

**DOSSIER DE DEMANDE
D'AUTORISATION
ENVIRONNEMENTALE UNIQUE POUR
L'EXPLOITATION D'EOLIENNES AVEC
STOCKAGE :
GRESS 2&3 (24 MW)
Commune de Macouba (972)**

Etude des dangers

*Novembre 2019
95958, Indice C*

SAS GRESS 2&3
Immeuble Avantage
11 rue des Arts et Métiers
Lotissement Dillon Stade
97200 FORT DE FRANCE

Antea Group
Agence Antilles - Guyane
N°98 Bâtiment Maia
Résidence les Pléiades
Avenue Plateau Fofo
97233 SCHOELCHER
Tél. : 05 96 70 75 00

SOMMAIRE GENERAL

Le sommaire général de ce dossier est le suivant :

PARTIE I	:	RESUME NON TECHNIQUE
PARTIE II	:	LETTRE DE DEMANDE PRÉSENTATION DOSSIER GRAPHIQUE
PARTIE III	:	ETUDE D'IMPACT
PARTIE IV	:	ETUDE DES DANGERS

Ces différentes parties sont interdépendantes les unes des autres et ne peuvent être étudiées séparément.

Un sommaire détaillé est présenté au début de chacune des parties.

L'étude des dangers a été réalisée d'après le guide technique « Elaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens » de mai 2012. Ce guide technique a été réalisé par un groupe de travail constitué de l'INERIS et de professionnels du Syndicat des énergies renouvelables. L'INERIS a validé la méthodologie suivie dans le présent guide, au regard de la réglementation en vigueur et des pratiques actuelles en matière d'étude de dangers dans les autres installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE).

Antea Group

SAS GRESS 2&3

*Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale Unique – GRESS 2&3
Rapport n°95958, indice C – Partie IV – Etude des dangers*

Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale Unique pour l'Exploitation d'éoliennes avec stockage GRESS 2&3

PARTIE IV : ETUDE DES DANGERS

Sommaire

	Pages
1. Préambule	1
1.1. Contexte	1
1.2. Objet et méthodologie de l'étude	1
1.3. Objectif de l'étude de dangers	2
1.4. Contexte législatif et réglementaire	3
1.5. Nomenclature des installations classées	4
2. Résumé non technique.....	1
3. Informations générales concernant l'installation.....	2
3.1. Renseignements administratifs	2
3.2. Localisation du site	2
3.3. Définition de l'aire d'étude.....	1
4. Description de l'environnement de l'installation	2
4.1. Environnement humain.....	2
4.1.1. Zones urbanisées	2
4.1.2. Etablissements recevant du public (ERP).....	2
4.1.3. Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) et installations nucléaires de base	2
4.1.4. Autres activités	2
4.2. Environnement naturel	5
4.2.1. Contexte climatique.....	5
4.2.2. Risques naturels.....	7
4.3. Environnement matériel.....	11
4.3.1. Voies de communication	11
4.3.2. Réseaux publics et privés.....	12
4.3.3. Autres ouvrages publics.....	12
4.3.4. Cartographie de synthèse	12
5. Description de l'installation.....	14
5.1. Caractéristiques de l'installation	14
5.1.1. Caractéristiques générales d'un parc éolien	14
5.1.2. Activité de l'installation	18
5.1.3. Composition de l'installation	18
5.2. Fonctionnement de l'installation	19
5.2.1. Principe de fonctionnement d'un aérogénérateur.....	19
5.2.2. Sécurité de l'installation	27
5.2.3. Opérations de maintenance de l'installation	35
5.2.4. Stockage et flux de produits dangereux	36
5.2.5. Conteneurs stockage et batteries.....	36
5.3. Fonctionnement des réseaux de l'installation	37
5.3.1. Raccordement électrique	37
5.3.2. Autres réseaux	38

6.	Identification des potentiels de dangers de l'installation	39
6.1.	Potentiels de dangers liés aux produits.....	39
6.2.	Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation	39
6.3.	Réduction des potentiels de dangers à la source.....	40
6.3.1.	Principales actions préventives	40
6.3.2.	Utilisation des meilleures techniques disponibles	41
7.	Analyse des retours d'expérience	42
7.1.	Inventaire des accidents et incidents en France Métropolitaine	42
7.2.	Inventaire des accidents et incidents à l'international	43
7.3.	Inventaire des accidents majeurs survenus sur les sites de l'exploitant.....	46
7.4.	Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience	46
7.4.1.	Analyse de l'évolution des accidents en France	46
7.4.2.	Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents.....	47
7.5.	Limites d'utilisation de l'accidentologie	47
8.	Analyse préliminaire des risques	49
8.1.	Objectif de l'analyse préliminaire des risques.....	49
8.2.	Recensement des événements initiateurs exclus de l'analyse des risques .	49
8.3.	Recensement des agressions externes potentielles.....	50
8.3.1.	Agression externes liées aux activités humaines.....	50
8.3.2.	Agressions externes liées aux phénomènes naturels.....	50
8.4.	Scénarios étudiés dans l'analyse préliminaire des risques (APR).....	51
8.5.	Effets dominos.....	57
8.6.	Mise en place des mesures de sécurité.....	57
8.7.	Conclusion de l'analyse préliminaire des risques.....	64
9.	Etude détaillée des risques.....	66
9.1.	Rappel des définitions	66
9.1.1.	Cinétique.....	66
9.1.2.	Intensité.....	67
9.1.3.	Gravité	68
9.1.4.	Probabilité.....	69
9.2.	Caractérisation des scénarios retenus.....	70
9.2.1.	Scénario 1 : Effondrement de l'éolienne	70
9.2.2.	Scénario 2 : Chute d'éléments de l'éolienne	73
9.2.3.	Scénario 3 : Projection de pales ou de fragments de pales.....	75
9.3.	Synthèse de l'étude détaillée des risques	79
9.3.1.	Tableaux de synthèse des scénarios étudiés.....	79
9.3.2.	Synthèse de l'acceptabilité des risques	80
10.	Conclusion	81
11.	Glossaire.....	82
12.	Bibliographie et références utilisées	86
13.	Annexes.....	87

Liste des tableaux

Tableau 1 : Nomenclature des installations classées.....	1
Tableau 2 : Identité du demandeur	2
Tableau 3 : Catégories des cyclones en fonction des vitesses de vent.....	6
Tableau 4 : Description des zones du plan de zonage réglementaire en Martinique	8
Tableau 5 : Coordonnées géographiques des aérogénérateurs	19
Tableau 6 : Caractéristiques de la nacelle (Source : NW Energy)	23
Tableau 7 : Caractéristiques des pales et du rotor de l'éolienne V136-4MW (Source : VESTAS).....	25
Tableau 8 : Potentiels dangers.....	40
Tableau 9 : Agressions externes liées aux activités humaines.....	50
Tableau 10 : Agressions externes liées aux phénomènes naturels	51

Liste des figures

Figure 1 : Localisation du projet.....	1
Figure 2 : Registre Parcellaire 2017 à proximité du projet GRESS 2&3 (Source : Géoportail et Antea Group ; légende du registre parcellaire).....	3
Figure 3 : Occupation des sols : Corine Land Cover 2012 (Source : Géoportail et Antea Group).....	4
Figure 4 : Précipitations moyennes, températures minimales et maximales entre 1981 et 2010 à la station St Pierre (source : Météo France)	6
Figure 5 : Trajectoire des ouragans et tempêtes tropicales à proximité de la Martinique sur la période 1959-2018 (source : https://coast.noaa.gov/hurricanes/)	7
Figure 6 : Localisation des éoliennes de GRESS 2&3 par rapport au zonage du PPRN de Macouba (Source : www.pprn972.fr et Antea Group).....	9
Figure 7 : Zonage sismique de la France (Source : BRGM).....	10
Figure 8 : Rotor.....	15
Figure 9 : Schéma d'une nacelle	16
Figure 10 : Schéma de principe d'une éolienne V136 (Source : Vestas).....	16
Figure 11 : Illustration des emprises au sol d'une éolienne (Source : Guide technique INERIS, mai 2012)	17
Figure 12 : Composants de la nacelle.....	23
Figure 13: Schéma simplifié de la chaîne cinématique.....	25
Figure 14 : Raccordement électrique des installations.....	37
Figure 15 : Schéma type de réseau inter-éolien	38
Figure 16 : Répartition des événements accidentels sur le parc d'aérogénérateur français entre 2000 et juillet 2018 (Source : Guide technique : élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens + mise à jour ANTEA juillet 2018)	43
Figure 17 : Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2010 (Source : Guide technique : élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens)	44
Figure 18 : Répartition des causes premières d'effondrement (Source : Guide technique : élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens)	45

Figure 19 : Répartition des causes premières de rupture de pale (Source : Guide technique : élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens)	45
Figure 20 : Répartition des causes première d'incendie (Source : Guide technique : élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens)	46
Figure 21 : Evolution du nombre d'incidents annuels en France Métropolitaine et nombre d'éoliennes installées (Source : Guide technique : élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens)	47

Liste des annexes

Annexe 1 :	Plan de situation des installations de GRESS 2&3
Annexe 2 :	Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne
Annexe 3-1 :	Accidentologie Française pour les parcs éoliens
Annexe 3-2 :	Accidentologie Française pour les accumulateurs
Annexe 4 :	Synthèse cartographique des scénarios pour GRESS 2&3
Annexe 5 :	Courriers de la DGAC concernant GRESS 2&3
Annexe 6 :	Courriers au ministère de la Défense

1. Préambule

1.1. Contexte

Le Groupe NW souhaite, via sa filiale SAS GRESS 2&3, exploiter **des éoliennes avec système de stockage** sur la commune de Macouba, aux lieux-dits Potiche et Chéneaux.

Un dossier de demande d'autorisation environnementale unique incluant une étude de dangers doit donc être déposé en Préfecture afin d'obtenir l'arrêté préfectoral d'autorisation d'exploiter.

1.2. Objet et méthodologie de l'étude

L'étude des dangers expose les dangers que peuvent présenter les installations en cas d'accident, en présentant une description des accidents susceptibles d'intervenir que leur cause soit d'origine interne ou externe, et en décrivant la nature et l'extension des conséquences.

L'étude des dangers est élaborée de manière à répondre aux dernières évolutions réglementaires.

Elle intègre notamment les textes suivants :

- Arrêté du 29/09/2005 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.
- Modification des articles R512-6 à R512-10 du code de l'environnement.
- 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.

