de jours avec T° <= - 5°C à la station de Louargat (en °C)	16
Tableau 13 : Catastrophe naturelle « mouvements de terrain » sur la commune de Gurunhuel	19
Tableau 14 : Catastrophe naturelle « Tempête » sur la commune de Gurunhuel	22
Tableau 15 : Population et densité de population sur la commune de Gurunhuel	23
Tableau 16 : Distance la plus courte entre les éoliennes et les zones d'habitat	23
Tableau 17 : Liste des établissements sensibles situés à proximité du projet	25
Tableau 18 : Liste des ERP sur la commune de Gurunhuel	25
Tableau 19 : Comptages routiers	26
Tableau 20 : Liste des installations classées dans un rayon de 6 km	28
Tableau 21 : Nombre d'équivalent-personnes permanentes dans l'aire d'étude	29
Tableau 22 : Caractéristiques des éoliennes Senvion 3.4M114	32
Tableau 23 : Caractéristiques de fonctionnement – Eolienne Senvion 3.4M114	34
Tableau 24 : Caractéristiques techniques des éléments constituant le parc éolien	34
Tableau 25 : Dangers potentiels liés au fonctionnement de l'installation	40
Tableau 26 : Analyse des accidents survenus en France	44
Tableau 27 : Principales agressions extérieures potentielles	51
Tableau 28 : Distance entre les éoliennes et les routes du secteur	51
Tableau 29 : Principales agressions externes liées aux phénomènes naturels	53
Tableau 30 : Analyse des risques	54
Tableau 31 : Fonction de sécurité	57
Tableau 32 : Scénarios exclus	61
Tableau 33 : Degré d'exposition	62
Tableau 34 : Echelle de gravité des conséquences sur l'homme	63
Tableau 35 : Echelle de gravité des conséquences sur l'environnement	63
Tableau 36 : Intensité du phénomène « Effondrement de l'éolienne » - Eolienne Senvion 3.4M114	64
Tableau 37 : Calcul du nombre d'équivalent personnes permanentes dans la zone d'effet « Effondrement de l'éolienne »	65
Tableau 38 : Gravité du phénomène « Effondrement de l'éolienne »	65
Tableau 39 : Probabilité du phénomène « Effondrement de l'éolienne »	65
Tableau 40 : Acceptabilité du phénomène « Effondrement de l'éolienne »	66
Tableau 41 : Intensité du phénomène « Chute de glace » - Eolienne Senvion 3.4M114	67
Tableau 42 : Calcul du nombre d'équivalent personnes permanentes dans la zone d'effet « Chute de glace »	67
Tableau 43 : Gravité du phénomène « Chute de glace »	67
Tableau 44 : Acceptabilité du phénomène « Chute de glace »	67
Tableau 45 : Intensité du phénomène « Chute d'éléments de l'éolienne » - Eolienne Senvion 3.4M114	68
Tableau 46 : Calcul du nombre d'équivalent personnes permanentes dans la zone d'effet « Chute d'éléments de l'éolienne »	68
Tableau 47 : Gravité du phénomène « Chute d'éléments de l'éolienne »	68

Tableau 48 : Acceptabilité du phénomène « Chute d'éléments de l'éolienne »	69
Tableau 49 : Intensité du phénomène « Projection de pale ou de fragments de pale » - Eolienne Senvion 3.4M114 ...	69
Tableau 50 : Calcul du nombre d'équivalent personnes permanentes dans la zone d'effet « Projection de pale ou de fragments de pale »	70
Tableau 51 : Gravité du phénomène « Projection de pale ou de fragments de pale »	70
Tableau 52 : Probabilité du phénomène « Projection de pale ou de fragments de pale »	70
Tableau 53 : Acceptabilité du phénomène « Projection de pale ou de fragments de pale »	71
Tableau 54 : Intensité du phénomène « Projection de morceaux de glace » - Eolienne Senvion 3.4M114	71
Tableau 55 : Calcul du nombre d'équivalent personnes permanentes dans la zone d'effet « Projection de glace »	72
Tableau 56 : Gravité du phénomène « Projections de morceaux de glace »	72
Tableau 57 : Acceptabilité du phénomène « Projection de morceaux de glace »	72
Tableau 58 : Synthèse des scénarios étudiés	73
Tableau 59 : Coordonnées des services de sécurités et de secours publics ou privés	75
Tableau 60 : Hiérarchisation des phénomènes dangereux	76
Tableau 61 : Niveau d'acceptabilité des risques	76
Tableau 62 : Description du raccordement interne	93
Tableau 63 : Ouvrages électriques du réseau inter-éolien	97

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Situation géographique du projet	12
Figure 2 : Localisation de la zone d'implantation et des éoliennes	13
Figure 3 : Situation cadastrale du projet	14
Figure 4 : Températures moyennes mensuelles à la station de Louargat	15
Figure 5 : Nombre de jours de neige par an (1999-2008)	15
Figure 6 : Précipitations moyennes mensuelles à la station de Louargat	16
Figure 7 : Nombre moyen de jours de gel à la station de Louargat	16
Figure 8 : Nombre d'impact moyen de foudre au sol par km ² /an (période 2000-2009)	17
Figure 9 : Potentiel éolien de la France	17
Figure 10 : Carte de la vitesse du vent à 80 m	18
Figure 11 : Représentation des données sur le potentiel éolien sur la ZIP (vent mesuré à 80 m)	18
Figure 12 : Risque d'inondation par remontée de nappe sur la zone d'implantation	20
Figure 13 : Carte des zones sismiques en France métropolitaine	21
Figure 14 : Nombre d'impact moyen de foudre au sol par km ² /an (période 2000-2009)	22
Figure 15 : Périmètre de protection des habitations	24
Figure 16 : Réseau viaire à proximité de la zone d'implantation	26
Figure 17 : Carte des réseaux	27
Figure 18 : Carte de synthèse des enjeux à protéger	30
Figure 19 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur	31
Figure 20 : Illustration des emprises au sol d'une éolienne	32
Figure 21 : Extrait du plan des abords de l'installation	33
Figure 22 : Composants du parc éolien	37
Figure 23 : Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateur français entre 2000 et 2011	43
Figure 24 : Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2011	49
Figure 25 : Répartition des causes premières d'effondrement	49
Figure 26 : Répartition des causes premières de rupture de pale	49
Figure 27 : Répartition des causes premières d'incendie	49
Figure 28 : Evolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées	50
Figure 29 : Distance d'éloignement par rapport aux lignes HTA	52
Figure 30 : Carte de synthèse	74

1 - INTRODUCTION

1.1 - OBJET DE L'ETUDE DE DANGERS

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

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

Elle précise l'ensemble des mesures de maîtrise des risques mises en œuvre sur la Ferme éolienne de Gurunhuel, 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 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.

La présente étude de dangers a été réalisée par M. Thierry Triquet et Mlle Evelyne COULIOU, du bureau d'études ALISE, expérimentés notamment dans les dossiers ICPE de parcs éoliens et d'autres ouvrages, en collaboration avec l'équipe d'ABO-WIND pour les données de calculs. Les méthodes de calcul du danger sont celles du GUIDE TECHNIQUE « Elaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens », validé en juin 2012 par la Direction Générale de Prévention des Risques (DGPR). Les éléments de ce guide ont été pris en compte dans la présente étude.

1.2 - CONTEXTE LEGISLATIF ET REGLEMENTAIRE

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

L'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation [10] 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 feront l'objet d'une évaluation détaillée au sein de l'étude d'impact.

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

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

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

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

1.3 - REFERENCE NOMENCLATURE ICPE

Au titre de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement, le projet est concerné par la rubrique suivante :

Tableau 1 : Rubriques de la nomenclature des ICPE

Rubrique	Désignation de l'activité	Régime	Rayon d'affichage	Caractéristiques de l'installation
2980	Installation terrestre de production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent et regroupant un ou plusieurs aérogénérateurs 1. Comprenant au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m	A	6 km	2 éoliennes Senvion 3.4M114 Eolienne E1 de 150 m de hauteur (mât de 93 m) Eolienne E2 de 176 m de hauteur (mât de 119 m)

*A : autorisation D : déclaration

Le parc éolien de Gurunhuel 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.

Le rayon d'affichage est de 6,0 km. Il permet de définir le périmètre à l'intérieur duquel l'affichage de l'avis d'enquête publique est obligatoire.

Les communes concernées sont situées dans le département des Côtes d'Armor :

❖ **Zone d'implantation :**

Département	Communes	N°INSEE
Côtes d'Armor (22)	Gurunhuel	22072

❖ **Autres communes du rayon d'affichage :**

Tableau 2 : Communes du rayon d'affichage

Département	Commune	N°INSEE
Côtes d'Armor (22)	Belle-Isle-en-Terre	22 005
	Bourbriac	22 013
	Bulat-Pestivien	22 023
	Coadout	22 040
	Graces	22 067
	Louargat	22 135
	Moustéru	22 156
	Péder nec	22 164
	Plougou ver	22 216
	Plouisy	22 223
	Pont-Melvez	22 249
	Tréglamus	22 354

1.4 - RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS

Tableau 3 : Renseignements administratifs du demandeur

Carte d'identité de l'entreprise	
Raison sociale	Ferme Eolienne de Gurunhuel
Forme juridique	Société en Nom Collectif (SNC)
N° SIRET	819 634 361 00011
Adresse du siège social	2 Rue du Libre Echange CS 95893 31506 TOULOUSE CEDEX 5
N° SIRET du siège social	822 673 489 00016
Code APE	3511Z – Production d'électricité
Demandeur	
Identité	Patrick BESSIERE
Qualité	Gérant
Site d'exploitation	
Département	Côtes d'Armor (22)
Communes	Gurunhuel
Adresse d'exploitation	GOAREM 22390 GURUNHUEL
Personne en charge du dossier	
Société	ABO Wind
Identité	Gaël Millet
Qualité	Responsable de projets
Adresse	12 Allée Duguay Trouin 44000 NANTES
Téléphone	02 51 72 63 74
Courriel	millet@abo-wind.fr

Tableau 4 : Rédacteurs de l'étude de dangers

Rédaction	Nom	Spécialité	Société	Coordonnées
Etude de danger	Thierry TRIQUET Evelyne COULIOU	Ingénieurs Environnement	ALISE	102 rue du Bois Tison, 76160 ST JACQUES-SUR-DARNETAL / Tél : 02 35 61 30 19 Courriels : evelyne.couliou@alise-environnement.fr thierry.triquet@alise-environnement.fr

2 - LOCALISATION DU SITE

2.1 - SITUATION GEOGRAPHIQUE

Le site retenu pour l'implantation du Parc éolien est le suivant :

Tableau 5 : Situation géographique du projet

Région	Bretagne
Département	Côtes d'Armor (22)
Arrondissement	Guingamp
Canton	Callac
Commune	Gurunhuel
Communes voisines	Moustéru - Bourbriac - Pont-Melvez - Plougonver - Louargat - Tréglamus
Communauté de communes	Guingamp-Paimpol Armor-Argoat Agglomération

Le tableau suivant présente les distances à vol d'oiseau entre la zone d'implantation, située sur la commune de Gurunhuel, et les principales villes les plus proches (en termes de population) :

Tableau 6 : Principales villes du secteur par rapport au projet

Commune	Distance à vol d'oiseau
Guingamp	10 km
Lannion	32 km

La figure page suivante présente la localisation du site du projet sur la carte IGN au 1/25 000.

2.2 - SITUATION ADMINISTRATIVE

Le projet est concerné par les parcelles cadastrales suivantes :

Tableau 7 : Liste des sections cadastrales

Infrastructure	Parcelle cadastrale	Ouvrage	Lieu-Dit	Commune	Propriétaires fonciers
E1	ZD 37	Fondation Plateforme Survol RIE	Goarem	GURUNHUEL	LE DRUILLENNEC Thierry LE DRUILLENNEC Stéphane
	ZD 36	Survol Route à renforcer RIE			Association Foncière de Remembrement (AFR) de Gurunhuel
	ZD 35	Survol RIE			GEFFROY Anne GEFFROY Bernard GEFFROY Rémy
PDL	Fondation Plateforme RIE	GEFFROY Anne GEFFROY Bernard GEFFROY Rémy			

Infrastructure	Parcelle cadastrale	Ouvrage	Lieu-Dit	Commune	Propriétaires fonciers
PDL	ZI 1	Plateforme Route à renforcer RIE	Parc Bras	GURUNHUEL	Association Foncière de Remembrement (AFR) de Gurunhuel
E2	ZI 3	Survol RIE			DANIEL Yvon DANIEL Anne Yvonne
	ZI 8	Fondation Plateforme Survol RIE			STEPHAN Marie DANIEL Anne Yvonne
	ZI 9	Survol Route à renforcer			Association Foncière de Remembrement (AFR) de Gurunhuel
	ZI 10	Survol			LE DRUILLENNEC Thierry LE DRUILLENNEC Stéphane

E1 = Eolienne n°1 / E2 = Eolienne n°2 / PDL = Poste de livraison / RIE = Réseau inter-éolien

2.3 - COORDONNEES DES EOLIENNES ET DU POSTE DE LIVRAISON

Le tableau ci-dessous présente les coordonnées des éoliennes et du poste de livraison :

Tableau 8 : Coordonnées des éoliennes

Infrastructure	Coordonnées						Altitude (en m NGF)	
	Lambert 93		Lambert II étendu		WGS 84		Au sol	Au sommet
	X	Y	X	Y	N	W		
E1	236506,65	6842139,39	185093,39	2405359,43	48°30'48.5078" N	3°16'55.8761" O	274,66	424,66
E2	236863,86	6842042,94	185451,61	2405265,80	48°30'46.3129" N	3°16'38.1464" O	254,95	430,95
PDL	236697,96	6841910,96	185286,67	2405132,39	48°30'41.6257" N	3°16'45.6960" O	263,50	266,14

E1 = Eolienne n°1 / E2 = Eolienne n°2 / PDL = Poste de livraison

2.4 - DEFINITION DES AIRES D'ETUDE

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

Chaque aire d'étude correspond à l'ensemble des points situés à une distance inférieure ou égale à 500 m à partir de l'emprise du mât de l'aérogénérateur. Cette distance équivaut à la distance d'effet retenue pour les phénomènes de projection, telle que définie au paragraphe 8.2.4 -, page 69. Les éoliennes seront implantées à plus de 500 m des habitations.

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

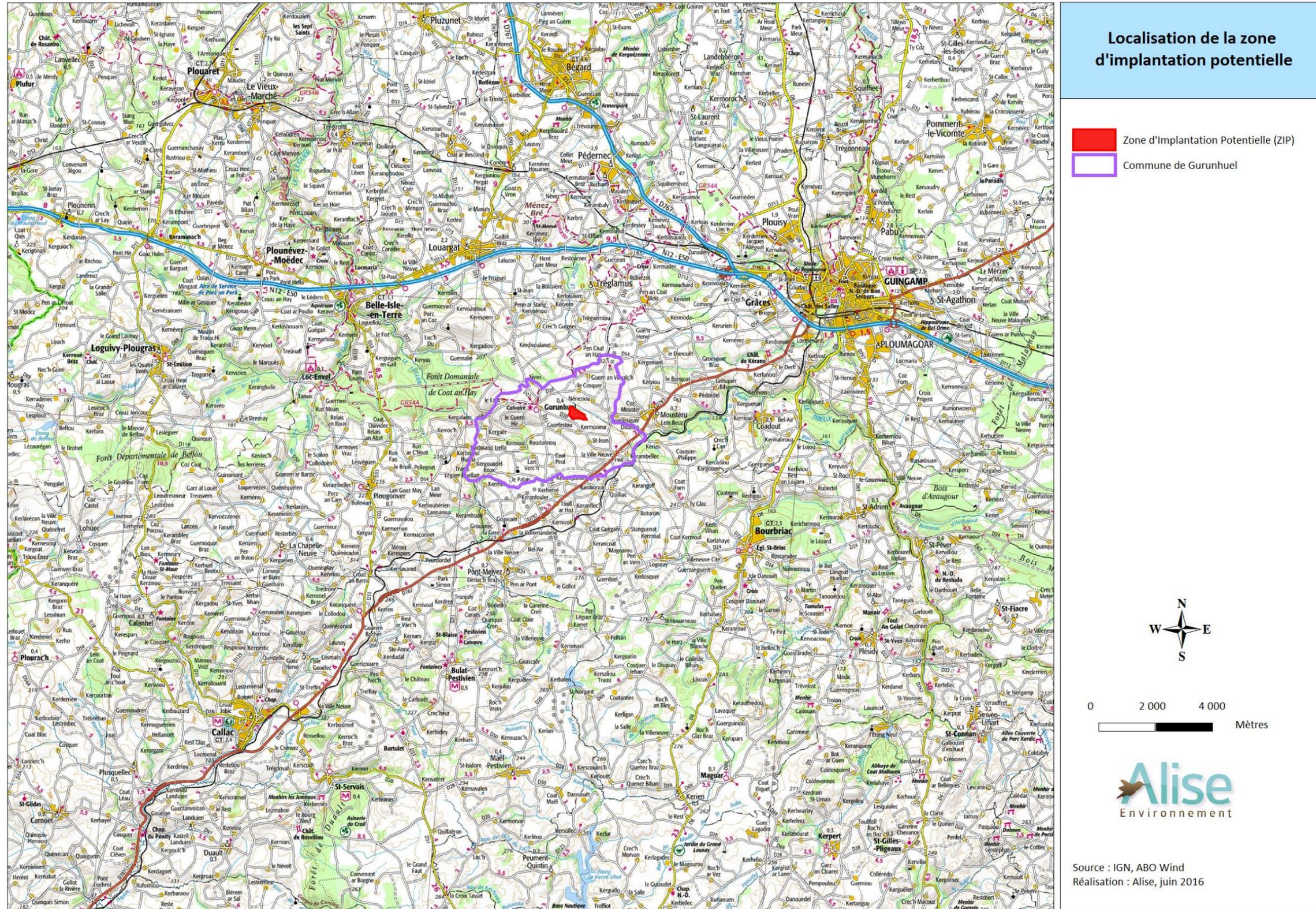


Figure 1 : Situation géographique du projet
Source : IGN 1/100 000

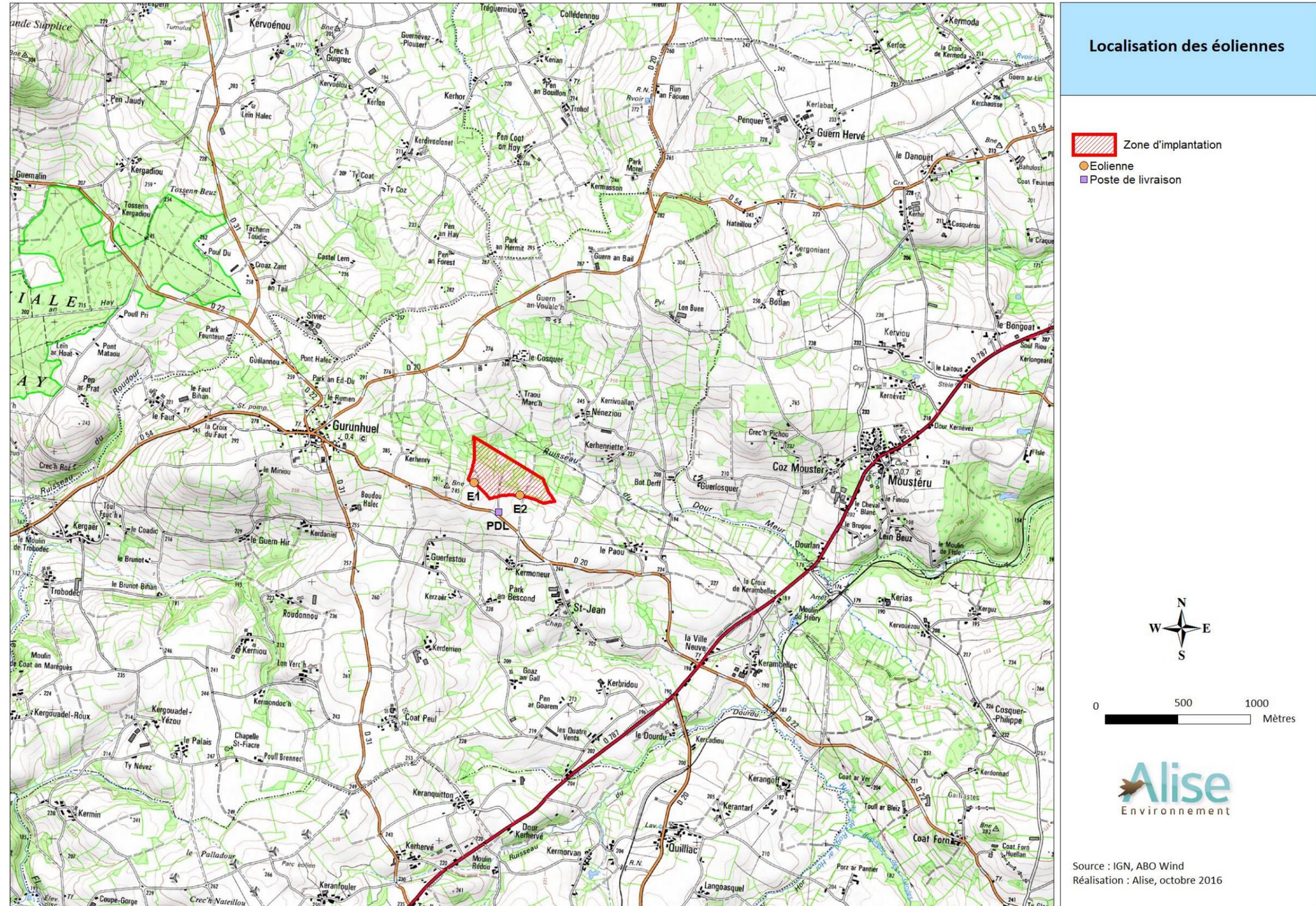


Figure 2 : Localisation de la zone d'implantation et des éoliennes

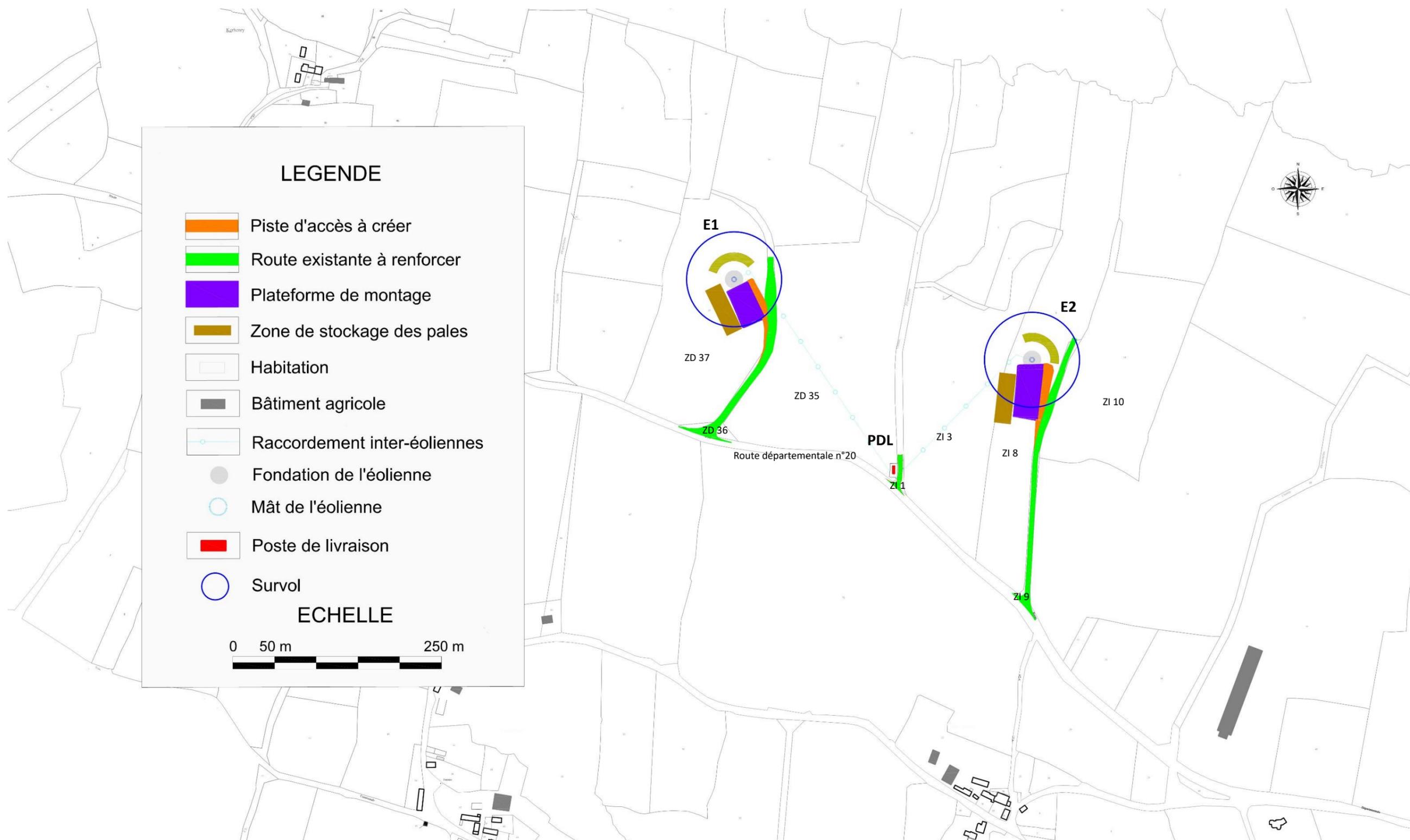


Figure 3 : Situation cadastrale du projet

3 - ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION

Ce chapitre a pour objectif de décrire l'environnement dans la zone d'étude de l'installation, afin d'identifier les principaux intérêts à protéger (enjeux) et les facteurs de risque que peut représenter l'environnement vis-à-vis de l'installation (agresseurs potentiels).

La description complète du site du projet et de son environnement est présentée dans la partie « Etat initial » de l'Etude d'impact (chapitre 3 – Analyse de l'état initial du site et de son environnement). Une synthèse de cette partie est proposée dans les paragraphes suivants.

3.1 - ENVIRONNEMENT NATUREL

3.1.1 - CONTEXTE CLIMATIQUE

3.1.1.1 - Climatologie

La région dans laquelle se situent les communes d'implantation bénéficie d'un climat océanique, caractérisé par des hivers doux et pluvieux et des étés frais et relativement humides. Les données météorologiques proviennent de la station météorologique de Météo France de Louargat.

a) Températures

Le tableau et le graphique suivants indiquent les moyennes mensuelles des températures minimales, moyennes et maximales relevées à la station de Louargat :

Tableau 9 : Températures moyennes à la station de Louargat (en °C)

Source : Météo-France

Température (moyenne en °C)	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moyenne annuelle
Minimum	3,2	3,0	4,0	4,6	7,6	9,9	12,0	11,9	9,8	8,1	5,1	3,1	6,9
Moyenne	6,1	6,3	7,9	9,1	12,4	14,9	16,8	17,0	14,7	12,0	8,5	6,1	11,0
Maximum	9,0	9,7	11,9	13,6	17,2	19,9	21,6	22,1	19,6	15,8	11,8	9,1	15,1

La température moyenne annuelle est de 11,0°C. L'amplitude thermique moyenne la plus importante est observée en août et est de 10,2°C. La température moyenne la plus basse s'observe en février (3,0°C) tandis que la température moyenne la plus élevée s'observe en août (22,1°C).

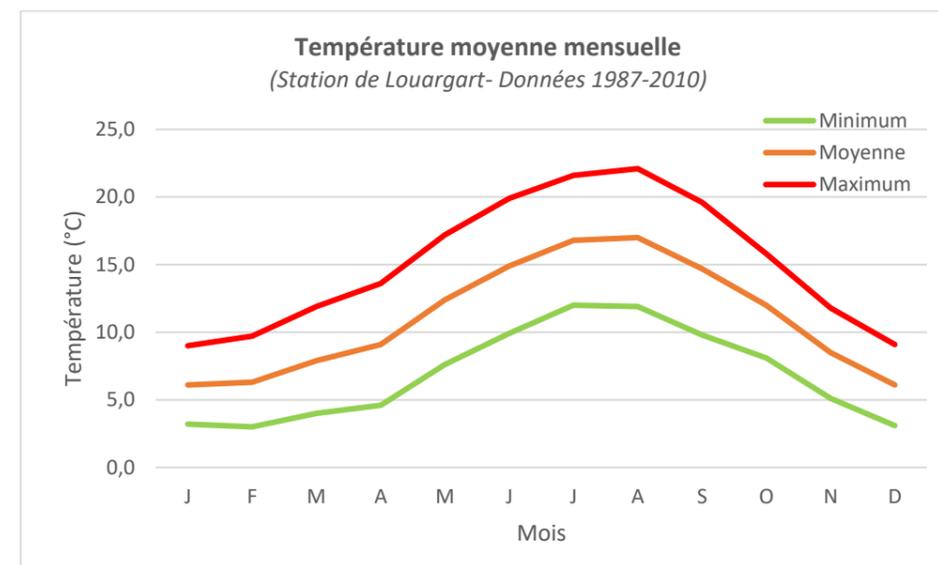


Figure 4 : Températures moyennes mensuelles à la station de Louargat

Source : Météo-France

b) Neige

Des phénomènes neigeux sont possibles entre octobre et avril. Cependant, le nombre de jours moyen de neige par an est compris entre 3 et 10 d'après la figure suivante :

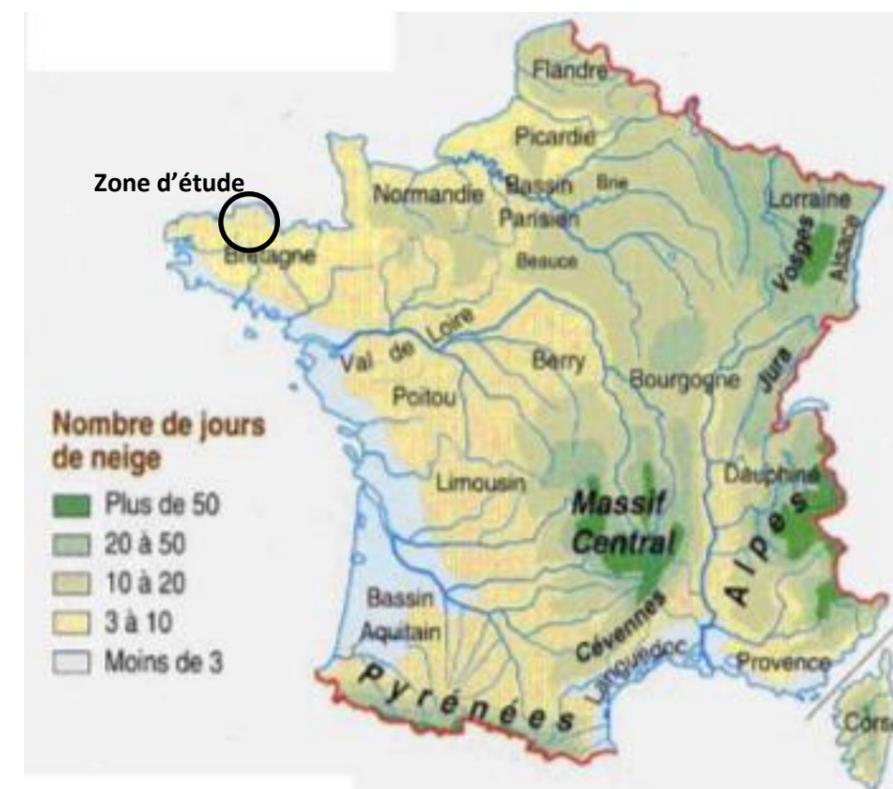


Figure 5 : Nombre de jours de neige par an (1999-2008)

Source : alertes-meteo.com

c) Pluviométrie

Le tableau et le graphique suivants indiquent les moyennes mensuelles des précipitations relevées à la station de Louargat (hauteur de précipitations en mm – période : 1987–2010) :

Tableau 10 : Précipitations moyennes mensuelles de la station de Louargat (en mm)

Source : Météo France

Paramètre	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Précipitations (en mm)	117,4	104,8	79,6	86,4	66,7	50,5	52,3	50,5	65,3	103,8	113,9	122,1

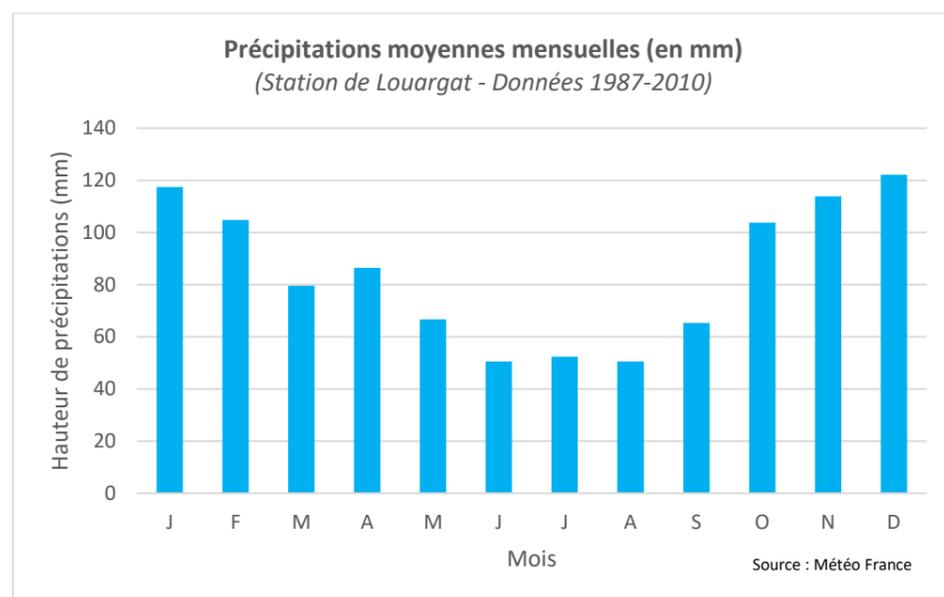


Figure 6 : Précipitations moyennes mensuelles à la station de Louargat

Source : Météo-France

Ces données montrent que la pluviométrie dans le secteur étudié est importante avec 1 013,3 mm environ de précipitations en moyenne annuelle à la station de Louargat.

On observe une période fortement pluvieuse d’octobre à février avec plus de 100 mm de pluie par mois. A la station de Louargat, le minimum est observé en juin et août (50,5 mm) et un maximum en décembre (122,1 mm).

Le tableau ci-après présente le nombre de jours de pluie par mois :

Tableau 11 : Nombre de jours de pluie par mois à la station de Louargat

Source : Météo France

Période 1994-2010	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total année
Nombre de jours de pluie ≥ 1 mm	16,4	14,0	12,6	13,1	10,6	8,2	9,6	9,0	10,2	15,0	16,4	15,5	150,4

Il pleut en moyenne plus de 150,4 jours par an. En relation avec les hauteurs de précipitations, les mois les plus pluvieux sont les mois d’automne et d’hiver.

d) Gel

Le tableau suivant présente pour chaque mois le nombre de jours de gel (période : 1987–2010) ainsi que les records des températures maximales et minimales relevés à la station de Louargat (période : 1987–2016) :

Tableau 12 : Records des températures maximales et minimales, nombres de jours de gel et nombres de jours avec T° ≤ - 5°C à la station de Louargat (en °C)

Source : Météo France

Paramètre	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moyenne annuelle
Température la plus élevée (°C)	16,5	19,4	23,1	27,8	29,5	33,2	33,4	38,4	30,9	29,1	20,9	17,8	38,4
Température la plus basse (°C)	-11,1	-9,3	-8,1	-5,0	-2,9	-0,3	2,9	2,3	0,2	-4,7	-6,9	-8,8	-11,1
Paramètre	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Nombre par an
Nombre de jours de gel (Tn ≤ 0°C)	7,7	7,3	6,4	4,2	0,9	0,0				1,2	4,5	8,7	41,0
Nombre de jours avec T° ≤ -5°C	1,0	0,7	0,3	0,0							0,2	0,9	3,1

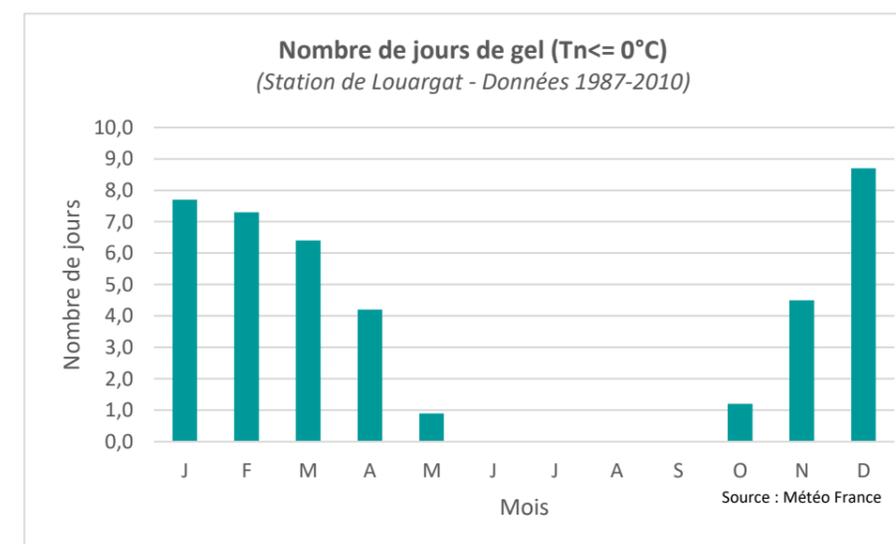


Figure 7 : Nombre moyen de jours de gel à la station de Louargat

Source : Météo-France

La température maximale relevée à la station de Louargat est de 38,4°C, en août 2003. La température minimale est de -11,1°C relevée en janvier 1997. En moyenne, il y a 41,0 jours de gel par an, mais les jours de gels importants (températures inférieures à -5°C) sont moins nombreux (3,1 jours par an).

e) Orages

L'activité orageuse est appréciée par la densité d'arcs (Da) qui est le nombre d'arcs de foudre par km² et par an. La moyenne française est de 1,54 arc/km²/an.