Dans cette optique, elle comprend les étapes suivantes :

- Description synthétique des installations et de leur fonctionnement ; l'objectif est d'établir l'ensemble des flux de matières, pour certaines dangereuses, qui participent à la matérialisation des potentiels de dangers sur le site.
- Description et caractérisation de l'environnement en distinguant l'environnement comme source potentielle d'agression et l'environnement comme cible.
- Identification et caractérisation des potentiels de dangers à partir des étapes suivantes :
 - analyse des dangers liés aux produits,
 - analyse des dangers liés aux équipements et installations,

- analyses des antécédents d'accidents survenus sur le site et sur d'autres sites mettant en œuvre des installations, des produits et des procédés comparables.
- Analyse des potentiels de dangers et des principales dispositions de réduction des potentiels de dangers. Cette partie vise à identifier les phénomènes dangereux susceptibles de se produire, présenter les dispositions prises pour supprimer, limiter ou substituer aux procédés dangereux, à l'origine des dangers potentiels, des procédés ou produits présentant des dangers moindres.
- Modélisation des conséquences des phénomènes dangereux associées aux potentiels de dangers notables identifiés (estimation des conséquences de la matérialisation des dangers). L'objectif de cette étape est de modéliser les conséquences des phénomènes dangereux maximums, représentatifs des potentiels de dangers et totalement découplés du niveau de maîtrise des risques par l'exploitant et des barrières de sécurité actives existantes.
- Evaluation des effets dominos.
- Présentation des mesures générales de préventions existantes sur le site
- Identification des phénomènes dangereux nécessitant une étude plus détaillée (phénomènes dangereux générant des effets à l'extérieur du site) et étude détaillée des risques (Evaluation de la gravité, la probabilité d'occurrence et la cinétique des phénomènes dangereux).
- Description des méthodes et moyens d'intervention.
- Caractérisation du risque et présentation si nécessaire des mesures compensatoires envisagées et proposées.

L'étude de dangers a été réalisée en suivant le guide technique « Elaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens » de mai 2012.

Ce guide technique a été réalisé par un groupe de travail constitué de l'INERIS et de professionnels du Syndicat des énergies renouvelables : porteurs de projets, exploitants de parcs éoliens et constructeurs d'éoliennes. L'INERIS a validé la méthodologie suivie dans le présent guide, au regard de la réglementation en vigueur et des pratiques actuelles en matière d'étude de dangers dans les autres installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE).

1.3. Objectif de l'étude de dangers

La présente étude de dangers a pour objet de rendre compte de l'examen effectué par SAS GRESS 2&3 pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques des éoliennes de GRESS 2&3, à Macouba, 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 de GRESS 2&3. 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 les éoliennes GRESS 2&3, qui réduisent le risque à l'intérieur et à l'extérieur des éoliennes à un niveau jugé acceptable par l'exploitant.

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

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

1.4. Contexte législatif et réglementaire

Les objectifs et le contenu de l'étude de dangers sont définis dans la partie du Code de l'environnement relative aux installations classées. Selon l'article L. 512-1, l'étude de dangers expose les risques que peut présenter l'installation pour les intérêts visés à l'article L. 511-1 en cas d'accident, que la cause soit interne ou externe à l'installation. L'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation fournit un cadre méthodologique pour les évaluations des scénarios d'accident majeurs. Il impose une évaluation des accidents majeurs sur les personnes uniquement et non sur la totalité des enjeux identifiés dans l'article L. 511-1. En cohérence avec cette réglementation et dans le but d'adopter une démarche proportionnée, l'évaluation des accidents majeurs dans l'étude de dangers d'un parc d'aérogénérateurs s'intéressera prioritairement aux dommages sur les personnes. Pour les parcs éoliens, les atteintes à l'environnement, l'impact sur le fonctionnement des radars et les problématiques liées à la circulation aérienne feront l'objet d'une évaluation détaillée au sein de l'étude d'impact.

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

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

- description de l'environnement et du voisinage
- description des installations et de leur fonctionnement

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

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

1.5. Nomenclature des installations classées

Selon la nomenclature des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement définie par l'Annexe de l'article R511-9 du Code de l'Environnement, le projet est justiciable des rubriques indiquées dans le tableau ci-après.

N° de la rubrique	Désignation des activités	Grandeur de l'activité sur le site	Régime ICPE (rayon d'affichage)
2980	Comprenant au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m	3 aérogénérateurs équipés de mât de 112 m de hauteur de moyeu (Ti GRESS 2) + 3 aérogénérateurs équipés de mât de 112 m de hauteur de moyeu (Ti GRESS 3) TOTAL 6 aérogénérateurs équipés de mât de 112 m de hauteur de moyeu	A (6) (A: soumis à autorisation)
2925	Accumulateurs (ateliers de charge d') La puissance maximale de courant continu utilisable pour cette opération étant supérieure à 50 kW	6 000 kW (Ti GRESS 2) + 6 000 kW (Ti GRESS 3) TOTAL 12 000 kW	D (D: régime déclaratif)

Tableau 1 : Nomenclature des installations classées

2. Résumé non technique

Le résumé non technique de l'étude des dangers est associé au résumé non technique de l'étude d'impact et fait l'objet d'un rapport distinct constituant la première partie du présent dossier de demande d'autorisation environnementale unique.

3. Informations générales concernant l'installation

3.1. Renseignements administratifs

Raison sociale	SAS GRESS 2&3
Nom commercial	SAS GRESS 2&3
Forme juridique	SAS
Président	Jean Christophe KERDELHUE
Adresse du siège social	Immeuble Avantage 11 rue des Arts et Métiers Lotissement Dillon Stade 97200 FORT DE FRANCE
Téléphone	01 83 75 17 77
Numéro SIREN	RCS FORT DE FRANCE 494 473 457
Code APE	7112 B
Personne chargée de suivre le dossier	Jean Christophe KERDELHUE Président Tél : 01 83 75 17 77 Email : contact@nw-energy.fr
Personne signataire du dossier	Jean Christophe KERDELHUE

Tableau 2 : Identité du demandeur

3.2. Localisation du site

Les éoliennes E1, E2, E3 et E4, ainsi que les deux postes de livraison (PDL) et les conteneurs des systèmes de stockage sont localisés au lieu-dit Chéneaux de la commune de Macouba, en Martinique (972).

Les éoliennes E5 et E6 sont localisés au lieu-dit Potiche de la commune de Macouba, en Martinique (972).

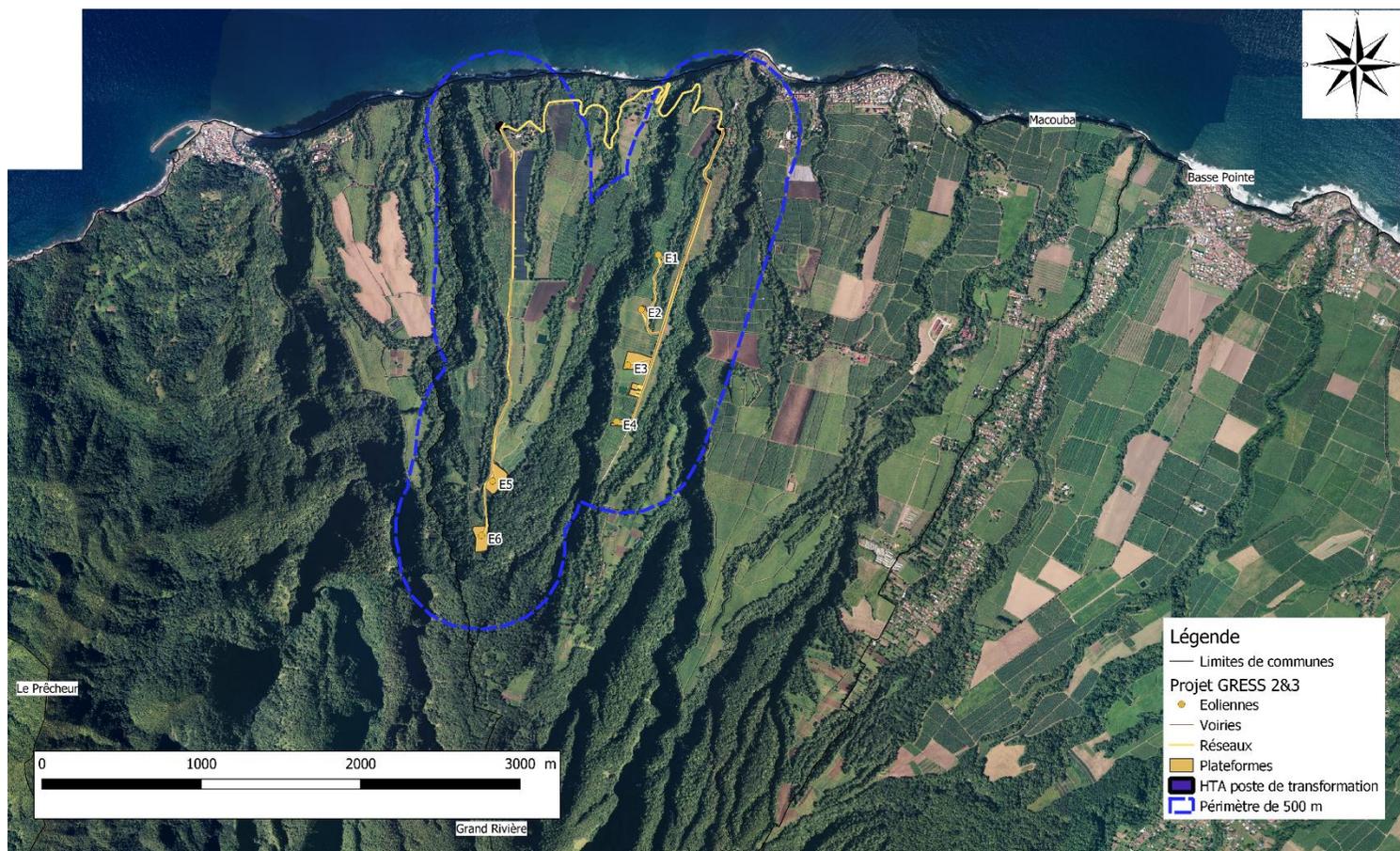


Figure 1 : Localisation du projet

3.3. Définition de l'aire d'étude

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

Chaque aire d'étude correspond à l'ensemble des points situés à une distance inférieure ou égale à 500 m à partir de l'emprise du mât de l'aérogénérateur. Cette distance équivaut à la distance d'effet retenue pour les phénomènes de projection, telle que définie au paragraphe 9.2.3.

La zone d'étude n'intègre pas les environs du poste de livraison, qui est 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.

La carte de situation des installations de GRESS 2&3 est placée en annexe 1.

4. Description de l'environnement de l'installation

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

4.1. Environnement humain

4.1.1. Zones urbanisées

Le site est principalement bordé de zone agricole et est éloigné de toute habitation. En effet, les premières habitations se situent à environ 700 - 800 m à l'Est (Bellevue), au Nord (Chéneaux) et au Sud (Désiles).

Aucune zone d'habitation n'est recensée dans l'aire d'étude.

4.1.2. Etablissements recevant du public (ERP)

Aucun ERP n'est recensée dans les limites de la zone d'étude.

4.1.3. Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) et installations nucléaires de base

Aucune ICPE ou installation nucléaire n'est recensée dans les limites de la zone d'étude de 500 m.

4.1.4. Autres activités

Activité agricole :

Au droit du secteur d'étude, la plus grande partie de la surface agricole est consacrée à la culture de la canne à sucre et de la banane, comme visibles, respectivement en bleu et rouge sur la figure ci-dessous.

Au droit du site, l'activité agricole est peu représentée. L'emprise du projet couvre des surfaces relativement faibles de plantations à cannes à sucre, de bananeraies et des prairies pâturées. Les autres surfaces sont occupées par des formations naturelles (ravines, fourrés, boisements...).