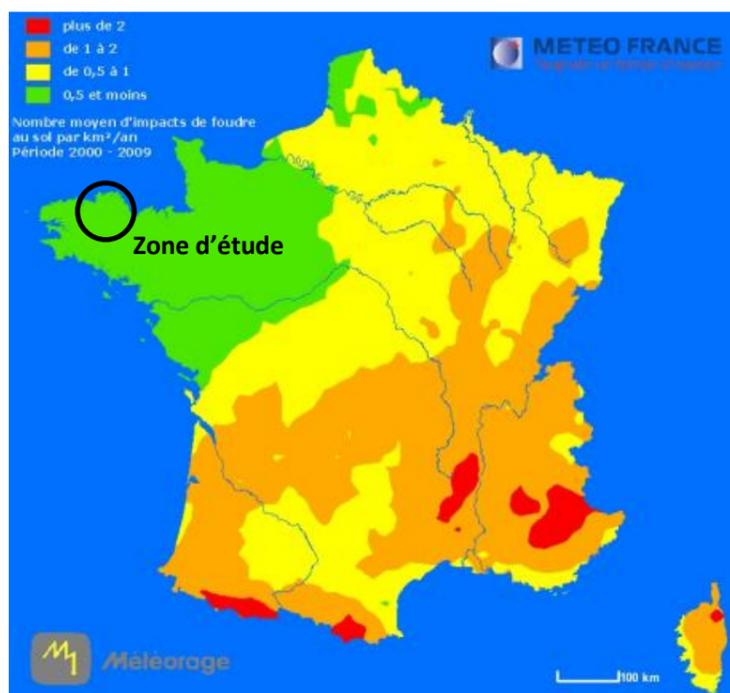


Figure 8 : Nombre d'impact moyen de foudre au sol par km²/an (période 2000-2009)

Source : Météorage

La densité d'arcs du département des Côtes d'Armor est de 0,23 arc/km²/an (données (2006-2015), ce qui est très inférieure à la moyenne nationale (1,54 arc/km²/an).

f) Conclusion

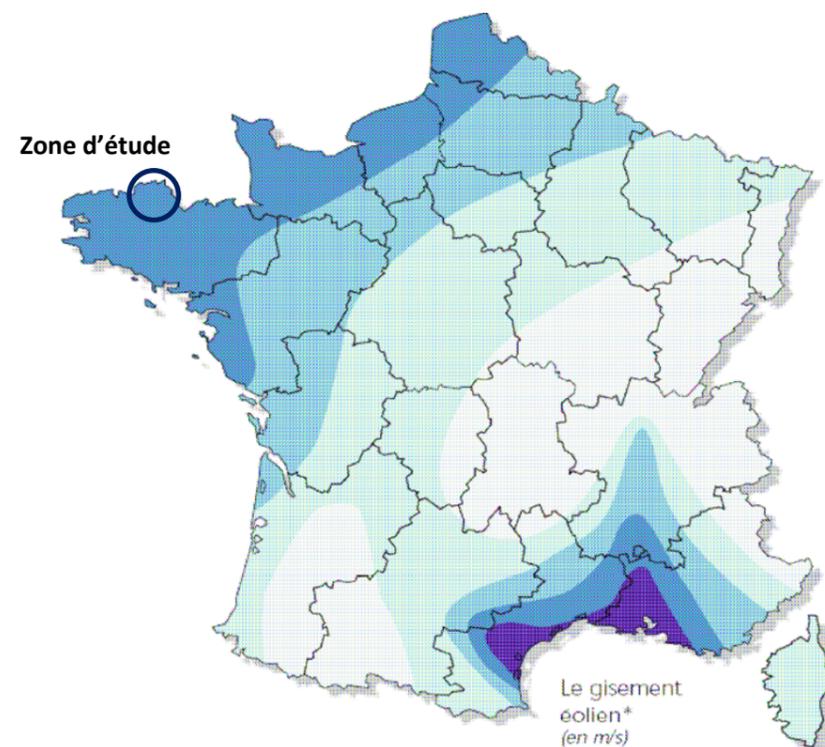
La région dans laquelle se trouve la zone d'implantation présente un climat océanique. Le nombre annuel de jours de gel est peu important et les fortes pluies y sont relativement fréquentes.

3.1.1.2 - Ressource éolienne

a) Généralités

La France bénéficie d'un potentiel éolien remarquable de par son important linéaire côtier. Elle possède en effet le deuxième potentiel éolien en Europe, après celui du Royaume-Uni. Ce potentiel est estimé à 66 TWh/an sur terre et 90 TWh/an en mer.

La carte ci-après représente le potentiel éolien français à 50 m du sol et la situation de la zone d'étude :



Bocage dense, bois, banlieue	Rase campagne, obstacles épars	Prairies plates, quelques buissons	Lacs, mer	Cretes ^{**} , collines	
<3,5	<4,5	<5,0	<5,5	<7,0	Zone 1
3,5 - 4,5	4,5 - 5,5	5,0 - 6,0	5,5 - 7,0	7,0 - 8,5	Zone 2
4,5 - 5,0	5,5 - 6,5	6,0 - 7,0	7,0 - 8,0	8,5 - 10,0	Zone 3
5,0 - 6,0	6,5 - 7,5	7,0 - 8,5	8,0 - 9,0	10,0 - 11,5	Zone 4
>6,0	>7,5	>8,5	>9,0	>11,5	Zone 5

* Vitesse du vent à 50 mètres au-dessus du sol en fonction de la topographie
 ** Les zones montagneuses nécessitent une étude de gisement spécifique

Figure 9 : Potentiel éolien de la France

Source : ADEME

b) Atlas éolien de la Bretagne

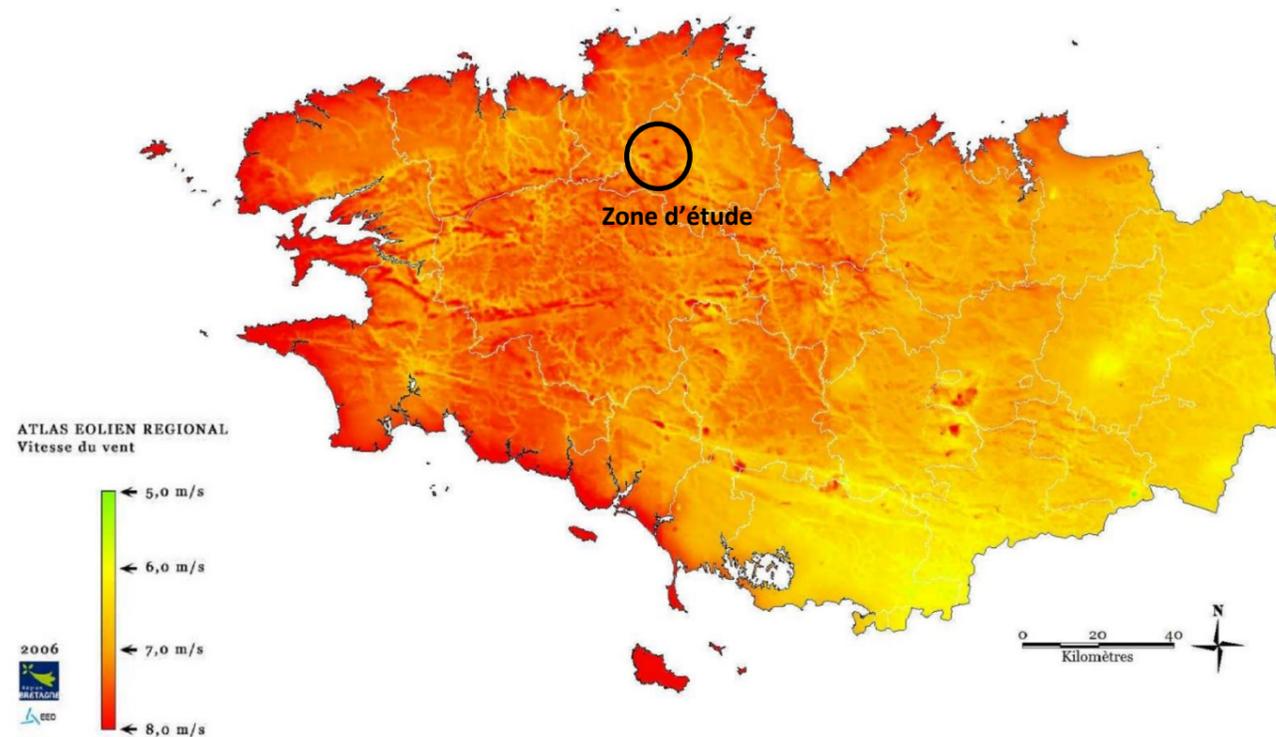
Le potentiel éolien de la Bretagne a été cartographié et répertorié dans l'atlas éolien de la Bretagne réalisé en 2006 par le Conseil Régional de la Bretagne. Ce document constitue un cahier technique annexé au Schéma Régional Eolien de Bretagne approuvé en 2012.

Selon les données présentées dans cet atlas éolien de la Bretagne, la zone d'étude dispose d'un potentiel éolien très intéressant : la carte ci-après représente la vitesse du vent mesuré à 80 m de hauteur et indique des vitesses annuelles moyennes comprises entre 6 à 8 m/s autour de la zone d'étude.

Comme indiqué en introduction de ce document, cet atlas éolien fournit un ordre de grandeur du gisement éolien. Cependant, son échelle régionale ne permet pas de définir précisément la faisabilité d'un projet éolien en particulier. Une campagne de mesure sur site est dans tous les cas indispensables.

La région Bretagne ne dispose pas d'atlas éolien plus récent. Toutefois, la méthodologie utilisée permet d'accorder une bonne confiance à l'atlas réalisé en 2006.

Vitesse du vent à 80 mètres



carte 7 : Atlas éolien régional - vitesse à 80 mètres

Figure 10 : Carte de la vitesse du vent à 80 m

Source : Atlas éolien de la Bretagne de juillet 2006

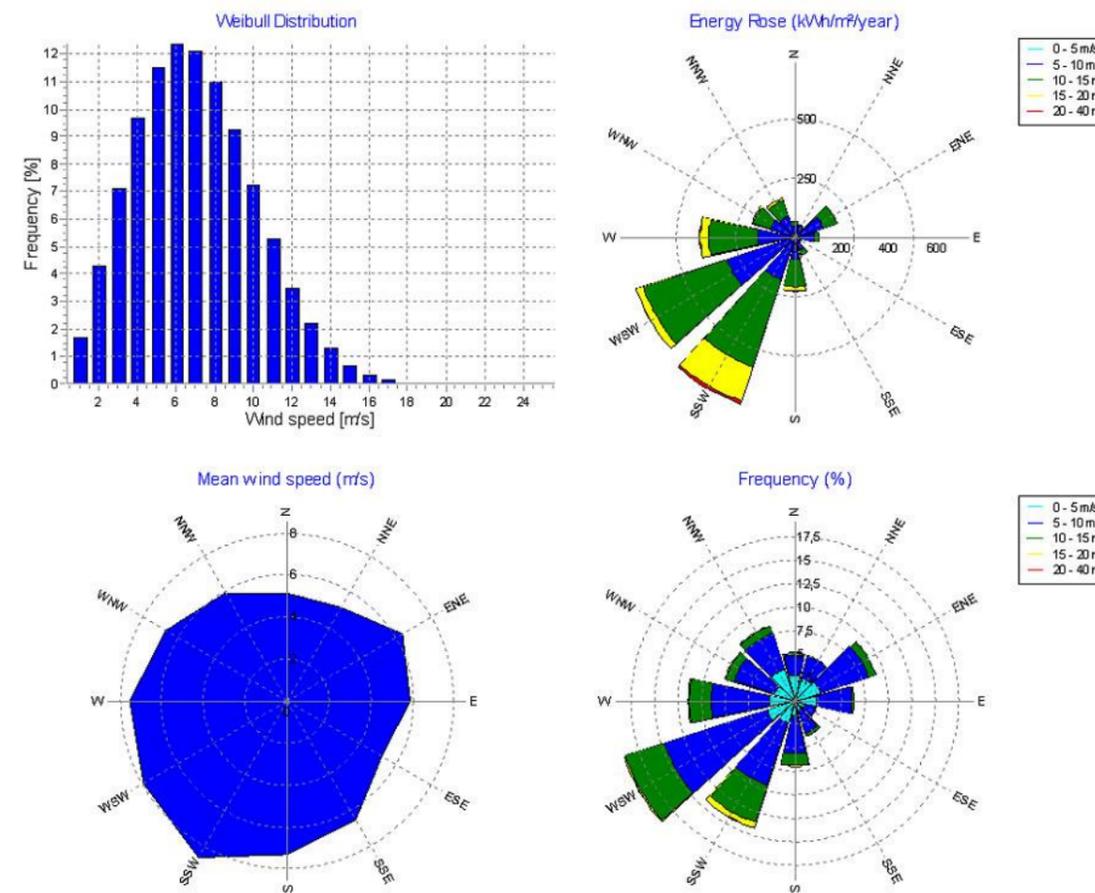


Figure 11 : Représentation des données sur le potentiel éolien sur la ZIP (vent mesuré à 80 m)

Source : ABO Wind

c) Résultats de la mesure du vent sur site

Un mât de mesure de vent de 80 m de haut a été installé sur site. L'étude préalable menée par ABO Wind fournit les renseignements suivants :

❖ Distribution des vents

Le graphique « Weibull Distribution » correspond à la description de la variation du vent sur le site d'étude. Il représente les fréquences des vents en fonction de leur vitesse. Les vents de vitesse de 5 à 7 m/s sont les plus fréquents.

❖ Energie du vent

La représentation « Energy Rose » indique les directions des vents contenant le plus d'énergie en fonction de leur vitesse. Il s'agit des vents de secteur sud-ouest.

❖ Vitesse moyenne des vents

La figure « Mean wind speed » permet de lire, pour chacune des 12 directions de vent représentées, la vitesse moyenne enregistrée du vent. Ainsi, pour les directions Ouest-Sud-Ouest et Sud-Sud-Ouest, le vent atteint la vitesse moyenne de 8 m/s. La vitesse moyenne du vent, toutes directions confondues, est de 7 m/s sur ce site.

❖ Fréquence des vents

La représentation « Frequency » indique la fréquence des vents pour chacun des secteurs de la rose des vents.

3.1.2 - RISQUES MAJEURS

3.1.2.1 - Risques liés à la géologie et à la géotechnique

a) Risque de mouvements de terrain / risque lié à la stabilité des sols

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

- les affaissements et les effondrements de cavités ;
- les chutes de pierre et éboulements ;
- les glissements de terrain ;
- les avancées de dunes ;
- les modifications des berges de cours d'eau et du littoral ;
- les tassements de terrain provoqués par les alternances de sécheresse et de réhydratation des sols ;
- le retrait-gonflement des argiles.

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

Les risques de glissements de terrains sont liés à la qualité du sol et du sous-sol et à la topographie. Dans le secteur d'étude, compte-tenu de la nature calcaire du sous-sol et de la topographie peu marquée des terrains, les risques de glissements de terrain sont réduits.

Ces événements, lorsqu'ils se produisent, sont recensés par un organisme chargé de mettre à disposition du public toute information sur les risques à l'échelle d'une commune : le BRGM¹, via le portail GEORISQUES². D'après le portail GEORISQUES, 4 mouvements de terrain sont recensés sur la commune de Gurunhuel mais ils ne sont pas situés sur la zone d'implantation.

Tableau 13 : Catastrophe naturelle « mouvements de terrain » sur la commune de Gurunhuel

Source : www.prim.net

Type de catastrophe	Date de début	Date de fin	Date de l'arrêt
Inondations et coulées de boue	28/06/1986	30/06/1986	25/08/1986
Inondations et coulées de boue	17/01/1995	31/01/1995	06/02/1995
Inondations, coulées de boue et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999
Inondations et coulées de boue	08/01/2010	11/01/2010	09/04/2010

Le risque de mouvement de terrain sur la zone d'implantation est considéré comme très faible, mais ne peut jamais être exclu.

b) Retrait / gonflement des argiles

Le retrait-gonflement des argiles est un autre type de risque lié aux mouvements de terrain. Selon le portail du BRGM relative aux risques (GEORISQUES), le retrait-gonflement des argiles est un phénomène lié à la modification de la teneur en eau des sols argileux. Cette modification entraîne un changement de volume de l'argile, et provoque un retrait des sols en cas d'assèchement, ou un gonflement en cas d'apport en eau : ces mouvements de terrain peuvent entraîner des fissurations au niveau du sol, mais aussi sur les constructions. La nature et l'épaisseur du sol, l'intensité des phénomènes climatiques, mais aussi la topographie, la végétation ou encore la présence d'eaux souterraines peuvent influencer ce phénomène.

Les caractéristiques de l'aléa ainsi que les modalités de prise en compte de ce risque sont précisées sur la base de données « Argiles » du BRGM.

D'après les données du BRGM (www.georisques.gouv.fr), la commune d'implantation est concernée par le risque lié à l'aléa retrait / gonflement des argiles. Au niveau de la zone d'implantation, l'aléa retrait-gonflement des argiles est nul à faible.

Ainsi, en l'absence de Plan de Prévention des Risques qui prendrait en compte de façon explicite ce risque, il est préconisé suivant le degré de l'aléa d'ancrer les fondations sur semelle (qui permet de transmettre et de répartir la charge sur le sol) suffisamment en profondeur par rapport à la zone superficielle du sol, afin de s'affranchir de la zone superficielle sensible à l'évaporation.

Aucune précision n'est faite par rapport aux seules éoliennes, mais il est mis en évidence les profondeurs minimales suivantes d'une façon générale :

- minimum de 80 centimètres en zone d'aléa faible à moyen ;
- minimum de 120 centimètres en zone d'aléa fort.

Ces profondeurs d'ancrage s'ajoutent à celles imposées par la mise hors gel. Dans le cadre du projet, ces profondeurs seront respectées.

Les fondations doivent être ancrées de façon homogène sur tout le pourtour de l'édifice, il est important dans le cadre des terrains en pente, d'ancrer à l'aval comme à l'amont de façon aussi importante.

L'identification d'un sol sensible au retrait-gonflement des argiles peut être opérée de différentes façons, par une reconnaissance visuelle, une analyse du contexte géologique et hydrogéologique du terrain, une analyse de la circulation des eaux et une vérification de la capacité « portant du sol » et de l'adéquation du mode de fondation retenu.

Le risque lié au retrait / gonflement des argiles établi par le BRGM est nul à faible sur la zone d'implantation.

c) Karstifications

La karstification est l'ensemble des processus naturels d'érosion et d'altération physicochimiques que subissent les formations carbonatées comme la craie. Ceci s'explique par la capacité des roches calcaires, et plus précisément leurs minéraux (calcite, aragonite, dolomite), d'être solubles dans l'eau. En surface ce phénomène se traduit par un modelé typique, dit karstique, (bétoire, aven, doline, vallée sèche, perte et exurgence de rivière, ...) en lien avec un réseau souterrain.

En ce qui concerne la zone d'étude, les formations crayeuses constituant son sous-sol sont susceptibles d'être karstifiées. Cependant la notice de la carte géologique ne mentionne pas de réseaux karstiques.

La zone d'implantation potentielle ne se situe pas dans une région susceptible d'être soumise au risque karstique.

d) Présence de cavités souterraines

Quelle que soit leur origine, les cavités souterraines sont responsables de deux formes de mouvements de terrain (HUMBERT, 1972) :

- ⇒ les affaissements consistent en un abaissement lent et continu du niveau du sol sans rupture apparente ;
- ⇒ les effondrements se manifestent par un mouvement brutal et discontinu du sol en direction de la cavité, laissant apparaître en surface un escarpement plus ou moins vertical.

Parfois, les mouvements affectent des surfaces importantes. Ainsi, l'écrasement de la voûte de la chambre d'exploitation souterraine détermine souvent un vaste entonnoir de plusieurs dizaines de mètres de diamètre et de quelques mètres de profondeur.

D'après les données du BRGM (www.georisques.gouv.fr), aucune cavité souterraine n'est recensée sur la zone d'implantation.

¹ BRGM : Bureau de recherche Géologique et Minière

² Adresse du portail GEORISQUES : www.georisques.gouv.fr

3.1.2.2 - Risques d'inondations

Les inondations constituent un risque majeur sur le territoire national. En France, elles concernent une commune sur trois à des degrés divers selon le ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de la Mer.

L'inondation est une submersion, rapide ou lente, d'une zone habituellement hors d'eau. Les crues des rivières proviennent des fortes pluies. On distingue les crues par débordement direct (le cours d'eau sort de son lit mineur pour occuper son lit majeur) et les crues par débordement indirect (remontée de la nappe alluviale). Elles ont lieu à la suite de longs épisodes pluvieux impliquant l'ensemble du bassin. Elles sont souvent prévisibles. Dans les secteurs où la topographie est marquée, existe également un risque de ruissellement en cas de fortes précipitations pouvant provoquer de graves dégâts.

Parmi les facteurs aggravant le phénomène de pluviosité, du fait de leur incidence sur le régime du cours d'eau, on peut citer :

- les aménagements urbains ;
- l'imperméabilisation des surfaces ;
- la disparition des champs d'expansion des crues ;
- le mauvais entretien d'ouvrages hydrauliques anciens ou de certains cours d'eau ;
- les marées.

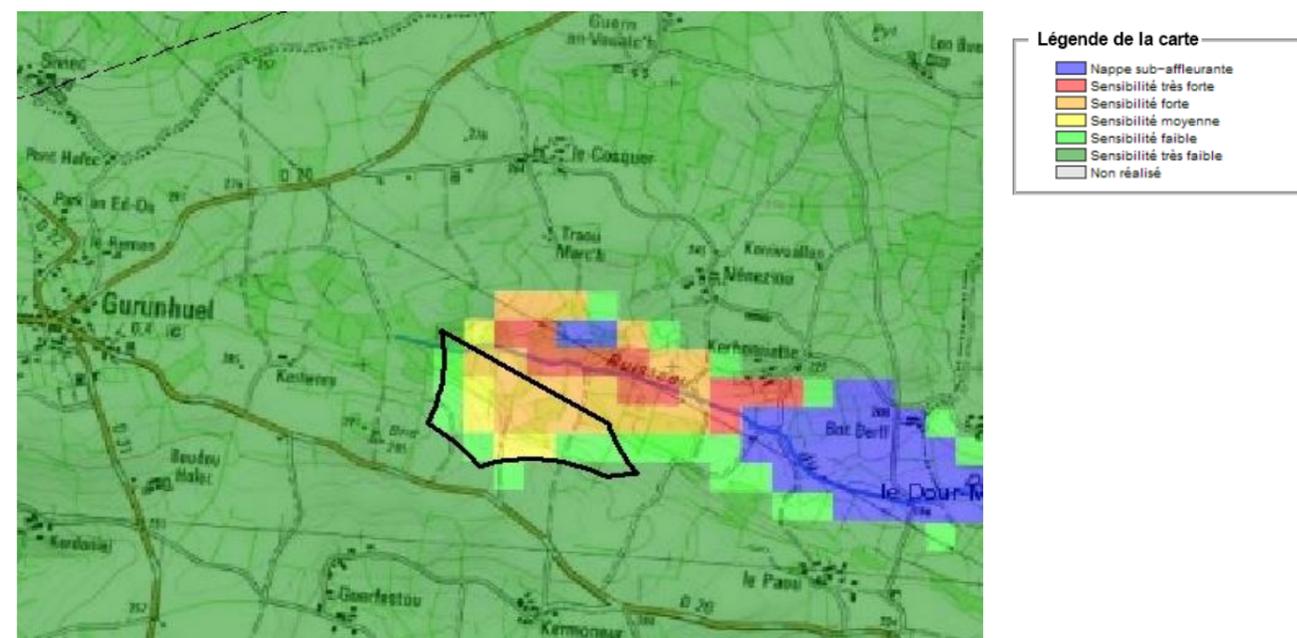


Figure 12 : Risque d'inondation par remontée de nappe sur la zone d'implantation

Source : Carte issue d'Infoterre - BRGM

a) Arrêtés de catastrophe naturelle

La commune de Gurunhuel a fait l'objet de plusieurs arrêtés de catastrophes naturelles pour des « inondations, coulées de boue ». Ces arrêtés correspondent à ceux présentés dans le Tableau 13, page précédente.

b) Risque d'inondations par débordement de cours d'eau

La commune de Gurunhuel est identifiée comme à risque d'inondation par crue à débordement lent de cours d'eau d'après le site internet www.prim.net. Les zones inondables de Bretagne ont été cartographiées dans l'Atlas des Zones Inondables (AZI). La commune de Gurunhuel n'est pas concernée par un AZI. Les zones inondables identifiées ne sont pas situées sur la zone d'implantation. L'AZI HYERES, le plus proche, se trouve à 9,8 km.

La zone d'implantation n'est pas située dans une zone considérée comme inondable par débordement de cours d'eau. Cependant, un cours d'eau traversant la zone d'implantation, le risque ne peut pas être totalement exclu.

c) Risque d'inondation par remontée de nappes

La Figure ci-après présente la cartographie du phénomène de remontée de nappes sur la commune de Gurunhuel.

La zone d'implantation présente un risque d'inondation par remontée de nappe variant de très faible à fort. Le risque est très faible à moyen sur la moitié sud et l'ouest de la zone d'implantation.

La zone d'implantation est située dans une zone de sensibilité très faible à forte au risque de remontée de nappes. La sensibilité est plus faible dans la partie sud.

d) Risque d'inondation par ruissellement et coulée de boue

Selon le site Prim.net, la commune d'implantation n'est pas soumise au risque d'inondation par ruissellement et coulée de boue. On note 4 arrêtés de reconnaissance de catastrophe naturelle concernant les inondations et coulées de boue.

D'après la DDRM, le risque « ruissellement et coulée de boue » n'est pas décrit comme significatif pour la commune de Gurunhuel et donc pour la zone d'implantation.

e) Risque « Rupture de barrage »

Un barrage est un ouvrage artificiel ou naturel (causé par l'accumulation de matériaux à la suite de mouvements de terrain) établi en travers du lit d'un cours d'eau, retenant ou pouvant retenir de l'eau.

D'après le Dossier Départemental des Risques Majeurs, la commune de Gurunhuel n'est pas concernée par le risque « rupture de barrage ». Par conséquent, la zone d'implantation n'est donc pas concernée par ce risque.

f) Plan de Prévention des Risques Naturels et Inondation

Le Plan de Prévention des Risques (PPR) est un outil réglementaire, arrêté par l'Etat, afin de garantir la sécurité des biens et des personnes. Le Plan de Prévention des Risques est une servitude d'utilité publique opposable à tous, particuliers, collectivités, Etat qui définit des règles cohérentes dans les domaines de l'urbanisme, la construction, l'agriculture et adaptées aux spécificités du territoire. La commune de Gurunhuel n'est pas concernée par un PPR.

La zone d'implantation n'est pas concernée par un Plan de Prévention des Risques Naturels et donc par un Plan de Prévention des Risques Inondation.

g) Synthèse

Sur la zone d'implantation :

Le risque karstique et de submersion marine y est nul.

Le risque de mouvement de terrain est faible et est lié à un tassement différentiel. Le risque est faible pour l'aléa retrait et gonflement des argiles.

Les risques d'inondations par rupture de barrage sont inexistants.

Les risques d'inondations par remontée de nappes varient de très faibles à élevé. Les risques sont plus faibles dans les parties sud et ouest.

Les risques d'inondations par débordement de cours d'eau et ruissellement sont très faibles. Ce risque peut être considéré comme faible étant donné qu'il est restreint aux zones situées à proximité du cours d'eau.

3.1.2.3 - Risques « Engins de Guerre »

On entend par risque « engins de guerre », le risque d'explosion et/ou d'intoxication lié à la manutention après découverte d'une ancienne munition de guerre (bombes, obus, mines, grenades, détonateurs...) ou lié à un choc par exemple lors de travaux de terrassement.

En cas de découverte d'un tel engin, il convient de suivre les recommandations suivantes :

- ne pas y toucher, ne pas le déplacer ;
- ne pas mettre le feu ;
- repérer l'emplacement et le baliser ;
- s'éloigner sans courir ;
- collecter les renseignements (lieu, adresse, dimension de l'objet, forme, habitations à proximité...);
- aviser les autorités compétentes : la mairie, la gendarmerie ou la police, ou la préfecture ;
- empêcher quiconque de s'approcher.

Le risque « engins de guerre » n'est pas cité dans le Dossier Départemental sur les Risques Majeurs des Côtes d'Armor.

Le risque lié à la présence d'Engins de Guerre n'est pas identifié, cependant ce risque ne peut pas être exclu pour la commune de Gurunhuel et par conséquent pour la zone d'implantation.

3.1.2.4 - Risques sismiques

Un séisme ou tremblement de terre se traduit en surface par des vibrations du sol. Il provient de la fracturation des roches en profondeur ; celle-ci est due à l'accumulation d'une grande énergie qui se libère, créant des failles, au moment où le seuil de rupture mécanique des roches est atteint. Les dégâts observés en surface sont fonction de l'amplitude, la fréquence et la durée des vibrations.

Suite à la publication des nouveaux textes réglementaires en date du 22 octobre 2010 (décrets n°2010-1254 et 2010-1255, 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 », de nouvelles règles de construction parasismique sont à appliquer pour les bâtiments à « risque normal » sur le territoire national depuis le 1^{er} mai 2011.

Pour chaque commune, il est défini cinq zones de sismicité croissante selon l'aléa sismique :

- zone 1 : sismicité très faible ;
- zone 2 : sismicité faible ;
- zone 3 : sismicité modérée ;
- zone 4 : sismicité moyenne ;
- zone 5 : sismicité forte.

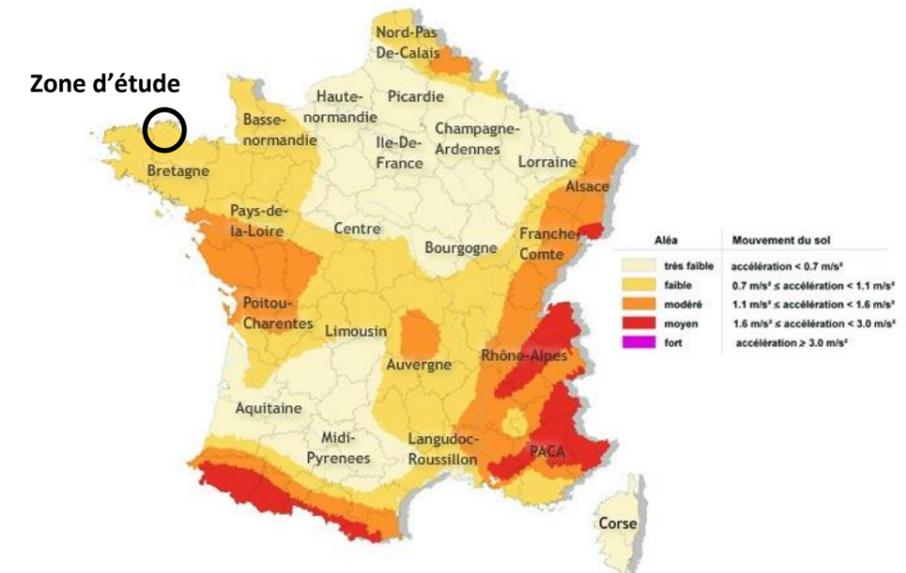


Figure 13 : Carte des zones sismiques en France métropolitaine

Selon l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié, les bâtiments de la classe dite à « risque normal » sont répartis en 4 catégories d'importance définies par l'article R. 563-3 du code de l'environnement.

Les bâtiments des centres de production collective d'énergie répondant au moins à l'un des trois critères suivants, quelle que soit leur capacité d'accueil, sont classés en catégorie III :

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

Le projet ayant une puissance totale de 6,8 (< 20) MW, il n'entre pas dans l'une des trois catégories ci-dessus et n'est donc pas soumis aux règles parasismiques que ce soit pour les éoliennes ou pour les bâtiments techniques associés (poste de livraison).

La commune de Gurunhuel est située en zone de sismicité 2, c'est-à-dire en zone à sismicité faible. Selon la réglementation en vigueur, le projet n'est pas soumis aux règles parasismiques que ce soit pour les éoliennes ou pour les bâtiments techniques associés.

3.1.2.5 - Risques d'incendie de forêt

Les feux de forêts sont des sinistres qui se déclarent et se propagent dans des formations, d'une surface minimale d'un hectare pouvant être :

- des forêts : formations végétales, organisées ou spontanées, dominées par des arbres et des arbustes, d'essences forestières, d'âges divers et de densité variable ;
- des formations subforestières : formations d'arbres feuillus ou de broussailles appelées maquis (formation végétale basse, fermée et dense, poussant sur des sols siliceux) ou garrigue (formation végétale basse mais plutôt ouverte et poussant sur des sols calcaires).

Selon la base de données du site www.prim.net, la commune de Gurunhuel ne présente pas de risque d'incendie. Toutefois, compte-tenu de la présence de petits boisements, le risque d'incendie ne peut pas être totalement exclu. En effet, il est indiqué dans le DDRM que les communes des Côtes d'Armor sont potentiellement moins concernées par le phénomène « incendie de forêt et de lande ». La commune de Gurunhuel n'est pas identifiée comme une commune concernée par les risques feu de forêt et de landes.

Le risque d'incendie sur la zone d'implantation est faible mais ne peut être exclu.

3.1.2.6 - Risques météorologiques

Le territoire de la France est soumis de manière irrégulière à des événements météorologiques dangereux, qualifiés d'exceptionnels, et cela en référence aux moyennes climatologiques.

En raison de leur intensité, de leur durée ou de leur étendue, ces phénomènes peuvent avoir de graves conséquences sur la sécurité des populations et sur l'activité économique. Ils peuvent être de différente nature :

- tempêtes et vents violents ;
- situations orageuses très actives ;
- fortes précipitations pouvant entraîner des crues importantes ;
- chutes de neige et de pluies verglaçantes ;
- vagues brutales de froid intense.

Ces événements peuvent être prévus par Météo-France qui établit des cartes de vigilance à 6h et 16h chaque jour.

La commune de Gurunhuel a fait l'objet d'un arrêté de catastrophes naturelles pour une tempête. Cet arrêté est présenté dans le tableau 14 :

Tableau 14 : Catastrophe naturelle « Tempête » sur la commune de Gurunhuel

Source : www.prim.net

Commune	Type de catastrophe	Début le	Fin le	Arrêté du
Gurunhuel	Tempête	15/10/1987	16/10/1987	22/10/1987

Selon le DDRM du département des Côtes d'Armor, toutes les communes des Côtes d'Armor sont exposées à des vents plus ou moins violents. La commune de Gurunhuel est donc concernée par le phénomène de tempête.

La zone d'implantation est soumise au risque de tempête et grain. Ce risque est lié à la présence de vents violents et le phénomène de tempête reste un phénomène exceptionnel.

3.1.2.7 - Risque foudre

La foudre est liée à l'orage, qui est un phénomène naturel d'origine climatique. Les orages naissent du recouvrement d'un air anormalement chaud par un air anormalement froid. Cette anomalie génère des courants d'air verticaux qui entraînent avec eux des fragments de glace et gouttelettes d'eau. Les frottements produits entre l'air et l'eau créent un déséquilibre entre les charges électriques ; déséquilibre qui provoque une décharge électrique et l'éclatement d'un orage lorsqu'il est trop important. La foudre, puissant courant électrique, présente des dangers à la fois directs pour l'Homme et l'Environnement (incendie, électrocution,...) et indirects sur certains biens matériels notamment électriques les rendant défectueux.

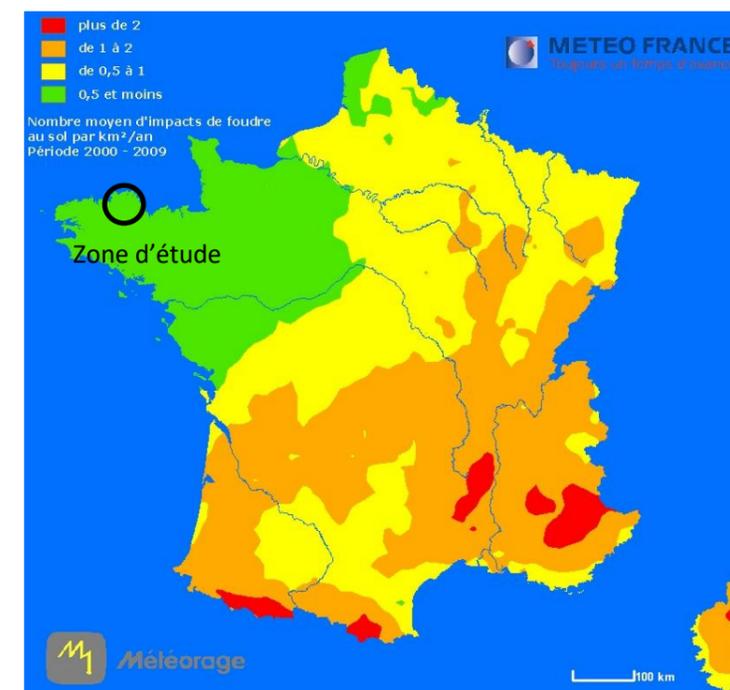


Figure 14 : Nombre d'impact moyen de foudre au sol par km²/an (période 2000-2009)

Source : Météo France

Selon la carte présentée par Météo France sur le nombre d'impacts moyens de foudre au sol par km²/an (pour la période 2000-2009), le département des Côtes d'Armor ne présente pas de risque majeur concernant la foudre.

La densité d'arcs du département des Côtes d'Armor est de 0,23 arc/km²/an (sur la période 2006-2015), ce qui est inférieur à la moyenne nationale qui est de 1,54 arc/km²/an

Gurunhuel n'est pas située dans une zone à risque sur le plan de la foudre.

3.1.2.8 - Synthèse

En résumé, au niveau de la zone d'implantation, on peut noter :

- ⇒ l'absence de cavités souterraines recensées ;
- ⇒ un risque de mouvement de terrain par tassement différentiel ;
- ⇒ l'absence de risque inondation sur la zone d'implantation sauf par remontée de nappes avec une sensibilité qui est très faible à moyenne sur les parties sud et ouest ;
- ⇒ un risque engins de guerre très faible ;
- ⇒ un risque sismique faible (zone 2) ;
- ⇒ un risque d'incendie de forêt considéré comme faible ;
- ⇒ un risque lié à la foudre très faible ;
- ⇒ un risque faible concernant les phénomènes de tempête et grains.

3.2 - ENVIRONNEMENT LIE A L'ACTIVITE HUMAINE

3.2.1 - ZONES URBANISEES ET URBANISABLES

3.2.1.1 - Population / habitat

D'après les données du dernier recensement de la population de 2012 (source : INSEE), la commune de Gurunhuel a une densité de population inférieure à la moyenne départementale (86,6 habitants au km² en 2012) et à la moyenne nationale (116,5 habitants au km² en 2012 en France métropolitaine). Les données sur la population et sa densité sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 15 : Population et densité de population sur la commune de Gurunhuel

Source : INSEE

Communes	Population	Superficie	Densité de population
Gurunhuel	421	19,6 km ²	21,5 hab/km ²

Aucune habitation n'est présente sur la zone d'implantation potentielle. L'habitation la plus proche est située sur la commune de Gurunhuel à plus de 500 m.

Le tableau suivant présente les distances les plus courtes entre les éoliennes et les zones d'habitat :

Tableau 16 : Distance la plus courte entre les éoliennes et les zones d'habitat

Lieux-dits	Distance à l'éolienne	
	E1	E2
Le Paou	1296	928
Saint Jean	909	618
Kermoneur	660	503
Guerfestou	501	715
Boudou Halec	998	1343
Kerhenry	550	915
Le Cosquer	965	988
Le Cosquer Ouest	901	1030
Kerhenriette	1035	712
Nénéziou	959	752
Bot Derff	1513	1164

NB : Les distances sont mesurées à partir du bord du mât de chaque éolienne.

La carte page suivante présente les habitations et zones urbanisables les plus proches de la Zone d'Implantation Potentielle du projet (ZIP), ainsi que le périmètre de protection des habitations (rayon de 500 m autour des habitations et zones urbanisables).

Il n'y a aucune habitation à moins de 501 m des mâts des éoliennes du projet.

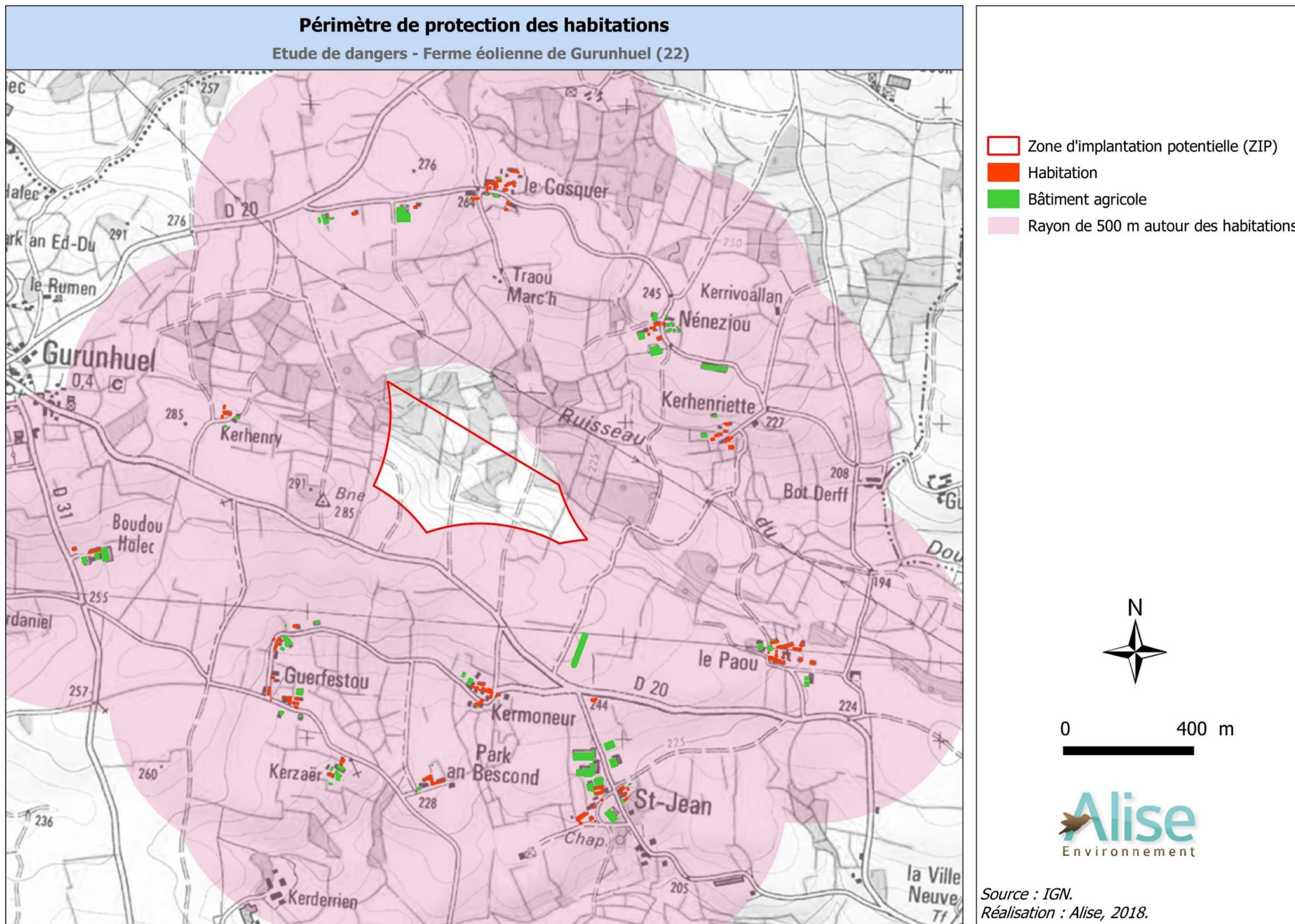


Figure 15 : Périmètre de protection des habitations

3.2.2 - DOCUMENTS D'URBANISME

La commune de Gurunhuel dispose d'une carte communale, approuvée en Conseil Municipal le 23 février 2013, qui stipule :

"A l'issue de l'approbation de la carte communale, il sera possible, sur l'ensemble du territoire, y compris les secteurs non constructibles [...] d'autoriser les constructions et installations nécessaires à des équipements collectifs, à l'exploitation agricole ou forestière et à la mise en valeur des ressources naturelles."

La Direction de l'Habitat, de l'Urbanisme et des Paysages a indiqué que « l'arrêté relatif aux sous-destinations de La **publication le 25 novembre 2016** au Journal officiel de l'**arrêté du 10 novembre 2016** » définissant les destinations et sous-destinations de constructions pouvant être réglementées par le règlement national d'urbanisme et les règlements des plans locaux d'urbanisme ou les documents en tenant lieu. » a précisé dans son article 4 :

« La destination de construction « équipements d'intérêt collectif et services publics » prévue au 4° de l'article R. 151-27 du Code de l'Urbanisme comprend les six sous-destinations suivantes : locaux et bureaux accueillant du public des administrations publiques et assimilés, locaux techniques et industriels des administrations publiques et assimilés, établissements d'enseignement, de santé et d'action sociale, salles d'art et de spectacles, équipements sportifs, autres équipements recevant du public. [...]

La sous-destination « **locaux techniques et industriels des administrations publiques et assimilés** » recouvre les constructions des équipements collectifs de nature technique ou industrielle. Cette sous-destination comprend notamment les constructions techniques nécessaires au fonctionnement des services publics, les constructions techniques conçues spécialement pour le fonctionnement de réseaux ou de services urbains, **les constructions industrielles concourant à la production d'énergie.**[...] »

Cet arrêté du 10 novembre 2016 confirme ainsi que les éoliennes sont considérées des équipements d'intérêt collectif et services publics.

Ainsi, l'implantation de la Ferme éolienne de Gurunhuel sera possible.

3.2.3 - LES ETABLISSEMENTS SENSIBLES ET LES ETABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC AU NIVEAU DE L'AIRE D'ETUDE RAPPROCHEE

3.2.3.1 - Etablissements sensibles

Le Plan National Santé-Environnement (PNSE) a établi une liste des établissements dits « sensibles », il s'agit :

- ⇒ des crèches ;
- ⇒ des écoles maternelles et élémentaires ;
- ⇒ des établissements hébergeant des enfants handicapés ;
- ⇒ des collèges et lycées ;
- ⇒ des établissements de formation professionnelle des jeunes du secteur public ou privé ;
- ⇒ des aires de jeux et des espaces verts.

Les établissements sensibles les plus proches de la zone d'implantation sont présentés dans le tableau ci-contre :

Tableau 17 : Liste des établissements sensibles situés à proximité du projet

Sources : Académie de Rennes

Commune	Nom de l'établissement	Type de l'établissement	Distance par rapport à la zone d'implantation	Nombre d'élèves
Gurunhuel	Ecole primaire	Public	1,1km	20
Moustéru	Ecole primaire	Public	2,8 km	67
Bourbriac	Ecole élémentaire	Public	7,8 km	127
Bourbriac	Ecole maternelle	Public	7,8 km	76
Bourbriac	Ecole primaire	Privé	8,2 km	37
Bourbriac	Collège Jules Ferry	Public	7,9 km	183
Pont Melvez	Ecole primaire	Public	6,1 km	38
Plougonver	Ecole primaire	Public	7 km	39
Plougonver	Ecole primaire	Privé	7 km	42
Louargat	Ecole primaire	Public	6,8 km	258
Tréglamus	Ecole primaire	Public	4,6 km	80

Il n'y a pas d'établissement sensible à moins de 500 m de la zone d'implantation.

3.2.3.2 - Etablissements Recevant du Public (ERP) au niveau de l'aire d'étude rapprochée

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

Ces établissements sont classifiés selon leur type. Il peut s'agir d'établissements installés dans un bâtiment (structures d'accueil pour personnes âgées ou handicapées, salles d'audition, de conférences, de réunions, de spectacles, salles de danse et salles de jeux, bibliothèques, établissement de soins, de culture, administrations,...), d'établissements spéciaux (parcs de stationnement couverts, gares accessibles au public,...) ou d'immeubles de grande hauteur (bureaux, enseignement, dépôt d'archives,...).

Dans le cadre de l'état initial, les données relatives aux ERP ont été demandées à la mairie de Gurunhuel :

Tableau 18 : Liste des ERP sur la commune de Gurunhuel

Commune	Type d'établissement
Gurunhuel	Entreprise de bâtiment Etablissements d'enseignement Bibliothèques, centre de documentation Restaurants et débit de boisson Etablissements de culte Salle multifonction Administrations, banques, bureaux...

Les ERP les plus proches sont une entreprise de maçonnerie, une salle multifonction et une épicerie-café situées dans le bourg à plus de 1 km de la zone d'implantation.

L'établissement recevant du public le plus proche est situé à environ 1 km de la zone d'implantation.

3.2.4 - ACTIVITES

Les principales activités économiques de la commune de Gurunhuel sont l'agriculture d'une part et le commerce, transport et service divers d'autre part.

La seule activité recensée dans le rayon de 500 m autour des éoliennes est l'agriculture. Un bâtiment agricole est situé à 430 m de l'éolienne E2 et 460 m de l'éolienne E1.

3.2.5 - RESEAUX DE TRANSPORTS

3.2.5.1 - Réseaux routiers

a) Principales routes

La commune de Gurunhuel est desservie par les routes suivantes :

- ⇒ les routes départementales D 787, D 20, D 22, D 31, D 54, D 240 ;
- ⇒ plusieurs voies communales.

La zone d'implantation est accessible à partir des chemins agricoles qui débouchent sur la route départementale D 20.

b) Comptages routiers

Les données de la Direction Générale des Services du département des Côtes d'Armor pour le trafic suivi sur les routes sont fournies dans le tableau ci-après :

Tableau 19 : Comptages routiers

(Source : Direction Générale des Services du Département des Côtes d'Armor)

Route	Précision sur la voie	Nombre total de véhicules par jour (en MJATV 2014)	Dont poids lourds	Distance minimale à l'éolienne :	
				E1	E2
RD 20	RD 786 - Gurunhuel	527	5,9	187 m	225 m
RD 20	Gurunhuel – RD 712	292	4,5		
RD 31	RD 787 - RN 12 Louargat	496	5,7	1020 m	1331 m
RD 787	RN 12 – RD 20/22	4965	10,8	2250 m	1908 m
RD 787	RD 20/22 – RD 31	3850	13,3		
RN 12-E50 Guingamp	Gurunhuel	28321	13,1%	6158 m	6220 m
RN 164	Gurunhuel	7010	14 %	30 000 m	30 000 m

D'après les données de la Direction Interdépartementale des Routes ouest et de la DDTM des Côtes d'Armor, sur la route N 12-E50 au niveau de Guingamp le trafic automobile est de 28 321 véhicules par jour en moyenne journalière annuelle tous véhicules (MJATV). Cette route nationale est située à plus de 5 km de la zone d'implantation.

Il n'y a pas de voies routières structurantes (trafic supérieur à 2 000 véhicules par jour) au niveau de la zone d'implantation ou à proximité.

3.2.5.2 - Autres réseaux de transport

Il n'existe pas de voie ferrée sur Gurunhuel. Il n'y a pas d'autre infrastructure de transport (port, aéroport) sur le territoire de Gurunhuel.

3.2.6 - RESEAUX

3.2.6.1 - Réseau d'alimentation en eau potable

Selon les données fournies par le site internet www.reseaux-et-canalisation.ineris.fr et la SAUR Grand-Ouest, les canalisations exploitées pour l'alimentation en eau potable sont éloignées de la zone d'implantation.

3.2.6.2 - Réseau d'assainissement

Selon les données fournies par le site internet www.reseaux-et-canalisation.ineris.fr et la mairie, il n'y a pas de canalisation exploitée pour l'assainissement sur la zone d'implantation.

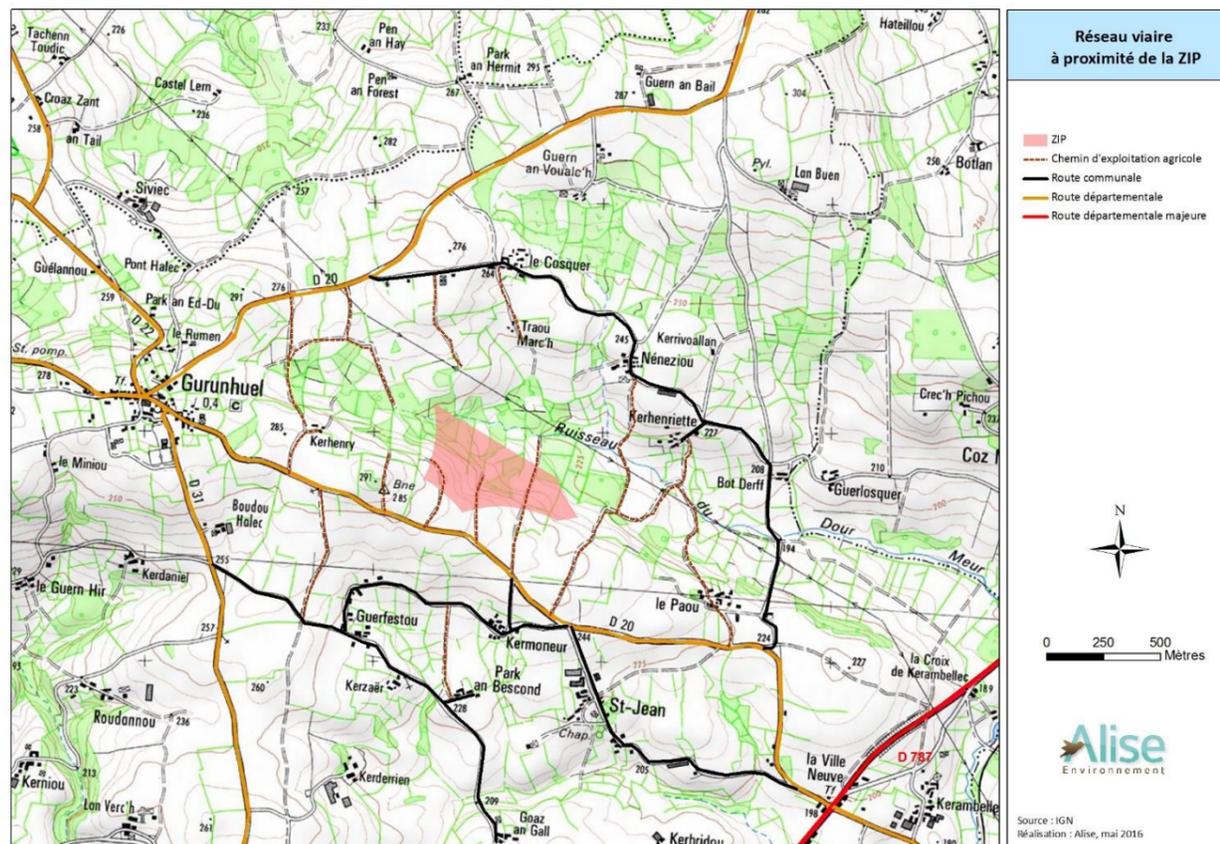


Figure 16 : Réseau viaire à proximité de la zone d'implantation

Source : IGN

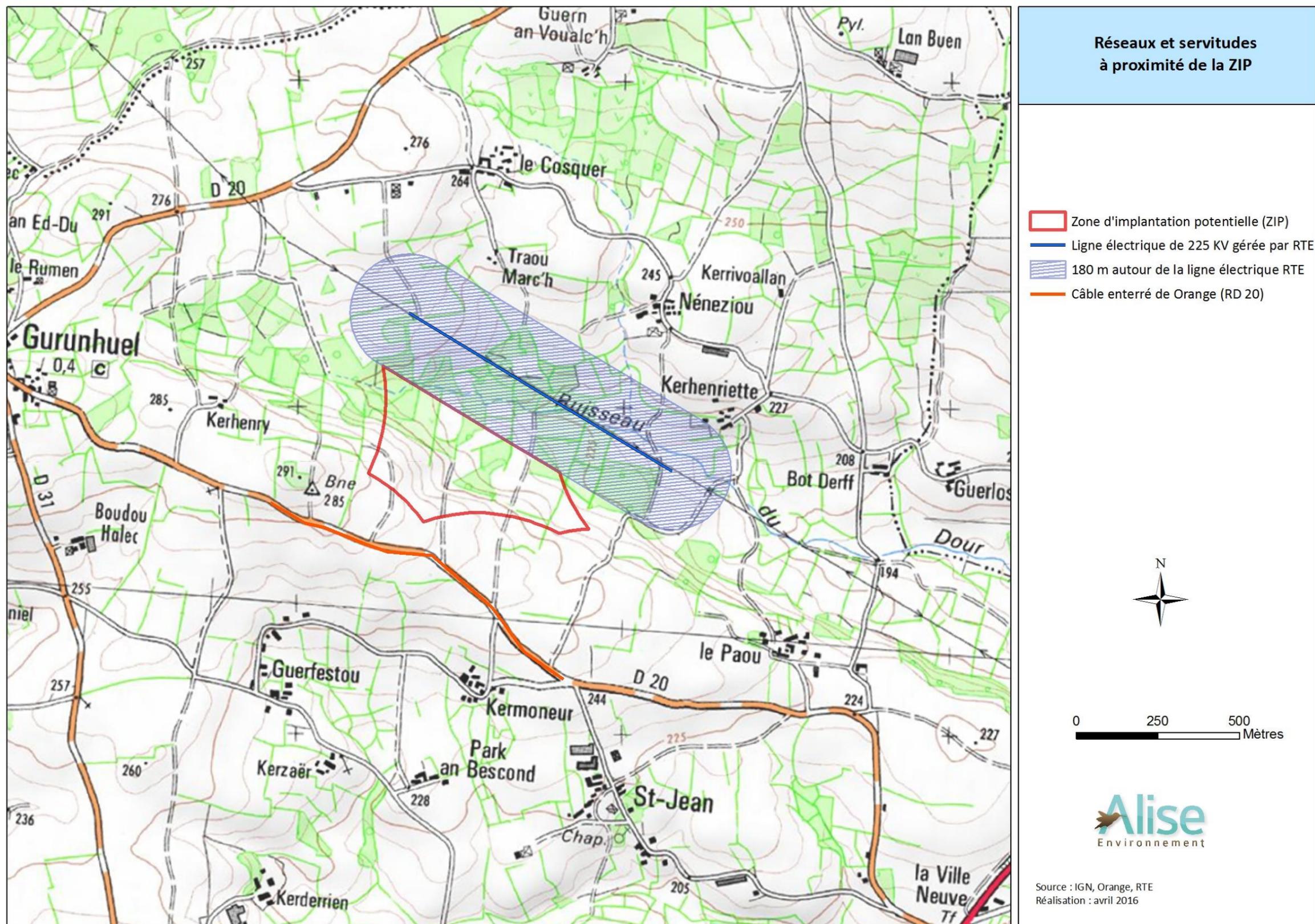


Figure 17 : Carte des réseaux

3.2.6.3 - Réseau électrique

D'après le Syndicat Départemental d'Electricité (SDE), la zone d'implantation n'est traversée par aucun ouvrage d'électricité aérien ou souterrain.

D'après les renseignements d'Enedis, la zone d'implantation ne comprend pas de servitude relative à des lignes électriques. En effet, celle-ci est éloignée de 180 m de la ligne électrique située au nord de la zone d'implantation.

D'après les données disponibles, la zone d'implantation ne comprend pas de servitude relative à des lignes électriques.

3.2.6.4 - Lignes téléphoniques

Selon les informations fournies par Orange, il n'y a pas de réseau de télécommunication sur la zone d'implantation. Cependant, il existe un câble enterré d'Orange le long de la RD 20.

Le câble enterré d'Orange est situé le long de la route départementale D 20 (au sud).

3.2.6.5 - Canalisation de gaz et d'hydrocarbures

D'après les renseignements disponibles sur le site internet www.reseaux-et-canalisation.ineris.fr, il n'y a pas de canalisation de gaz sur la zone d'implantation.

Par conséquent, il n'existe pas de servitude liée à des canalisations de gaz sur la zone d'implantation ou à proximité.

3.2.6.6 - Réseau de télécommunication

Selon les informations fournies par Orange, Bouygues Telecom et SFR, il n'y a pas de réseau de télécommunication sur la zone d'implantation.

Selon les données disponibles, il n'y a pas de réseau de télécommunication sur la zone d'étude.

3.2.7 - RISQUES TECHNOLOGIQUES

3.2.7.1 - Etablissements classés SEVESO

La directive européenne du 9 décembre 1996, dite directive SEVESO 2 concerne la prévention des risques d'accidents technologiques majeurs. Elle vise l'intégralité des établissements où sont présentes certaines substances dangereuses. Deux catégories sont distinguées suivant les quantités de substances dangereuses présentes : les établissements dits "seuil haut" et les établissements dits "seuils bas".

La directive SEVESO 2 est traduite en droit Français notamment par l'arrêté ministériel du 10 mai 2000. La liste des installations soumises au "seuil haut" de la directive SEVESO 2 est étendue à certains dépôts de liquides inflammables, et l'ensemble de ces installations est repéré dans la réglementation des installations classées sous la mention "AS" ou "Autorisation avec servitudes d'utilité publique".

La directive SEVESO 3 est rentrée en vigueur le 1^{er} juin 2015. Ce règlement établit de nouvelles méthodes de classification des substances et il crée de nouvelles dénominations de dangers.

D'après les renseignements de la Base des installations classées, il n'y a pas d'installation SEVESO à proximité de la zone d'implantation.

3.2.7.2 - Installations classées pour la protection de l'environnement

Selon le Ministère de l'Ecologie, du Développement durable, des Transports et du Logement, est une Installation Classée pour la Protection de l'Environnement (ICPE) « toute exploitation industrielle ou agricole susceptible de créer des risques ou de provoquer des pollutions ou nuisances, notamment pour la sécurité et la santé des riverains [...] ».

Les ICPE, soumises à autorisation, localisées sur la commune et les communes limitrophes dans un rayon de 6 km sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 20 : Liste des installations classées dans un rayon de 6 km

Source : Base des Installations Classées du Ministère de l'environnement de l'énergie et de la mer

Commune	ICPE	Type d'Installation	Distance par rapport à la ZIP
Gurunhuel	EARL De Ty Nevez	Culture et production animale, chasse et services annexes	3,3 km
Gurunhuel	Rolland Claudine	Production animale (élevage, vente, etc)	1,6 km
Bourbriac	Gaec de Beau Soleil	Production animale (bovins, volailles, gibier à plume), élevage, vente, transit)	4,3 km
Moustéru	Electrawinds	Installation terrestre de production d'électricité	2,9 km
Pont-Melvez	EDP Renewables France SAS	Installation terrestre de production d'électricité	4,5 km
Pont-Melvez	Gaec De Dour Kerherve	Production bovine (élevage, vente, transit, etc)	2,8 km
Pont-Melvez	EDP Renewables France SAS	Installation terrestre de production d'électricité	3,5 km
Louargat	Gaec de Kervoasdou	Culture et production animale, chasse et services annexes	5,5 km
Louargat	Le Floch Annie	production animale	3,7 km

L'ICPE en fonctionnement la plus proche de la zone d'implantation potentielle se situe à environ 1,6 km au sud-est.

Aucune Installation Classée pour la Protection de l'Environnement n'est située dans la zone d'implantation ou à proximité. La plus proche est située à environ 1,6 km.

3.2.7.3 - Risque nucléaire

Le risque nucléaire provient du rejet d'éléments radioactifs en dehors des conteneurs et enceintes prévus pour les contenir. Les accidents liés au risque nucléaire ont deux origines principales :

- la survenance lors du transport ;
- la survenance liée à un dysfonctionnement grave sur une installation nucléaire industrielle.

Le risque nucléaire concerne la santé et la sécurité des personnes, ainsi que l'environnement.

Il n'y a plus d'installation nucléaire industrielle civile dans les Côtes d'Armor. Il existe des installations nucléaires de la défense à Brest et à l'Île-Longue (Crozon) à environ 87 et 94 km respectivement de la zone d'implantation.

Il n'y a pas de centrale nucléaire sur la commune de Gurunhuel ou les communes voisines.

3.2.7.4 - Le transport de matières dangereuses et radioactives

Une matière dangereuse est une substance qui, par ses propriétés physiques ou chimiques, ou bien par la nature des réactions qu'elle est susceptible de mettre en œuvre, peut présenter un danger grave pour l'homme, les biens ou l'environnement. Elle peut être inflammable, toxique, explosive, corrosive ou radioactive.

Le transport de matières dangereuses (TMD) concerne essentiellement les voies routières (2/3 du trafic en tonnes kilomètre) et ferroviaires (1/3 du trafic) ; la voie d'eau (maritime et les réseaux de canalisation) et la voie aérienne participent à moins de 5 % du trafic.

D'après les renseignements du Dossier Départemental sur les Risques Majeurs des Côtes d'Armor, la diversité des produits transportés et des destinations, un accident de TMD peut survenir pratiquement n'importe où dans le département. Cependant, les axes où le trafic est le plus important présentent un risque d'accident plus fort.

Au regard du trafic routier sur la commune de Gurunhuel (< 2 000 véhicules MAJ), le risque d'accident de transport de matières dangereuses est faible. Cependant, un accident de transport de matières dangereuses peut survenir pratiquement n'importe où dans le département.

La zone d'implantation n'étant pas traversée par une route, le risque d'accident de transport de matière dangereuse est très faible.

3.3 - CARTOGRAPHIE DE SYNTHÈSE

3.3.1 - NOMBRE D'ÉQUIVALENT PERSONNES PERMANENTES

La détermination du nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) permet d'identifier les enjeux à protéger dans une zone d'étude.

Le Tableau 21 ci-après présente le nombre de personnes permanentes ou équivalent-personnes permanentes présente dans l'aire d'étude de 500 m autour des éoliennes :

Tableau 21 : Nombre d'équivalent-personnes permanentes dans l'aire d'étude

Secteur ou infrastructure	Type	Nombre d'équivalent-personnes permanentes	Eoliennes concernées (aire d'étude de 500 m)
Route départementale D 20	Voie de circulation automobile non structurante (<2 000 véhicules/jour) → Terrains aménagés mais peu fréquentés	1 personne/10 hectares	Toutes les éoliennes
Voie communale n°24	Voie de circulation automobile non structurante (<2 000 véhicules/jour) → Terrains aménagés mais peu fréquentés	1 personne/10 hectares	Toutes les éoliennes
Chemins agricoles	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1 personne/10 hectares	Toutes les éoliennes
Champs, prairies, Boisements	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	1 personne/100 hectares	Toutes les éoliennes
Bâtiment	Zone d'activité agricole Données de l'INSEE sur Gurunhuel (2014) : postes salariés en agriculture < 10 personnes	10	Toutes les éoliennes

La méthode de comptage des enjeux humains dans chaque secteur/infrastructure est présentée en Annexe 3. Elle se base sur la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers.

Les bâtiments situés dans un rayon de 500 m des éoliennes sont des bâtiments agricoles pour lesquels le nombre de personnes présentes sur le site est variable, en utilisant une hypothèse majorante, le nombre de personnes présentes est considéré comme inférieur à 10 personnes.

3.3.2 - CARTOGRAPHIE

La figure 18 page 30, permet d'identifier géographiquement les enjeux à protéger dans la zone d'étude pour chacun des aérogénérateurs. Cette dernière a été réalisée à partir des données du Tableau 21.

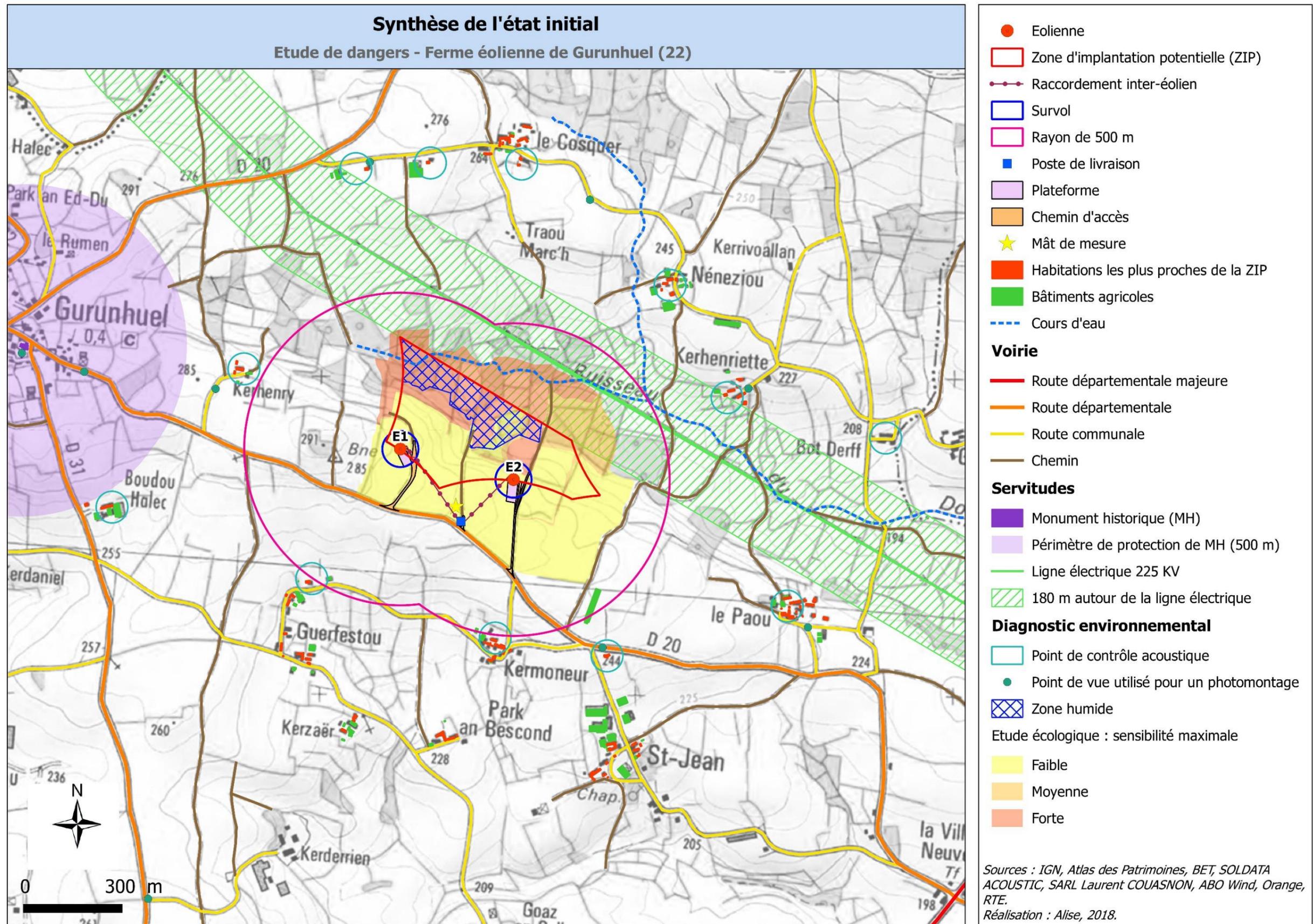


Figure 18 : Carte de synthèse des enjeux à protéger

4 - ACTIVITE 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.

La description complète du projet est présentée dans l'étude d'impact (chapitre 2 – Présentation générale du parc éolien). Une synthèse de cette partie est proposée ci-après.

4.1 - NATURE DES ACTIVITES

Le projet retenu consiste en l'implantation d'un parc éolien composé de 2 éoliennes d'une puissance nominale unitaire de 3,4 MW sur la commune de Gurunhuel, dans le département des côtes d'Armor.

Les éoliennes présentent les caractéristiques suivantes :

- L'éolienne E1 : une hauteur de 150 mètres avec un mât de 93 mètres de haut et un rotor de 114 mètres de diamètre ;
- L'éolienne E2 : une hauteur de 176 mètres avec un mât de 119 mètres de haut et un rotor de 114 mètres de diamètre.

4.2 - CARACTERISTIQUES DE L'INSTALLATION

4.2.1 - CARACTERISTIQUES GENERALES D'UN PARC EOLIEN

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

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

4.2.2 - ELEMENTS CONSTITUTIFS D'UN AEROGENERATEUR

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

Les aérogénérateurs se composent de trois principaux éléments :

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

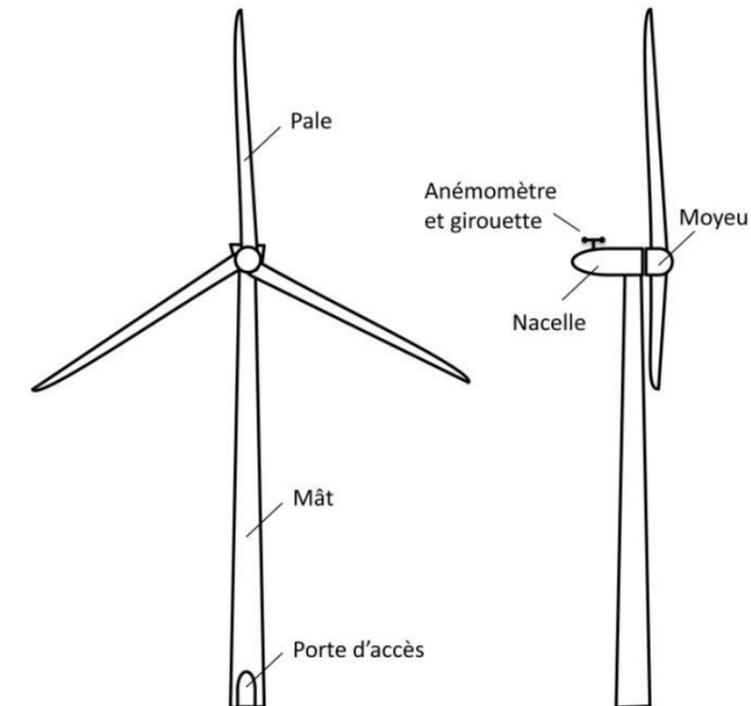


Figure 19 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur

4.2.2.1 - Emprise au sol

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

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

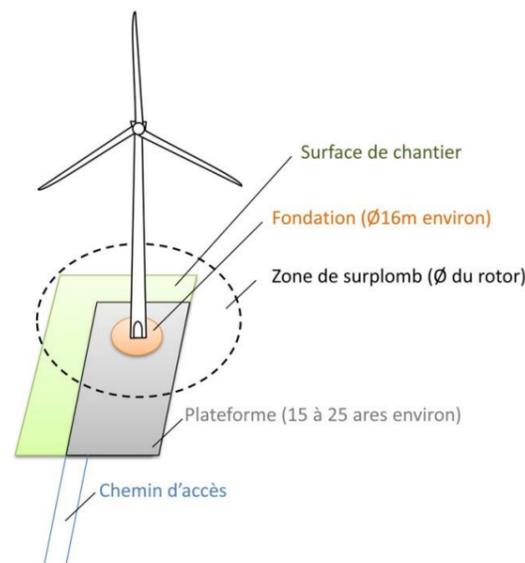


Figure 20 : Illustration des emprises au sol d'une éolienne

(Les dimensions sont données à titre d'illustration pour une éolienne d'environ 150 m de hauteur totale)

4.2.2.2 - Chemins d'accès

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

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

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

4.2.3 - ACTIVITE DE L'INSTALLATION

L'activité principale de la Ferme éolienne de Gurunhuel sera la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent avec des éoliennes ayant les caractéristiques suivantes :

Tableau 22 : Caractéristiques des éoliennes Senvion 3.4M114

Eolienne	Type	Hauteur du mât	Hauteur totale (mât + pales)
E1	Senvion 3.4M114NES	93 m	150 m
E2	Senvion 3.4M114NES	119 m	176 m

Cette installation est donc soumise à la rubrique 2980 des installations classées pour la protection de l'environnement.

4.2.4 - COMPOSITION DE L'INSTALLATION

Le parc éolien sera composé de 2 aérogénérateurs et d'un poste de livraison. Chaque aérogénérateur aura un même diamètre de rotor de 114 m. Le balisage mis en place répondra aux dispositions de l'arrêté du 23 avril 2018.



Figure 21 : Extrait du plan des abords de l'installation

4.3 - FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

4.3.1 - PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UN AEROGENERATEUR

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

Les pales se mettent en mouvement lorsque l'**anémomètre** (positionné sur la nacelle) indique une vitesse de vent d'environ 2 m/s soit environ 7 km/h et c'est seulement à partir de 3 m/s soit environ 11 km/h que l'éolienne peut être couplée au réseau électrique. Le rotor et l'arbre dit «lent» transmettent alors l'énergie mécanique à basse vitesse (entre 6,6 et 12,1 tr/min) aux engrenages du multiplicateur, dont l'arbre dit «rapide» (tourne à environ 1000 à 2000 tours/min). Certaines éoliennes sont dépourvues de multiplicateur et la génératrice est entraînée directement par l'arbre « lent » lié au rotor. La génératrice transforme l'énergie mécanique captée par les pales en énergie électrique.