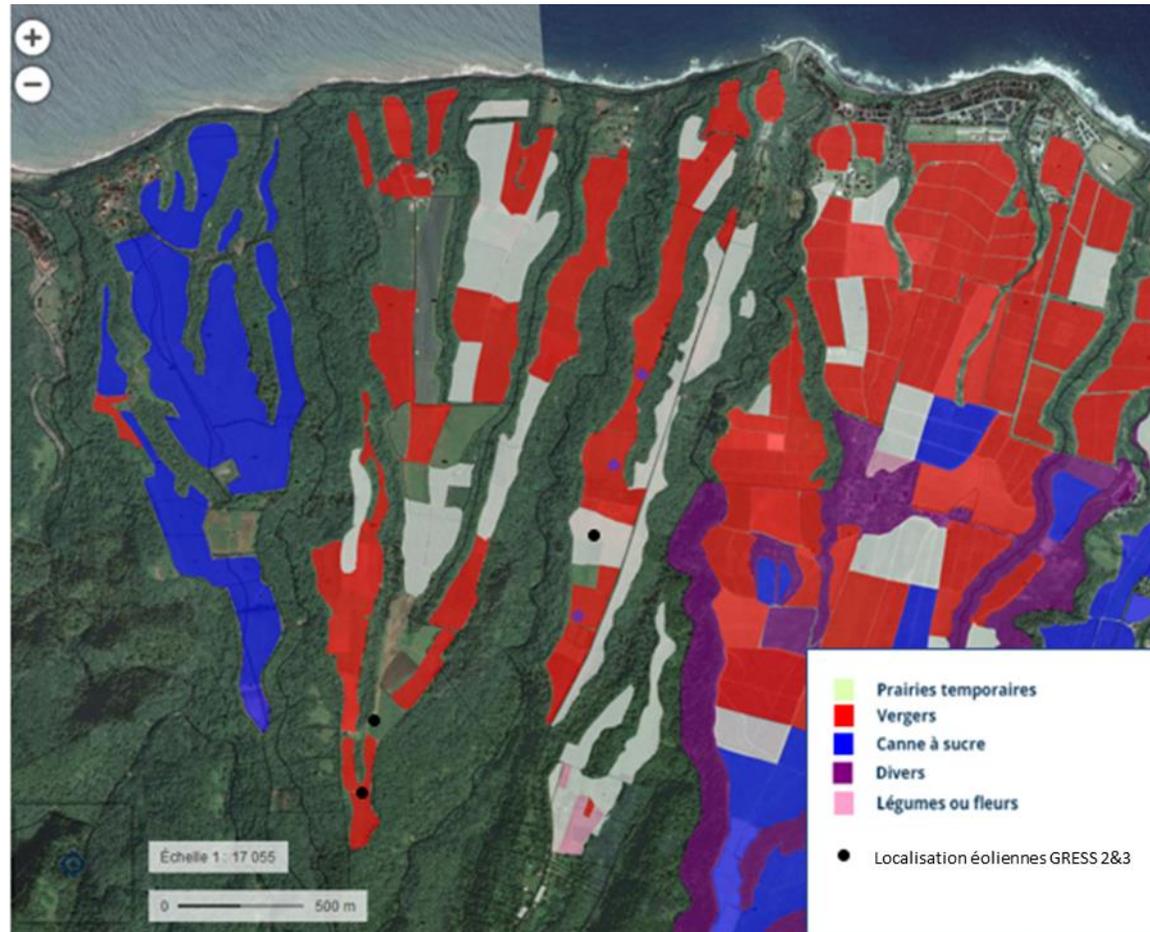


Figure 2 : Registre Parcellaire 2017 à proximité du projet GRESS 2&3 (Source : Géoportail et Antea Group ; légende du registre parcellaire)

La carte ci-après présente l'occupation des sols à proximité du projet.

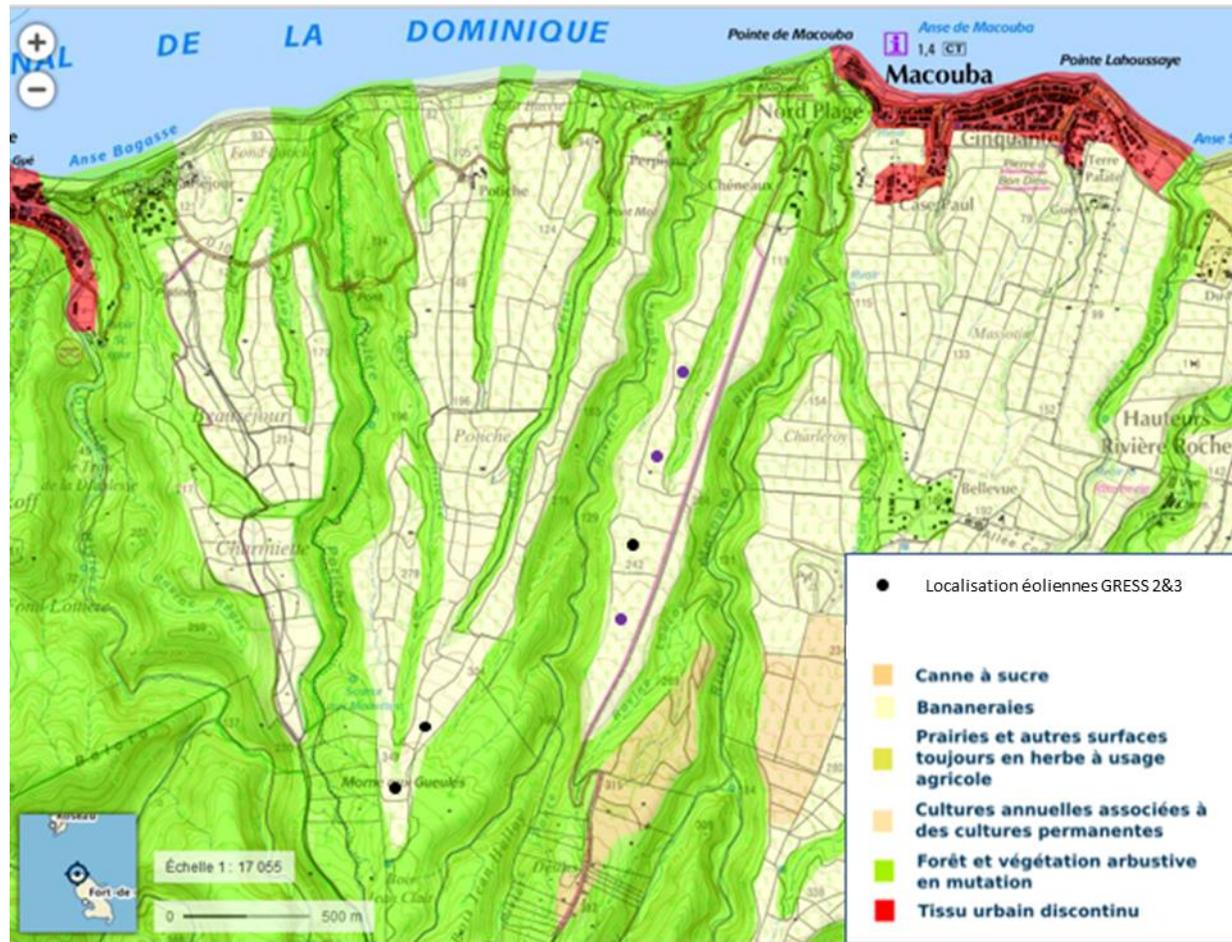


Figure 3 : Occupation des sols : Corine Land Cover 2012 (Source : Géoportail et Antea Group)

Activités touristiques :

L'activité touristique sur la commune de Macouba est limitée.

Si cette partie de la Martinique n'a pas une forte capacité d'accueil, elle dispose d'attraits naturels qui attirent un certain nombre de visiteurs pour la journée. Entre autre, on peut citer, dans les environs du projet, l'habitation Beauséjour, la Grotte de Macouba, la distillerie JM, et les sentiers de randonnée N°22 « Macouba-Motagne Pelée par Désiles » et N°21 « Grand Rivière-Montagne Pelée ».

D'après la carte IGN (4601 GT), le sentier côtier de randonnée n°22 se situe dans la zone d'étude de quatre aérogénérateurs.

Production énergétique :

Deux installations de production d'énergies renouvelables sont localisées au Nord et à l'ouest du projet. Il s'agit de la ferme photovoltaïque de Potiche et du parc éolien de GRESS. Elles sont toutes deux situées en dehors de l'aire d'étude.

4.2. Environnement naturel

4.2.1. Contexte climatique

4.2.1.1. Saisons

Le climat de la Martinique est de type tropical humide. Il est caractérisé par deux saisons bien distinctes : la saison sèche dite du carême allant de janvier à juin et la saison humide dite d'hivernage de juillet à décembre.

4.2.1.2. Températures et Précipitations

La Martinique bénéficie d'un régime thermique de type tropical insulaire. Entre 1981 et 2010, les températures à St Pierre étaient comprises entre 20.8°C et 31.9°C. En moyenne, les hauteurs de précipitations sont comprises entre 70.2 mm en avril et 277 mm août.

Le graphique ci-dessous représente les moyennes des données thermiques et pluviométriques sur 30 ans.

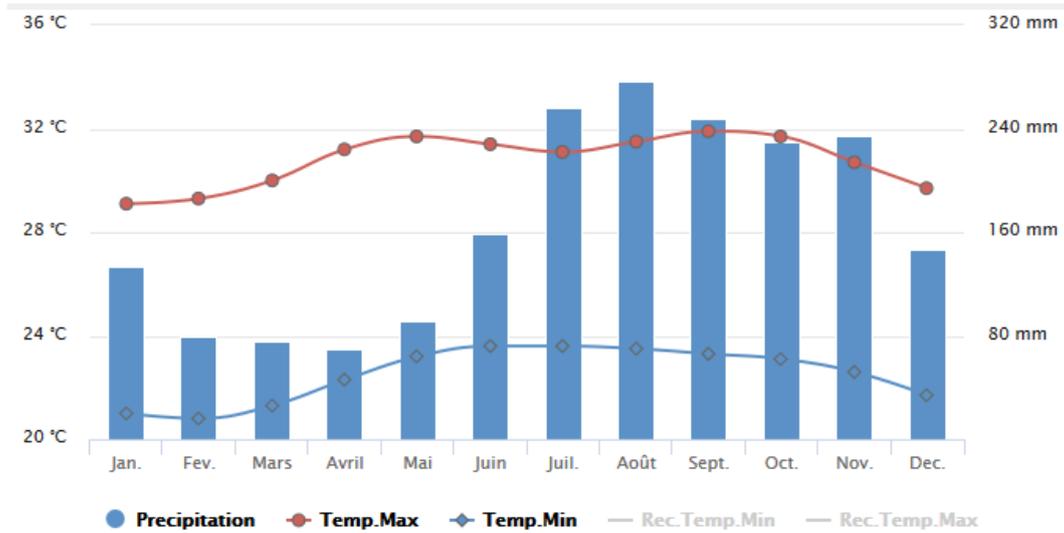


Figure 4 : Précipitations moyennes, températures minimales et maximales entre 1981 et 2010 à la station St Pierre (source : Météo France)

4.2.1.3. Vent

L'alizé constitue l'élément déterminant du climat de la Martinique. Il est dirigé par l'anticyclone des Açores. Il peut provenir des latitudes tropicales ou tempérées, mais est toujours humide.