La puissance électrique produite varie en fonction de la vitesse de rotation du rotor. Dès que le vent atteint 12 m/s soit environ 43,2 km/h à hauteur de nacelle, l'éolienne fournit sa puissance maximale. Cette puissance est dite «nominale».

L'électricité produite par la génératrice correspond à un courant alternatif de fréquence 50 Hz avec une tension de 580 V. La tension est ensuite élevée jusqu'à 20 000 V par un transformateur placé dans chaque éolienne pour être ensuite injectée dans le réseau électrique public.

Lorsque la mesure de vent, indiquée par l'anémomètre, atteint des vitesses de plus de 22 m/s soit 79,2 km/h (variable selon le type d'éoliennes), l'éolienne cesse de fonctionner pour des raisons de sécurité. Deux systèmes de freinage permettront d'assurer la sécurité de l'éolienne :

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

Tableau 23 : Caractéristiques de fonctionnement – Eolienne Senvion 3.4M114

Elément de l'installation	Fonction	Caractéristiques	
Fondation	Ancrer et stabiliser l'éolienne dans le sol	Environ 380 m ²	
Mât	Supporter la nacelle et le rotor	Hauteur des parties fixe et mobile : 150 m Hauteur de l'axe du moyeu : 93 m Diamètre de la base de la tour : 4,3 m	Hauteur des parties fixe et mobile : 176 m Hauteur de l'axe du moyeu : 119 m Diamètre de la base de la tour : 4,3 m
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	Génératrice asynchrone	
Rotor / pales	Capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice	Nombre de pales : 3 Diamètre du rotor : 114 m Plage de vitesse de vent : 3 à 22,5 m/s	Nombre de pales : 3 Diamètre du rotor : 114 m Plage de vitesse de vent : 3 à 22,5 m/s
Transformateur	Elever la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau	Transformateur intégré à la tour	
Poste de livraison	Adapter les caractéristiques du courant électrique à l'interface entre le réseau privé et le réseau public	Surface : 22,96 m ²	

Concernant les données techniques liées au montage et à l'exploitation du parc on peut retenir les données suivantes (pour une éolienne) :

Tableau 24 : Caractéristiques techniques des éléments constituant du parc éolien

Description	Données techniques
Fondations	Environ 380 m ²
Plateforme type	E1 : 1 260 m ² et E2 : 1 800 m ²
Poste de livraison	Longueur : 9,26 m ; largeur : 2,48 m ; hauteur : 2,64 m
Chemin d'accès permanent	Largeur exempte d'obstacle : 5 m
Poids par essieu	13 tonnes

4.3.2 - SECURITE DES INSTALLATIONS

4.3.2.1 - Réglementation en matière de sécurité des éoliennes

Concernant la réglementation européenne relative à la sécurité, les exigences essentielles sont fixées par la directive « Machines » n°2006/42/CE du 17 mai 2006.

Selon la réglementation européenne, une éolienne mise sur le marché est soumise à une quadruple obligation :

- satisfaire aux exigences essentielles de sécurité énoncées par la directive ;
- disposer du marquage CE ;
- disposer d'une « auto-certification » (procédure par laquelle le fabricant ou l'importateur déclare, sous sa responsabilité, que la machine soumise à ladite procédure est conforme aux règles techniques qui lui sont applicables) ;
- enfin, le fabricant ou l'opérateur qui met une éolienne sur le marché doit tenir à la disposition des services de contrôle des États membres une documentation prouvant la conformité de la machine aux exigences essentielles de la directive.

Plus particulièrement, les exigences essentielles de sécurité de la réglementation européenne couvrent les risques d'effondrement et d'éjections d'objets susceptibles d'affecter le public et les biens des tiers.

De plus, une éolienne doit également satisfaire aux exigences en matière de sécurité de la directive 73/23/CEE du 19 février 1973 relative aux équipements électriques ainsi que de la directive 89/336/CEE du 3 mai 1989 relative à la compatibilité électromagnétique.

En ce qui concerne la normalisation internationale, une norme relative aux aérogénérateurs a été établie par la CEI (Commission Electrotechnique Internationale – IEC en anglais). Ainsi, la solidité intrinsèque des éoliennes et leur adéquation aux conditions du site du projet sont assurées par la mise en place d'un référentiel de conception défini par la norme IEC 61400-1. Le porteur de projet s'assure que le constructeur fournisse des éoliennes dont toutes les parties sont conformes à cette norme et qu'il délivre un certificat de conformité à la norme IEC 61400-1 adapté aux conditions de vent du site et réalisé suivant les règles et procédures de l'IEC WT 01. La fourniture des certificats est une condition de la réception définitive de l'installation.

De la même façon, au niveau européen, une norme a été établie en tant que norme « harmonisée » afin de satisfaire aux exigences essentielles de sécurité de la réglementation « Machines ». Il s'agit de la norme EN 50308 (homologuée également en France sous la référence NFEN 50308), qui doit être prise en compte pour la conception, le fonctionnement et la maintenance des éoliennes.

La construction des fondations se base sur des études de sol précises réalisées par un bureau d'études géotechniques selon la norme NFP 94-500. D'autre part, le dimensionnement des fondations est effectué par un autre bureau spécialisé suivant les règles du fascicule 62 du cahier des clauses techniques générales (CCTG) « Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages en béton armé suivant la méthode des états limites ». Enfin, les éoliennes dont la hauteur du mât et de la nacelle est supérieure ou égale à 12 mètres sont soumises obligatoirement à un contrôle technique (article R 111-38 du Code de la construction et de l'habitation). Ce contrôle technique obligatoire porte sur la solidité des ouvrages de fondation et des éléments d'équipement qui font indissociablement corps avec ces ouvrages. Il est réalisé par des bureaux de contrôle agréés tels que Veritas, Apave, Dekra, Socotec, etc.

Il est important de noter que l'exploitation et la maintenance des éoliennes sont confiées à du personnel qualifié et formé régulièrement suivant les consignes préalablement définies dans les manuels rédigés par le constructeur lui-même.

Le porteur du projet s'engage à installer des éoliennes strictement conformes aux exigences énoncées plus haut. Dans le cas des éoliennes comme la Senvion 3.4M114, l'ensemble des certifications fournies par le constructeur garantit que chacun des composants de l'éolienne est conçu de manière à résister à des conditions bien plus extrêmes que celles qui sont observées sur le site d'implantation concerné par le présent projet.

4.3.2.2 - Principaux systèmes de sécurité

Toutes les éoliennes du gabarit de la Senvion 3.4M114 sont équipées des dernières technologies en matière de sécurité.

a) Système de balisage

Conformément aux exigences de l'Aviation civile (DGAC) et de l'Armée de l'Air, notifiées dans l'arrêté ministériel du **23 avril 2018**, les éoliennes seront équipées de feux de signalisation diurne et nocturne :

- Balisage diurne : feux d'obstacle de moyenne intensité de type A, 20 000 Cd blanc
- Balisage nocturne : feux d'obstacle de moyenne intensité de type B, 2 000 Cd rouge

Ce type de balisage aéronautique présente moins d'impact visuel que de peindre en rouge le bout des pales, comme cela se fait dans d'autres pays européens.

La hauteur totale de l'éolienne E2 étant supérieure à 150 m, le balisage est complété par des feux d'obstacles basse intensité de type B installés sur la tour (installés à 45 m de hauteur).

Les feux à éclats seront synchronisés au sein d'un même parc afin de limiter l'effet de « clignotement ».

b) Système de sécurité en cas de tempête

Le freinage du rotor est effectué par rotation des pales jusqu'à la position dite en drapeau (90°) (frein aérodynamique principal).

Chaque pale possède son propre moteur de calage et jeu de batterie de secours. Le calage d'une seule pale étant suffisant pour réguler la vitesse de l'éolienne. L'indépendance de chaque pale assure une redondance de trois de la régulation.

Le système est conçu en « fail-safe », c'est-à-dire que tout dysfonctionnement du système entraîne l'arrêt de l'éolienne.

Ainsi, le contrôle de l'angle de calage des pales a deux finalités : l'optimisation des performances énergétiques de l'éolienne et la mise en sécurité de l'éolienne en la protégeant des rafales de vent ou en l'arrêtant si nécessaire (mise en drapeau).

L'éolienne est équipée d'un système redondant permettant une mise en drapeau des pales si les vitesses du vent dépassent la vitesse maximale admissible.

c) Système de sécurité contre la foudre

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

Des pastilles métalliques en acier inoxydable sont disposées à intervalles réguliers sur les deux faces des pales reliées entre elles par une tresse en cuivre située à l'intérieur de la pale. La tresse de cuivre est raccordée à la base de la pale et le courant de foudre est dévié vers la terre via la fondation et des prises profondes.

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

Le transformateur est protégé par les parafoudres. De même, l'anémomètre est protégé et entouré d'un arceau.

L'éolienne retenue sera équipée d'une installation de protection anti-foudre conforme à la norme internationale IEC 61024-1 II.

d) Système de sécurité contre le gel

Certaines conditions météorologiques peuvent être à l'origine de formations de glace, de givre ou bien de dépôts de neige sur les pales de rotor des éoliennes.

Ces dépôts sur les pales de l'éolienne modifient les caractéristiques aérodynamiques (et donc le rendement). Cependant, cette modification est détectable par le système de contrôle de l'éolienne, qui dispose d'un système d'arrêt automatique en cas de dépôt de glace, givre ou neige sur les pales.

Tous les aérogénérateurs sont équipés en standard d'un système de détection de givre capable de déduire la présence de givre sur les pales et de mettre la machine à l'arrêt. Il convient également de mettre en place des périmètres de sécurité (correspondant à la zone de survol des pales).

L'identification des dépôts de glace repose sur trois principes indépendants :

- 1. **Contrôle de la courbe de puissance** : à chaque vitesse de vent, une comparaison est faite entre la puissance réelle mesurée de l'éolienne et la valeur théorique spécifiée par la courbe de puissance de l'éolienne. Si la puissance réelle de l'éolienne est en dessous des données caractéristiques pour la vitesse de vent considérée, cela peut s'expliquer par une dégradation de l'aérodynamique des pales causée par la formation de glace. Dans ce cas, l'éolienne est arrêtée automatiquement.
- 2. **Contrôle des anémomètres** : par comparaison des mesures de vent par deux anémomètres sur la nacelle, l'un étant chauffé, l'autre non, associé à des paramètres climatiques additionnels (notamment critère de température)
- 3. **Contrôle des vibrations** : des vibrations peuvent être provoquées par un déséquilibre du rotor causé par un dépôt de glace sur les pales. Ces vibrations peuvent être enregistrées lors du fonctionnement des éoliennes. Dans ce cas, l'éolienne est arrêtée automatiquement.

L'éolienne retenue sera équipée d'un dispositif permettant de détecter ou déduire la présence de givre sur les pales et d'arrêter la machine ou d'éviter sa mise en fonctionnement après une période d'arrêt. Des panneaux type « Attention, chute de glace » seront mis en place sur le chemin d'accès pour prévenir du danger.

e) Système de sécurité contre les incendies

Les principaux risques d'incendie étaient causés dans le passé par la foudre. Cependant, les éoliennes modernes sont équipées de systèmes parafoudre dont le fonctionnement est très fiable en raison des nombreux progrès technologiques effectués dans ce domaine. Le système de protection de l'éolienne décrit au paragraphe précédent permet ainsi d'éviter tout dommage. La probabilité d'occurrence d'un incendie est donc très faible.

D'autre part, les risques d'incendie sont parfaitement maîtrisés grâce à un suivi permanent et à une maintenance du fonctionnement de toutes les composantes du parc éolien. L'ensemble des capteurs d'incendie est contrôlé par le système général de l'éolienne.

En cas d'incendie d'une des éoliennes, le parc est automatiquement déconnecté du réseau électrique pour éviter toute perturbation. L'opérateur du parc éolien est alors prévenu automatiquement via le SCADA et l'opérateur contacte le SDIS en cas de problème avéré dans un délai de moins de 15 minutes, ce qui permet aux pompiers d'intervenir rapidement sur le site. D'autre part, des extincteurs à CO₂ (préconisés pour les feux électriques) sont placés au niveau des points sensibles que sont la nacelle. Ils peuvent être utilisés par les agents de maintenance lorsque ceux-ci se trouvent dans l'éolienne.

L'éolienne retenue sera équipée de détecteurs permettant de mettre la machine à l'arrêt en cas d'incendie ainsi que d'extincteurs à CO₂ pour faire face à tout début d'incendie lors des visites de contrôle ou de maintenance par les techniciens.

f) Système de freinage

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

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

L'arrêt complet du rotor n'a lieu qu'à des fins de maintenance et en appuyant sur le bouton d'arrêt d'urgence. Le dispositif de blocage du rotor ne peut être actionné que manuellement et en dernière sécurité, à des fins de maintenance.

La mise en position drapeau permet le freinage des éoliennes. Il y a également un système d'arrêt d'urgence.

g) Système d'arrêt d'urgence

Si des personnes ou des pièces de l'éolienne sont en danger, l'éolienne peut être stoppée immédiatement grâce à un système d'arrêt d'urgence, qui peut être déclenché 24h/24 et 7j/7 :

- par le système automatique de télésurveillance, qui analyse les données des capteurs de l'éolienne et évalue s'il existe un risque éventuel ;
- par l'opérateur présent dans le centre de surveillance à distance ;
- par un agent de maintenance présent au niveau de l'éolienne.

L'activation de ce système d'arrêt d'urgence entraîne un freinage immédiat du rotor, avec une inclinaison rapide des pales par l'intermédiaire des unités de réglage et de freinage d'urgence. Le frein d'arrêt mécanique est actionné simultanément. L'alimentation électrique de tous les composants reste assurée.

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.

En position d'arrêt, tous les composants de l'éolienne sont déconnectés, à l'exception de l'éclairage du mât et de l'armoire électrique, ainsi que les différents interrupteurs d'éclairage et les connecteurs mobiles. L'éolienne déclenche l'inclinaison rapide des pales par l'intermédiaire des dispositifs d'inclinaison d'urgence des pales du rotor. Le frein d'arrêt mécanique n'est pas activé lorsque l'interrupteur principal est actionné.

Les éoliennes seront équipées d'un système d'arrêt d'urgence par freinage mécanique qui peut être déclenché 24h/24 et 7j/7.

h) Certification de conformité aux normes européennes

Les éoliennes répondront aux normes européennes de sécurité et un document de conformité sera remis au bureau de contrôle avant l'installation du modèle choisi. La conformité avec le réseau électrique fera aussi l'objet d'une attestation remise au bureau de contrôle lors de la réalisation.

i) Vérification de stabilité des ouvrages

Le projet fera l'objet d'une vérification de stabilité par un bureau d'étude agréé. Un coordonnateur de sécurité produira un Plan général de coordination. Les plans particuliers de sécurité, prévention, santé (PPSPS) seront à produire par les entreprises participant à la construction.

j) Accessibilité

La porte d'accès à l'intérieur de l'éolienne sera fermée à clé en permanence afin d'en interdire l'accès au public. Seules les personnes habilitées auront la clé et pourront intervenir pour effectuer les vérifications et la maintenance.

4.3.3 - OPERATIONS DE MAINTENANCE DE L'INSTALLATION

Conformément à la directive 98/37/CE les machines feront l'objet de contrôles réguliers par des contrôleurs agréés. Le rythme de passage au moins annuel sera fixé et fera l'objet d'un engagement écrit auprès des autorités compétentes. Ce point est repris de manière plus développée et précise au paragraphe 5.3.1 -, page 40.

4.3.4 - STOCKAGE ET FLUX DE PRODUITS DANGEREUX

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

4.4 - FONCTIONNEMENT DES RESEAUX DE L'INSTALLATION

4.4.1 - RESEAUX ELECTRIQUES

4.4.1.1 - Principe général du raccordement au réseau public de distribution

Le schéma ci-dessous présente le principe de raccordement d'un parc éolien au réseau d'électricité :

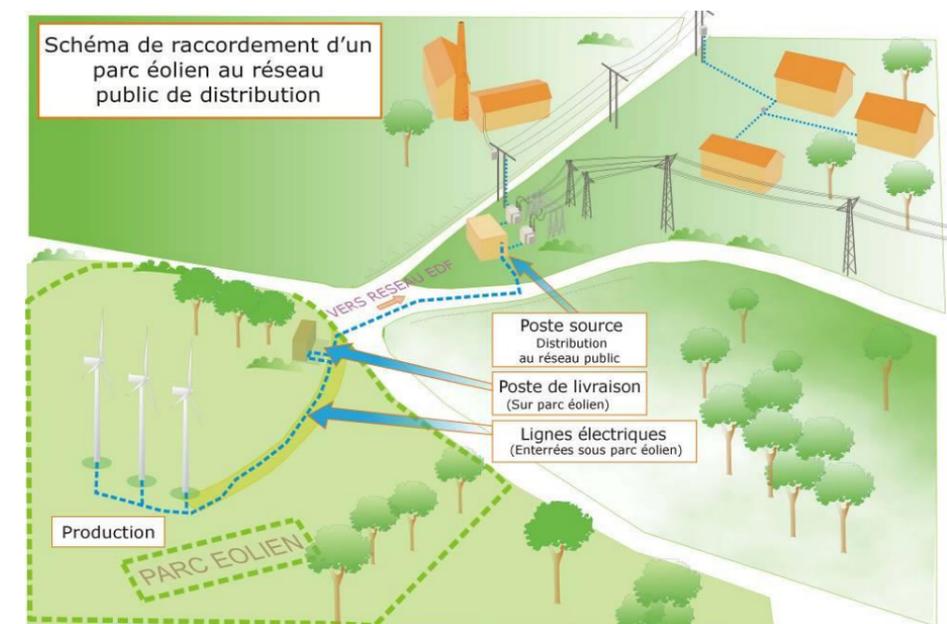


Figure 22 : Composants du parc éolien

Source : ADEME

La production des éoliennes est fournie à une tension généralement de l'ordre de 600 V, relevée ensuite en 20 kV (HTA) par un transformateur intégré dans le mât tubulaire.

Un **réseau électrique inter-éolien** permet de relier chaque éolienne au poste électrique général de livraison. Les raccordements sont en totalité réalisés au moyen de câbles HTA 20kV normalisés et enterrés. Des câbles de télécommunication sont également nécessaires pour l'exploitation et la télésurveillance du parc éolien.

Le **poste de livraison** est le nœud de raccordement des éoliennes avant que l'électricité ne soit injectée dans le réseau public. Certains parcs éoliens, par leur taille, peuvent posséder plusieurs postes de livraison.

Enfin, un **réseau électrique externe** relie le poste de livraison à un poste source pouvant accueillir la production électrique des éoliennes et l'évacuer sur le réseau électrique publique.

4.4.1.2 - Description et conformité du réseau inter-éolien

Le présent projet délivre une puissance cumulée de 6,8 MW. La réalisation du réseau électrique inter-éolien nécessite la pose d'un câble HTA 20 kV enterré entre le poste de livraison du parc éolien et les 2 éoliennes.

La société « Ferme éolienne de Gurunhuel » sollicite l'approbation de construction et de l'exploitation des ouvrages de transport et de distribution de l'électricité conformément à l'article 24 du décret n°2011-1967 du 1^{er} décembre 2011 et à l'article L323-11 du Code de l'énergie.

L'ensemble des éléments techniques relatifs à cette demande incluant une **description des liaisons électriques, du système de distribution, des conducteurs souterrains, des postes de livraison** se situe en Annexe 7 du présent dossier.

Le réseau électrique externe relie le ou les postes de livraison avec le poste source du réseau public de transport d'électricité). Ce réseau est réalisé par le gestionnaire du réseau de distribution (généralement Enedis). Il est lui aussi entièrement enterré.

Les conditions de raccordement depuis les postes de livraison vers le réseau électrique existant seront conformes au décret n°2008-386 du 23 avril 2008 relatif aux prescriptions techniques générales de conception et de fonctionnement pour le raccordement d'installations de production aux réseaux publics d'électricité, complété par deux arrêtés d'application de même date (publiés au Journal Officiel du 25 avril 2008).

Le poste source le plus proche sur lequel pourrait être raccordé la Ferme éolienne de Gurunhuel est celui de **Guingamp** situé à environ 9 km à vol d'oiseau du site du projet (12,5 km en longeant les routes publiques).

Conformément à la procédure de raccordement en cours, un chiffrage précis (Proposition Technique et Financière de raccordement au réseau électrique) sera effectué par Enedis lorsque l'autorisation préfectorale aura été obtenue. Les dispositions imposées par Enedis seront suivies par le Maître d'Ouvrage et précisées dans le cahier des charges des entreprises missionnées.

Sauf dispositions électrotechniques spécifiques, les conditions de raccordement depuis le poste de livraison vers le réseau électrique existant seront conformes à l'arrêté du 3 juin 1998 relatif aux conditions de raccordement au réseau public HTA des installations de production autonome d'énergie électrique de puissance installée supérieure à 1 MW. Cet arrêté a pour objectif d'éviter toute perturbation sensible sur le réseau de distribution local de type harmonique, flickers (pouvant entraîner des variations rapides de tension chez les clients voisins) ou encore perturbation du signal 175 Hz (par exemple).

4.4.1.3 - Production estimée

Les données recueillies sur le mât de mesures de vent implanté sur le site (commune de Gurunhuel) depuis juin 2015 permettent d'estimer la production électrique qui sera délivrée par le parc éolien de Gurunhuel.

Avec des vitesses de vent moyennes de l'ordre de 7 m/s à 80 mètres de hauteur, le présent projet est viable sur le plan économique.

La production des 2 éoliennes atteindra environ 18 GWh par an (production nette, tenant compte notamment des pertes par effet de sillage, de la densité de l'air et des pertes liées aux mesures de réduction de l'impact acoustique).

Cette valeur correspond à la consommation électrique domestique de l'ordre de 10 000 personnes, chauffage et eau chaude inclus (source : CRE), soit plus de la moitié de la population du canton de Callac dont les 28 communes regroupaient 18 355 habitants en 2013 (source INSEE).

Il s'agit d'une quantité moyenne produite, étant entendu que les parcs éoliens produisent « au fil du vent » une électricité injectée sur le réseau électrique.

4.4.2 - AUTRES RESEAUX

4.4.2.1 - Réseaux d'eau

Le fonctionnement du parc éolien ne nécessite pas de raccordement au réseau d'eau potable des communes.

4.4.2.2 - Réseaux d'hydrocarbures et de gaz

Il n'y a pas de canalisation d'hydrocarbures sur la zone d'implantation.

Le fonctionnement du parc éolien ne nécessite pas de raccordement à un réseau de gaz.

5 - IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION

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

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

5.1 - POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX PRODUITS

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

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

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

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

5.1.1 - INVENTAIRE DES PRODUITS

Les substances ou produits chimiques mis en œuvre dans l'installation sont limités. Les seuls produits présents en phase d'exploitation sont :

- ⇒ l'huile hydraulique (circuit haute pression) ;
- ⇒ l'huile de lubrification du multiplicateur ;
- ⇒ l'eau glycolée (mélange d'eau et d'éthylène glycol), qui est utilisée comme liquide de refroidissement ;
- ⇒ les graisses pour les roulements et systèmes d'entrainements ;
- ⇒ l'hexafluorure de soufre (SF₆), qui est le gaz utilisé comme milieu isolant pour les cellules de protection électrique.

D'autres produits peuvent être utilisés lors des phases de maintenance (lubrifiants, décapants, produits de nettoyage), mais toujours en faibles quantités (quelques litres au plus).

5.1.2 - DANGER DES PRODUITS

5.1.2.1 - Inflammabilité et comportement vis à vis de l'incendie

Les huiles, les graisses et l'eau glycolée ne sont pas des produits inflammables. Ce sont néanmoins des produits combustibles qui sous l'effet d'une flamme ou d'un point chaud intense peuvent développer et entretenir un incendie. Dans les incendies d'éoliennes, ces produits sont souvent impliqués.

Certains produits de maintenance peuvent être inflammables mais ils ne sont amenés dans l'éolienne que pour les interventions et sont repris en fin d'opération. Le SF₆ est pour sa part ininflammable.

5.1.2.2 - Toxicité pour l'homme

Ces divers produits ne présentent pas de caractère de toxicité pour l'homme. Ils ne sont pas non plus considérés comme corrosifs (à causticité marquée).

5.1.2.3 - Dangersité pour l'environnement

Vis-à-vis de l'environnement, le SF₆ possède un potentiel de réchauffement global (gaz à effet de serre) très important, mais les quantités présentes sont très limitées (seulement 1 à 2 kg de gaz dans les cellules de protection).

Les huiles et graisses, même si elles ne sont pas classées comme dangereuses pour l'environnement, peuvent en cas de déversement au sol ou dans les eaux entraîner une pollution du milieu.

5.1.3 - CONCLUSION

En conclusion, il ressort que les produits ne présentent pas de réel danger, si ce n'est lorsqu'ils sont soumis à un incendie, où ils vont entretenir cet incendie, ou s'ils sont déversés dans l'environnement générant un risque de pollution des sols ou des eaux.

5.2 - POTENTIELS DE DANGERS LIES AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

Les dangers liés au fonctionnement de la Ferme éolienne de Gurunhuel sont de cinq types :

- ⇒ chute d'éléments de l'aérogénérateur (boulons, morceaux d'équipements, etc.) ;
- ⇒ projection d'éléments (morceaux de pale, brides de fixation, etc.) ;
- ⇒ effondrement de tout ou partie de l'aérogénérateur ;
- ⇒ échauffement de pièces mécaniques ;
- ⇒ court-circuit électrique (aérogénérateur ou poste de livraison).

Ces dangers potentiels sont recensés dans le tableau suivant :

Tableau 25 : Dangers potentiels liés au fonctionnement de l'installation

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

5.3 - REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGER A LA SOURCE

5.3.1 - 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.

5.3.1.1 - Choix de l'emplacement des installations

Suite à une première analyse, le site de la Ferme éolienne de Gurunhuel a été retenu car il offre de nombreux avantages pour l'implantation d'éoliennes (cf. chapitre « Raison du choix » de l'étude d'impact) et notamment :

- ⇒ l'absence ou la très faible probabilité de risques naturels dans le secteur d'étude (inondation, mouvement de terrain, incendie de forêt, séisme,...) – cf. paragraphe 3.1.2 -, page 18
- ⇒ un éloignement des aérogénérateurs par rapport aux habitations de plus de 500 m – cf. paragraphe 3.2 -, page 23,
- ⇒ des servitudes radioélectriques qui ne compromettent pas l'implantation d'éoliennes puissantes.

5.3.1.2 - Réduction des potentiels de dangers liés aux produits

L'activité de production d'électricité par les éoliennes ne nécessite pas de consommation de matière première, ni d'autres produits pendant la phase d'exploitation. De même, cette activité ne génère pas de déchets, ni d'émission atmosphérique, ni d'effluent potentiellement dangereux pour l'environnement.

Les produits identifiés sur le site de la ferme éolienne de Gurunhuel sont utilisés pour le bon fonctionnement des éoliennes, leur maintenance et leur entretien :

- Produits nécessaires au bon fonctionnement des installations (graisses et huiles de transmission, huiles hydrauliques pour systèmes de freinage...), qui une fois usagés sont traités en tant que déchets industriels spéciaux. Ces produits sont cloisonnés dans les circuits hydraulique et de refroidissement, ainsi qu'au niveau des engrenages de la nacelle et ne présentent donc aucun risque pour le public. Les huiles et graisses ne sont pas considérées comme dangereuses pour l'environnement, mais peuvent, en cas de déversement accidentel sur le sol, entraîner une pollution du milieu. Le niveau de pollution restera toutefois faible.
- Produits de nettoyage et d'entretien des installations (solvants, dégraissants, nettoyants...) et les déchets industriels banals associés (pièces usagées non souillées, cartons d'emballage...).

Aucun d'entre eux n'est stocké dans les aérogénérateurs ou le poste de livraison, conformément à l'article 16 de l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation.

5.3.1.3 - Réduction des potentiels de dangers liés au fonctionnement

a) Conformité des éoliennes

Une éolienne est une machine au sens de la directive européenne 98/37/CE concernant le rapprochement des législations des Etats membres relatives aux machines et qui est transposée en droit français par les articles L. 233-5 et suivants du code du travail ainsi que par les décrets d'applications de ces textes.

Les éoliennes installées sur le site de la Ferme éolienne de Gurunhuel seront conformes à la directive 98/37/CE et aux dispositions pertinentes du code du travail.

Ainsi, les éoliennes :

- ⇒ satisferront aux exigences essentielles de sécurité de cette directive ou les normes harmonisées traduisant ces exigences ;
- ⇒ seront revêtues du marquage "CE" ;
- ⇒ disposeront d'une déclaration de conformité délivrée par le fabricant au titre de l'article R. 233-73 du code du travail, attestant de la conformité de la machine aux prescriptions techniques la concernant.

La directive 98/37/CE sera appliquée par les dispositions suivantes :

- ⇒ chaque machine portera de manière lisible et indélébile les indications minimales suivantes (point 1.7.3 de l'annexe 1 sous l'article R. 233-84 du Code du Travail) :
 - le nom du fabricant et son adresse
 - le marquage "CE" de conformité constituée des initiales "CE" (art R. 233-73 du Code du Travail)
 - la désignation de la série ou du type
 - le numéro de série (s'il existe)
 - l'année de construction ;
- ⇒ l'exploitant disposera de la déclaration "CE" de conformité (art R. 233-73 du Code du Travail) établie par le fabricant pour attester la conformité des machines et des composants de sécurité à la directive pour chacune des machines ou chacun des composants de sécurité fabriqués ;
- ⇒ l'exploitant disposera de la notice d'instructions (point 1.7.4 de l'annexe 1 sous l'article R. 233-84 du Code du Travail) pour chaque machine qui comportera notamment les instructions nécessaires pour que la mise en service, l'utilisation et la maintenance s'effectuent sans risque.

De plus, les éoliennes de la Ferme éolienne seront dimensionnées afin de répondre aux exigences de :

- ⇒ bonne application des principes généraux de prévention (art. L. 230-1 et suivants) ;
- ⇒ stabilité des machines (point 1.3.1 de l'annexe 1 sous art. R. 233-84 du Code du Travail) ;
- ⇒ risques de rupture en service (point 1.3.2 de l'annexe 1 sous art. R. 233-84 du Code du Travail) ;
- ⇒ risques dus aux chutes et projections d'objets (point 1.3.3 de l'annexe 1 sous art. R. 233-84 du Code du Travail) ;
- ⇒ risques de chutes (point 1.5.15 de l'annexe 1 sous art. R. 233-84 du Code du Travail).

Elles disposeront d'un dossier de maintenance (art. R.235-5) ou d'un dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage. Lorsque les travaux seront réalisés, en fonction de la coordination mise en œuvre :

- ⇒ soit le plan de prévention sera établi en respect des prescriptions particulières applicables aux travaux réalisés dans des sites en exploitation (art. R. 237-1 et suivants) ;
- ⇒ soit la mise en œuvre de la coordination s'effectuera en respect des prescriptions particulières applicables aux opérations de bâtiment ou de génie civil (art. R. 238-1 et suivants).

b) Contrôle technique des éoliennes

Le décret n° 2007-1327 du 11 septembre 2007 introduit un contrôle technique obligatoire pour les éoliennes dont la hauteur du mât et de la nacelle est supérieure à 12 mètres.

Ces contrôles seront réalisés durant la phase de construction de l'éolienne. Ils concernent le massif de stabilité (fondation) de l'éolienne ainsi que les liaisons entre ce massif et la machine.

c) Maintenance et entretien du matériel

L'inspection et l'entretien du matériel sont effectués par des opérateurs des constructeurs des éoliennes, formés pour ces interventions.

Tout au long des années de fonctionnement de l'éolienne, des opérations de maintenance programmées vérifient l'état et le fonctionnement des sous-systèmes de l'éolienne :

- ⇒ à chaque anniversaire de la première mise en route de l'éolienne ;
- ⇒ tous les 4 ou 5 ans (selon l'élément) après la première mise en route de l'éolienne ;
- ⇒ tous les 10 ans après la première mise en route de l'éolienne.

d) Autres contrôles réglementaires périodiques

Conformément à la réglementation, un contrôle de l'ensemble des installations électriques sera réalisé tous les ans par un organisme agréé. En cas de besoin, des contrôles complémentaires seront opérés tels que :

- ⇒ la vérification de l'absence de dommage visible pouvant affecter la sécurité ;
- ⇒ la résistance d'isolement de l'installation électrique ;
- ⇒ la séparation électrique des circuits ;
- ⇒ les conditions de protection par coupure automatique de l'alimentation.

Les équipements et accessoires de levage feront également l'objet de contrôles périodiques par des organismes agréés. Le matériel incendie sera contrôlé périodiquement par le fabricant du matériel ou un organisme agréé extérieur.

Les résultats des contrôles des installations électriques, des équipements de levage et du matériel incendie seront consignés dans des registres tenus à la disposition de l'Inspection des installations classées.

e) Maintenance curative

Il s'agit des opérations de maintenance réalisées suite à des défaillances de matériels ou d'équipements (ex : remplacement d'un capteur défaillant, ajout de liquide de refroidissement faisant suite à une fuite,...). Ces opérations sont faites à la demande, dès détection du dysfonctionnement, de façon à rendre l'équipement à nouveau opérationnel.

f) Formation du personnel

Le personnel intervenant sur les installations (monteurs, personnel affecté à la maintenance) est formé et encadré. La formation porte notamment sur :

- ⇒ la présentation générale d'une éolienne et les risques associés à son fonctionnement ;
- ⇒ les règles de sécurité à respecter ;
- ⇒ l'utilisation des équipements de protection individuelle, notamment les dispositifs de protection contre les chutes ;
- ⇒ le travail en hauteur ;
- ⇒ la lutte contre l'incendie ;
- ⇒ les habilitations électriques.

Les opérations réalisées tant dans le cadre du montage, de la mise en service que des opérations de maintenance périodique sont effectuées suivant des procédures qui définissent les tâches à réaliser, les équipements d'intervention à utiliser et les mesures à mettre en place pour limiter les risques d'accident. Des check-lists sont établies afin d'assurer la traçabilité des opérations effectuées.

5.3.2 - UTILISATION DES MEILLEURES TECHNIQUES DISPONIBLES

L'Union Européenne a adopté un ensemble de règles communes au sein de la directive 2010/75/UE du 24 novembre 2010 relative aux émissions industrielles (prévention et réduction intégrées de la pollution), dite directive IED (« Industrial Emissions Directive »), afin d'autoriser et de contrôler les installations industrielles.

Pour l'essentiel, la directive IED définit au niveau européen une approche intégrée de la prévention et de la réduction des pollutions émises par les installations industrielles et agricoles entrant dans son champ d'application.

Un de ses principes directeurs est le recours aux meilleures techniques disponibles (MTD) afin de prévenir les pollutions de toutes natures. Elle impose aux États membres de fonder les conditions d'autorisation des installations concernées sur les performances des MTD.

La directive IED remplace la directive 2008/1/CE, dite directive IPPC, relative à la prévention et à la réduction intégrées de la pollution.

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

6 - ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE

6.1 - INTRODUCTION

Dans cette partie de l'étude de dangers sont recensés et analysés les accidents survenus sur des installations similaires à l'installation concernée par l'étude de dangers.

Rappelons que l'objectif de l'analyse de l'accidentologie n'est pas de dresser une liste exhaustive de tous les accidents ou incidents survenus, ni d'en tirer des données statistiques. Il s'agit, avant tout, de rechercher les types de sinistres les plus fréquents, leurs causes et leurs effets, ainsi que les mesures prises pour limiter leur occurrence ou leurs conséquences.

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

L'analyse des retours d'expérience vise donc ici à faire émerger des typologies d'accident rencontrés tant au niveau national qu'international. Ces typologies apportent un éclairage sur les scénarios les plus rencontrés. D'autres informations sont également utilisées dans la partie 7 -, page 51.

6.2 - INVENTAIRE ET DESCRIPTION DES ACCIDENTS ET INCIDENTS EN FRANCE

6.2.1 - BASES DE DONNEES CONSULTEES

Un inventaire des incidents et accidents en France a été réalisé afin d'identifier les principaux phénomènes dangereux potentiels pouvant affecter la Ferme éolienne de Gurunhuel. 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).

L'accidentologie relatée ci-après résulte de la consultation principalement de :

- ⇒ La base ARIA (Analyse, Recherche et Information sur les Accidents) du BARPI (Bureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industrielles – Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire) qui recense et analyse les accidents et incidents, survenus en France ou à l'étranger, depuis le 1er janvier 1992 (date de création du BARPI). Les événements les plus graves qui ont pu se produire avant 1992 sont également répertoriés (6% des accidents français ou étrangers recensés dans ARIA sont antérieurs à 1988).

- ⇒ La note technique accidentologie du SER – FEE³ recense des incidents liés aux parcs éoliens en France, sur la base des informations suivantes :

- rapport du Conseil Général des Mines (juillet 2004) ;
- base de données ARIA ;
- communiqués de presse du SER – FEE et/ou des exploitants éoliens ;
- site Internet de l'association « Vent de Colère » (anti-éolien) ;
- site Internet de l'association « Fédération Environnement Durable » (anti-éolien) ;
- articles de presse divers ;
- données diverses fournies par les exploitants de parcs éoliens en France.

Cette note fournit également, dans sa deuxième partie des indications qualitatives sur les typologies d'accidents ayant affectés des parcs éoliens dans le reste du monde. La note précise qu'il apparaît impossible aujourd'hui d'effectuer un recensement exhaustif à l'échelle internationale, en raison notamment du grand nombre de parcs installés et du manque de retours d'expérience dans certains pays.

6.2.2 - INVENTAIRES DES ACCIDENTS EN FRANCE

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

Dans l'état actuel, la base de données réalisée par le groupe de travail de SER/FEE, ayant élaboré le guide technique d'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens, apparaît comme représentative des incidents majeurs ayant affectés 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 37 incidents a pu être recensé entre 2000 et début 2012 (voir tableau détaillé en Annexe 4). Ce tableau de travail a été validé par les membres du groupe de travail précédemment mentionné.

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 (maintenance, chantier de construction, etc.) et les événements qui n'ont pas conduit à des effets sur les zones autour des aérogénérateurs. Dans ce graphique, les éléments suivants 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.

³ Note technique accidentologie, SER – FEE, Groupe de Travail Etudes de Dangers, Avril 2011

Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateurs français entre 2000 et 2011

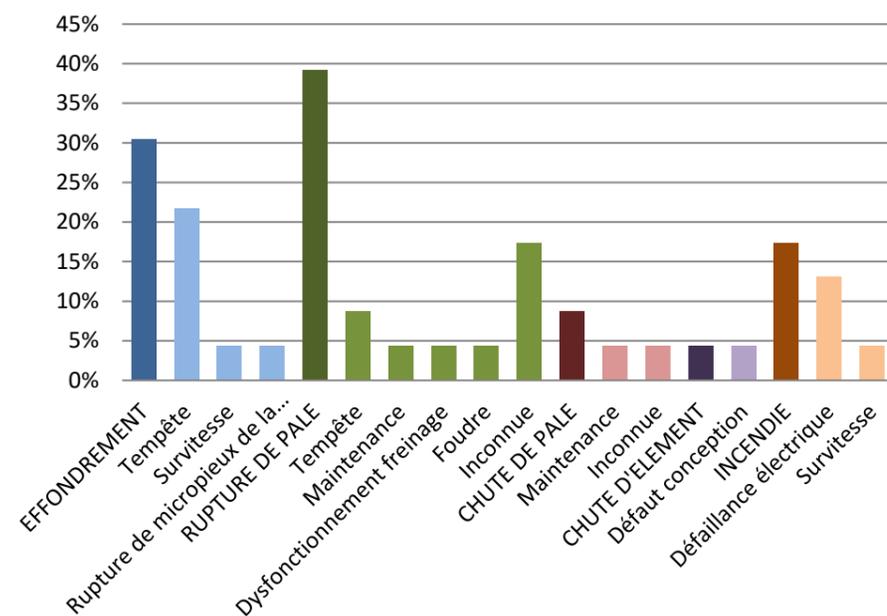


Figure 23 : Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateur français entre 2000 et 2011

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. Ces accidents ont pour cause principale les tempêtes.

Les recherches effectuées dans les bases citées précédemment ont porté sur les éoliennes. Les résultats obtenus sont reproduits dans le tableau des pages suivantes.

Tableau 26 : Analyse des accidents survenus en France

Type d'accident	Date	Parc	Département	Type d'éolienne	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente ?	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s)	Commentaire sur l'utilisation du REX pour les calculs de probabilités de départ
Effondrement	Novembre 2000	Port la Nouvelle	Aude	VESTAS V39	0,5	1993	N	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	WINDMASTER WM43/750	0,75	1998	N	Bris de pales en bois (avec inserts)	?	Site Vent de Colère	
Effondrement	01/02/2002	Wormhout	Nord	TURBOWINDS T400-34	0,4	1997	N	Bris d'hélice et mât plié	Tempête	Rapport du CGM Site Vent du Bocage	
Maintenance	01/07/2002	Port la Nouvelle - Sigean	Aude	GAMESA G47	0,66	2000	O	Grave électrisation avec brûlures d'un technicien	Lors de mesures pour cartériser la partie haute d'un transformateur 690V/20 kV 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	Non utilisable
Effondrement	28/12/2002	Névian - Grande Garrigue	Aude	GAMESA G52/850	0,85	2002	O	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	WINDMASTER WM43/750	0,75	1998	N	Bris de pale en bois (avec inserts) sur une éolienne bipale	Tempête	Article de presse (La Dépêche du 26/03/2003)	
Rupture de pale	05/11/2003	Sallèles-Limousis	Aude	WINDMASTER WM43/750	0,75	1998	N	Bris de pales en bois (avec inserts) sur trois éoliennes. Morceaux de pales disséminés sur 100m .	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	LAGERWEY LW750-52	0,75	2002	N	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	WINDMASTER 300 kW	0,3	1996	N	Couchage du mât d'une des 9 éoliennes suite à l'arrachement de la fondation	Rupture de 3 des 4 micro-pieux 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	WINDMASTER WM28/300	0,3	2001	N	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)	Nota : cet incident s'est produit 2 fois à 15 jours d'intervalle)
Rupture de pale	08/07/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	WINDMASTER WM28/300	0,3	2001	N	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)	Nota : cet incident s'est produit 2 fois à 15 jours d'intervalle)
Rupture de pale	2004	Escales-Conilhac	Aude	JEUMONT J48/750	0,75	2003	N	Bris de trois pales		Site Vent de Colère	
Rupture de pale	22/12/2004	Montjoyer-Rochefort	Drôme	JEUMONT J48/750	0,75	2004	N	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, pb 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	ATTENTION : projection de pale + incendie !

Type d'accident	Date	Parc	Département	Type d'éolienne	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente ?	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s)	Commentaire sur l'utilisation du REX pour les calculs de probabilités de départ
Rupture de pale	2005	Wormhout	Nord	TURBOWINDS T400-34	0,4	1997	N	Bris de pale		Site Vent de Colère	
Rupture de pale	08/10/2006	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	WINDMASTER WM28/300	0,3	2004	N	Chute d'une pale de 20m 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	GAMESA G47	0,66	2001	O	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	LAGERWEY LW80-18	0,08	1993	N	Sectionnement du mât puis effondrement d'une éolienne dans une zone industrielle	Tempête (vents mesurés à 137 Km/h)	Article de presse (La Voix du Nord)	
Rupture de pale	31/12/2006	Ally	Haute-Loire	GE 1.5sl	1,5	2005	O	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	Non utilisable (incident pendant un chantier)
Rupture de pale	03/2007	Clitourps	Marne	VESTAS V47/660	0,66	2005	N	Rupture d'un morceau de pale de 4m et éjection à plus de 200m de distance dans un champ	Cause pas éclaircie	Site FED	Défaut de fabrication. Attention, les bouts de pales ne sont pas partis à plus de 80 m de la turbine
Chute d'élément	11/10/2007	Plouvien	Finistère	SIEMENS SWT 1.3	1,3	2007	N	Chute d'un élément de la nacelle (trappe de visite de 50 cm de diamètre)	Défaut au niveau des charnières de la trappe de visite. Correctif appliqué et retrofit des boulons de charnières effectué sur toutes les machines en exploitation.	Article de presse (Le Télégramme)	
Emballlement	03/2008	Dinéault	Finistère	WINDMASTER WM28/300	0,3	2002	N	Emballlement de l'éolienne mais pas de bris de pale	Tempête + système de freinage hors service (boulon manquant)	Base de données ARIA	Non utilisable d'un point de vue statistique (événement unique, sans répercussion sur les tiers)
Collision avion	04/2008	Plouguin	Finistère	ENERCON E66/2000	2	2004	O	Léger choc entre l'aile d'un bimoteur Beechcraftch (liaison Ouessant-Brest) et une pale d'éolienne à l'arrêt. Perte d'une pièce de protection au bout d'aile. Mise à l'arrêt de la machine pour inspection.	Mauvaise météo, conditions de vol difficiles (sous le plafond des 1000m imposé par le survol de la zone) et faute de pilotage (altitude trop basse)	Articles de presse (Le Télégramme, Le Post)	Non utilisable
Rupture de pale	19/07/2008	Erize-la-Brûlée - Voie Sacrée	Meuse	GAMESA G90	2	2007	O	Chute de pale et projection de morceaux de pale suite à un coup de foudre	Foudre + défaut de pale	Communiqué de presse Française d'Eoliennes - Article de presse (l'Est Républicain 22/07/2008)	
Incendie	28/08/2008	Vauvillers	Somme	GAMESA	2	2006	O	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	GAMESA G90	2	2007	O	Chute de pale		Communiqué de presse Française d'Eoliennes Article de presse (l'Est Républicain)	
Maintenance	26/01/2009	Clastres	Aisne	NEG-MICON NM92	2,75	2004	O	Accident électrique ayant entraîné la brûlure de deux agents de maintenance	Accident électrique (explosion d'un convertisseur)	Base de données ARIA	Non utilisable
Rupture de pale	08/06/2009	Bollène	Vaucluse	NORDEX N90	2,3	2009	O	Bout de pale d'une éolienne ouvert	Coup de foudre sur la pale	Interne exploitant	Non utilisable pour les projections ou les chutes (la pale est restée accrochée)

Type d'accident	Date	Parc	Département	Type d'éolienne	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente ?	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s)	Commentaire sur l'utilisation du REX pour les calculs de probabilités de départ
Incendie	21/10/2009	Froidfond - Espinassière	Vendée	GAMESA G80/2000	2	2006	O	Incendie de la nacelle	Court-circuit dans transformateur sec embarqué en nacelle ?	Article de presse (Ouest-France) Site FED	
Incendie	30/10/2009	Freysenet	Ardèche	VESTAS V80/2000	2	2005	O	Incendie de la nacelle	Court-circuit faisant suite à une opération de maintenance	Base de données ARIA Site FED Article de presse (Le Dauphiné)	Problème sur armoire électrique
Maintenance	20/04/2010	Toufflers	Nord	Bonus B23 / SIEMENS	0,3	1993	N	Décès d'un technicien au cours d'une opération de maintenance	Crise cardiaque	Article de presse (La Voix du Nord 20/04/2010)	Non utilisable
Effondrement	30/05/2010	Port la Nouvelle	Aude	Vestas V25	0,2	1991	N	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	JEUMONT J48/750	0,75	2004	N	Emballement de deux éoliennes et incendie des nacelles.	Maintenance en cours, pb de régulation, freinage impossible, évacuation du personnel, survitesse de +/- 60 tpm	Articles de presse Communiqué de presse SER-FEE	
Maintenance	15/12/2010	Pouillé-les-Côteaux	Loire Atlantique	ENERCON E70	2,3	2010	O	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	Non utilisable
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)	Non utilisable
Rupture de pale	14/12/2011			NORDEX N80	2,5	2003	O	Pale endommagée par la foudre. Fragments de pales retrouvés par l'exploitant à une distance n'excédant pas 300 m	Foudre	Constructeur - Mainteneur	Distance évaluée par l'exploitant qui a collecté les fragments. A mesurer plus précisément sur site.
Incendie	03/01/2012			NORDEX N90	2,3	2006	O	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 tenté d'incendier. Le feu ne s'est pas propagé, dégâts très limités et restreints au pied de la tour.	Malveillance / incendie criminel	Constructeur - Mainteneur	Le feu ne s'est pas propagé dans l'éolienne (les pneus introduits dans l'éolienne n'ont pas brûlé)
Rupture de pale	05/01/2012	Widehem	Pas-de-Calais	JEUMONT J48/750	0,75	2000	N	Bris d'une pale, dont des fragments ont pu être projetés jusqu'à 200 m environ.	Tempête + panne d'électricité	Article de presse (La Voix du Nord 06/01/2012) Vidéo DailyMotion Interne exploitant	-
Rupture de pale	11/04/2012	Sigean	Aude	VESTAS V47	0.66	1991	N	Bris d'une pale, dont un fragment a été projeté à 20 m environ.	Impact de foudre	Base de données ARIA	-
Rupture de pale	18/05/2012	Fresnay-L'Evêque	Eure-et-Loir	REPOWER MM92	2	2008	O	Chute de pale au pied de l'éolienne	Corrosion dans les trous d'alésages, qui proviendrait des conditions de production et de stockage des pièces constitutives du roulement.	Base de données ARIA	-
Chute d'une éolienne	30/05/2012	Port la Nouvelle	Aude	-	0.2	1991	N	Chute d'une éolienne	Rafales de vent à 130 km/h	Base de données ARIA	-

Type d'accident	Date	Parc	Département	Type d'éolienne	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente ?	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s)	Commentaire sur l'utilisation du REX pour les calculs de probabilités de départ
Rupture de pale	01/11/2012	Vieillespesse	Cantal	NORDEX N90	2.5	2011	O	Un élément de 400g constitutif d'une pale d'éolienne est projeté à 70 m du mât	-	Base de données ARIA	-
Incendie	05/11/2012	Sigean	Aude	VESTAS V47	0.66	1991	N	Un feu se déclare sur une éolienne. Des projections incandescentes enflamment 80 m ² de garrigue environnante. Une pale chute.	Un feu s'est déclaré dans l'armoire électrique en pied d'éolienne. Un dysfonctionnement de disjoncteur a entraîné la propagation de courants de court circuit.	Base de données ARIA	-
Rupture de pale	6/03/2013	Conilhac-de-la-Montagne	Aude	GAMESA G58	0.85	2008	O	A la suite d'un défaut de vibration, une éolienne se met automatiquement à l'arrêt. Le lendemain, des techniciens du constructeur trouvent au sol l'une des trois pales qui s'est décroché avant de percuter le mât.	Défaut de vibration.	Base de données ARIA	-
Incendie	17/03/2013	Euivy	La Marne	GE Energy GE 100	2,5	2011	O	Un feu s'est déclaré dans la nacelle d'une éolienne. Le sinistre émet une importante fumée. Une des pales tombe au sol, une autre menace de tomber. 450 l d'huile s'écoulent, conduisant l'exploitant à faire réaliser une étude de pollution des sols.	Au moment du départ du feu, le vent soufflait à 11m/s. La puissance de l'éolienne était proche de sa puissance nominale. La gendarmerie évoque une défaillance électrique.	Base de données ARIA	-
Pale et réseau électrique endommagé	20/06/2013	Labastide-sur-Besorgues	Ardèche	ENERCON E44/900	0,9	2009		Un impact de foudre endommage une éolienne : une pale est déchirée sur 6 m de longueur, le boîtier basse tension et le parafoudre en tête d'installation au poste de livraison sont détruits. Des installations du réseau électrique et téléphonique sont également endommagées.	Impact de foudre (impact enregistré le plus proche de l'éolienne au moment de l'orage est donné avec une intensité de 94 kA)	Base de données ARIA	-
Projection d'un équipement	01/07/2013	Cambon-et-Salvergues	Hérault	ENERCON E70	1,3	2006	O	Alors qu'il vient de faire l'appoint en gaz d'un cylindre sous pression faisant partie du dispositif d'arrêt d'urgence des pales d'une éolienne, un technicien de maintenance démonte l'embout d'alimentation vissable. L'ensemble démonté est projeté au visage de l'opérateur et lui brise le nez et plusieurs dents. Le jet de gaz affecte ses voies respiratoires.	Afin d'éviter de tels accidents, la visserie de la vanne présentait une petite perforation destinée à alerter l'opérateur : un sifflement et une formation de glace liée à la détente du gaz se produisent 4 tours et demi avant le dévissage total.	Base de données ARIA	-
Maintenance	03/08/2013	Moréac	Morbihan	GAMESA G90/2000	2,0	2010	O	Une nacelle élévatrice utilisée pour une intervention de maintenance sur une éolienne perd 270 l d'huile hydraulique.	-	Base de données ARIA	-
Incendie	09/01/2014	Antheny	Ardennes	NORDEX N100/2500	2,5	2013	O	Un feu se déclare au niveau de la partie moteur d'une éolienne.	Incident électrique ?	Base de données ARIA	-
Chute de pale	20/01/2014	Sigean	Aude	GAMESA G47/660	0,66	2000	N	Chute d'une pale de 20 m au pied du mât d'une éolienne	Lors de l'accident le vent soufflait entre 18 m/s et 22 m/s. Des fissures sont détectées sur la pièce en aluminium appelée « alu ring », située à la base de la pale.	Base de données ARIA	-
Chute de pale	14/11/2014	St-Cirgues-en-Montagne	Ardèche	SENVION MM8/2050	2,05	2011	O	Chute de pale au pied de l'éolienne lors d'un orage et de vents violent. Des débris sont projetés à 150 m	Lors de l'accident, des rafales de vent atteignaient les 130 km/h.	Base de données ARIA	-
Chute d'un morceau de pale	05/12/2014	Fitou	Aude	NORDEX N60/1300	1,3	2006	O	Chute d'une partie de l'aéofrein à 80 m du mât de l'éolienne	Défaillance matérielle ou décollage sur les plaques en fibre de verre	Base de données ARIA	-

Type d'accident	Date	Parc	Département	Type d'éolienne	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente ?	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s)	Commentaire sur l'utilisation du REX pour les calculs de probabilités de départ
Incendie	29/01/2015	Remigny	Aisne	SIEMENS SWT-2-3-101/2300	2,3	2015	O	A 6h25 un feu se déclare dans une éolienne. Celle-ci est automatiquement mise à l'arrêt sur alarme du détecteur de fumée.	Un défaut d'isolation au niveau des connexions des conducteurs de puissance serait à l'origine du sinistre. Le câble mis en cause assure la jonction entre la base et le haut de la tour. Ce défaut aurait provoqué un arc électrique entre 2 phases ce qui aurait initié l'incendie.	Base de données ARIA	-
Incendie	06/02/2015	Lusseray	Deux-Sèvres	ENERCON E82/2000	2,0	2011	O	Vers 15h30, un feu se déclare dans une éolienne, au niveau d'une armoire électrique où interviennent 2 techniciens. Ces derniers éteignent l'incendie avec 2 extincteurs. L'éolienne est hors service le temps des réparations.	-	Base de données ARIA	-
Incendie	24/08/2015	Santilly	Eure-et-Loir	NORDEX N90/2300	2,3	2005	O	Un feu se déclare vers 13h30 sur le moteur d'une éolienne situé à 90 m de hauteur	Origine accidentelle	Base de données ARIA	-
Chute des pales et du rotor d'une éolienne	10/11/2015	Ménil-la-Horgne	Meuse	REPOWER MD 77	1,5	2007	O	Vers 22h30, les 3 pales et le rotor d'une éolienne, dont la nacelle se situe à 85 m de haut, chutent au sol. Le transformateur électrique, à son pied, est endommagé.	Défaillance de l'arbre lent qui assure la jonction entre le rotor et la multiplicatrice	Base de données ARIA	-
Chute de pale	07/02/2016	Conilhac-Corbières	Aude	ENERCON E70-2300	9,2	2014	O	L'aéropreins d'une des 3 pales d'une éolienne se rompt et chute au sol.	Les premières investigations indiqueraient qu'un point d'attache du système mécanique de commande de l'aéropreins (système à câble) se serait rompu, ce qui aurait actionné l'ouverture de l'aéropreins. Du fait des fortes charges présentes sur le rotor, l'axe en carbone qui maintient l'aéropreins à la pale et/ou le point d'ancrage de cet axe, se serait alors rompu.	Chute de pale	07/02/2016
Chute de pale	08/02/2016	Dineault	Finistère	WINDMASTER WM28/300	1,2	2002	N	Lors d'une tempête, des vents à 160 km/h endommagent une éolienne : une pale chute au sol, une autre se déchire	Tempête (vents de 160 km/h)	Chute de pale	08/02/2016

Mise à jour : Fin février 2018

6.3 - 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 la base de données réalisée par l'association Caithness Wind Information Forum (CWIF). Sur les 994 accidents décrits dans la base de données au moment de sa consultation par le groupe de travail précédemment mentionné, seuls 236 sont considérés comme des « accidents majeurs ». Les autres concernant plutôt des accidents du travail, des presque-accidents, des incidents, etc. et ne sont donc pas pris en compte dans l'analyse suivante.

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

Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2011

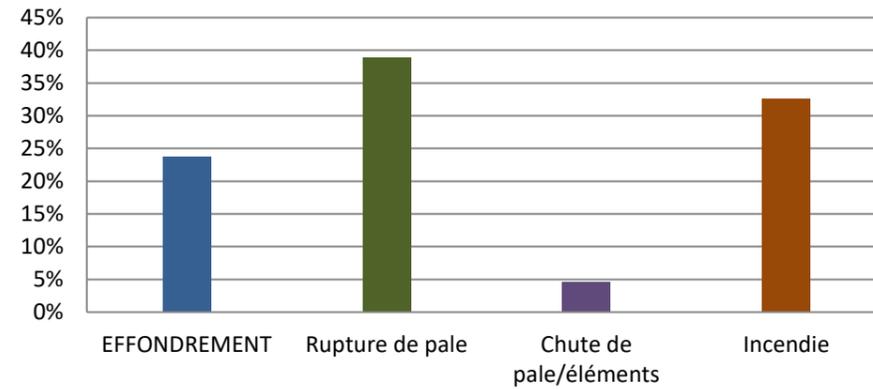


Figure 24 : Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2011

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

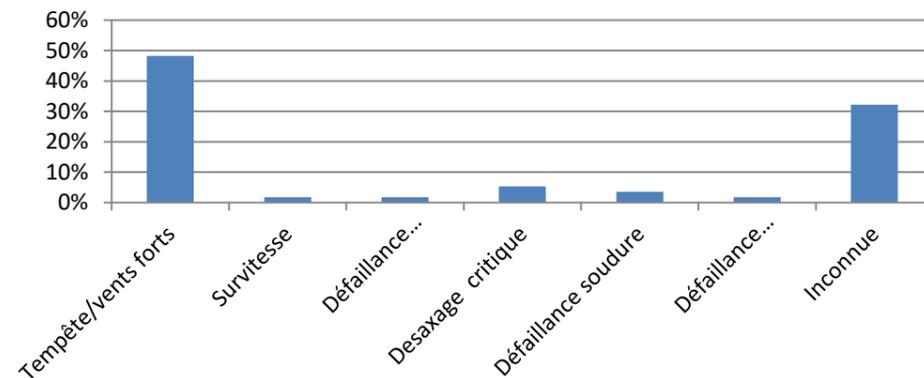


Figure 25 : Répartition des causes premières d'effondrement

Répartition des causes premières de rupture de pale

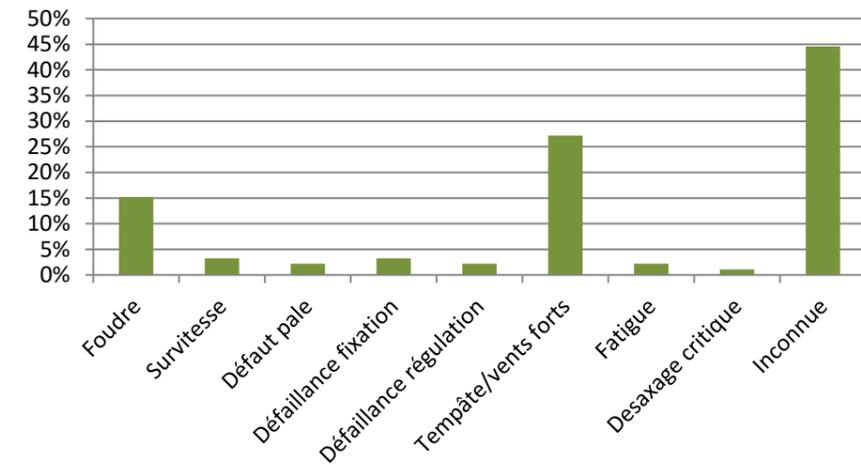


Figure 26 : Répartition des causes premières de rupture de pale

Répartition des causes premières d'incendie

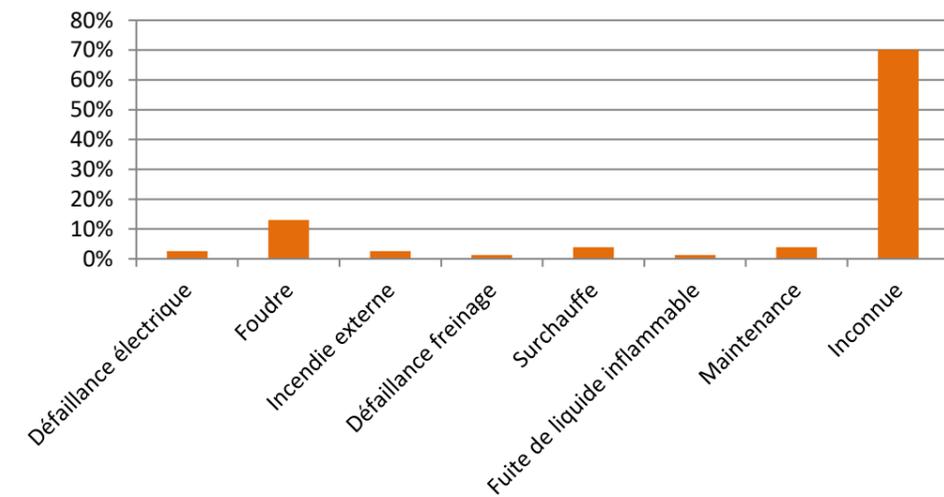


Figure 27 : Répartition des causes premières d'incendie

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

6.4 - INVENTAIRE DES ACCIDENTS MAJEURS SURVENUS SUR LES SITES DE L'EXPLOITANT

La Société Ferme éolienne de Gurunhuel n'exploite pas encore de parc éolien.

Parmi les parcs éoliens qui ont été exploités par la société ABO Wind SARL, aucun accident majeur n'est à déplorer.

6.5 - SYNTHÈSE DES PHÉNOMÈNES DANGEREUX REDOUTÉS ISSUS DU RETOUR D'EXPERIENCE

6.5.1 - ANALYSE DE L'ÉVOLUTION DES ACCIDENTS EN FRANCE

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

La Figure 28 ci-contre 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.

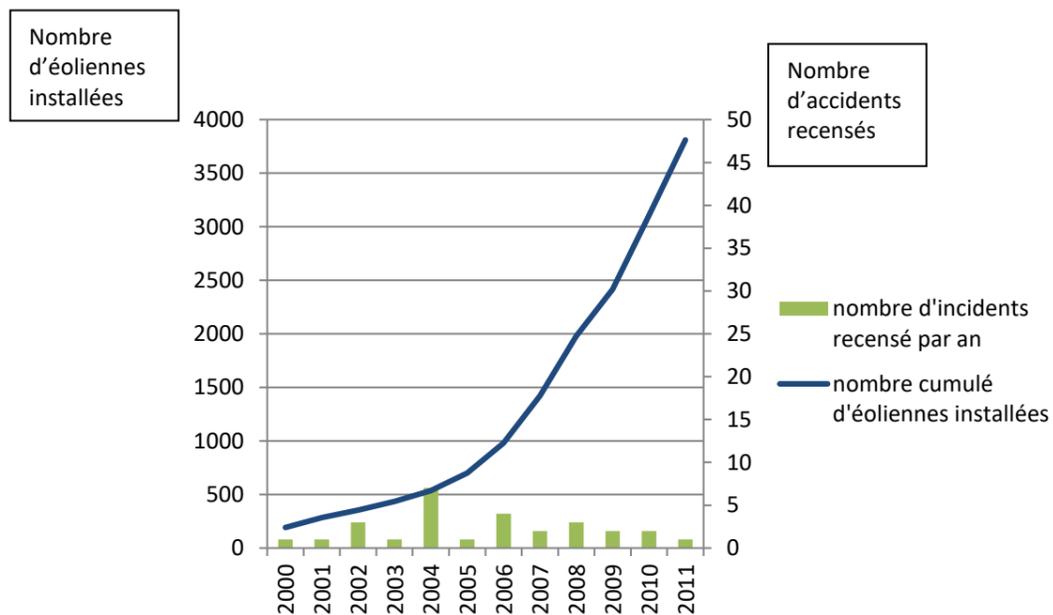


Figure 28 : Evolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées

On peut noter l'essor de la filière française à partir de 2005, alors que le nombre d'accidents reste relativement constant

6.5.2 - ANALYSE DES TYPOLOGIES D'ACCIDENTS LES PLUS FREQUENTS

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

- ⇒ effondrements ;
- ⇒ ruptures de pales ;
- ⇒ chutes de pales et d'éléments de l'éolienne ;
- ⇒ incendie.

6.6 - LIMITES D'UTILISATION DE L'ACCIDENTOLOGIE

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

- ⇒ La non-exhaustivité des événements : ce retour d'expérience, constitué à partir de sources variées, ne provient pas d'un système de recensement organisé et systématique. Dès lors certains événements ne sont pas reportés. En particulier, les événements les moins spectaculaires peuvent être négligés : chutes d'éléments, projections et chutes de glace ;
- ⇒ La non-homogénéité des aérogénérateurs inclus dans ce retour d'expérience : les aérogénérateurs observés n'ont pas été construits aux mêmes époques et ne mettent pas en œuvre les mêmes technologies. Les informations sont très souvent manquantes pour distinguer les différents types d'aérogénérateurs (en particulier concernant le retour d'expérience mondial) ;
- ⇒ Les importantes incertitudes sur les causes et sur la séquence qui a mené à un accident : de nombreuses informations sont manquantes ou incertaines sur la séquence exacte des accidents ;

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

7 - ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES (APR)

7.1 - OBJECTIFS DE L'APR

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

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

7.2 - RECENSEMENT DES EVENEMENTS INITIATEURS EXCLUS DE L'ANALYSE DES RISQUES

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

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

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

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

7.3 - RECENSEMENT DES AGRESSIONS EXTERNES POTENTIELLES

7.3.1 - AGRESSIONS EXTERNES LIEES AUX ACTIVITES HUMAINES

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

Tableau 27 : Principales agressions extérieures potentielles

Infrastructure	Fonction	Evénement redouté	Danger potentiel	Périmètre	Distance par rapport au mât des éoliennes	
					E1	E2
Voies de circulation	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Energie cinétique des véhicules et flux thermiques	200 m	190 m	Néant
Aérodrome	Transport aérien	Chute d'aéronef	Energie cinétique de l'aéronef, flux thermique	5000 m	Néant	Néant
Ligne THT	Transport d'électricité	Rupture de câble	Arc électrique, surtensions	200 m	Néant	Néant
Autres aérogénérateurs	Production d'électricité	Accident générant des projections d'éléments	Energie cinétique des éléments projetés	500 m	370 m	370 m

Remarque : L'autre aérogénérateur situé dans le rayon de 500 m des éoliennes E1 et E2 correspond aux éoliennes du projet du parc éolien de Gurunhuel. Il n'y a pas d'éoliennes appartenant à d'autres parcs éoliens, situées dans les rayons de 500 m.

a) Danger lié aux voies de circulation

Pour rappel, le tableau suivant indique les plus courtes distances entre les routes du secteur et les éoliennes :

Tableau 28 : Distance entre les éoliennes et les routes du secteur

Eolienne	Distance la plus courte par rapport à...	
	Voie communale n°24	RD 20
E1	470 m	190 m
E2	410 m	225 m

Les dangers potentiels liés à la circulation automobile sont :

- ⇒ l'énergie cinétique des véhicules en cas d'accident ;
- ⇒ les flux thermiques en cas d'incendie d'un véhicule.

En général, les zones d'effets d'un accident automobile restent localisées sur la route et ses abords immédiats (bas-côté), jusqu'à quelques dizaines de mètres maximum de part et d'autre de la route.

Compte-tenu des distances importantes entre les éoliennes et les routes du secteur, les risques liés à un accident automobile pour la Ferme éolienne de Gurunhuel sont exclus.

b) Danger lié aux lignes électriques

D'après les renseignements d'Enedis, aucune ligne électrique aérienne HTA (moins de 50 000 volts) ne traverse la zone d'implantation.

L'air est un isolant naturel. En situation normale, la distance entre un être humain au sol et les câbles électriques est suffisamment importante pour écarter tout risque d'arc électrique.

Un phénomène d'arc électrique se forme lorsque la distance entre l'objet et la ligne électrique est trop courte. L'air perd alors son caractère isolant et devient localement conducteur, ce qui permet aux particules électriques de la ligne de se frayer un chemin vers l'objet. Dès lors, un arc électrique se forme.

Pour les lignes électriques aériennes telles que celles gérées par Enedis, la distance nécessaire pour observer un phénomène d'arc électrique est de quelques cm ou quelques dizaines de cm tout au plus. A plus de 2 m de distance, il n'y a aucun risque.

En effet, selon les recommandations d'Enedis, en cas de travail à proximité d'une ligne électrique, la distance à respecter est de 3 mètres en HTA et de 5 mètres en HTB pour les lignes aériennes. Cette distance entre la ligne électrique et la personne, l'engin ou l'outil garantit la sécurité en écartant le risque d'arc électrique (source : www.sousleslignes-prudence.com).

Dans le cas des éoliennes du parc éolien de Gurunhuel, compte-tenu des distances (plus de 370 m) et en raison du pouvoir isolant de l'air, les risques de formation d'un arc électrique entre la ligne et l'extrémité d'une pale des éoliennes sont totalement exclus que ce soit en situation normale ou en situation dégradée.

La rupture d'un câble de la ligne électrique HTA peut survenir suite à un évènement météorologique majeur (accumulation de neige collante, tempête) ou un problème technique (fragilisation des supports des câbles). Dans ce cas, le ou les câble(s) de la ligne électrique peuvent chuter au sol. Le danger est présent au voisinage des câbles pour des personnes car il n'y a plus la protection par le caractère isolant de l'air.

Vis-à-vis des éoliennes du projet, même en situation dégradée, la distance entre la ligne électrique et l'extrémité des pales resterait largement supérieure à plusieurs centaines de mètres, ce qui écarte tout risque de formation d'arc électrique.

A titre d'information, les services d'ENEDIS préconisent une distance d'éloignement de 2 m concernant le mât et éventuels haubanages, et une distance minimale de 3 m concernant les pales et la nacelle par rapport au gabarit cinématique.

Le schéma ci-après présente les distances d'éloignement préconisées par Enedis.

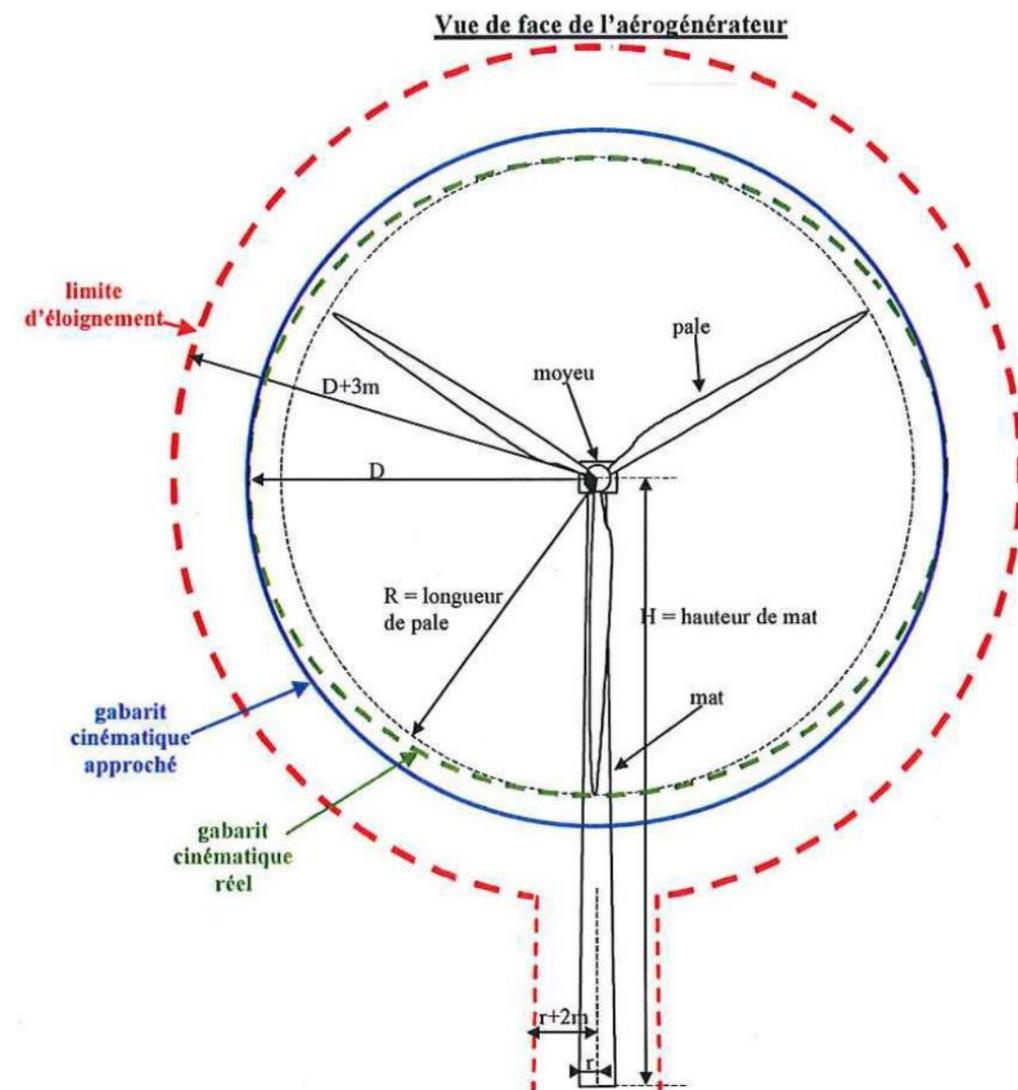


Figure 29 : Distance d'éloignement par rapport aux lignes HTA

Source : Enedis

c) Danger lié aux aérodromes

D'après les services de la Direction générale de l'Aviation Civile, l'altitude des éoliennes, pale à la verticale, ne doit pas dépasser + 431 m NGF (avis émis le 8 novembre 2016).

d) Danger lié aux aérogénérateurs

Il n'y a pas d'autre aérogénérateur dans un rayon de 500 m autour de la zone d'implantation.

7.3.2 - AGRESSIONS EXTERNES LIEES AUX PHENOMENES NATURELS

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

Tableau 29 : Principales agressions externes liées aux phénomènes naturels

Agression externe	Intensité
Vents et tempête	Le risque de tempête ne peut pas être exclu. L'intensité maximale du vent relevé à la station météo de Saint-Brieuc est de 176 km/h lors de la tempête du 16/10/1987. Secteur du projet en dehors des zones affectées par des cyclones tropicaux.
Foudre	Faible densité d'arc sur la zone d'étude (inférieure à la moyenne nationale) Les éoliennes respectent la norme IEC 61 400-24 (Juin 2010)
Glissement de sols/ affaissement miniers	Pas de document attestant de la présence de cavité souterraine sur la zone d'implantation

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

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

7.4 - SCENARIOS ETUDIES DANS L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

Le tableau ci-après présente l'analyse 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 ;
- ⇒ une description des phénomènes dangereux dont les effets sur les personnes sont à l'origine d'un accident ;
- ⇒ une évaluation préliminaire de la zone d'effets attendue de ces événements.

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

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

Les différents scénarios listés dans le tableau de l'APR sont regroupés et numérotés par thématique, en fonction des typologies d'événement redoutés centraux identifiés grâce au retour d'expérience du groupe de travail précédemment cité :

- ⇒ « G » pour les scénarios concernant la glace ;
- ⇒ « I » pour ceux concernant l'incendie ;
- ⇒ « F » pour ceux concernant les fuites ;
- ⇒ « C » pour ceux concernant la chute d'éléments de l'éolienne ;
- ⇒ « P » pour ceux concernant les risques de projection ;
- ⇒ « E » pour ceux concernant les risques d'effondrement).