Le régime des vents est largement dominé par des vents de secteur Est (ENE à ESE).

4.2.1.4. Cyclones

La région Caraïbe est exposée à des ondes tropicales en provenance du continent africain. En traversant l'océan Atlantique, ces ondes tropicales peuvent se renforcer en cyclones avec des vitesses de vent plus ou moins élevées.

Dépresseions, tempêtes et cyclones sont classés en différentes catégories :

Vitesse des vents (km/h)	Catégories	Dégâts causés
< 63	Dépression tropicale	
63 à 117	Tempête tropicale	
> 117	Ouragan	
118 < 153	Classe 1	minimes
154 et 177	Classe 2	modérés
178 et 209	Classe 3	intenses
210 et 249	Classe 4	extrêmes
> 249	Classe 5	catastrophiques

Tableau 3 : Catégories des cyclones en fonction des vitesses de vent

Selon Météo France, on observe le passage d'une tempête tropicale ou d'un ouragan près des Antilles françaises une année sur deux en moyenne. Durant les 100 dernières années, des ouragans intenses ont été observés de nombreuses fois à proximité de la Martinique.

Les derniers événements survenus en Martinique sont :

- les cyclones Maria et Irma en 2017, Tomas en 2010, Dean en 2007 et Marilyn 1995.
- les tempêtes tropicales Mathew en 2016, Ernesto et Rafael en 2012, Emily en 2011, Iris en 1995 et Debby en 1994.

La trajectoire des ouragans et tempêtes tropicales à proximité de la Martinique entre 1842 et 2018 est représentée sur la carte ci-dessous. La trajectoire de Maria en 2017 est représentée en gras.

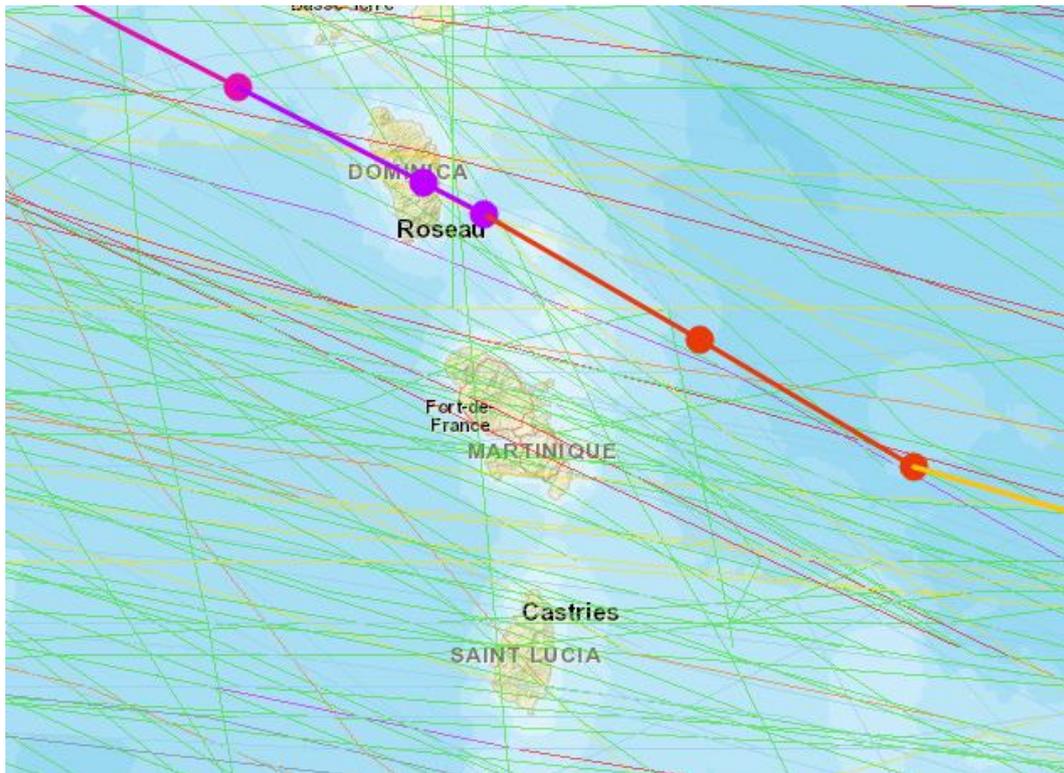


Figure 5 : Trajectoire des ouragans et tempêtes tropicales à proximité de la Martinique sur la période 1959-2018 (source : <https://coast.noaa.gov/hurricanes/>)



Des dommages plus ou moins importants sont occasionnés par les vents violents, par les inondations liées aux précipitations et aux marées de tempête et par des mouvements de terrain (glissements et ravinements).

4.2.2. Risques naturels

4.2.2.1. PPRN de Macouba

Un Plan de Prévention des Risques Naturels (PPRN) est élaboré pour chaque commune de la Martinique. Il s'agit d'un outil cartographique, descriptif et réglementaire qui permet

de prendre en compte cinq risques naturels afférents à une zone déterminée dans le cadre de son aménagement. Ces cinq risques sont : sismique, volcanique, mouvement de terrain, inondation et cyclonique. Le PPRN vaut servitude d'utilité publique opposable à tous les actes individuels (certificats d'urbanisme, permis de construire, permis de lotir, etc.).

La révision du PPRN de la commune de Macouba a été approuvée le 3 décembre 2013, par l'arrêté préfectoral N°2013337-0018.

Le plan de prévention des risques naturels s'intéresse à cinq aléas différents :

- inondations ;
- littoral (submersion marine, houle et érosion) ;
- mouvements de terrain (glissements, coulées de boue, chutes de blocs, éboulements) ;
- séismes (effet direct, liquéfaction, présence de faille supposée active) ;
- volcanisme.

Le territoire de la Martinique comprend 5 zones dont la définition est synthétisée dans le tableau suivant :

	Aléa majeur	Aléa fort	Aléa moyen	Aléa moyen spécifique (inondation uniquement)	Aléa faible (mouvement de terrain uniquement)
Enjeux forts existants	Pas de construction autorisée, Possibilité d'expropriation. ZONE VIOLETTE	Application de prescriptions et réalisation d'une étude de risque. ZONE ORANGE BLEUE	Application de prescriptions particulières. ZONE JAUNE	Application de prescriptions particulières. ZONE JAUNE	Application de prescriptions particulières. ZONE JAUNE
Enjeux forts futurs	Pas de construction autorisée, Possibilité d'expropriation. ZONE VIOLETTE	Application de prescriptions et réalisation d'un Aménagement global. ZONE ORANGE	Application de prescriptions particulières. ZONE JAUNE	Application de prescriptions particulières. ZONE JAUNE	Application de prescriptions particulières. ZONE JAUNE
Enjeux modérés	Pas de construction autorisée, Possibilité d'expropriation. ZONE VIOLETTE	Pas de construction autorisée sauf exceptions précisées au règlement. ZONE ROUGE	Application de prescriptions particulières. ZONE JAUNE	Application de prescriptions particulières. ZONE JAUNE	Application de prescriptions particulières. ZONE JAUNE

Tableau 4 : Description des zones du plan de zonage réglementaire en Martinique

L'extrait du PPRN ci-après présente la situation du projet GRESS 2&3.

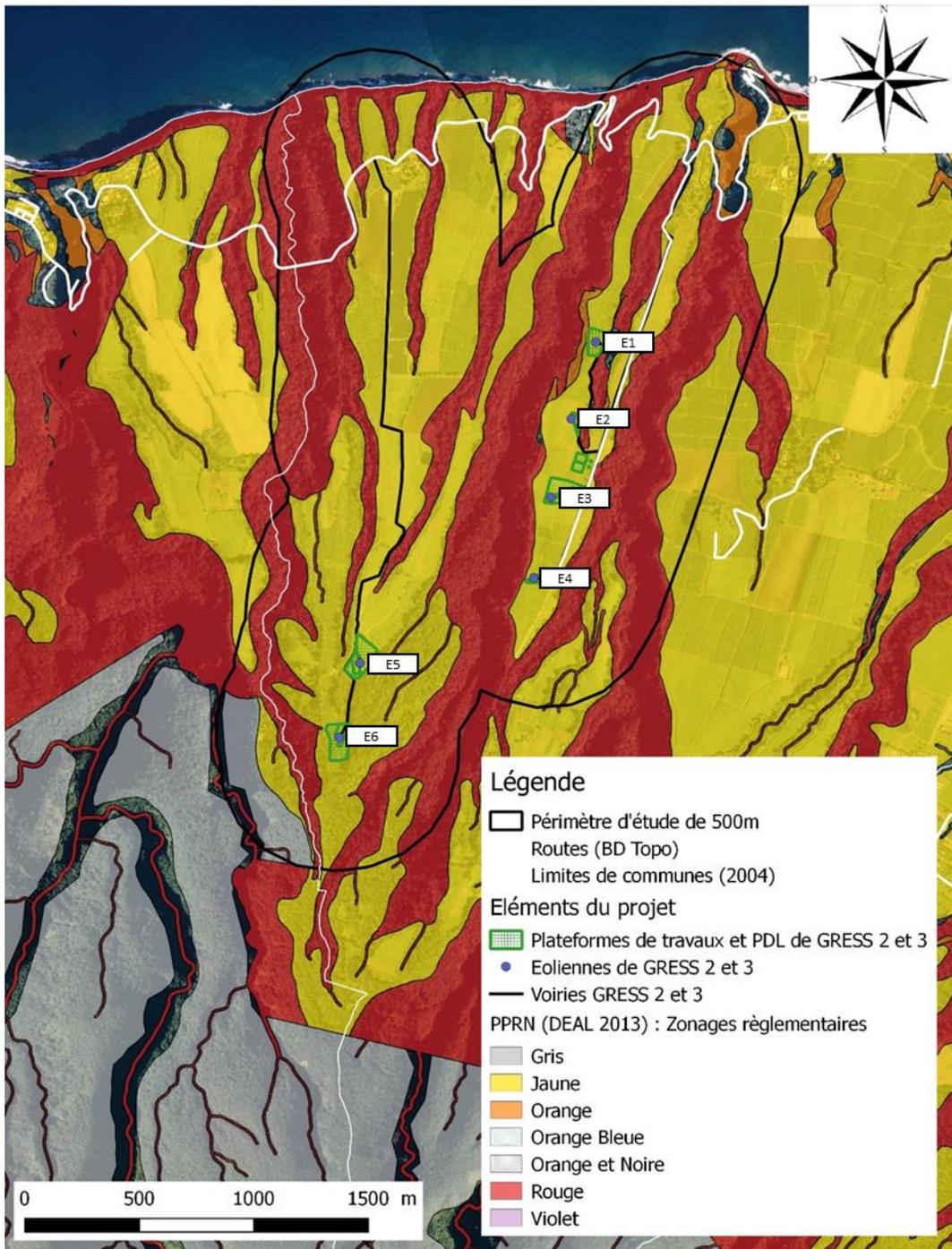


Figure 6 : Localisation des éoliennes de GRESS 2&3 par rapport au zonage du PPRN de Macouba (Source : www.pprn972.fr et Antea Group)

L'ensemble des éoliennes du projet se situe sur la zone jaune du PPRN de la commune de Macouba : aucune prescription particulière n'est demandée.