Tableau 30 : Analyse des risques

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 sur les enjeux	1
G02	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales	Projection de glace lorsque les éoliennes sont en mouvement	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de la glace (N°1)	Impact de glace sur les enjeux	2
I01	Humidité / Gel	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (N°5)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I02	Dysfonctionnement électrique	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (N°5)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I03	Survitesse	Echauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3) Prévenir la survitesse (N°4)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I04	Désaxage de la génératrice / Pièce défectueuse / Défaut de lubrification	Echauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I05	Conditions climatiques humides	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2
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

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
F01	Fuite système de lubrification Fuite convertisseur Fuite transformateur	Ecoulement hors de la nacelle et le long du mât, puis sur le sol avec infiltration	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
F02	Renversement de fluides lors des opérations de maintenance	Ecoulement	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
C01	Défaut de fixation	Chute de trappe	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Impact sur cible	1
C02	Défaillance fixation anémomètre	Chute anémomètre	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	1
C3	Défaut fixation nacelle – pivot central – mât	Chute nacelle	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	1
P01	Survitesse	Contraintes trop importante sur les pales	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la survitesse (N°4)	Impact sur cible	2
P02	Fatigue Corrosion	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	Impact sur cible	2
P03	Serrage inapproprié Erreur maintenance – desserrage	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9)	Impact sur cible	2

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
E01	Effets dominos autres installations	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E02	Glissement de sol	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E05	Crash d'aéronef	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E07	Effondrement engin de levage travaux	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Actions de prévention mises en œuvre dans le cadre du plan de prévention (N°13)	Chute fragments et chute mât	2
E08	Vents forts	Défaillance fondation	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9) Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort (N°11)	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

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.

7.5 - EFFETS DOMINOS

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

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

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

C'est la raison pour laquelle, il est proposé de négliger les conséquences des effets dominos dans le cadre de la présente étude.

7.6 - MISE EN PLACE DES MESURES DE SECURITE

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

- **Fonction de sécurité** : il est proposé ci-dessous un tableau par fonction de sécurité. Cet intitulé décrit l'objectif de la ou des mesure(s) de sécurité : il s'agira principalement de « empêcher, éviter, détecter, contrôler ou limiter » et sera en relation avec un ou plusieurs événements conduisant à un accident majeur identifié dans l'analyse des risques. Plusieurs mesures de sécurité peuvent assurer une même fonction de sécurité.
- **Numéro de la fonction de sécurité** : ce numéro vise à simplifier la lecture de l'étude de dangers en permettant des renvois à l'analyse de risque par exemple.
- **Mesures de sécurité** : cette ligne permet d'identifier les mesures assurant la fonction concernée. Dans le cas de systèmes instrumentés de sécurité, tous les éléments de la chaîne de sécurité sont présentés (détection + traitement de l'information + action).
- **Description** : cette ligne permet de préciser la description de la mesure de maîtrise des risques, lorsque des détails supplémentaires sont nécessaires.
- **Indépendance** (« oui » ou « non ») : cette caractéristique décrit le niveau d'indépendance d'une mesure de maîtrise des risques vis-à-vis des autres systèmes de sécurité et des scénarios d'accident. Cette condition peut être considérée comme remplie (renseigner « oui ») ou non (renseigner « non »).
- **Temps de réponse** (en secondes ou en minutes) : cette caractéristique mesure le temps requis entre la sollicitation et l'exécution de la fonction de sécurité.
- **Efficacité** (100% ou 0%) : l'efficacité mesure la capacité d'une mesure de maîtrise des risques à remplir la fonction de sécurité qui lui est confiée pendant une durée donnée et dans son contexte d'utilisation.
- **Test (fréquence)** : dans ce champ sont rappelés les tests/essais qui seront réalisés sur les mesures de maîtrise des risques. Conformément à la réglementation, un essai d'arrêt, d'arrêt d'urgence et d'arrêt à partir d'une situation de survitesse seront réalisés avant la mise en service de l'aérogénérateur. Dans tous les cas, les tests effectués sur les mesures de maîtrise des risques seront tenus à la disposition de l'inspection des installations classées pendant l'exploitation de l'installation.
- **Maintenance (fréquence)** : ce critère porte sur la périodicité des contrôles qui permettront de vérifier la performance de la mesure de maîtrise des risques dans le temps. Pour rappel, la réglementation demande qu'à minima : un contrôle tous les ans soit réalisé sur la performance des mesures de sécurité permettant de mettre à l'arrêt, à l'arrêt d'urgence et à l'arrêt à partir d'une situation de survitesse et sur tous les systèmes instrumentés de sécurité.

Tableau 31 : Fonction 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 par déduction de la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur (analyse de divers paramètres de l'éolienne). Procédure adéquate de redémarrage.		
Description	Système de détection de la formation de givre permettant, en cas de détection de glace, une mise en drapeau des pales 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	Ces systèmes s'appuient sur des fonctions et des appareils propres à l'exploitation du parc. Ces données sont cependant analysées par l'automate de sécurité embarqué sur chaque éolienne, dont le rôle est dédié à la sécurité de l'installation.		
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 (opérations de maintenance sur les systèmes de contrôle) au bout de 300 heures 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, sur le poste de livraison, ainsi que sur les voies d'accès au parc. Eloignement des zones habitées et fréquentées.		
Description	Mise en place de panneaux informant de la possible formation de glace en pied de machines (conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011).		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100%. Nous considérerons que compte tenu de l'implantation des panneaux et de l'entretien prévu, l'information des promeneurs sera systématique.		
Tests	NA		
Maintenance	Vérification de l'état général du panneau, de l'absence de détérioration, entretien de la végétation afin que le panneau reste visible.		

Fonction de sécurité	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	N° de la fonction de sécurité	3
Mesures de sécurité	Capteurs de température des pièces mécaniques. Définition de seuils critiques de température pour chaque type de composant avec alarmes Communication continue des paramètres de fonctionnement ainsi que des alarmes au centre de contrôle du fabricant des éoliennes. Mise à l'arrêt jusqu'à refroidissement et intervention sur site pour contrôles et redémarrage.		
Description	En cas de température anormalement haute, une alarme est émise au centre de contrôle du fabricant des éoliennes. Si la température dépasse un seuil haut, l'éolienne est mise à l'arrêt et ne peut être relancée qu'après intervention d'un technicien en nacelle, qui procédera à une identification des causes et à des opérations techniques le cas échéant.		
Indépendance	Ces systèmes s'appuient sur des fonctions et des appareils propres à l'exploitation du parc. Ces données sont cependant analysées par l'automate de sécurité embarqué sur chaque éolienne, dont le rôle est dédié à la sécurité de l'installation.		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100%		
Tests	Pas de test. Cependant si le capteur est défectueux, il est systématiquement remis en cause et changé.		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois (notamment contrôle des bacs de graissage et écoute de la machine) de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011. Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	4
Mesures de sécurité	Détection de survitesse et systèmes de freinage.		
Description	Systèmes de coupure s'enclenchant en cas de dépassement des seuils de vitesse prédéfinis, indépendamment du système de contrôle commande. NB : Le système de freinage est constitué d'un frein aérodynamique principal (mise en drapeau des pales) et/ou d'un frein mécanique auxiliaire.		
Indépendance	Ces systèmes s'appuient sur des fonctions et des appareils propres à l'exploitation du parc (régulation d'angle des pales). Le système de détection de survitesse est cependant un système mécanique indépendant dont la fonction est dédiée à la sécurité. En cas de coupure électrique, les condensateurs électriques du système de sécurité des pitchs se déchargent, activant alors la mise en drapeau des pales.		
Temps de réponse	Temps de détection < 1 minute L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur conformément aux dispositions de l'arrêté du 26 août 2011.		
Efficacité	100%		
Tests	Test d'arrêt simple, d'arrêt d'urgence et de la procédure d'arrêt en cas de survitesse avant la mise en service des aérogénérateurs conformément à l'article 15 de l'arrêté du 26 août 2011. Un test de survitesse est également effectué lors du commissioning de l'installation.		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011. Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

Fonction de sécurité	Prévenir les courts-circuits	N° de la fonction de sécurité	5
Mesures de sécurité	Coupure de la transmission électrique en cas de fonctionnement anormal d'un composant électrique.		
Description	Les organes et armoires électriques de l'éolienne sont équipés d'organes de coupures et de protection adéquats et correctement dimensionnés. Tout fonctionnement anormal des composants électriques est suivi d'une coupure de la transmission électrique et à la transmission d'un signal d'alerte vers l'exploitant qui prend alors les mesures appropriées. Les systèmes électriques sont équipés de disjoncteurs à tous les niveaux.		
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	Système de protection foudre de l'éolienne dimensionné pour prévenir toute dégradation des pales de l'éolienne conformément à la norme IEC 61400-24. Pour la protection parafoudre extérieure, les pales sont équipées de récepteurs métalliques, reliées par un anneau en aluminium à la base de la pale. Un coup de foudre est absorbé en toute sécurité par ces récepteurs et le courant de foudre est dévié vers la terre entourant la base de l'éolienne. Pour la protection interne de la machine, les composants principaux tels l'armoire de contrôle et la génératrice sont protégés par des parasurtenseurs. Toutes les autres platines possédant leur propre alimentation sont équipées de filtres à hautes absorptions. Aussi, la partie télécom est protégée par des parasurtenseurs de ligne et une protection galvanique. En fin, une liaison de communication télécom en fibre optique entre les machines permet une insensibilité à ces surtensions atmosphériques ou du réseau. De même, l'anémomètre est protégé et entouré d'un arceau.		
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 au système de transmission qui émet une alarme au centre de contrôle du fabricant des éoliennes et prévient l'exploitant du parc éolien par SMS. 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 du fabricant des éoliennes ainsi qu'à l'exploitant du parc éolien par SMS, qui se charge de contacter les services d'urgence compétents. L'éolienne est également équipée d'extincteurs qui peuvent être utilisés par les personnels d'intervention (cas d'un incendie se produisant en période de maintenance).
Indépendance	Oui.
Temps de réponse	< 1 minute pour les détecteurs et l'enclenchement de l'alarme. L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur. Le temps d'intervention des services de secours est quant à lui dépendant de la zone géographique.
Efficacité	100%
Tests	/
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011. Le matériel incendie (type extincteurs) est contrôlé périodiquement par le fabricant du matériel ou un organisme extérieur. Maintenance curative suite à une défaillance du matériel.

Fonction de sécurité	Prévention et rétention des fuites	N° de la fonction de sécurité	8
Mesures de sécurité	Détecteurs de niveau d'huiles. Procédure d'urgence. Kit antipollution. Rétentions pouvant contenir les fuites.		
Description	De nombreux détecteurs de niveau de lubrifiant permettent de détecter les éventuelles fuites et d'arrêter l'éolienne en cas d'urgence. Les opérations de remplacement des bacs de graisse vides font l'objet de procédures spécifiques. Dans tous les cas, le transfert des huiles s'effectue de manière sécurisée et encadrée par les procédures de maintenance. La propreté des rétentions est vérifiée lors de chaque inspection de la nacelle.		
Indépendance	Oui.		
Temps de réponse	Instantané		
Efficacité	100%		
Tests	/		
Maintenance	Inspection des niveaux d'huile et de l'état des rétentions plusieurs fois par an.		

Fonction de sécurité	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)	N° 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		
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 moyeu, les fondations et la tour répondent au standard IEC 61 400-1. Les pales respectent le standard IEC 61 400-1 ; 12 ; 23. Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223.		
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 Yaw Gear (moteur d'orientation de la nacelle), boulons de fixation de la nacelle...) sont vérifiés au bout de 3 mois de fonctionnement puis tous les 3 ans, conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011.		

Fonction de sécurité	Prévenir les erreurs de maintenance	N° de la fonction de sécurité	10
Mesures de sécurité	Procédure maintenance		
Description	Préconisations du manuel de maintenance. Formation du personnel de manière à prévoir les erreurs de maintenance.		
Indépendance	Oui.		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100%		
Tests	Opérations de maintenance divisées en quatre types : <ul style="list-style-type: none"> • Inspection visuelle : une fois par an • Graissage d'entretien : une fois par an • Maintenance électrique : une fois par an • Maintenance mécanique : une fois par an Chaque opération de maintenance dispose de procédures spécifiques.		
Maintenance	NA		

Fonction de sécurité	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	N° de la fonction de sécurité	11
Mesures de sécurité	Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents. Détection et prévention des vents forts et tempêtes. Arrêt automatique et diminution de la prise au vent de l'éolienne (mise en drapeau progressive des pales) par le système de conduite.		
Description	Procédure « site vérification » : une étude de vent est menée sur un an afin de vérifier l'adéquation effective des machines. En cas de doute sur l'adéquation des aérogénérateurs, le site est modélisé et une étude de charge est effectuée. L'éolienne est mise à l'arrêt progressivement si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale pour laquelle elle a été conçue.		
Indépendance	Ces systèmes s'appuient sur des fonctions et des appareils propres à l'exploitation du parc. Ces données sont cependant analysées par l'automate de sécurité embarqué sur chaque éolienne, dont le rôle est dédié à la sécurité de l'installation.		
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	Un test d'arrêt de survitesse est réalisé avant la mise en service de l'éolienne		
Maintenance	La procédure de maintenance inclut les tests d'arrêt de survitesse.		

Fonction de sécurité	Prévenir la dégradation de l'état des équipements	N° de la fonction de sécurité	12
Mesures de sécurité	Inspection		
Description	Toutes les pièces de l'éoliennes sont protégées contre la corrosion et les autres influences néfastes de l'environnement au moyen d'un revêtement spécial à plusieurs couches. Le système de revêtement satisfait aux exigences de la norme 12944.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100%		
Tests	/		
Maintenance	Des contrôles visuels sont prévus lors de toutes les maintenances préventives, suivant les préconisations du manuel de maintenance.		

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

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

7.7 - CONCLUSION DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

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

Tableau 32 : Scénarios exclus

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. Par exemple, dans le cas d'un incendie de nacelle située à 50 mètres de hauteur, la valeur seuil de 3 kW/m ² n'est pas atteinte. Dans le cas d'un incendie au niveau du mât les effets sont également mineurs et l'arrêté du 26 août 2011 encadre déjà largement la sécurité des installations. Ces effets ne sont donc pas étudiés dans l'étude détaillée des risques. 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 ou du transformateur	En cas d'incendie de ces éléments, les effets ressentis à l'extérieur des bâtiments (poste de livraison) seront mineurs ou inexistant du fait notamment de la structure en béton. De plus, la réglementation encadre déjà largement la sécurité de ces installations (l'arrêté du 26 août 2011 [9] et impose le respect des normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200)
Chute et projection de glace dans les cas particuliers où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0°C	Lorsqu'un aérogénérateur est implanté sur un site où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0°C, il peut être considéré que le risque de chute ou de projection de glace est nul. Des éléments de preuves doivent être apportés pour identifier les implantations où de telles conditions climatiques sont applicables.
Infiltration d'huile dans le sol	En cas d'infiltration d'huiles dans le sol, les volumes de substances libérées dans le sol restent mineurs. Ce scénario peut ne pas être détaillé dans le chapitre de l'étude détaillée des risques sauf en cas d'implantation dans un périmètre de protection rapprochée d'une nappe phréatique.

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

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

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

8 - ETUDE DETAILLEE DES RISQUES

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

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

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

8.1.1 - 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.

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

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

8.1.2 - 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 – indice [13] en Annexe 1).

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

Or, les seuils d'effets proposés dans l'arrêté du 29 septembre 2005 (cf. indice [13] en Annexe 1) caractérisent des phénomènes dangereux dont l'intensité s'exerce dans toutes les directions autour de l'origine du phénomène, pour des effets de surpression, toxiques ou thermiques). Ces seuils ne sont donc pas adaptés aux accidents générés par les aérogénérateurs.

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

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

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

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

Tableau 33 : Degré d'exposition

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.

8.1.3 - GRAVITE

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

L'échelle de gravité des conséquences sur l'homme définie dans l'arrêté PCIG du 29 septembre 2005 est la suivante :

Tableau 34 : Echelle de gravité des conséquences sur l'homme

Niveau de 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
H5. Désastreux	Plus de 10 personnes exposées	Plus de 100 personnes exposées	Plus de 1 000 personnes exposées
H4. Catastrophique	Moins de 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées	Entre 100 et 1 000 personnes exposées
H3. Important	Au plus 1 personne exposée	Entre 1 et 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées
H2. Sérieux	Aucune personne exposée	Au plus 1 personne exposée	Moins de 10 personnes exposées
H1. Modéré	Pas de zone de létalité hors établissement		Présence humaine exposée à des effets irréversibles inférieure à « une personne »

8.1.4 - PROBABILITE

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

Tableau 35 : Echelle de gravité des conséquences sur l'environnement

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

8.1.5 - ACCEPTABILITE

Pour chacun des phénomènes dangereux étudiés, l'acceptabilité des accidents potentiels est déterminée en croisant la gravité des conséquences avec la classe de probabilité selon la matrice de criticité ci-dessous, adaptée de la circulaire du 29 septembre 2005 reprise dans la circulaire du 10 mai 2010 :

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

Légende de la matrice :

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

8.2 - CARACTERISATION DES SCENARIOS RETENUS

8.2.1 - EFFONDREMENT DE L'ÉOLIENNE

8.2.1.1 - 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 dans le cas de la Ferme éolienne de Gurunhuel :

- **150 m pour E1**
- **176 m pour E2**

Cette méthodologie se rapproche de celles utilisées dans la bibliographie (cf. références [5] et [6] en Annexe 1). Les risques d'atteinte d'une personne ou d'un bien en dehors de cette zone d'effet sont négligeables et ils n'ont jamais été relevés dans l'accidentologie ou la littérature spécialisée.

8.2.1.2 - Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène d'effondrement de l'éolienne type Senvion 3.4M114 dans le cas de la Ferme éolienne de Gurunhuel, avec :

	E1	E2
R	55,8	55,8
H	86,5	106,2
D	114	114
L	4,3	4,3
LB	4,01	4,01

- R : la longueur de pale (m)
- H : la hauteur du mât (m)
- D : le diamètre du rotor
- L : la largeur du mât à la base (m)
- LB : la largeur de la base de la pale (m)
- d : le degré d'exposition
- Z_i : la zone d'impact
- Z_e : la zone d'effet

NB : Notons ici que le guide technique d'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens (Mai 2012) entretient une légère imprécision entre la définition donnée de la Zone d'effet du phénomène (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) et la formule mathématique décrite ci-après $Z_E = \pi \times (H+R)^2$.

En effet, la hauteur totale d'une éolienne n'est pas exactement égale à la somme de la hauteur du mât et de la longueur d'une pale telles que définies dans le tableau ci-dessus.

Ainsi, pour les calculs numériques suivants, il a été décidé d'afficher les formules mathématiques telles que définies dans le guide technique, mais d'utiliser les valeurs de distance d'effet propres au projet en cohérence avec les valeurs définies au paragraphe 8.2.1.1 - Zone d'effet.

Il est important de noter que selon la méthode de calcul, les résultats de gravité et d'acceptabilité restent identiques.

Tableau 36 : Intensité du phénomène « Effondrement de l'éolienne » - Eolienne Senvion 3.4M114

Effondrement de l'éolienne – Eolienne Senvion 3.4M114 (dans un rayon ≤ à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)				
Eolienne	Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
	$Z_i = H \times L + 3 \times R \times LB/2$	$Z_e = \pi \times (H+R)^2$	$d = Z_i / Z_e$	
E1	= 86,5 x 4,3 + 3 x 55,8 x 4,01/2 La zone d'impact est de 708 m ²	= $\pi \times (150)^2$ La zone d'effet est de 70 686 m ²	=1,002 % (1% < X < 5%)	Exposition forte
E2	= 106,2 x 4,3 + 3 x 55,8 x 4,01/2 La zone d'impact est de 792 m ²	= $\pi \times (176)^2$ La zone d'effet est de 97 314 m ²	=0,814 % (< 1%)	Exposition modérée

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

Pour l'éolienne E1, l'exposition est forte, la zone d'effet est de 7,07 ha.

Pour l'éolienne E2, l'exposition est modérée, la zone d'effet est de 9,73 ha.

8.2.1.3 - Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 8.1.3 -, page 62), 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 l'éolienne E1 :

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

Pour l'éolienne E2 :

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

Le tableau suivant indique le type d'occupation des sols et le nombre d'équivalent personnes permanentes dans la zone d'effet du phénomène « Effondrement de l'éolienne » :

Tableau 37 : Calcul du nombre d'équivalent personnes permanentes dans la zone d'effet « Effondrement de l'éolienne »

Eolienne	Occupation du sol	Surface de la zone d'effet	Calcul du nombre d'équivalent personnes permanentes*
E1	Zone agricole + boisement + chemin d'exploitation	7,07 ha	$7,07 \times 1/10 = 0,707$
E2	Zone agricole + boisement + chemin d'exploitation	9,73 ha	$9,73 \times 1/10 = 0,973$

* La méthode de comptage des enjeux humains dans chaque secteur est présentée en Annexe 3. Elle se base sur la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers.

Rappel de la méthode de comptage des enjeux humains :

- ⇒ zone agricole ou boisement (terrains non aménagés et très peu fréquentés) : 1 personne par tranche de 100 ha ;
- ⇒ chemin d'exploitation (terrains aménagés mais peu fréquentés) : 1 personne par tranche de 10 hectares.

Dans le calcul, il est considéré 1 personne par tranche de 10 hectares pour l'ensemble de la zone d'effet c'est-à-dire qu'il est compté 1/10 au lieu de 1/100 pour les zones agricoles et les boisements, ainsi le nombre d'équivalent personnes permanentes est surestimé.

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 :

Tableau 38 : Gravité du phénomène « Effondrement de l'éolienne »

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon ≤ à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)*	Gravité
E1	0,707	Sérieux
E2	0,973	Modéré

L'intensité du phénomène « effondrement de l'éolienne » est dépendante de la hauteur du mât, qui est différente pour les deux éoliennes (H=86,5m pour E1 et H=106,2 pour E2). L'intensité est ainsi « forte » pour E1 et « modérée » pour E2. Les classes de gravité appliquées sont donc différentes pour les deux éoliennes. **La gravité du phénomène « Effondrement de l'éolienne » est ainsi qualifiée de « Sérieux » pour l'éolienne E1 et de « Modéré » pour l'éolienne E2.**

8.2.1.4 - Probabilité

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

Tableau 39 : Probabilité du phénomène « Effondrement de l'éolienne »

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

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

Le retour d'expérience français montre également une classe de probabilité « C ». En effet, il a été recensé seulement 7 événements pour 15 667 années d'expérience⁴, 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 :

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

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

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

⁴ Une année d'expérience correspond à une éolienne observée pendant une année. Ainsi, si on a observé une éolienne pendant 5 ans et une autre pendant 7 ans, on aura au total 12 années d'expérience.

8.2.1.5 - Acceptabilité

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Tableau 40 : Acceptabilité du phénomène « Effondrement de l'éolienne »

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon \leq à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Sérieux	Acceptable
E2	Modéré	Acceptable

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

8.2.2 - CHUTE DE GLACE

8.2.2.1 - Considérations générales

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

Selon l'étude WECO (cf. référence [15] en Annexe 1), une grande partie du territoire français (hors zones de montagne) est concernée par moins d'un jour de formation de glace par an. Certains secteurs du territoire comme les zones côtières affichent des moyennes variant entre 2 et 7 jours de formation de glace par an.

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.

8.2.2.2 - 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 la Ferme éolienne de Gurunhuel, la **zone d'effet est donc un disque de rayon de 57 m** autour des éoliennes.

Cependant, il convient de noter que, lorsque l'éolienne est à l'arrêt, les pales n'occupent qu'une faible partie de cette zone.

8.2.2.3 - Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute de glace pour l'éolienne type Senvion 3.4M114 dans le cas de la Ferme éolienne de Gurunhuel, avec :

- d : le degré d'exposition
- Z_I : la zone d'impact
- Z_E : la zone d'effet
- R : la longueur de pale (R= 55,8 m)
- SG : la surface du morceau de glace majorant (SG= 1 m²)
- D : le diamètre du rotor (D= 114 m)

Tableau 41 : Intensité du phénomène « Chute de glace » - Eolienne Servion 3.4M114

Chute de glace – Servion 3.4M114 (dans un rayon inférieur ou égal à la zone de survol des pales)			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
Z _i = SG Z _i = 1 m ²	Z _E = π × (R) ² Z _E = 10 207 m ²	d = Z _i /Z _E d = 0,010 % (< 1 %)	Exposition modérée

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

Pour les éoliennes, la zone d'impact est de 1 m² et la zone d'effet du phénomène étudié est de 1,02 ha.

8.2.2.4 - Gravité

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

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

Le tableau suivant indique le type d'occupation des sols et le nombre d'équivalent personnes permanentes dans la zone d'effet du phénomène « Chute de glace » :

Tableau 42 : Calcul du nombre d'équivalent personnes permanentes dans la zone d'effet « Chute de glace »

Eolienne	Occupation du sol	Surface de la zone d'effet	Calcul du nombre d'équivalent personnes permanentes*
E1	Zone agricole + chemin d'exploitation	1,02 ha	1,02 × 1/10 = 0,102
E2	Zone agricole + boisement + chemin d'exploitation	1,02 ha	1,02 × 1/10 = 0,102

* La méthode de comptage des enjeux humains dans chaque secteur est présentée en Annexe 3. Elle se base sur le fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers.

Rappel de la méthode de comptage des enjeux humains :

- ⇒ zone agricole ou boisement (terrains non aménagés et très peu fréquentés) : 1 personne par tranche de 100 hectares ;
- ⇒ chemin d'exploitation (terrains aménagés mais peu fréquentés) : 1 personne par tranche de 10 hectares.

Dans le calcul, il est considéré 1 personne par tranche de 10 hectares pour l'ensemble de la zone d'effet c'est-à-dire qu'il est compté 1/10 au lieu de 1/100 pour les zones agricoles et les boisements, ainsi le nombre d'équivalent personnes permanentes est surestimé.

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 :

Tableau 43 : Gravité du phénomène « Chute de glace »

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à la zone de survol des pales)		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	0,102	Modéré
E2	0,102	Modéré

L'intensité du phénomène « chute de glace » est dépendante de la longueur de pale, qui est la même pour les deux éoliennes. L'intensité est ainsi « modérée » pour les deux éoliennes, de même que la gravité du phénomène « Chute de glace ».

8.2.2.5 - Probabilité

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

8.2.2.6 - Acceptabilité

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur de la Ferme éolienne de Gurunhuel, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Tableau 44 : Acceptabilité du phénomène « Chute de glace »

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à la zone de survol des pales)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Modéré	Acceptable
E2	Modéré	Acceptable

Ainsi, 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.

8.2.3 - CHUTE D'ÉLÉMENTS DES ÉOLIENNES

8.2.3.1 - Zone d'effet

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

Le risque de chute d'éléments est cantonné à la zone de survol des pales, c'est-à-dire une **zone d'effet correspondant à un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor soit 57 m** pour l'éolienne Servion 3.4M114.

8.2.3.2 - Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne type Servion 3.4M114 dans le cas de la Ferme éolienne de Gurunhuel, avec :

- d : le degré d'exposition
- Z_i : la zone d'impact
- Z_E : la zone d'effet
- R : la longueur de pale (R= 55,8 m)
- LB : la largeur de la base de la pale (LB= 4,01 m)
- D : le diamètre du rotor (D= 114 m)

Tableau 45 : Intensité du phénomène « Chute d'éléments de l'éolienne » - Eolienne Servion 3.4M114

Chute d'éléments de l'éolienne – Servion 3.4M114 (dans un rayon inférieur ou égal à la zone de survol des pales)			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_i = R \cdot LB / 2$ $Z_i = 111,9 \text{ m}^2$	$Z_E = \pi \times (R)^2$ $Z_E = 10\,207 \text{ m}^2$	$d = Z_i / Z_E$ $d = 1,096 \%$ (1% < X < 5%)	Exposition forte

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

La zone d'effet du phénomène étudié est de **1,02 ha**.

8.2.3.3 - Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 8.1.3 -, page 62), 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 (le phénomène de chute d'éléments engendrant une zone d'exposition modérée) :

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

Le tableau suivant indique le type d'occupation des sols et le nombre d'équivalent personnes permanentes dans la zone d'effet du phénomène « Chute d'éléments de l'éolienne » :

Tableau 46 : Calcul du nombre d'équivalent personnes permanentes dans la zone d'effet « Chute d'éléments de l'éolienne »

Eolienne	Occupation du sol	Surface de la zone d'effet	Calcul du nombre d'équivalent personnes permanentes*
E1	Zone agricole + chemin d'exploitation	1,02 ha	$1,02 \times 1/10 = 0,102$
E2	Zone agricole + boisement + chemin d'exploitation	1,02 ha	$1,02 \times 1/10 = 0,102$

* La méthode de comptage des enjeux humains dans chaque secteur est présentée en Annexe 3.

Elle se base sur le fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers.

Rappel de la méthode de comptage des enjeux humains :

- ⇒ zone agricole ou boisement (terrains non aménagés et très peu fréquentés) : 1 personne par tranche de 100 ha ;
- ⇒ chemin d'exploitation (terrains aménagés mais peu fréquentés) : 1 personne par tranche de 10 hectares.

Dans le calcul, il est considéré 1 personne par tranche de 10 hectares pour l'ensemble de la zone d'effet c'est-à-dire qu'il est compté 1/10 au lieu de 1/100 pour les zones agricoles et les boisements, ainsi le nombre d'équivalent personnes permanentes est surestimé.

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

Tableau 47 : Gravité du phénomène « Chute d'éléments de l'éolienne »

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la zone de survol des pales)		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	0,102	Sérieux
E2	0,102	Sérieux

La gravité du phénomène « Chute d'éléments de l'éolienne » est qualifiée de « Sérieux ».

8.2.3.4 - Probabilité

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

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

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

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

8.2.3.5 - Acceptabilité

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur de la Ferme éolienne de Gurunhuel, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Tableau 48 : Acceptabilité du phénomène « Chute d'éléments de l'éolienne »

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la zone de survol des pales)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Sérieux	Acceptable
E2	Sérieux	Acceptable

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

8.2.4 - PROJECTION DE PALES OU DE FRAGMENTS DE PALES

8.2.4.1 - 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 fragments de pale est de 380 m 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 (cf. référence [3] en Annexe 1.

Pour autant, des études de risques déjà réalisées dans le monde ont utilisé une distance de 500 m, en particulier les études références [5] et [6] en Annexe 1.

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

8.2.4.2 - Intensité

Pour le phénomène de projection de pale ou de fragments 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 fragments de pale de l'éolienne Senvion 3.4M114 dans le cas de la Ferme éolienne de Gurunhuel avec :

- d : est le degré d'exposition
- Z_i : la zone d'impact
- Z_E : la zone d'effet
- R : la longueur de pale (R = 55,8 m)
- LB : la largeur de la base de la pale (LB = 4,01 m)

Tableau 49 : Intensité du phénomène « Projection de pale ou de fragments de pale » - Eolienne Senvion 3.4M114

Projection de pale ou de fragments de pale – SENVION 3.4M114 (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
$Z_i = R \times LB / 2$ $Z_i = 111,9 \text{ m}^2$	$Z_E = \pi \times 500^2$ $Z_E = 785 \text{ 398 m}^2$	$d = Z_i / Z_E$ $d = 1,4 \cdot 10^{-2} \%$ (< 1 %)	Exposition modérée

La zone d'effet du phénomène étudié est de **785 398 m^2 soit 78,54 ha.**

8.2.4.3 - Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues du paragraphe 8.1.3 -, page 62, il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de projection, dans la zone de 500 m autour de l'éolienne :

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

Le tableau suivant indique le type d'occupation des sols et le nombre d'équivalent personnes permanentes dans la zone d'effet du phénomène « Projection de pale ou de fragments de pale » :

Tableau 50 : Calcul du nombre d'équivalent personnes permanentes dans la zone d'effet « Projection de pale ou de fragments de pale »

Eolienne	Occupation du sol	Surface de la zone d'effet	Calcul du nombre d'équivalent personnes permanentes*
E1	Zone agricole + boisement + chemin d'exploitation + route communale + route départementale D 20	78,54 ha	$78,54 \times 1/10 + 10 = 17,854$
	Bâtiment agricole situé à 460 m	78,54 ha	
E2	Zone agricole + boisement + chemin d'exploitation + route communale + route départementale D 20	78,54 ha	$78,54 \times 1/10 + 10 = 17,854$
	2 Bâtiments agricoles (et une partie d'un autre bâtiment) dont le plus proche est situé à 430 m	78,54 ha	

* La méthode de comptage des enjeux humains dans chaque secteur est présentée en Annexe 3.

Elle se base sur le fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers.

Rappel de la méthode de comptage des enjeux humains :

- ⇒ zone agricole ou boisement (terrains non aménagés et très peu fréquentés) : 1 personne par tranche de 100 ha ;
- ⇒ chemin d'exploitation (terrains aménagés mais peu fréquentés) : 1 personne par tranche de 10 hectares ;
- ⇒ bâtiment dont le nombre d'ETP est inférieur à 10 personnes, avec une hypothèse majorante : l'équivalent personnes permanentes est de 10 ;
- ⇒ routes communales et départementale D 20 (voie de circulation non structurante < 2 000 véhicules/jour) : 1 personne par tranche de 10 hectares.

Dans le calcul, il est considéré 1 personne par tranche de 10 hectares pour l'ensemble de la zone d'effet c'est-à-dire qu'il est compté 1/10 au lieu de 1/100 pour les zones agricoles et les boisements, ainsi le nombre d'équivalent personnes permanentes est surestimé.

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 :

Tableau 51 : Gravité du phénomène « Projection de pale ou de fragments de pale »

Projection de pale ou de fragments de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	17,854	Important
E2	17,854	Important

La gravité du phénomène « Projection de pale ou de fragments de pale » est qualifiée de « Sérieux ».

8.2.4.4 - Probabilité

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

Tableau 52 : Probabilité du phénomène « Projection de pale ou de fragments de pale »

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

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

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

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

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

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

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

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

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

8.2.4.5 - Acceptabilité

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc éolien de Gurunhuel, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Tableau 53 : Acceptabilité du phénomène « Projection de pale ou de fragments de pale »

Projection de pale ou de fragments de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Important	Acceptable
E2	Important	Acceptable

Ainsi, le phénomène de projection de tout ou partie de pales des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

8.2.5 - PROJECTION DE GLACE

8.2.5.1 - Zone d'effet

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

En ce qui concerne la distance maximale atteinte par ce type de projectiles, il n'existe pas d'information dans l'accidentologie. La référence [15] en Annexe 1 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 :

$$\begin{aligned} \text{Distance d'effet} &= 1,5 \times (\text{hauteur de moyeu} + \text{diamètre de rotor}) \\ &= 1,5 \times (93+114) & \text{Soit : } & \mathbf{310,5 \text{ m pour l'éolienne E1}} \\ &= 1,5 \times (119+114) & \text{Soit : } & \mathbf{349,5 \text{ m pour l'éolienne E2}} \end{aligned}$$

Cette distance de projection est jugée conservatrice dans des études postérieures (cf. référence [17] en Annexe 1). A défaut de données fiables, il est proposé de considérer cette formule pour le calcul de la distance d'effet pour les projections de glace.

8.2.5.2 - Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de glace dans le cas de la Ferme éolienne de Gurunhuel :

- d : le degré d'exposition
- Z_i : la zone d'impact
- Z_E : la zone d'effet
- R : la longueur de pale (R = 55,8 m)
- H_{moyeu} : la hauteur au moyeu (H = 93 m pour E1 et H = 119 m pour E2)
- SG : la surface majorante d'un morceau de glace
- D : le diamètre du rotor (D= 114 m)

Tableau 54 : Intensité du phénomène « Projection de morceaux de glace » - Eolienne Senvion 3.4M114

Projection de morceaux de glace – SENVION 3.4M114 (dans un rayon de R _{PG} = 1,5 x (hauteur de moyeu + diamètre de rotor) autour de l'éolienne)				
Eoliennes	Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
	Z _i = SG	Z _E = π x (1,5*(H _{moyeu} +2XR)) ²	d = Z _i / Z _E	
E1	Z _i = 1 m ²	Z _E = π x (310,5) ² Z _E = 302 882 m ²	d = 3,3.10 ⁻⁴ % (< 1 %)	Exposition modérée
E2	Z _i = 1 m ²	Z _E = π x (349,5) ² Z _E = 383 746 m ²	d = 2,6.10 ⁻⁴ % (< 1 %)	Exposition modérée

La zone d'effet du phénomène étudié est de **30,29 ha pour l'éolienne E1** et **38,37 ha pour l'éolienne E2**.

8.2.5.3 - Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues du paragraphe 8.1.3 -, page 62, il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de projection de glace, dans la zone d'effet de ce phénomène :

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

Il a été observé dans la littérature disponible (cf. référence [17] en Annexe 1) qu'en cas de projection, les morceaux de glace se cassent en petits fragments dès qu'ils se détachent de la pale. La possibilité de l'impact de glace sur des personnes abritées par un bâtiment ou un véhicule est donc négligeable et ces personnes ne doivent pas être comptabilisées pour le calcul de la gravité.

Le tableau suivant indique le type d'occupation des sols et le nombre d'équivalent personnes permanentes dans la zone d'effet du phénomène « Projection de glace » :

Tableau 55 : Calcul du nombre d'équivalent personnes permanentes dans la zone d'effet « Projection de glace »

Eolienne	Occupation du sol	Surface de la zone d'effet	Calcul du nombre d'équivalent personnes permanentes*
E1	Zone agricole + boisement + chemin d'exploitation + route départementale D 20	30,29 ha	$30,29 \times 1/10 = 3,029$
E2	Zone agricole + boisement + chemin d'exploitation + route communale + route départementale D 20	38,37 ha	$38,37 \times 1/10 = 3,837$

* La méthode de comptage des enjeux humains dans chaque secteur est présentée en Annexe 3.

Elle se base sur le fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers.

Rappel de la méthode de comptage des enjeux humains :

- zone agricole et boisement (terrains non aménagés et très peu fréquentés) : 1 personne par tranche de 100 ha ;
- chemin d'exploitation (terrains aménagés mais peu fréquentés) : 1 personne par tranche de 10 hectares ;
- RD 20 et route communale (voie de circulation non structurante < 2 000 véhicules/jour) : 1 personne par tranche de 10 hectares.