Selon le règlement du PPRN, toutes les constructions nouvelles et tous les travaux seront autorisés sous réserve du respect des prescriptions.

4.2.2.3. Foudre

La foudre est un phénomène très complexe à effets multiples. Ces effets sont les suivants :

- Effets thermiques liés à l'effet Joule dans les mauvais conducteurs (matières plastiques, béton) ;
- Montées en potentiel de prises de terre ;
- Effets d'induction ;
- Effets électrodynamiques.

Les éoliennes constituent des points hauts dans un paysage et sont donc des installations sujettes au foudroiement. Sur l'éolienne, l'impact de foudre peut avoir pour conséquences :

- Des phénomènes de bris de pales liés aux effets thermiques. L'extrémité de pale est l'endroit le plus exposé. Le morceau de pale endommagé peut rester accroché au reste de la pale et se décrocher ultérieurement sous l'effet de la vitesse de rotation.
- Des phénomènes de surtension dans les circuits et composants électriques, conduisant à des courts-circuits et à un incendie.
- Des phénomènes d'induction pouvant amener des effets similaires.

Foudre	
Niveau kéraunique (Nk) du site	40
Niveau kéraunique français	11,30
Densité de foudroiement par km ² et par an sur la Martinique	4 impacts/an/km ² .
Densité moyenne de foudroiement par km ² et par an en France	0.76 impacts/an/km ²

La foudre est retenue comme source potentielle de danger pour le parc éolien GRESS 2&3.

Le système parafoudre est conforme aux standards IEC 62305.

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.

Le système de protection foudre LPS (Lightning Protection System) est composé de récepteurs foudre, dont le courant est dévié vers la terre entourant la base de l'éolienne.

4.3. Environnement matériel

4.3.1. Voies de communication

Dans les limites de la zone d'étude, il n'est pas recensé de réseaux de communication associés aux transports routiers (route structurante), ferroviaire, fluvial et aérien. Seuls des chemins communaux sont interceptés par la zone d'étude.

Le réseau routier est composé uniquement de la RD10, seul accès du Nord Martinique, reliant le bourg de Basse-Pointe à celui de Grand Rivière. Cette route relativement peu fréquentée, étroite et tortueuse, est peu facile d'accès pour des gabarits autres que véhicules légers, avec des passages sur des ponts de fer étroits et des fortes pentes. Au niveau de Grand Rivière, elle n'est plus accessible aux véhicules et se transforme alors en chemin de Grande Randonnée (GR).

La route départementale 10 a fait l'objet d'une étude de fréquentation (Evolution du trafic sur les routes départementales de 1993 à 1998 – Conseil Général). Il en ressort que, sur la portion Macouba/Grand Rivière, la moyenne journalière tout sens confondus en 1998 équivalait à 2 151 véhicules.

Cette route est cartographiée comme route touristique. Il existe le long de cette route, quelques rares gîtes, hôtels ou restaurants.

4.3.2. Réseaux publics et privés

Les réseaux EDF, France Télécom et eaux longent la route départementale 10. Il existe des antennes de télécommunication sur la route de Beauséjour.

Dans ce secteur, la topographie offre peu de configurations différentes d'installations des réseaux.

Le poste HTA/HTB le plus proche se situe sur la commune du Marigot.

Ainsi, il n'y a pas de servitudes électriques ou radioélectriques applicables à la zone d'implantation des éoliennes.

4.3.3. Autres ouvrages publics

Aucun autre ouvrage public n'est recensé dans les limites de la zone d'étude.

4.3.4. Cartographie de synthèse

L'annexe 1 présente la cartographie du projet et les enjeux à protéger dans la zone d'étude.

Les enjeux humains présents dans les ensembles homogènes situés dans l'aire d'étude des éoliennes concernent, selon les termes de la méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne, des terrains aménagés mais peu fréquentés. Il s'agit :

- de chemins et champs agricoles ;
- d'un chemin de randonnée ;
- et d'une centrale photovoltaïque.

Pour ces ensembles, la méthode préconise de compter :

- 1 personne par tranche de 100 hectares de terrains non aménagés et très peu fréquentés,
- 2 personnes par 1 km par tranche de 100 promeneurs / jour pour les chemins et voies piétonnes.

La méthode de comptage des personnes basée sur la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers est placée en annexe 2.

5. Description de l'installation

Ce chapitre a pour objectif de caractériser les installations envisagées ainsi que leur organisation et leur fonctionnement, afin de permettre d'identifier les principaux potentiels de danger qu'elles représentent, au regard notamment de la sensibilité de l'environnement décrit précédemment.

5.1. Caractéristiques de l'installation

5.1.1. Caractéristiques générales d'un parc éolien

Un parc éolien est une centrale de production d'électricité à partir de l'énergie du vent. Le projet serait 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 poste de livraison électrique (appelé « réseau inter-éolien »)
- Deux postes de livraison électrique (PDL), concentrant l'électricité de 3 éoliennes chacun 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 ensemble de batteries permettant de stocker de l'énergie électrique et de lisser la production délivrée au réseau
- Un réseau de câbles enterrés permettant d'évacuer l'électricité regroupée au(x) poste(s) de livraison vers le poste source (appelé « réseau externe » et appartenant le plus souvent au gestionnaire du réseau de distribution d'électricité)
- Un réseau de chemins d'accès
- Éventuellement des éléments annexes type mât de mesure de vent, aire d'accueil du public, aire de stationnement, etc.

❖ **Éléments constitutifs d'un aérogénérateur**

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

Les aérogénérateurs se composent de trois principaux éléments :

Le rotor :

Le rotor est équipé de trois pales montées sur un moyeu. La vitesse de rotation est variable afin d'optimiser le domaine de fonctionnement des pales et garantir le maximum de rendement quelle que soit la vitesse du vent. Les pales sont orientées pour assurer la

régulation de la puissance captée grâce à trois systèmes pitch électriques totalement indépendants.

La longueur de chaque pale est de 66.7 m.



Figure 8 : Rotor

Le mât :

Le mât est généralement composé de 4 à 5 tronçons en acier ou 15 à 20 anneaux de béton surmontés d'un ou plusieurs tronçons en acier.

La nacelle :

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 ;
- le transformateur permettant de ramener la tension du courant électrique produit à celle du réseau. les outils de mesure du vent (anémomètre, girouette) ;
- le balisage diurne et nocturne nécessaire à la sécurité aéronautique.

Le rotor de l'aérogénérateur comporte 3 pales. La régulation de puissance est assurée par le système de pitch électrique, qui fait également partie du système de freinage de l'hélice, le freinage aérodynamique constituant le principal moyen de freinage, particulièrement efficace, de l'hélice.

L'orientation de la nacelle, afin d'optimiser la capture de l'énergie cinétique du vent, est assurée par le système d'orientation active.

Pour les interventions d'exploitation-maintenance, les techniciens peuvent accéder à l'intérieur de la nacelle par une échelle intérieure au mât. Un système de levage auxiliaire est installé dans la nacelle afin d'aider au levage des outils et pièces détachées en haut du mât.

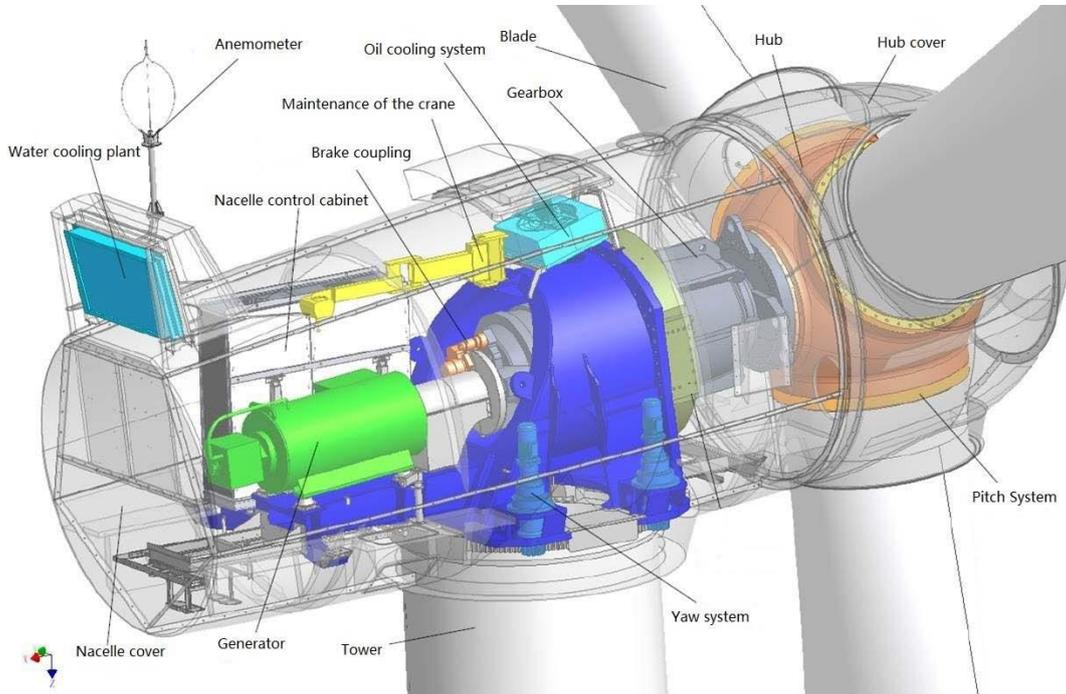


Figure 9 : Schéma d'une nacelle

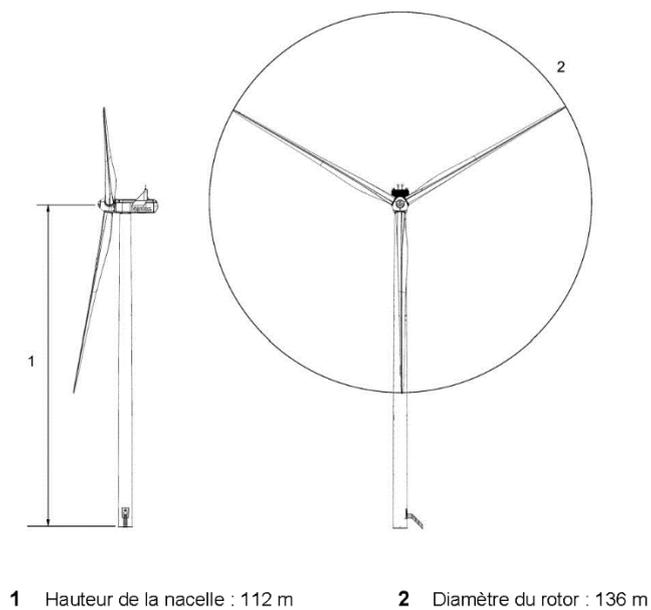


Figure 10 : Schéma de principe d'une éolienne V136 (Source : Vestas)

❖ **Emprise au sol**

Plusieurs emprises au sol sont nécessaires pour la construction et l'exploitation de parc éolien :

- **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.