Dans le calcul, il est considéré 1 personne par tranche de 10 hectares pour l'ensemble de la zone d'effet c'est-à-dire qu'il est compté 1/10 au lieu de 1/100 pour les zones agricoles et les boisements, ainsi le nombre d'équivalent personnes permanentes est surestimé.

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 :

Tableau 56 : Gravité du phénomène « Projections de morceaux de glace »

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de $R_{PG} = 1,5 \times$ (hauteur de moyeu + diamètre de rotor) autour de l'éolienne)		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	3,029	Sérieux
E2	3,837	Sérieux

La gravité du phénomène « Projection de morceaux de glace » est qualifiée de « Sérieux ».

8.2.5.4 - Probabilité

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

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

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

8.2.5.5 - Acceptabilité

Pour une probabilité forfaitaire « B – événement probable », le risque de projection pour chaque aérogénérateur est évalué comme acceptable dans le cas d'un niveau de gravité « sérieux ».

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Tableau 57 : Acceptabilité du phénomène « Projection de morceaux de glace »

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

Ainsi, pour la Ferme éolienne de Gurunhuel, le phénomène de projection de glace constitue un risque acceptable pour les personnes.

L'éolienne retenue sera équipée d'un dispositif permettant de détecter ou déduire la présence de givre sur les pales et d'arrêter la machine ou d'éviter sa mise en fonctionnement après une période d'arrêt. Des panneaux type "Attention, chute de glace" seront mis en place sur le chemin d'accès pour prévenir du danger.

8.3 - SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE DÉTAILLÉE DES RISQUES

8.3.1 - TABLEAUX DE SYNTHÈSE DES SCÉNARIOS ÉTUDIÉS

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

Tableau 58 : Synthèse des scénarios étudiés

Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité	Acceptabilité
Effondrement de l'éolienne	Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale	Rapide	E1 : exposition forte	D (pour des éoliennes récentes)	E1 : sérieux	Acceptable
			E2 : exposition modérée		E2 : modéré	
Chute de glace	Zone de survol	Rapide	Exposition modérée	A sauf si les températures hivernales sont supérieures à 0°C	Modéré pour toutes les éoliennes	Acceptable
Chute d'élément de l'éolienne	Zone de survol	Rapide	Exposition forte	C	Sérieux pour toutes les éoliennes	Acceptable
Projection de pales ou fragments de pales	500 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	D (pour des éoliennes récentes)	Important pour toutes les éoliennes	Acceptable
Projection de glace	1,5 x (hauteur de moyeu + diamètre de rotor) autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	B sauf si les températures hivernales sont supérieures à 0°C	Sérieux pour toutes les éoliennes	Acceptable

8.3.2 - SYNTHÈSE DE L'ACCEPTABILITÉ DES RISQUES

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

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

GRAVITÉ des Conséquences	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux	Jaune	Rouge	Rouge	Rouge	Rouge
Catastrophique	Jaune	Jaune	Rouge	Rouge	Rouge
Important	Jaune	PrP (E1 et E2)	Jaune	Rouge	Rouge
Sérieux	Verte	Eff (E1)	ChE (E1 et E2)	PrG (E1 et E2)	Rouge
Modéré	Verte	Eff (E2)	Verte	Verte	ChG (E1 et E2)

Légende de la matrice :

Niveau de risque	Couleur	Acceptabilité
Risque très faible	Verte	acceptable
Risque faible	Jaune	acceptable
Risque important	Rouge	non acceptable

Eff : Effondrement de l'éolienne
ChG : Chute de glace
ChE : Chute d'éléments de l'éolienne
PrP : Projection de pale ou fragments de pale
PrG : Projection de glace

Au regard de la matrice ainsi complétée, aucun accident n'apparaît dans les cases rouges. Tous les accidents figurent en case verte ou jaune, c'est-à-dire que le risque d'accidents présente un niveau acceptable.

Pour les scénarios de l'« Effondrement de l'éolienne », pour l'ensemble des éoliennes, le risque est très faible. Pour les autres scénarios, le risque apparaît en jaune dans la matrice de criticité : le risque est faible.

Ces scénarios d'accident doivent faire l'objet d'une démarche d'amélioration continue en vue d'atteindre, dans des conditions économiquement acceptables, un niveau de risque aussi bas que possible.

Ainsi, l'éolienne retenue sera équipée d'un dispositif permettant de détecter ou déduire la présence de givre sur les pales et d'arrêter la machine ou d'éviter sa mise en fonctionnement après une période d'arrêt.

Des panneaux type « Attention, chute de glace » seront mis en place sur le chemin d'accès pour prévenir du danger.

La carte de synthèse ci-après présente les zones d'effets les plus importants pour les cinq phénomènes étudiés (Effondrement de l'éolienne, Chute de glace, Chute d'éléments de l'éolienne, Projection de pale ou fragments de pale, Projection de glace).

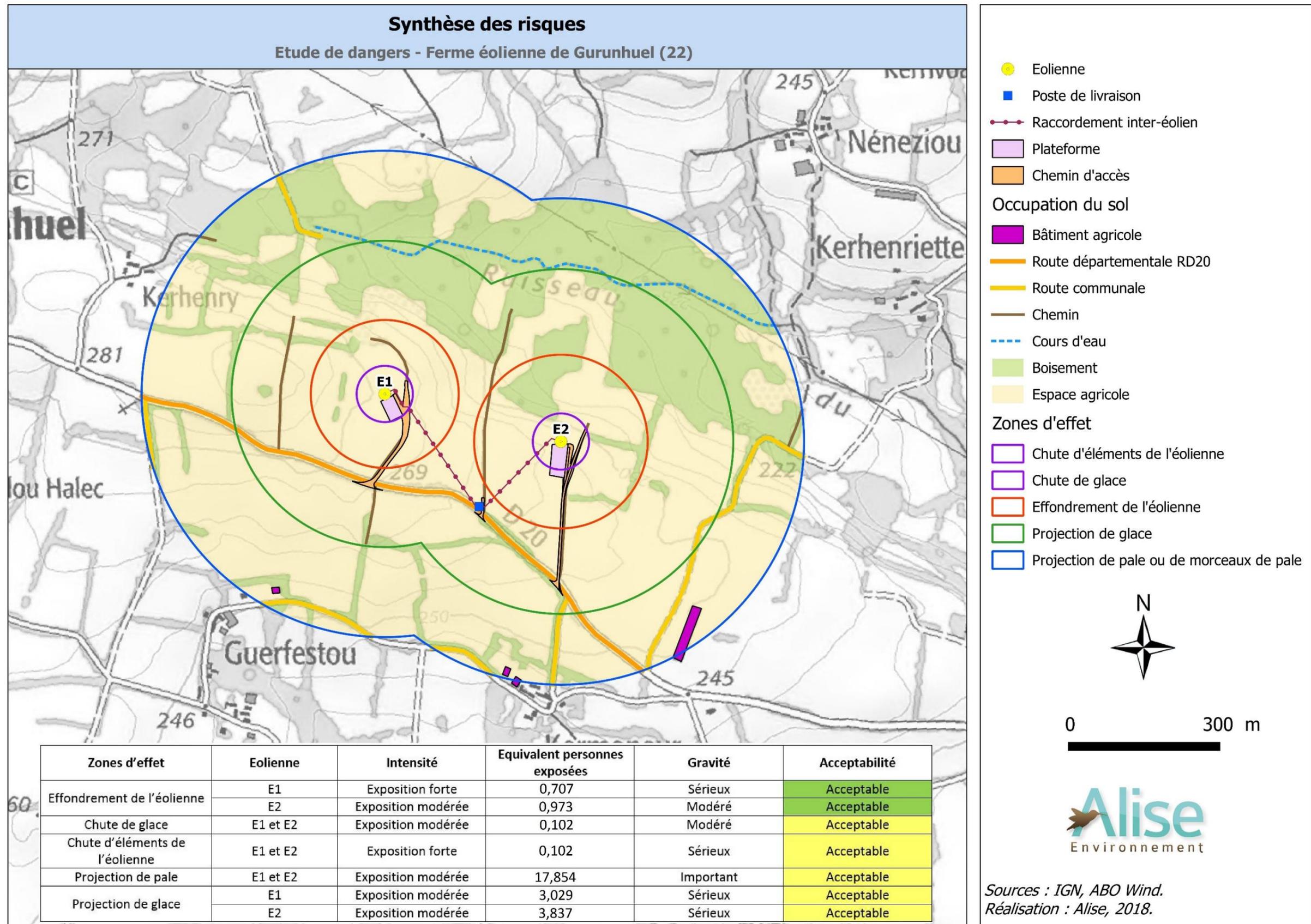


Figure 30 : Carte de synthèse

9 - MOYENS D'INTERVENTIONS ET DE LIMITATION DES CONSEQUENCES DES DANGERS

9.1 - MOYENS INTERNES

9.1.1 - ORGANISATION EN CAS DE DYSFONCTIONNEMENT

La surveillance du bon fonctionnement de l'installation est assurée par l'intermédiaire du système de contrôle avec transmission à distance des informations. Les informations issues des capteurs peuvent conduire à une alarme sur les écrans de surveillance mais également, dans certains cas, à la mise à l'arrêt de la turbine. Les unités de surveillance sont opérationnelles 24h/24.

Les personnels de maintenance sont informés par téléphone des anomalies de la machine et peuvent ainsi intervenir afin d'assurer les réparations et remettre celle-ci en service.

Dès que le dysfonctionnement détecté est susceptible d'avoir des conséquences sur la sécurité (mise en arrêt, déclenchement de la détection incendie,...), l'information est immédiate afin que l'intervention se fasse le plus rapidement possible (les équipes sont réparties sur le territoire de telle sorte que le délai d'intervention ne dépasse pas deux heures).

Les détecteurs incendie sont placés au voisinage des principaux composants électriques (transformateur, convertisseur, génératrice) et permettent, en cas de détection :

- ⇒ d'arrêter l'éolienne,
- ⇒ d'émettre une alarme sonore afin d'informer les éventuelles équipes de maintenance en cours d'intervention dans l'éolienne,
- ⇒ d'émettre une alarme informant immédiatement de la survenance de l'incendie, ce qui peut lui permettre d'informer les services de secours.

En cas de déclenchement de la détection d'incendie, le responsable régional est informé (hors heures ouvrables, il est informé sur son téléphone mobile) afin de se rendre sur place et de coordonner l'action des équipes d'intervention.

La détection des accidents peut également être faite par des personnels externes (détection visuelle d'un incendie ou de la chute d'une partie de pale par des personnes du public par exemple), le constructeur de l'éolienne (Senvion dans le cas présent) en est informé par l'intermédiaire le plus souvent du propriétaire du parc. En complément d'une équipe de techniciens en charge d'assurer les interventions, la société dépêche sur site une équipe technique chargée d'analyser les causes de l'accident et éventuellement en première urgence d'assister les secours externes.

Les enseignements retirés des anomalies ou des accidents constatés sont pris en compte pour éviter le renouvellement de ces dysfonctionnements.

9.1.2 - MOYENS MATERIELS

L'accident principal nécessitant une action rapide et immédiate est avant tout l'incendie en nacelle ou en pied de mât.

Vis-à-vis de ce risque, l'installation est équipée de détecteurs d'incendie, de type détecteurs de fumée (un dans la tour et un dans la nacelle) qui, lors de leur déclenchement, conduisent à la mise en arrêt de la machine. Des détecteurs de température disposés dans la nacelle conduisent à des actions similaires.

L'éolienne est équipée d'extincteurs (1 dans la nacelle et 1 en pied de tour) qui peuvent être utilisés par les personnels d'intervention (cas d'un incendie se produisant en période de vent).

Le matériel incendie (type extincteurs) est contrôlé périodiquement par le fabricant du matériel ou un organisme extérieur agréé.

9.1.3 - MOYENS HUMAINS

Les moyens humains en cas d'accident sont constitués des personnels d'intervention (agents de maintenance) renforcés le cas échéant de personnels techniques chargés d'assister les secours externes lors de l'intervention et d'analyser les causes de la défaillance.

9.2 - MOYENS EXTERNES

En cas d'incendie sur le parc éolien, le personnel d'astreinte de l'unité de surveillance est en mesure de transmettre l'alerte au service de secours le plus proche, 24h sur 24, 7 jours sur 7.

Le temps de réponse pour l'enclenchement de l'alarme suite à la détection d'un incendie est < 1 minute. L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur.

Le temps d'intervention des services de secours est quant à lui dépendant de la zone géographique. En cas d'incendie, en 1^{er} appel, le Centre d'Incendie et de Secours intervenant est celui de Saint-Agathon à proximité de Guingamp qui se trouve à environ 13,5 km du site du projet par la route départementale D 220 et nationale N 12 ou la route départementale D 54. Ce centre de secours dispose des moyens d'assurer les missions d'incendie et de secours d'urgence aux personnes (notamment de fourgons pompe tonne, de véhicules échelle, de dévidoirs auto-mobile). Ils peuvent être renforcés en 2^{ème} appel par d'autres Centres d'Incendie et de Secours (Morlaix, Guerlesquin...).

En cas d'alerte, la *procédure d'intervention sur Installation Classée pour la Protection de l'Environnement* serait lancée.

Les coordonnées des services de secours les plus proches sont indiquées dans le tableau suivant :

Tableau 59 : Coordonnées des services de sécurités et de secours publics ou privés

SERVICE	ADRESSE	TELEPHONE
Gendarmerie Nationale	17 rue des Menhirs 22 390 BOURBRIAC	17 02 96 43 40 18
Pompiers	Centre de secours Traou Maudez 22 200 SAINT-AGATHON	18 02 96 13 56 70
Ambulances	Ambulances Prunaux Marc 4 imp Cra Douar 22 810 BELLE-ISLE-EN-TERRE	02 96 43 00 44
Centre hospitalier	Centre hospitalier de Guingamp 17 – 19 r de l'Armor 548 22 205 GUINGAMP CEDEX	02 96 44 56 40
Médecin	Daraban Tudor – Lefebvre Patrick 1 pl marie Le Guilloux 22 540 LOUARGAT	02 96 43 60 60

10 - CONCLUSION

La présente étude de dangers a été réalisée dans le cadre du projet de Parc éolien situé sur la commune de Gurunhuel dans le département des Côtes d'Armor.

Elle a permis de mettre en évidence les dangers que peut présenter l'installation en cas d'accident d'origine externe (risques liés à l'environnement du site du projet) ou interne (dysfonctionnement des machines, problème technique,...).

Même s'ils ne peuvent être totalement écartés, les risques d'origine externe sont minimes car le site du projet ne présente pas de dangers particuliers. Il est en dehors des zones concernées par des risques naturels ou anthropiques majeurs.

Après avoir analysé les risques d'accidents susceptibles de survenir et leurs causes, l'étude de dangers a permis d'évaluer :

- l'intensité de ces accidents exprimée en fonction d'une distance par rapport à l'éolienne et les conséquences possibles dans l'environnement du site ;
- les niveaux de probabilité selon une échelle graduée de E (extrêmement rare) à A (courant).

Chaque phénomène dangereux présenté par le projet de parc éolien a été analysé en croisant son niveau de gravité avec sa probabilité. Il en résulte une représentation graphique qui présente trois parties (cf. figure ci-contre) :

- Zone en rouge : zone de risque important ⇔ accidents « inacceptables » susceptibles d'engendrer des dommages sévères à l'intérieur et hors des limites du site
- Zone en jaune : zone de risque faible. Les accidents situés dans cette zone doivent faire l'objet d'une démarche d'amélioration continue en vue 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 ⇔ zone ALARP (As Low As Reasonably Practicable)
- Zone en vert : zone de risque très faible ⇔ accidents qui ne nécessitent pas de mesures de réduction du risque supplémentaires

Le tableau suivant présente la matrice de criticité adaptée de la circulaire du 29 septembre 2005 reprise dans la circulaire du 10 mai 2010 mentionnée ci-dessus :

Tableau 60 : Hiérarchisation des phénomènes dangereux

GRAVITÉ des Conséquences	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important		PrP (E1 et E2)			
Sérieux		Eff (E1)	ChE (E1 et E2)	PrG (E1 et E2)	
Modéré		Eff (E2)			ChG (E1 et E2)

Légende de la matrice :

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

Eff : Effondrement de l'éolienne
ChG : Chute de glace
ChE : Chute d'élément de l'éolienne
PrP : Projection de pales ou fragments de pales
PrG : Projection de glace

Le tableau suivant présente le niveau d'acceptabilité des risques potentiels du projet de la Ferme éolienne de Gurunhuel :

Tableau 61 : Niveau d'acceptabilité des risques

Scénario	Acceptabilité	
	E1	E2
Effondrement de l'éolienne	Acceptable	
Chute de glace	Acceptable	
Chute d'élément de l'éolienne	Acceptable	
Projection de pales ou fragments de pales	Acceptable	
Projection de glace	Acceptable	

Au regard de la matrice présentée ci-dessus, aucun accident n'apparaît dans les cases rouges. Autrement-dit, tous les accidents figurent en case verte ou jaune et présentent donc un niveau acceptable.

Pour le scénario « Effondrement de l'éolienne », pour l'ensemble des éoliennes, le risque est très faible. Pour les autres scénarios, le risque apparaît en jaune dans la matrice de criticité : le risque est faible.

Ces scénarios d'accident doivent faire l'objet d'une démarche d'amélioration continue en vue d'atteindre, dans des conditions économiquement acceptables, un niveau de risque aussi bas que possible.

L'industrie éolienne a connu ces dernières années un fort développement qui a permis d'améliorer les technologies mises en œuvre pour tirer le meilleur parti de la puissance du vent. En parallèle, les constructeurs ont également travaillé sur les dispositifs permettant de limiter les dysfonctionnements des éoliennes et donc les périodes d'arrêt. Ces évolutions ont également concerné le renforcement de leur sécurité.

Les éoliennes qui seront installées sur le site du projet bénéficieront des dernières technologies permettant de prévenir les dysfonctionnements et de limiter les risques d'incident ou d'accident.

De plus, les fabricants d'éoliennes ont mis en place une procédure de suivi des incidents et accidents survenant sur leurs machines avec analyse des causes, ce qui permet une amélioration constante de la sécurité des parcs éoliens. L'analyse du retour d'expérience par les fabricants est à l'origine de la généralisation de procédure de sécurité et de nombreuses innovations permettant de réduire la probabilité d'accident ou de prévenir les dangers.

L'éolienne retenue sera équipée d'un dispositif permettant de détecter ou déduire la présence de givre sur les pales et d'arrêter la machine ou d'éviter sa mise en fonctionnement après une période d'arrêt (conformément à l'art. 25 de l'arrêté du 26 août 2011). Des panneaux type "Attention, chute de glace" seront mis en place sur le chemin d'accès pour prévenir du danger.

11 - ANNEXES A L'ETUDE DE DANGER

Annexes à l'étude de dangers :

- ⇒ Annexe 1 : Bibliographie et références utilisées
- ⇒ Annexe 2 : Glossaire
- ⇒ Annexe 3 : Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne
- ⇒ Annexe 4 : Tableau de l'accidentologie française
- ⇒ Annexe 5 : Scénarios génériques issus de l'analyse préliminaire des risques
- ⇒ Annexe 6 : Probabilité d'atteinte et risque individuel
- ⇒ Annexe 7 : Note de présentation - article 6-II du décret n° 2014-450 du 2 mai 2014
- ⇒ Annexe 8 : Accord de principe avec Senvion
- ⇒ Annexe 9 : Plan de l'installation

11.1 - ANNEXE 1 – BIBLIOGRAPHIE ET REFERENCES UTILISEES

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Attention aux confusions possibles :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

- **ICPE** : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
- **SER** : Syndicat des Energies Renouvelables
- **FEE** : France Energie Eolienne
- **INERIS** : Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques
- **EDD** : Etude de dangers
- **APR** : Analyse Préliminaire des Risques
- **ERP** : Etablissement Recevant du Public

11.3 - ANNEXE 3 – METHODE DE COMPTAGE DES PERSONNES POUR LA DETERMINATION DE LA GRAVITE POTENTIELLE D'UN ACCIDENT A PROXIMITE D'UNE EOLIENNE

La détermination du nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) présentes dans chacune des zones d'effet se base sur la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers. Cette fiche permet de compter aussi simplement que possible, selon des règles forfaitaires, le nombre de personnes exposées dans chacune des zones d'effet des phénomènes dangereux identifiés.

Dans le cadre de l'étude de dangers des parcs éoliens, cette méthode permet tout d'abord, au stade de la description de l'environnement de l'installation (partie III.4), de comptabiliser les enjeux humains présents dans les ensembles homogènes (terrains non bâtis, voies de circulation, zones habitées, ERP, zones industrielles, commerces...) situés dans l'aire d'étude de l'éolienne considérée.

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

11.3.1 - TERRAINS NON BATIS

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

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

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

11.3.2 - VOIES DE CIRCULATION

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

11.3.2.1 - Voies de circulation automobiles

Dans le cas général, on comptera 0,4 personne permanente par kilomètre exposé par tranche de 100 véhicules/jour.
Exemple : $20\ 000\ \text{véhicules/jour sur une zone de } 500\ \text{m} = 0,4 \times 0,5 \times 20\ 000/100 = 40\ \text{personnes}$.

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

11.3.2.2 - Voies ferroviaires

Train de voyageurs : compter 1 train équivalent à 100 véhicules (soit 0,4 personne exposée en permanence par kilomètre et par train), en comptant le nombre réel de trains circulant quotidiennement sur la voie.

11.3.2.3 - Voies navigables

Compter 0,1 personne permanente par kilomètre exposé et par péniche/jour.

11.3.2.4 - Chemins et voies piétonnes

Les chemins et voies piétonnes ne sont pas à prendre en compte, sauf pour les chemins de randonnée, car les personnes les fréquentant sont généralement déjà comptées comme habitants ou salariés exposés.

Pour les chemins de promenade, de randonnée : compter 2 personnes pour 1 km par tranche de 100 promeneurs/jour en moyenne.

11.3.3 - LOGEMENTS

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

11.3.4 - ETABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC (ERP)

Compter les ERP (bâtiments d'enseignement, de service public, de soins, de loisir, religieux, grands centres commerciaux etc.) en fonction de leur capacité d'accueil (au sens des catégories du code de la construction et de l'habitation), le cas échéant sans compter leurs routes d'accès (cf. paragraphe sur les voies de circulation automobile).

Les commerces et ERP de catégorie 5 dont la capacité n'est pas définie peuvent être traités de la façon suivante :

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

Les chiffres précédents peuvent être remplacés par des chiffres issus du retour d'expérience local pour peu qu'ils restent représentatifs du maximum de personnes présentes et que la source du chiffre soit soigneusement justifiée.

Une distance d'éloignement de 500 m aux habitations est imposée par la loi. La présence d'habitations ou d'ERP ne se rencontreront peu en pratique.

11.3.5 - ZONES D'ACTIVITE

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

11.4 - ANNEXE 4 - TABLEAU DE L'ACCIDENTOLOGIE FRANCAISE

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 début 2016. L'analyse de ces données est présentée dans l'étude de dangers.

Type d'accident	Date	Parc	Département	Type d'éolienne	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente ?	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s)	Commentaire sur l'utilisation du REX pour les calculs de probabilités de départ
Effondrement	Novembre 2000	Port la Nouvelle	Aude	VESTAS V39	0,5	1993	N	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	WINDMASTER WM43/750	0,75	1998	N	Bris de pales en bois (avec inserts)	?	Site Vent de Colère	
Effondrement	01/02/2002	Wormhout	Nord	TURBOWINDS T400-34	0,4	1997	N	Bris d'hélice et mât plié	Tempête	Rapport du CGM Site Vent du Bocage	
Maintenance	01/07/2002	Port la Nouvelle - Sigean	Aude	GAMESA G47	0,66	2000	O	Grave électrisation avec brûlures d'un technicien	Lors de mesures pour cartériser la partie haute d'un transformateur 690V/20 kV 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	Non utilisable
Effondrement	28/12/2002	Névian - Grande Garrigue	Aude	GAMESA G52/850	0,85	2002	O	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	WINDMASTER WM43/750	0,75	1998	N	Bris de pale en bois (avec inserts) sur une éolienne bipale	Tempête	Article de presse (La Dépêche du 26/03/2003)	
Rupture de pale	05/11/2003	Sallèles-Limousis	Aude	WINDMASTER WM43/750	0,75	1998	N	Bris de pales en bois (avec inserts) sur trois éoliennes. Morceaux de pales disséminés sur 100m .	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	LAGERWEY LW750-52	0,75	2002	N	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	WINDMASTER 300 kW	0,3	1996	N	Couchage du mât d'une des 9 éoliennes suite à l'arrachement de la fondation	Rupture de 3 des 4 micro-pieux 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)	

Type d'accident	Date	Parc	Département	Type d'éolienne	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente ?	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s)	Commentaire sur l'utilisation du REX pour les calculs de probabilités de départ
Rupture de pale	22/06/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	WINDMASTER WM28/300	0,3	2001	N	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)	Nota : cet incident s'est produit 2 fois à 15 jours d'intervalle)
Rupture de pale	08/07/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	WINDMASTER WM28/300	0,3	2001	N	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)	Nota : cet incident s'est produit 2 fois à 15 jours d'intervalle)
Rupture de pale	2004	Escales-Conilhac	Aude	JEUMONT J48/750	0,75	2003	N	Bris de trois pales		Site Vent de Colère	
Rupture de pale	22/12/2004	Montjoyer-Rochefort	Drôme	JEUMONT J48/750	0,75	2004	N	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, pb 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	ATTENTION : projection de pale + incendie !
Rupture de pale	2005	Wormhout	Nord	TURBOWINDS T400-34	0,4	1997	N	Bris de pale		Site Vent de Colère	
Rupture de pale	08/10/2006	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	WINDMASTER WM28/300	0,3	2004	N	Chute d'une pale de 20m 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	GAMESA G47	0,66	2001	O	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	LAGERWEY LW80-18	0,08	1993	N	Sectionnement du mât puis effondrement d'une éolienne dans une zone industrielle	Tempête (vents mesurés à 137 Km/h)	Article de presse (La Voix du Nord)	
Rupture de pale	31/12/2006	Ally	Haute-Loire	GE 1.5sl	1,5	2005	O	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	Non utilisable (incident pendant un chantier)
Rupture de pale	03/2007	Clitourps	Marne	VESTAS V47/660	0,66	2005	N	Rupture d'un morceau de pale de 4m et éjection à plus de 200m de distance dans un champ	Cause pas éclaircie	Site FED	Défaut de fabrication. Attention, les bouts de pales ne sont pas partis à plus de 80 m de la turbine
Chute d'élément	11/10/2007	Plouvien	Finistère	SIEMENS SWT 1.3	1,3	2007	N	Chute d'un élément de la nacelle (trappe de visite de 50 cm de diamètre)	Défaut au niveau des charnières de la trappe de visite. Correctif appliqué et retrofit des boulons de charnières effectué sur toutes les machines en exploitation.	Article de presse (Le Télégramme)	
Emballement	03/2008	Dinéault	Finistère	WINDMASTER WM28/300	0,3	2002	N	Emballement de l'éolienne mais pas de bris de pale	Tempête + système de freinage hors service (boulon manquant)	Base de données ARIA	Non utilisable d'un point de vue statistique (événement unique, sans répercussion sur les tiers)

Type d'accident	Date	Parc	Département	Type d'éolienne	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente ?	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s)	Commentaire sur l'utilisation du REX pour les calculs de probabilités de départ
Collision avion	04/2008	Plouguin	Finistère	ENERCON E66/2000	2	2004	O	Léger choc entre l'aile d'un bimoteur Beechcraftch (liaison Ouessan-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)	Non utilisable
Rupture de pale	19/07/2008	Erize-la-Brûlée - Voie Sacrée	Meuse	GAMESA G90	2	2007	O	Chute de pale et projection de morceaux de pale suite à un coup de foudre	Foudre + défaut de pale	Communiqué de presse Française d'Eoliennes - Article de presse (l'Est Républicain 22/07/2008)	
Incendie	28/08/2008	Vauvillers	Somme	GAMESA	2	2006	O	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	GAMESA G90	2	2007	O	Chute de pale		Communiqué de presse Française d'Eoliennes Article de presse (l'Est Républicain)	
Maintenance	26/01/2009	Clastres	Aisne	NEG-MICON NM92	2,75	2004	O	Accident électrique ayant entraîné la brûlure de deux agents de maintenance	Accident électrique (explosion d'un convertisseur)	Base de données ARIA	Non utilisable
Rupture de pale	08/06/2009	Bollène	Vaucluse	NORDEX N90	2,3	2009	O	Bout de pale d'une éolienne ouvert	Coup de foudre sur la pale	Interne exploitant	Non utilisable pour les projections ou les chutes (la pale est restée accrochée)
Incendie	21/10/2009	Froidfond - Espinassière	Vendée	GAMESA G80/2000	2	2006	O	Incendie de la nacelle	Court-circuit dans transformateur sec embarqué en nacelle ?	Article de presse (Ouest-France) Site FED	
Incendie	30/10/2009	Freyssenet	Ardèche	VESTAS V80/2000	2	2005	O	Incendie de la nacelle	Court-circuit faisant suite à une opération de maintenance	Base de données ARIA Site FED Article de presse (Le Dauphiné)	Problème sur armoire électrique
Maintenance	20/04/2010	Toufflers	Nord	Bonus B23 / SIEMENS	0,3	1993	N	Décès d'un technicien au cours d'une opération de maintenance	Crise cardiaque	Article de presse (La Voix du Nord 20/04/2010)	Non utilisable
Effondrement	30/05/2010	Port la Nouvelle	Aude	Vestas V25	0,2	1991	N	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	JEUMONT J48/750	0,75	2004	N	Emballement de deux éoliennes et incendie des nacelles.	Maintenance en cours, pb de régulation, freinage impossible, évacuation du personnel, survitesse de +/- 60 tpm	Articles de presse Communiqué de presse SER-FEE	
Maintenance	15/12/2010	Pouillé-les-Côteaux	Loire Atlantique	ENERCON E70	2,3	2010	O	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	Non utilisable

Type d'accident	Date	Parc	Département	Type d'éolienne	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente ?	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s)	Commentaire sur l'utilisation du REX pour les calculs de probabilités de départ
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)	Non utilisable
Rupture de pale	14/12/2011			NORDEX N80	2,5	2003	O	Pale endommagée par la foudre. Fragments de pales retrouvés par l'exploitant à une distance n'excédant pas 300 m	Foudre	Constructeur - Mainteneur	Distance évaluée par l'exploitant qui a collecté les fragments. A mesurer plus précisément sur site.
Incendie	03/01/2012			NORDEX N90	2,3	2006	O	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 tenté d'incendier. Le feu ne s'est pas propagé, dégâts très limités et restreints au pied de la tour.	Malveillance / incendie criminel	Constructeur - Mainteneur	Le feu ne s'est pas propagé dans l'éolienne (les pneus introduits dans l'éolienne n'ont pas brûlé)
Rupture de pale	05/01/2012	Widehem	Pas-de-Calais	JEUMONT J48/750	0,75	2000	N	Bris d'une pale, dont des fragments ont pu être projetés jusqu'à 200 m environ.	Tempête + panne d'électricité	Article de presse (La Voix du Nord 06/01/2012) Vidéo DailyMotion Interne exploitant	-
Rupture de pale	11/04/2012	Sigean	Aude	VESTAS V47	0.66	1991	N	Bris d'une pale, dont un fragment a été projeté à 20 m environ.	Impact de foudre	Base de données ARIA	-
Rupture de pale	18/05/2012	Fresnay-L'Evêque	Eure-et-Loir	REPOWER MM92	2	2008	O	Chute de pale au pied de l'éolienne	Corrosion dans les trous d'alésages, qui proviendrait des conditions de production et de stockage des pièces constitutives du roulement.	Base de données ARIA	-
Chute d'une éolienne	30/05/2012	Port la Nouvelle	Aude	-	0.2	1991	N	Chute d'une éolienne	Rafales de vent à 130 km/h	Base de données ARIA	-
Rupture de pale	01/11/2012	Vieillespesse	Cantal	NORDEX N90	2.5	2011	O	Un élément de 400 g constitutif d'une pale d'éolienne est projeté à 70 m du mât	-	Base de données ARIA	-
Incendie	05/11/2012	Sigean	Aude	VESTAS V47	0.66	1991	N	Un feu se déclare sur une éolienne. Des projections incandescentes enflamment 80 m ² de garrigue environnante. Une pale chute.	Un feu s'est déclaré dans l'armoire électrique en pied d'éolienne. Un dysfonctionnement de disjoncteur a entraîné la propagation de courants de court circuit.	Base de données ARIA	-
Rupture de pale	6/03/2013	Conilhac-de-la-Montagne	Aude	GAMESA G58	0.85	2008	O	A la suite d'un défaut de vibration, une éolienne se met automatiquement à l'arrêt. Le lendemain, des techniciens du constructeur trouvent au sol l'une des trois pales qui s'est décroché avant de percuter le mât.	Défaut de vibration.	Base de données ARIA	-
Incendie	17/03/2013	Euvy	La Marne	GE Energy GE 100	2,5	2011	O	Un feu s'est déclaré dans la nacelle d'une éolienne. Le sinistre émet une importante fumée. Une des pales tombe au sol, une autre menace de tomber. 450 l d'huile s'écoulent, conduisant l'exploitant à faire réaliser une étude de pollution des sols.	Au moment du départ du feu, le vent soufflait à 11m/s. La puissance de l'éolienne était proche de sa puissance nominale. La gendarmerie évoque une défaillance électrique.	Base de données ARIA	-

Type d'accident	Date	Parc	Département	Type d'éolienne	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente ?	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s)	Commentaire sur l'utilisation du REX pour les calculs de probabilités de départ
Pale et réseau électrique endommagé	20/06/2013	Labastide-sur-Besorgues	Ardèche	ENERCON E44/900	0,9	2009		Un impact de foudre endommage une éolienne : une pale est déchirée sur 6 m de longueur, le boîtier basse tension et le parafoudre en tête d'installation au poste de livraison sont détruits. Des installations du réseau électrique et téléphonique sont également endommagées.	Impact de foudre (impact enregistré le plus proche de l'éolienne au moment de l'orage est donné avec une intensité de 94 kA)	Base de données ARIA	-
Projection d'un équipement	01/07/2013	Cambon-et-Salvergues	Hérault	ENERCON E70	1,3	2006	O	Alors qu'il vient de faire l'appoint en gaz d'un cylindre sous pression faisant partie du dispositif d'arrêt d'urgence des pales d'une éolienne, un technicien de maintenance démonte l'embout d'alimentation vissable. L'ensemble démonté est projeté au visage de l'opérateur et lui brise le nez et plusieurs dents. Le jet de gaz affecte ses voies respiratoires.	Afin d'éviter de tels accidents, la visserie de la vanne présentait une petite perforation destinée à alerter l'opérateur : un sifflement et une formation de glace liée à la détente du gaz se produisent 4 tours et demi avant le dévissage total.	Base de données ARIA	-
Maintenance	03/08/2013	Moréac	Morbihan	GAMESA G90/2000	2,0	2010	O	Une nacelle élévatrice utilisée pour une intervention de maintenance sur une éolienne perd 270 l d'huile hydraulique.	-	Base de données ARIA	-
Incendie	09/01/2014	Antheny	Ardennes	SENVION 3.4M114/2500	2,5	2013	O	Un feu se déclare au niveau de la partie moteur d'une éolienne.	Incident électrique ?	Base de données ARIA	-
Chute de pale	20/01/2014	Sigean	Aude	GAMESA G47/660	0,66	2000	N	Chute d'une pale de 20 m au pied du mât d'une éolienne	Lors de l'accident le vent soufflait entre 18 m/s et 22 m/s. Des fissures sont détectées sur la pièce en aluminium appelée « alu ring », située à la base de la pale.	Base de données ARIA	-
Chute de pale	14/11/2014	St-Cirgues-en-Montagne	Ardèche	SENVION MM8/2050	2,05	2011	O	Chute de pale au pied de l'éolienne lors d'un orage et de vents violents. Des débris sont projetés à 150 m	Lors de l'accident, des rafales de vent atteignaient les 130 km/h.	Base de données ARIA	-
Chute d'un morceau de pale	05/12/2014	Fitou	Aude	NORDEX N60/1300	1,3	2006	O	Chute d'une partie de l'aéofrein à 80 m du mât de l'éolienne	Défaillance matérielle ou décollage sur les plaques en fibre de verre	Base de données ARIA	-
Incendie	29/01/2015	Remigny	Aisne	SIEMENS SWT-2-3-101/2300	2,3	2015	O	A 6h25 un feu se déclare dans une éolienne. Celle-ci est automatiquement mise à l'arrêt sur alarme du détecteur de fumée.	Un défaut d'isolation au niveau des connexions des conducteurs de puissance serait à l'origine du sinistre. Le câble mis en cause assure la jonction entre la base et le haut de la tour. Ce défaut aurait provoqué un arc électrique entre 2 phases ce qui aurait initié l'incendie.	Base de données ARIA	-
Incendie	06/02/2015	Lusseray	Deux-Sèvres	ENERCON E82/2000	2,0	2011	O	Vers 15h30, un feu se déclare dans une éolienne, au niveau d'une armoire électrique où interviennent 2 techniciens. Ces derniers éteignent l'incendie avec 2 extincteurs. L'éolienne est hors service le temps des réparations.	-	Base de données ARIA	-
Incendie	24/08/2015	Santilly	Eure-et-Loir	NORDEX N90/2300	2,3	2005	O	Un feu se déclare vers 13h30 sur le moteur d'une éolienne situé à 90 m de hauteur	Origine accidentelle	Base de données ARIA	-

Type d'accident	Date	Parc	Département	Type d'éolienne	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente ?	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s)	Commentaire sur l'utilisation du REX pour les calculs de probabilités de départ
Chute des pales et du rotor d'une éolienne	10/11/2015	Ménil-la-Horgne	Meuse	REPOWER MD 77	1,5	2007	O	Vers 22h30, les 3 pales et le rotor d'une éolienne, dont la nacelle se situe à 85 m de haut, chutent au sol. Le transformateur électrique, à son pied, est endommagé.	Défaillance de l'arbre lent qui assure la jonction entre le rotor et la multiplicatrice	Base de données ARIA	-
Chute de pale	07/02/2016	Conilhac-Corbières	Aude	ENERCON E70-2300	9,2	2014	O	L'aérofrein d'une des 3 pales d'une éolienne se rompt et chute au sol.	Les premières investigations indiqueraient qu'un point d'attache du système mécanique de commande de l'aérofrein (système à câble) se serait rompu, ce qui aurait actionné l'ouverture de l'aérofrein. Du fait des fortes charges présentes sur le rotor, l'axe en carbone qui maintient l'aérofrein à la pale et/ou le point d'ancrage de cet axe, se serait alors rompu.	Chute de pale	07/02/2016
Chute de pale	08/02/2016	Dineault	Finistère	WINDMASTER WM28/300	1,2	2002	N	Lors d'une tempête, des vents à 160 km/h endommagent une éolienne : une pale chute au sol, une autre se déchire	Tempête (vents de 160 km/h)	Chute de pale	08/02/2016

Mise à jour : fin février 2018

11.5 - ANNEXE 5 – SCENARIOS GENERIQUES ISSUS DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

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

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

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

11.5.1 - SCENARIOS RELATIFS AUX RISQUES LIES A LA GLACE (G01 ET G02)

11.5.1.1 - Scénario G01

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

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

- ⇒ Système de détection de glace
- ⇒ Arrêt préventif en cas de déséquilibre du rotor
- ⇒ Arrêt préventif en cas de givrage de l'anémomètre
- ⇒ Arrêt préventif en cas de déviation de la courbe de puissance

11.5.1.2 - Scénario G02

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

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

11.5.2 - SCENARIOS RELATIFS AUX RISQUES D'INCENDIE (I01 A I07)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

11.5.3 - SCENARIOS RELATIFS AUX RISQUES DE FUITES (F01 A F02)

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

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

11.5.3.1 - Scénario F01

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

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

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

Deux événements peuvent être aggravants :

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

11.5.3.2 - Scénario F02

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

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

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

Ce scénario est à adapter en fonction des produits utilisés.