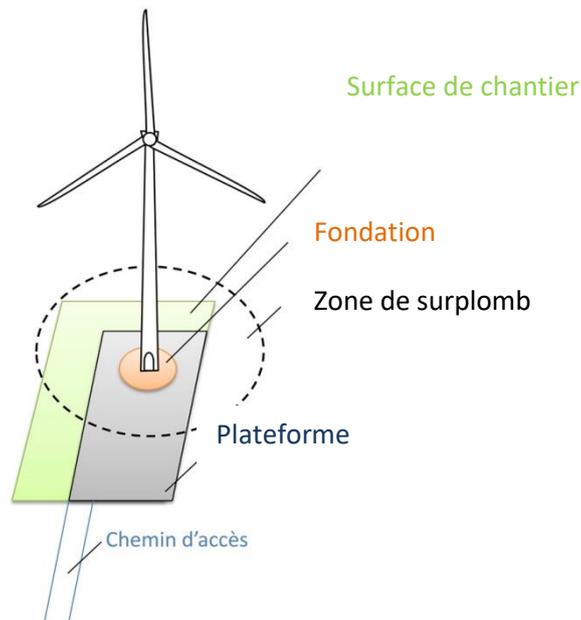


Figure 11 : Illustration des emprises au sol d'une éolienne
(Source : Guide technique INERIS, mai 2012)

❖ **Batteries lithium-ion**

Pour GRESS 2&3, le stockage d'énergie sera réalisé au moyen de batteries de technologies Lithium-ion (Li-ion). 2 conteneurs seront utilisés pour l'Energy Management System (EMS) et 4 conteneurs pour les batteries et leurs convertisseurs. Un transformateur associé à chaque conteneur de batteries-convertisseurs permettra d'obtenir la tension adéquate de fonctionnement des convertisseurs alimentant les batteries.

L'énergie pouvant être stockée par ces batteries sera globalement de 12 MWh. Ces batteries devront tenir 10 ans pour limiter leur fréquence de renouvellement pendant la durée d'exploitation du parc éolien.

Le stockage de l'énergie produite permettra de lisser la production et d'assurer une alimentation continue par tranche de 30 minutes, conformément à l'arrêté du 8 mars 2013, fixant les conditions d'achat de « l'électricité produite par les installations utilisant l'énergie mécanique du vent situées dans des zones particulièrement exposées au risque cyclonique et disposant d'un dispositif de prévision et de lissage de la production ».

❖ Chemins d'accès

Pour accéder à chaque aérogénérateur, des pistes d'accès seront aménagées pour permettre aux véhicules d'accéder aux éoliennes aussi bien pour les opérations de constructions de GRESS 2&3 que pour les opérations de maintenance liées à l'exploitation du parc éolien.

L'aménagement de ces accès concernera à la fois des chemins agricoles existants et la création de nouvelles pistes essentiellement entre les différentes éoliennes.

Durant la phase de construction et de démantèlement, les engins emprunteront ces chemins pour acheminer les éléments constituant les éoliennes et de leurs annexes.

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

❖ Autres installations

Il n'est pas prévu d'autres installations sur le projet GRESS 2&3.

5.1.2. Activité de l'installation

L'activité principale de GRESS 2&3 sera la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent avec une hauteur (mât + nacelle) de 112 mètres. Ces installations sont donc soumises à la rubrique 2980 des installations classées pour la protection de l'environnement.

La seconde activité de GRESS 2&3 sera de stocker l'énergie produite grâce à des batteries Lithium-ion LG Chem (3 MWh/conteneur). Ces installations seront soumises à la rubrique 2925 des installations classées pour la protection de l'environnement.

5.1.3. Composition de l'installation

L'installation GRESS 2&3 comprend :

- 6 aérogénérateurs de 4 MW ;
- deux zones techniques accueillant chacune : un local technique bétonné de 40 m², un groupe froid de 10m², 3 conteneurs entre 32.5 et 35 m² (pour les batteries lithium-ion et l'Energy Management System), un groupe électrogène ;
- deux postes de livraison de 14 m² ;
- une base vie accueillant le personnel exploitant du site ; un entrepôt de stockage de pièces détachés.

Chaque aérogénérateur a une hauteur de mât de 112 mètres et des pales de 66.7 m.

Le tableau suivant indique les coordonnées géographiques des aérogénérateurs :

Éolienne	X (m)	Y (m)	Z (m)
E1	698 611	1 644 465	164
E2	698 511	1 644 125	195
E3	698 426	1 643 787	234
E4	698 349	1 643 431	270
E5	697 575	1 643 065	344
E6	697 506	1 642 727	390
Zone de stockage batteries E1 E2 E3	698 554	1 643 956	134
Zone de stockage batteries E4 E5 E6	698 540	1 643 918	134
PDL TI GRESS 2 (E1, E2, E3)	698 596	1 643 943	129
PDL TI GRESS 3 (E4, E5, E6)	698 587	1 643 918	129

Tableau 5 : Coordonnées géographiques des aérogénérateurs

5.2. Fonctionnement de l'installation

5.2.1. Principe de fonctionnement d'un aérogénérateur

Les instruments de mesure de vent placés au-dessus de la nacelle conditionnent le fonctionnement de l'éolienne. Grâce aux informations transmises par l'anémomètre qui détermine la vitesse et 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, et c'est seulement à partir de 3 m/s que l'éolienne peut être couplée au réseau électrique. Le rotor et l'arbre dit « lent » transmettent alors l'énergie mécanique à basse vitesse (entre 5 et 14 tr/min) aux engrenages du multiplicateur, dont l'arbre dit « rapide » tourne environ 100 -120 fois plus vite que l'arbre lent. 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 la vitesse minimale nécessaire à la production maximale (8.5 m/s pour l'éolienne V136 – 4 MW), l'éolienne fournit sa puissance nominale.

L'électricité produite par la génératrice est convertie en courant alternatif de fréquence 50 Hz avec une tension d'environ 750 V. La tension est ensuite élevée par un transformateur situé dans la nacelle pour être ensuite injectée dans le réseau électrique public ou les batteries.

Lorsque la mesure de vent, indiquée par l'anémomètre dépasse la vitesse maximale de fonctionnement (22 m/s pour l'éolienne V136 – 4 MW), 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. Ce frein mécanique n'est activé que par un arrêt d'urgence.

Découpage fonctionnel de l'installation :

❖ Fondations

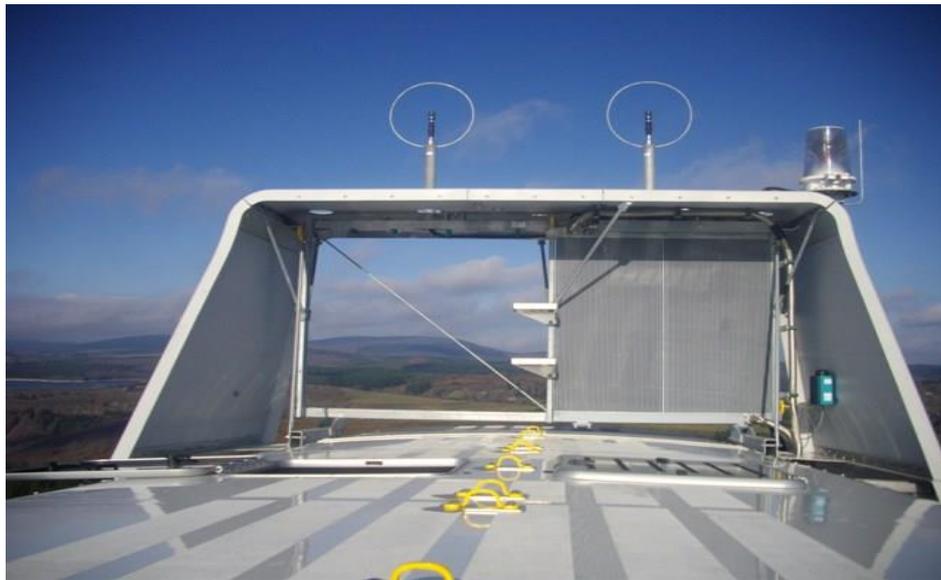
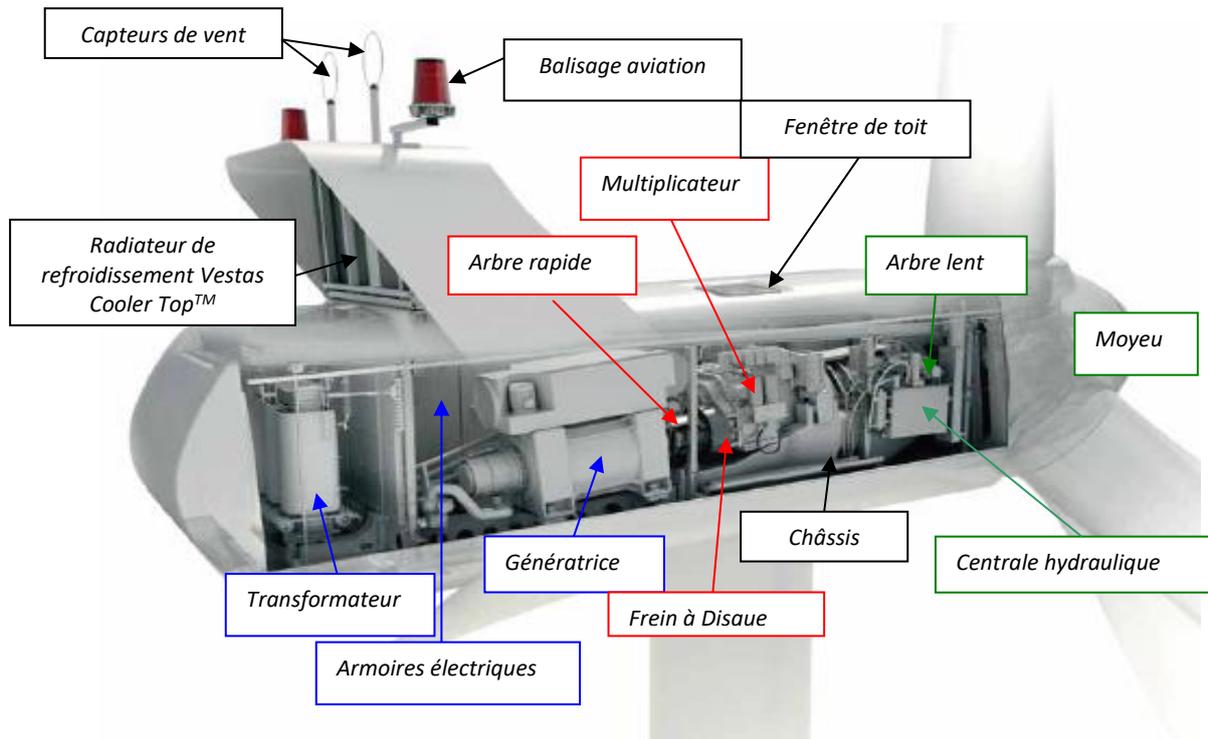
Fonction	Ancrer et stabiliser l'éolienne dans le sol
Description	<p>Le massif de fondation est composé de béton armé et conçu pour répondre aux prescriptions de l'Eurocode 2. Les fondations ont entre 3 et 5 mètres d'épaisseur pour un diamètre de l'ordre d'une vingtaine de mètres. Ceci représente une masse de béton d'environ 1 000 tonnes. Un insert métallique, la cage d'ancrage, disposé au centre du massif sert de fixation pour la base de la tour. Il répond aux prescriptions de l'Eurocode 3.</p> <p>Cette structure doit répondre aux calculs de dimensionnement des massifs qui prennent en compte les caractéristiques suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Le type d'éolienne ; • La nature des sols ; • Les conditions météorologiques extrêmes ; • Les conditions de fatigue.