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

11.5.4 - SCENARIOS RELATIFS AUX RISQUES DE CHUTE D'ÉLEMENTS (C01 A C03)

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

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

11.5.5 - SCENARIOS RELATIFS AUX RISQUES DE PROJECTION DE PALES OU DE FRAGMENTS DE PALES (P01 A P06)

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

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

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

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

11.5.5.1 - Scénario P01

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

11.5.5.2 - Scénario P02

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

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

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

11.5.5.3 - Scénarios P03

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

11.5.6 - SCENARIOS RELATIFS AUX RISQUES D'EFFONDREMENT DES EOLIENNES (E01 A E10)

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

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

11.6 - ANNEXE 6 – PROBABILITE D’ATTEINTE ET RISQUE INDIVIDUEL

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

11.7 - ANNEXE 7 - NOTE DE PRESENTATION - ARTICLE L.323-11 DU CODE DE L'ENERGIE

❖ Cadre réglementaire

L'article 6-II du décret n° 2014-450 du 2 mai 2014 relatif à l'expérimentation d'une autorisation unique en matière d'ICPE prévoit que « lorsque le projet nécessite une approbation au titre de l'article L.323-11 du Code de l'Energie, l'étude de dangers comporte les éléments justifiant de la conformité des liaisons électriques intérieures avec la réglementation technique en vigueur ».

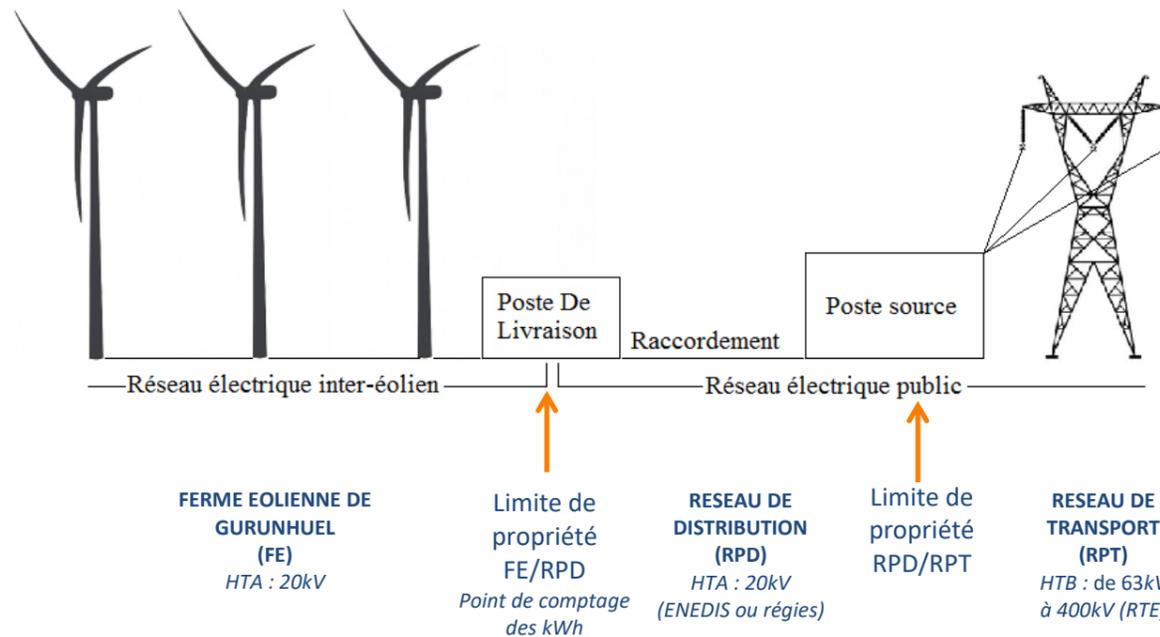
Le projet « Ferme éolienne de Gurunhuel » nécessitant une approbation au titre de l'article L.323-11 du Code de l'Energie, la présente note vise à présenter les éléments justifiant de la conformité des liaisons électriques intérieures avec la réglementation technique en vigueur.

Conformité des liaisons électriques

1) Les installations

Le réseau inter-éolien permet de relier le transformateur intégré dans le mât de chaque éolienne, au point de raccordement avec le réseau public de distribution. Ce réseau comporte également une liaison de télécommunication qui relie chaque éolienne au terminal de télésurveillance.

L'électricité produite sera injectée sur le réseau du gestionnaire du réseau de distribution d'électricité local (Enedis ou régies) depuis le poste de livraison du parc éolien jusqu'au poste source du gestionnaire du réseau de distribution d'électricité local par un câble 20 kV (HTA) enterré sous maîtrise d'ouvrage du gestionnaire du réseau de distribution d'électricité local (cette liaison fera l'objet d'un autre dossier de demande d'autorisation).



2) Poste de Livraison

La localisation exacte des emplacements du ou 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.

Pour les 2 éoliennes de la Ferme éolienne de Gurunhuel, un poste de livraison est prévu et comprend notamment un compteur électrique, un disjoncteur de protection, des sectionneurs, et éventuellement un filtre électrique. Le schéma unifilaire présenté ci-après détaille l'ensemble des éléments.

Le poste de livraison sera fermé à clé en permanence afin d'en interdire l'accès au public. Seules les personnes habilitées auront la clé et pourront intervenir pour effectuer les vérifications et la maintenance.

L'implantation du poste de livraison satisfait à la fois :

- les contraintes techniques : en raison des différents éléments qui le compose, le poste de livraison présente des caractéristiques de longueur et de fonction précises. Sa localisation est fonction de la proximité du réseau inter-éolien et de la localisation du poste source vers lequel l'électricité est ensuite acheminée. Le poste doit être accessible en voiture pour la maintenance et l'entretien ;
- les contraintes paysagères : intégrer le poste de livraison aux éléments existants du paysage foncier (topographie, végétation, ...).

Le poste de livraison associé au présent projet est implanté le long d'un chemin d'exploitation, en limite de parcelle, entre les deux éoliennes et à quelques mètres de la RD 20. Il s'agit d'un poste de 9,26 m de longueur par 2,48 m de large ; l'emprise au sol est donc de 22,96 m².

3) Plan du réseau inter-éolien

Le plan détaillé du réseau inter-éolien est annexé au dossier de demande d'autorisation unique (format A1).

4) Conformité des câbles

Les câbles utilisés pour le projet de la Ferme éolienne de Gurunhuel sont des câbles pour réseaux de distribution d'énergie à moyenne tension (HTA). Ces câbles sont de type isolés au polyéthylène réticulé (PR en français, XLPE en anglais), à gradient fixé, pour des réseaux de distribution HTA souterrains et aériens. La tension assignée est 12/20 (24) kV.

La section de câble retenue est comprise entre 95, 150 et 240 mm² et les câbles seront en aluminium.

Les caractéristiques suivantes seront retenues pour les câbles :

- résistants aux termites ;
- soumis aux essais pour l'acceptation de type par Enedis suivant C 33-226 ;
- non-propagateurs de la flamme de façon optionnelle.

Le document de normalisation CABLE TYPE C33-226, présenté ci-après en page 94, décrit l'ensemble des caractéristiques des câbles électriques prévus pour le réseau inter-éolien de la Ferme éolienne de Gurunhuel.

5) Tableau récapitulatif du réseau inter-éolien

Les caractéristiques des différentes liaisons sont décrites dans le tableau ci-après :

Tableau 63 : Description du raccordement interne

Source : ABO Wind

TABLEAU RÉCAPITULATIF DU RESEAU INTER-EOLIEN (RIE)									
Liaison	Tronçon	Type d'ouvrage (aérien / souterrain)	Tension de service	Conducteurs (type de câble)	Longueur en domaine public (ml)	Longueur en terrain de l'AFR* Traversée de chaussée (ml)	Longueur en terrain privés (ml)	Coupe type	Nature de la tranchée (simple / double)
E1-PDL	E1-A	Souterrain	20 kV	Câble type C 33-226 – 95mm ² Alu	0	0	64	Type B	Simple
	A-B	Souterrain	20 kV	Câble type C 33-226 – 95mm ² Alu	0	7	0	Type A	Simple
	B-PDL	Souterrain	20 kV	Câble type C 33-226 – 95mm ² Alu	0	0	250	Type B	Simple
Sous-total linéaire (ml) =							321		
PDL-E2	PDL-C	Souterrain	20 kV	Câble type C 33-226 – 95mm ² Alu	0	8	3	Type A	Simple
	C-E2	Souterrain	20 kV	Câble type C 33-226 – 95mm ² Alu	0	0	213	Type B	Simple
Sous-total linéaire (ml) =							224		
Total (ml) =					0	15	530		
Total linéaire (ml) =							545		

* : AFR = Association Foncière de Remembrement

6) Schéma unifilaire des installations électriques

Le schéma unifilaire est présenté, ci-après, page 96.

CABLE TYPE C 33-226

Documents de normalisation :

C 33-226

Tension nominale

Tension assignée : 12/20 (24) kV

Construction du câble

- 1 - Âme
- 2 - Écran semi-conducteur interne
- 3 - Isolant PR
- 4 - Écran semi-conducteur sur isolant, cannelé et pelable
- 5 - Poudre d'étanchéité dans les cannelures
- 6 - Écran aluminium posé en long et collé à la gaine
- 7 - Gaine Polyéthylène (*)
- 8 - Assemblage possible sous forme de torsade à pas long

(*) La gaine est de couleur rouge pour les liaisons souterraines et de couleur grise pour les liaisons en galerie technique, aériennes ou aéro-souterraines

Utilisation

Câbles destinés aux équipements de réseaux de distribution HTA.

	S	⚡	🌡	🌡	⚙	🧪	🌊	🔥
Très bon			•	•	•			
Bon		•		•		•	•	
Moyen	•							• (**)

(**) seule le câble à gaine grise est non propagateur de la flamme et répond à la catégorie C2 de la norme NFC 32-070

Ces câbles conviennent à toutes les utilisations, en particulier pour la réalisation de :

- liaisons dans les postes de transformation des centrales
- liaisons entre lignes aériennes et postes de transformation
- liaisons aéro-souterraines

Ils sont particulièrement adaptés aux liaisons devant fonctionner dans une température ambiante élevée, ou à proximité de sources de chaleur, ou susceptibles d'être soumises à des surcharges fréquentes ou à des courants de court-circuit élevés.

Mise en œuvre

- le rayon minimal de courbure lors de la pose est égal à 26 fois le diamètre de la corde unipolaire
- le rayon minimal de courbure après pose est égal à 13 fois le diamètre de la corde unipolaire.
- préparation du câble (extrémités, jonctions) :
- ce câble doit être préparé selon le mode opératoire POPY

SILEC CABLE

Tél. +33 1 60 57 30 00 Fax +33 1 60 57 30 15 www.sileccable.com
Rue de Varennes prolongée - 77876 MONTEREAU CEDEX - FRANCE
SAS au capital de 60 037 000 € - 484 920 194

14



En raison de l'évolution technique, SILEC CABLE se réserve le droit à tout moment et sans préavis de modifier les caractéristiques techniques annoncées pour ce produit et/ou de cesser la fabrication de celui-ci. La Marque SILEC est une marque de SILEC CABLE 01/2006

C 33-226 (suite)

Températures maximales admissibles

- en permanence: 90 °C
- en court-circuit dans l'âme: 250 °C

Marquage extérieur

SILEC Jour Année C 33 226 Section AL 12/20 (24) kV

SIPRELEC 23 POPY (1) G X (2) SC 0,7 AT T -10/50 (3) PHASE 1 (ou 2 ou 3)

- (1) Code de préparation de câbles
- (2) X : épaisseur de gaine
- (3) T 0/35 pour les versions à gaine grise

Ce marquage peut être complété par des éléments de traçabilité. En particulier, un marquage métrique est prévu sur l'une des phases.

Caractéristiques dimensionnelles

MODELES	Diamètre externe approximatif, mm	Masse linéique, kg/km	Effort maximal de tirage, daN
1x50 mm ²	29,0	700	150
1x95 mm ²	32,0	950	285
1x150 mm ²	32,0	1000	450
1x240 mm ²	36,5	1400	720
1x240 mm ² CUIVRE	36,5	2900	1200
3x50 mm ²	62,5	2100	450
3x95 mm ²	69,0	2800	855
3x150 mm ²	69,0	3050	1350
3x240 mm ²	78,5	4150	2160
3x240 mm ² CUIVRE	78,5	9000	3600
1x400 mm ²	42,0	1950	1200
3x400 mm ²	90	5800	3600
1x630 mm ²	52,5	3100	1890
1x1200 mm ²	66,0	5200	3600

SILEC CABLE

Tél. +33 1 60 57 30 00 Fax +33 1 60 57 30 15 www.sileccable.com
Rue de Varennes prolongée - 77876 MONTEREAU CEDEX - FRANCE
SAS au capital de 60 037 000 € - 484 920 194

15



En raison de l'évolution technique, SILEC CABLE se réserve le droit à tout moment et sans préavis de modifier les caractéristiques techniques annoncées pour ce produit et/ou de cesser la fabrication de celui-ci. La Marque SILEC est une marque de SILEC CABLE 01/2006

ENERGIE

MOYENNE TENSION - HTA

C 33-226 (suite)

Caractéristiques électriques

Caractéristiques	Section, mm ²							
	50	95	150	240	240 CU.	400	630	1200
Résistance maximale d'un conducteur en courant continu à 20 °C, Ω / km	0,641	0,320	0,206	0,125	0,075	0,078	0,047	0,025
Résistance apparente d'un conducteur en courant alternatif 50 Hz et à 90 °C, Ω / km	0,820	0,410	0,265	0,160	0,088	0,102	0,063	0,038
Coefficient de self induction apparente d'un conducteur, mH / km (2)	0,440	0,400	0,350	0,330	0,330	0,320	0,295	0,280
Capacité apparente d'un conducteur, μF / km	0,180	0,220	0,300	0,360	0,360	0,400	0,470	0,620

(2) Les valeurs correspondent à un faisceau ou à trois câbles disposés en triangle jointifs.

Pour d'autres sections, nous consulter.

Intensités admissibles en régime permanent

Section, mm ²	Câbles enterrés	
	Hiver	Eté
50	205	170
95	300	245
150	385	310
240	505	410
240 CUIVRE	640	515
400	645	520
630	825	665
1200 (*)	1130	910

(*) Les écrans métalliques sont mis à la terre en un point de la liaison

Les intensités sont exprimées en ampères et correspondent à une liaison triphasée fonctionnant dans les environnements thermiques décrits ci-dessous sans parallèles électriques ni proximités thermiques:

REGIME ETE:

- température du sol : 20 °C
- résistivité thermique du sol : 1,2 K m / W

REGIME HIVER:

- température du sol : 10 °C
- résistivité thermique du sol : 0,85 K m / W

Pour d'autres sections, nous consulter.

SILEC CABLE

Tél. +33 1 60 57 30 00 Fax +33 1 60 57 30 15 www.sileccable.com
Rue de Varennes prolongée - 77876 MONTEREAU CEDEX - FRANCE
SAS au capital de 60 037 000 € - 484 920 194

16



En raison de l'évolution technique, SILEC CABLE se réserve le droit à tout moment et sans préavis de modifier les caractéristiques techniques annoncées pour ce produit et/ou de changer la fabrication de celui-ci. La Marque SILEC est une marque de SILEC CABLE 01/2006

ENERGIE

MOYENNE TENSION - HTA

Intensités admissibles dans l'écran en régime court - circuit

Section, mm ²	Icc, A pendant 1 seconde
50	2500
95	2700
150	2700
240	3200
240 CUIVRE	3200
400	3800
630	4600
1200	4670

Pour d'autres sections, nous consulter.

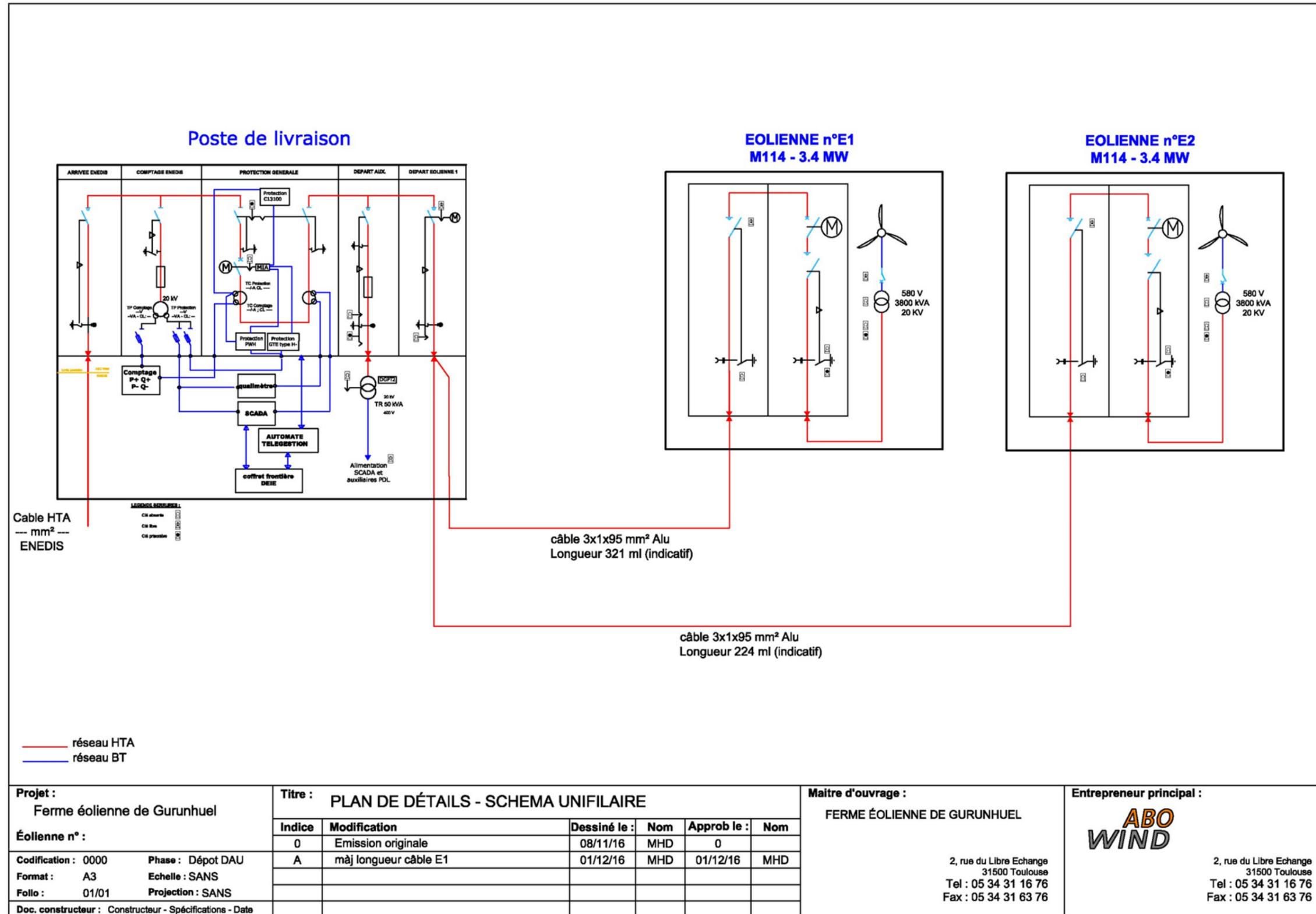
SILEC CABLE

Tél. +33 1 60 57 30 00 Fax +33 1 60 57 30 15 www.sileccable.com
Rue de Varennes prolongée - 77876 MONTEREAU CEDEX - FRANCE
SAS au capital de 60 037 000 € - 484 920 194

17



En raison de l'évolution technique, SILEC CABLE se réserve le droit à tout moment et sans préavis de modifier les caractéristiques techniques annoncées pour ce produit et/ou de changer la fabrication de celui-ci. La Marque SILEC est une marque de SILEC CABLE 01/2006



7) Tranchées et impacts

Les câbles constituant le réseau interne de la ferme éolienne sont enfouis à une profondeur minimale de 85 cm (120 cm sur les espaces cultivés) ; les tranchées creusées faisant 45 cm de large. Au total, ces tranchées s'étendent sur un linéaire de 545 m (Cf. tableau récapitulatif du réseau inter-éolien, page suivante).

Les impacts directs de l'enfouissement de ces câbles sont négligeables :

- ✓ Une partie des terrassements nécessaires sont inclus dans les emprises des voies existantes ou créées et dans le cadre des aménagements du projet (socle, plateforme, ...), sur environ 105 mètres linéaires (soit près de 20% du linéaire) ;
- ✓ Environ 440 mètres linéaires de câbles (80% du linéaire) seront enterrés sur des terrains cultivés non mobilisés pour l'exploitation du parc éolien, ne présentant pas d'intérêt écologique particulier ;
- ✓ Aucune haie, aucun arbre ou aucun milieu d'intérêt n'est impacté ;
- ✓ l'implantation des câbles se fera en continu, au fur-et-à-mesure de l'avancement : ouverture des tranchées, mise en place du réseau électrique et de télécommunication, fermeture des tranchées. Les terres excavées pourront ainsi être réutilisées pour combler les tranchées sans qu'aucun apport extérieur de matériaux ne soit réalisé.

Ces travaux se feront dans le respect des dispositions du livre V, titre V, chapitre 4 du Code de l'Environnement (Sécurité des réseaux souterrains, aériens ou subaquatiques de transport ou de distribution).

8) Maîtrise foncière

Tableau 64 : Ouvrages électriques du réseau inter-éolien

Source : ABO Wind

Domaines de tension	Nature de l'ouvrage	TOTAL à construire	Dont domaine public	Dont domaine AFR*	Dont domaine privé
HTA	Souterrain (m)	545	0	15	530
	Aérien (m)	0	0	0	0
	Total (m)	545	0	15	530

* : AFR = Association Foncière de Remembrement

ABO Wind atteste bénéficier des autorisations des propriétaires des parcelles concernées par l'enfouissement du réseau électrique interne (Cf. Attestation de la Ferme éolienne de Gurunhuel, ci-après).

Tous les accords fonciers nécessaires sont présentés en annexe 4 du dossier n°3 – Description de la demande, ainsi que dans le dossier n° 8 – Avis / Accords fonciers.

9) Procédure et formation du personnel

Les procédures et les habilitations du personnel en charge de l'installation des équipements seront conformes à la norme NF C18-510 pour les installations basses tension et haute tension.

Ces formations concernent également le personnel qui travaille sur des opérations d'ordre non-électriques, dans le voisinage et la zone des installations électriques.

Par ailleurs, le fournisseur et installateur du poste de livraison formera le personnel exploitant du parc éolien sur l'utilisation des équipements du poste.

10) Règlementation technique

Conformément à l'article 6 II du décret n°2014-450 du 2 mai 2014 relatif à l'expérimentation d'une autorisation unique en matière d'installations classées pour la protection de l'environnement, le pétitionnaire s'engage à respecter les dispositions de l'arrêté du 17 mai 2001 fixant les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les ouvrages électriques et du décret n° 2015-1823 du 30 décembre 2015 relatif à la codification de la partie réglementaire du code

de l'énergie (articles R.323-40, 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) abrogeant le décret n°2011-1697 du 1^{er} décembre 2011 relatif aux ouvrages des réseaux publics d'électricité et des autres réseaux d'électricité et au dispositif de surveillance et de contrôle des ondes électromagnétiques dont les dispositions ont été codifiées dans le Code de l'Énergie.

Les caractéristiques des câbles sont présentées à la partie 4) ci-dessus. Le ou les postes de livraison et les câbles enterrés dans des tranchées y raccordant les éoliennes constituent le réseau interne de la centrale éolienne, soumis à approbation de construction et de l'exploitation des ouvrages de transport et de distribution d'électricité (articles L. 323-11 à L. 323-13, L. 324-1 et L. 343-1 du Code de l'Énergie).

De plus, les installations seront conformes à l'article R.323-30 du Code de l'Énergie et à l'arrêté ministériel du 14 janvier 2013 relatif aux modalités du contrôle technique des ouvrages des réseaux publics d'électricité, des ouvrages assimilables à ces réseaux publics et des lignes directes. Les ouvrages feront l'objet d'un contrôle par un organisme technique certifié pour vérifier qu'ils sont conformes aux prescriptions qui leurs sont applicables.

Le réseau interne du parc éolien sera réalisé et exploité conformément au décret n° 2015-1823 du 30 décembre 2015 relatif à la codification de la partie réglementaire du Code de l'Énergie abrogeant le décret n°2008-386 du 23 avril 2008 relatif aux prescriptions techniques générales de conception et de fonctionnement pour le raccordement d'installations de production aux réseaux publics d'électricité dont les dispositions ont été codifiées dans le Code de l'Énergie, ainsi que conformément à l'arrêté du 23 avril 2008 relatif aux prescriptions techniques de conception et de fonctionnement pour le raccordement à un réseau public de distribution d'électricité en basse tension ou en moyenne tension d'une installation de production d'énergie électrique.

Son contrôle sera réalisé en conformité avec l'arrêté du 6 juillet 2010 précisant les modalités du contrôle des performances des installations de production raccordées aux réseaux publics d'électricité en moyenne tension (HTA) et en haute tension (HTB).

Ainsi, une attestation relative à la mise en place du contrôle de performances des installations de production raccordées en HTA, engageant la responsabilité de la Ferme éolienne de Gurunhuel, sera fournie au gestionnaire de réseau public d'électricité lors de la demande de raccordement.

Le maître d'ouvrage est également tenu d'informer le gestionnaire du réseau public, Enedis dans le cas présent, en application de l'article R.323-29 du Code de l'Énergie. Il est rappelé aussi que cette transmission doit respecter 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.

Conformément à l'arrêté du 23 décembre 2010, relatif aux obligations des exploitants d'ouvrages et des prestataires d'aide envers le téléservice « reseaux-et-canalizations.gouv.fr », la zone d'implantation de l'ouvrage sera déclarée au téléservice dénommé « reseaux-et-canalizations.gouv.fr ».

ABO
WIND

Ferme éolienne de Gurunhuel
2 rue du Libre Echange, CS 95893
31506 TOULOUSE cedex 5

ATTESTATION SUR L'HONNEUR

Je soussigné Xavier GRAY, responsable régional Grand Ouest, de la société ABO Wind, déclare qu'ABO Wind détient tous les droits et autorisations foncières pour réaliser les travaux de câblage, de réseaux souterrains et d'implantation du local technique (Poste de Livraison) pour la société de projet suivante :

- FERME EOLIENNE DE GURUNHUEL

A Nantes, le 01/12/2016

Signature :



Siège social : 2 rue du Libre Echange, CS 95893, 31506 Toulouse CEDEX 5, France
ABO Wind Sarl au capital de 100.000 Euros - Siren 441 291 432 - e-mail : contact@abo-wind.fr - web : www.abo-wind.fr
Toulouse / Lyon / Nantes / Orléans

TABLEAU RÉCAPITULATIF DU RESEAU INTER-EOLIEN

Liaison	Tronçon	Type d'ouvrage (aérien / souterrain)	Tension de service	Conducteurs (type de câble)	Longueur en domaine public (ml)	Longueur en terrain de l'AFR* Traversée de chaussée (ml)	Longueur en terrain privé (ml)	Coupe type	Nature de la tranchée (simple / double)
E1-PDL									
	E1-A	Souterrain	20 kV	Câble type C 33-226 – 95mm ² Alu	0	0	64	Type B	Simple
	A-B	Souterrain	20 kV	Câble type C 33-226 – 95mm ² Alu	0	7	0	Type A	Simple
	B-PDL	Souterrain	20 kV	Câble type C 33-226 – 95mm ² Alu	0	0	250	Type B	Simple
Sous-total (ml) =					321				
PDL-E2									
	PDL-C	Souterrain	20 kV	Câble type C 33-226 – 95mm ² Alu	0	8	3	Type A	Simple
	C-E2	Souterrain	20 kV	Câble type C 33-226 – 95mm ² Alu	0	0	213	Type B	Simple
Sous-total (ml) =					224				
Total (ml) =					0	15	530		
Total linéaire (ml) =					545				

11.8 - ANNEXE 8 - ACCORD DE PRINCIPE AVEC SENVION

Accord de principe SENVION

Si SENVION est retenu comme fournisseur des 2 éoliennes par la SNC Ferme éolienne de Gurunhuel, SENVION contractera un contrat de maintenance avec la SNC Ferme éolienne de Gurunhuel qui pourra couvrir une durée allant jusqu'à 15 ans.

Le contrat de maintenance comprendra une garantie de disponibilité technique du parc de
- 97% pour les années 2 à 15.

Le contrat de maintenance inclurait les prestations suivantes :

- Maintenance préventive programmée
- Maintenance curative
- Télésurveillance
- Rédaction de rapports mensuels
- Fourniture de pièces détachés et consommables
- Fournitures des outillages et des équipements nécessaires
- Mises à jour et révisions des documents de référence
- Analyse et rapports de pannes
- Gestion et évacuation des déchets
- Maintenance des cellules
- Maintenance du balisage
- Maintenance du système de surveillance d'usure

Nous attestons également par la présente, que la conclusion d'un contrat de ce type permet à la SNC Ferme éolienne de Gurunhuel de garantir un fonctionnement des éoliennes optimisé.

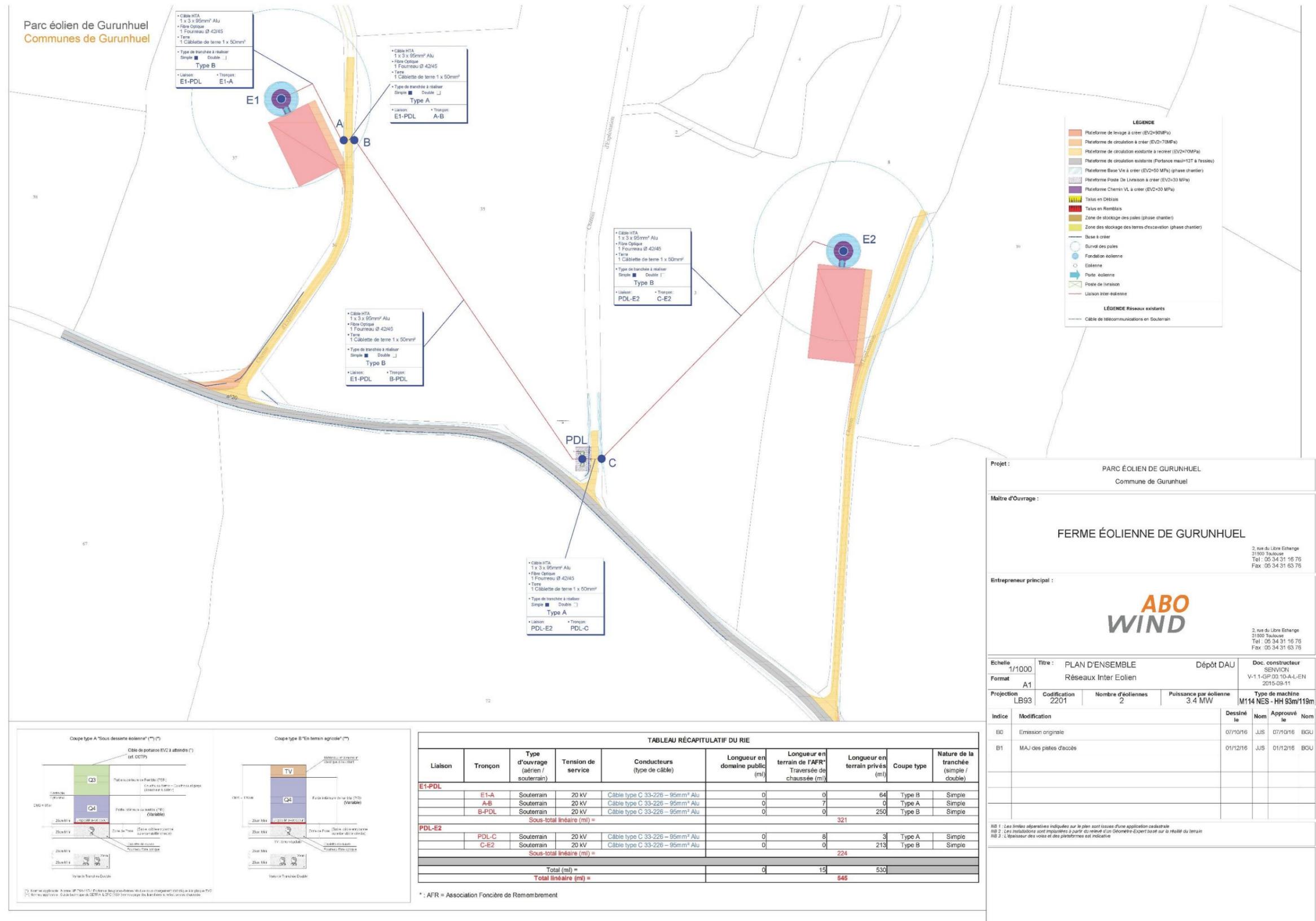


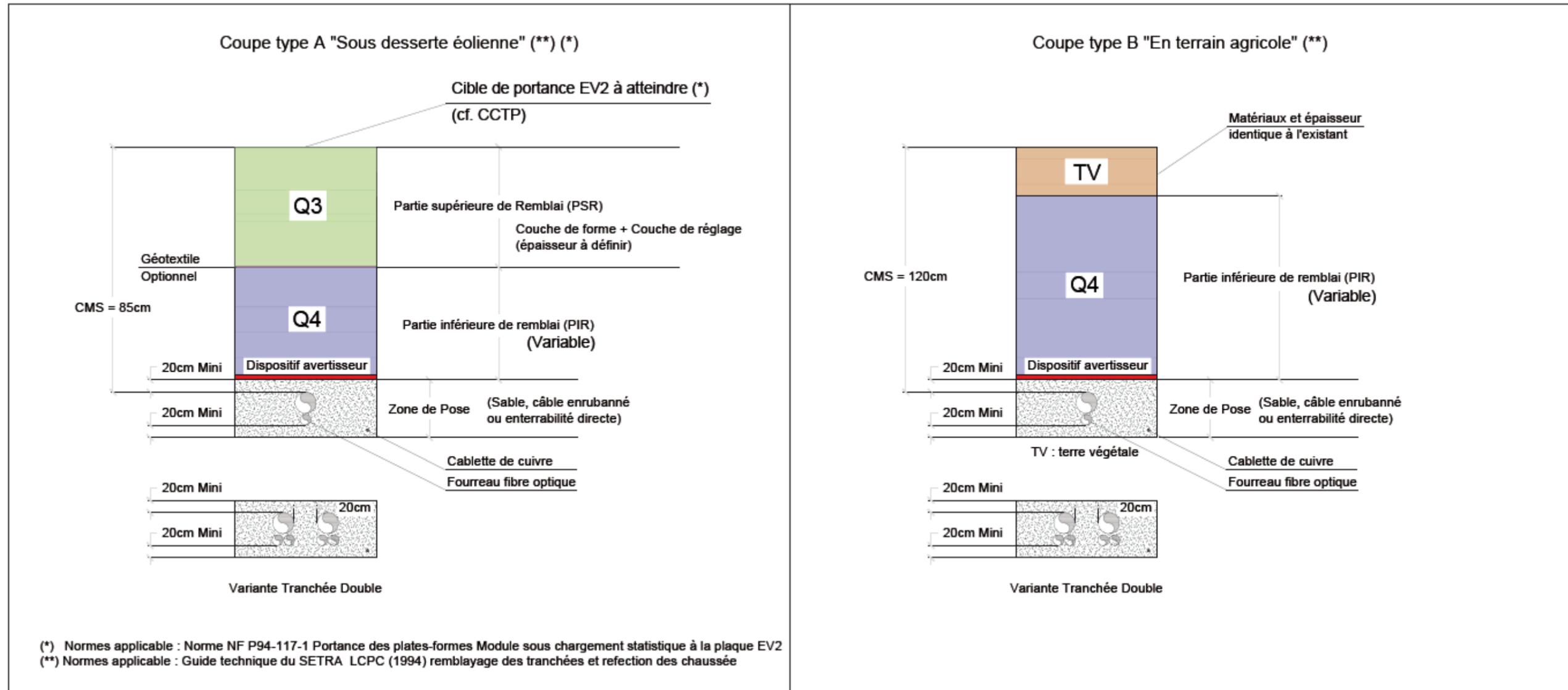
Frank Heinz
President
Service Sales



Andreas Hafner
Human Resources
Prokurist

11.9 - ANNEXE 9 - PLAN DE L'INSTALLATION (EXTRAIT DU PLAN D'ENSEMBLE)





Source : ABO Wind