❖ Tour / mât

Fonction	Supporter la nacelle et le rotor
Description	<p>La tour des éoliennes (également appelée mât) est constituée de plusieurs sections tubulaires en acier, de plusieurs dizaines de millimètres d'épaisseur et de forme tronconique, qui sont assemblées entre elles par des brides. Fixée par une bride à l'insert disposé dans le massif de fondation, la tour est autoportante.</p> <p>La hauteur de la tour, ainsi que ses autres dimensions, sont en relation avec le diamètre du rotor, la classe des vents, la topologie du site et la puissance recherchée.</p> <p>La tour a avant tout une fonction de support de la nacelle mais elle permet également le cheminement des câbles électriques de puissance et de contrôle et abrite :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Une échelle d'accès à la nacelle ; • Un élévateur de personnes ; • Une armoire de contrôle et des armoires de batteries d'accumulateurs (en point bas) ; • Les cellules de protection électriques.

❖ Nacelle

Fonctions	<ul style="list-style-type: none"> • Supporter le rotor • Abriter le dispositif de conversion de l'énergie mécanique en électricité ainsi que les dispositifs de contrôle et de sécurité
Description	<p>La nacelle se situe au sommet de la tour et abrite les composants mécaniques, hydrauliques, électriques et électroniques, nécessaires au fonctionnement de l'éolienne (voir figure ci-après). Elle est constituée d'une structure métallique habillée de panneaux en fibre de verre, et est équipée de fenêtres de toit permettant d'accéder à l'extérieur.</p> <p>Le système de refroidissement Vestas CoolerTop™ assure le refroidissement des principaux éléments de l'éolienne et sert également de support pour les balisages lumineux et les capteurs de vent (voir la photo ci-après). Ces capteurs à ultrasons mesurent en permanence la vitesse et la direction du vent.</p> <p>Une sonde de température extérieure est placée sous la nacelle et reliée au contrôle commande.</p> <p>La nacelle n'est pas fixée de façon rigide à la tour. La partie intermédiaire entre la tour et la nacelle constitue le système d'orientation, appelé « yaw system », permettant à la nacelle de s'orienter face au vent, c'est-à-dire de positionner le rotor dans la direction du vent (l'orientation du rotor est forcée).</p> <p>Le système d'orientation est constitué de plusieurs dispositifs motoréducteurs solidaires de la nacelle, dont les arbres de sortie comportent un pignon s'engrenant sur une couronne dentée solidaire de la tour. Ces dispositifs permettent la rotation de la nacelle et son maintien en position face au vent. La vitesse maximum d'orientation de la nacelle est de moins de 0,45 degrés par seconde soit environ une vingtaine de minutes pour faire un tour complet.</p> <p>Afin d'éviter une torsion excessive des câbles électriques reliant la génératrice au réseau public, il existe un dispositif de contrôle de rotation de la nacelle. Celle-ci peut faire 3 à 5 tours de part et d'autre d'une position moyenne. Au-delà, un dispositif automatique provoque l'arrêt de l'éolienne, le retour de la nacelle à sa position dite « zéro », puis la turbine redémarre.</p>
Tension dans les armoires électriques	Entre 0 et 1 200 V.



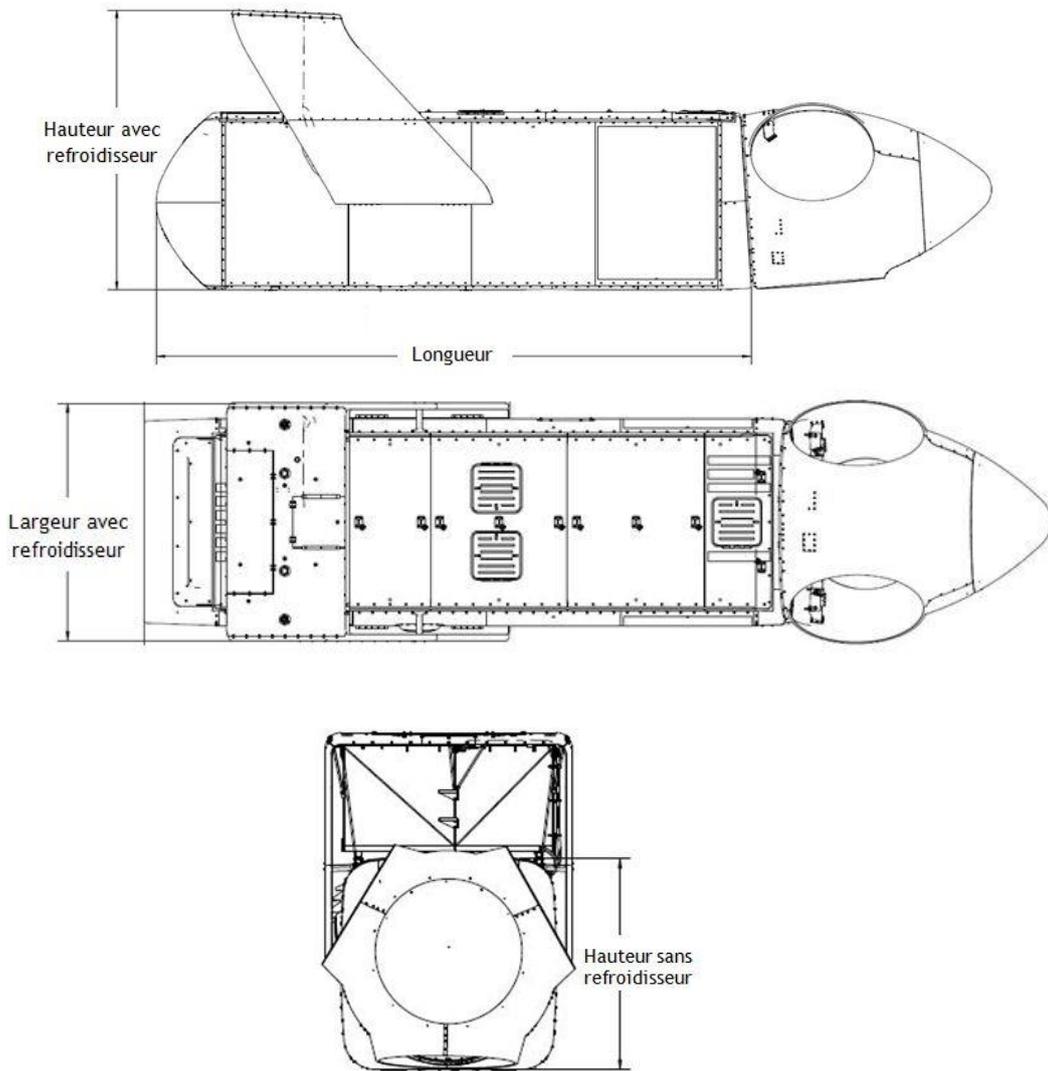


Figure 12 : Composants de la nacelle

	V136/1367150 – 4 MW
Longueur	17.5 m
Largeur avec refroidisseur	5.1 m
Hauteur avec refroidisseur	8.4 m
Poids total (sans refroidisseur, moyeu et équipements internes)	155.4 t

Tableau 6 : Caractéristiques de la nacelle (Source : NW Energy)

❖ Rotor

Fonction	Capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice
Description	<p>Les rotors Vestas sont composés de trois pales fixées au moyeu via des couronnes à deux rangées de billes et double contact radial. La rotation du rotor permet de convertir l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique. Elle est transmise à la génératrice via le multiplicateur.</p> <p>Les pales peuvent pivoter d'environ 90 degrés sur leur axe grâce à des vérins hydrauliques montés dans le moyeu. La position des pales est alors ajustée par un système d'inclinaison, appelé « Vestas Pitch System ». Ainsi, les variations de vitesse de vents sont constamment compensées par l'ajustement de l'angle d'inclinaison des pales. Le « Vestas Pitch System » est conçu pour optimiser au maximum la production de l'éolienne.</p> <p>Dans le cas où la vitesse de vent devient trop importante, risquant d'amener une usure prématurée des divers composants ou de conduire à un emballement du rotor, le « Vestas Pitch System » ramène les pales dans une position où elles offrent le moins de prise au vent, dite « en drapeau », conduisant à l'arrêt du rotor (freinage aérodynamique). Ce système comprend également la présence d'accumulateurs hydropneumatiques disposés au plus près des vérins. Ces accumulateurs permettent, même en cas de perte du système de contrôle, de perte d'alimentation électrique ou de défaillance du système hydraulique, de ramener les pales en drapeau.</p> <p>Chaque pale est indépendante et équipée de son propre pitch system afin de garantir un calage continu même en cas de dysfonctionnement du contrôle commande.</p> <p>Plusieurs notions caractérisent les pales :</p> <ul style="list-style-type: none"> • La longueur, fonction de la puissance désirée ; • La corde (largeur maximale), fonction du couple nécessaire au démarrage et de celui désiré en fonctionnement ; • Les matériaux, fonction de la résistance souhaitée. <p>La géométrie de la pale est légèrement vrillée autour de son axe longitudinal pour un meilleur rendement.</p>

ROTOR	
Diamètre	136 m
Surface balayée	14 527m ²
Plage de rotation opératoire	9.8 tours/min
PALES	
Longueur	66.7 m
Largeur maximale (corde)	4.1 m
Masse unitaire*	13 tonnes
Matériau	Fibre de verre renforcée avec époxy et fibre de carbone

Tableau 7 : Caractéristiques des pales et du rotor de l'éolienne V136-4MW
(Source : VESTAS)

❖ Multiplicateur (Gearbox)

Fonction	Multiplier la vitesse de rotation issue de l'arbre lent
Description	<p>Le rotor est directement relié à un arbre de transmission appelé « arbre lent ». Cet arbre, qui tourne à la vitesse du rotor est connecté au multiplicateur. Le multiplicateur (Gearbox) permet de multiplier la vitesse de rotation d'un facteur compris entre 100 et 120 selon les modèles, de telle sorte que la vitesse de sortie (« arbre rapide ») est d'environ 1450-1550 tours par minute.</p> <p>Le dispositif de transmission entre l'arbre rapide et la génératrice (coupling) est un dispositif flexible, réalisé en matériau composite afin de compenser les défauts d'alignement mais surtout afin de constituer une zone de moindre résistance et de pouvoir rompre en cas de blocage d'un des deux équipements.</p> <p>Sur l'arbre rapide du multiplicateur est monté un disque de frein, à commande hydraulique, utilisé pour l'arrêt de la turbine en cas d'urgence.</p>

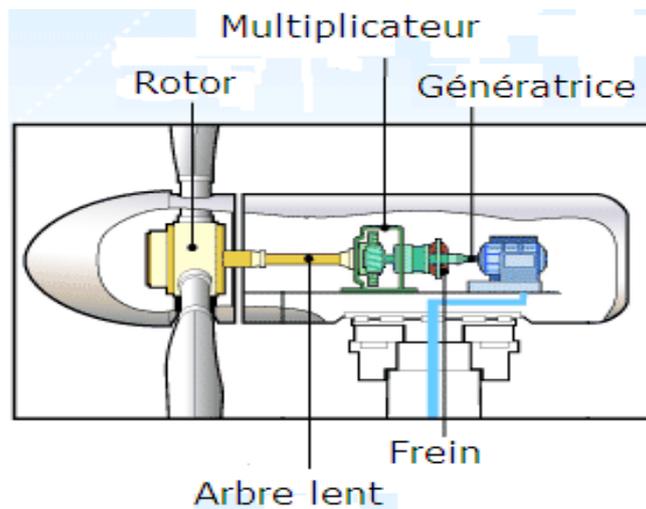


Figure 13: Schéma simplifié de la chaîne cinématique

❖ Générateur et transformateur

Fonction	<ul style="list-style-type: none"> • Produire de l'énergie électrique à partir d'énergie mécanique • Elever la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau
Description	<p>Les éoliennes sont équipées d'un système générateur/transformateur fonctionnant à vitesse variable (et donc à puissance mécanique fluctuante).</p> <p>Le générateur est ici de type synchrone délivrant un courant alternatif sous 750 V pour 3.45MW ou 800 V pour 4 MW à vitesse nominale. Un système de conversion appelé « Grid Streamer™ converter » permet d'assurer la régulation du fonctionnement du générateur et la qualité du courant produit. Il permet d'alimenter le transformateur élévateur de tension en courant alternatif 50 Hz sous 650 V pour 3.45 MW ou 720 V pour 4 MW.</p> <p>Cette tension est élevée par un transformateur sec, puis réglée par des dispositifs électroniques de façon à pouvoir être compatible avec le réseau public. Le transformateur est localisé dans une pièce fermée à l'arrière de la nacelle.</p> <p>Un câble relie ensuite la nacelle et les cellules de protection du réseau, disposées dans une armoire en partie basse de la tour. Il s'agit de cellules à isolation gazeuse (SF₆) qui permettent une séparation électrique de l'éolienne par rapport aux autres machines du champ éolien en cas d'anomalie (court-circuit, surtension, défaut d'isolement, ...).</p> <p>Le refroidissement du générateur et du dispositif de conversion est effectué par une boucle d'eau.</p>

❖ Connexion au réseau électrique public

Fonction	Adapter les caractéristiques du courant électrique à l'interface entre le réseau privé et le réseau public
Description	<p>Les éoliennes d'un même champ éolien sont ensuite raccordées au réseau électrique de distribution (EDF Martinique) via un ou plusieurs postes de livraison. Ces postes font ainsi l'interface entre les installations et le réseau électrique.</p> <p>Chaque poste est équipé d'appareils de comptage d'énergie indiquant l'énergie injectée dans le réseau mais également celle soutirée. Il comporte aussi la protection générale dont le but est de protéger les éoliennes et le réseau inter-éolien en cas de défaut sur le réseau électrique amont.</p> <p>Les liaisons électriques entre éoliennes et poste(s) de livraison sont assurées par des câbles souterrains.</p>

5.2.2. Sécurité de l'installation

Les installations respecteront les dispositions réglementaires en matière de sécurité prévues à 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 et modifié par l'arrêté du 6 novembre 2014 et l'arrêté du 11 mai 2015, comme précisé dans le tableau ci-après :

Article	Dispositions de l'arrêté du 26 août 2011	Mesures mises en œuvre par le pétitionnaire
Art 3	<p>Les installations sont implantées de telle sorte que les aérogénérateurs sont situés à une distance minimale de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 500 m de toute construction à usage d'habitation, de tout immeuble habité ou de toute zone destinée à l'habitation telle que définie dans les documents d'urbanisme opposables en vigueur au 13 juillet 2010 ; - 300 m d'une installation nucléaire de base visée par l'article 28 de la loi n° 2006-686 du 13 juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire ou d'une installation classée pour l'environnement soumise à l'arrêté du 10 mai 2000 susvisé en raison de la présence de produits toxiques, explosifs, comburants et inflammables. <p>Cette distance est mesurée à partir de la base du mât de chaque aérogénérateur.</p>	<p>Aérogénérateurs situés à plus de 700 m de toute construction à usage d'habitation Pas d'établissement SEVESO ou d'INB à proximité.</p>

Article	Dispositions de l'arrêté du 26 août 2011	Mesures mises en œuvre par le pétitionnaire
Art 4	<p>Distances de protection et distances minimales d'éloignement aux radars météorologiques :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bande de fréquence C : 5 et 20 km - Bande de fréquence S : 10 et 30 km - Bande de fréquence X : 4 et 10 km <p>Distances minimales d'éloignement aux radars de l'aviation civile :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Radar primaire : 30 km - Radar secondaire : 16 km - VOR (Visual Omni Range) : 15 km <p>Distances minimales d'éloignement aux radars des ports</p> <ul style="list-style-type: none"> - Radar portuaire : 20 km - Radar de centre régional de surveillance et de sauvetage : 10 km <p>Les perturbations générées par l'installation ne gênent pas de manière significative le fonctionnement des équipements militaires. A cette fin, l'exploitant implante les aérogénérateurs selon une configuration qui fait l'objet d'un accord écrit des services de la zone aérienne de défense compétente sur le secteur d'implantation de l'installation concernant le projet d'implantation de l'installation.</p>	<p>Les radars météorologiques, de la gendarmerie et de l'aviation sont tous situés dans la partie centrale de l'île.</p> <p>Les perturbations générées par l'installation ne gênent pas de manière significative le fonctionnement des équipements militaires.</p> <p>Le pétitionnaire a adressé un courrier au Ministère de la défense concernant le projet d'implantation des éoliennes GRESS 2&3 (annexe 5).</p>
Art 7	<p>Le site dispose en permanence d'une voie d'accès carrossable au moins pour permettre l'intervention des services d'incendie et de secours.</p> <p>Cet accès est entretenu.</p> <p>Les abords de l'installation placés sous le contrôle de l'exploitant sont maintenus en bon état de propreté.</p>	<p>Chaque éolienne disposera d'une voie d'accès carrossable.</p>

Article	Dispositions de l'arrêté du 26 août 2011	Mesures mises en œuvre par le pétitionnaire
Art 9	<p>Les installations sont mises à la terre.</p> <p>Les aérogénérateurs respectent les dispositions de la norme IEC 61400-24 (version de juin 2010). L'exploitant tient à disposition de l'inspection des installations classées les rapports des organismes compétents attestant de la conformité des aérogénérateurs à la norme précitée.</p> <p>Les opérations de maintenance incluent un contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre.</p>	<p>Respect des dispositions de la norme</p> <p>Contrôle périodique des installations.</p> <p>Contrôle visuel effectué lors des opérations de maintenance.</p>
Art. 10	<p>Les installations électriques à l'intérieur de l'aérogénérateur respectent les dispositions de la directive du 17 mai 2006 susvisée qui leur sont applicables.</p> <p>Les installations électriques extérieures à l'aérogénérateur sont conformes aux normes NFC 15-100 (version compilée de 2008), NFC 13-100 (version de 2001) et NFC 13-200 (version de 2009). Ces installations sont entretenues et maintenues en bon état et sont contrôlées avant la mise en service industrielle puis à une fréquence annuelle, après leur installation ou leur modification par une personne compétente.</p>	<p>Le fournisseur des éoliennes fournira le certificat de conformité à cette directive.</p>
Art 11	<p>Le balisage de l'installation est conforme aux dispositions prises en application des articles L. 6351-6 et L. 6352-1 du code des transports et des articles R. 243-1 et R. 244-1 du code de l'aviation civile.</p>	<p>Respect de l'arrêté du 13 novembre 2009 relatif à la réalisation du balisage des éoliennes situées en dehors des zones grevées de servitudes aéronautiques.</p> <p>Balisage : 2 balises rouges clignotantes par éolienne - batteries en cas de perte du réseau électrique. Le balisage clignotant sera synchronisé avec le parc éolien GRESS .</p> <p>Couleur éolienne : RAL7035 (gris clair)</p>

Article	Dispositions de l'arrêté du 26 août 2011	Mesures mises en œuvre par le pétitionnaire
Art 13	<p>Les personnes étrangères à l'installation n'ont pas d'accès libre à l'intérieur des aérogénérateurs.</p> <p>Les accès à l'intérieur de chaque aérogénérateur, du poste de transformation, de raccordement ou de livraison sont maintenus fermés à clef afin d'empêcher les personnes non autorisées d'accéder aux équipements.</p>	Portes renforcées maintenues fermées à clé.
Art 14	<p>Les prescriptions à observer par les tiers sont affichées soit en caractères lisibles, soit au moyen de pictogrammes sur un panneau sur le chemin d'accès de chaque aérogénérateur, sur le poste de livraison et, le cas échéant, sur le poste de raccordement. Elles concernent notamment :</p> <ul style="list-style-type: none"> - les consignes de sécurité à suivre en cas de situation anormale ; - l'interdiction de pénétrer dans l'aérogénérateur ; - la mise en garde face aux risques d'électrocution ; - la mise en garde, le cas échéant, face au risque de chute de glace. 	Des panneaux de signalisation indiquant les risques d'électrocution, l'interdiction d'entrer dans l'éolienne ou le poste de livraison et les procédures de sécurité à suivre en cas de situation anormale seront mis en place.
Art 15	<p>Avant la mise en service industrielle d'un aérogénérateur, l'exploitant réalise des essais permettant de s'assurer du fonctionnement correct de l'ensemble des équipements. Ces essais comprennent :</p> <ul style="list-style-type: none"> - un arrêt ; - un arrêt d'urgence ; - un arrêt depuis un régime de survitesse ou une simulation de ce régime. 	<p>Les procédures d'essai respecteront le contrat d'achat et seront en conformité avec l'arrêté du 8 Mars 2013 fixant les conditions d'achat de l'électricité produite par les installations utilisant l'énergie mécanique du vent situées dans des zones particulièrement exposées au risque cyclonique et disposant d'un dispositif de prévision et de lissage de la production.</p> <p>Les essais démontrant la mise en œuvre de ces mesures seront réalisés avant la mise en service industrielle des aérogénérateurs et comprendront conformément à l'arrêté du 26 août 2011 article 15, les 3 arrêts demandés.</p>
Art 16	<p>L'intérieur de l'aérogénérateur est maintenu propre.</p> <p>L'entreposage à l'intérieur de l'aérogénérateur de matériaux combustibles ou inflammables est interdit.</p>	<p>Réduction des quantités d'huile utilisées.</p> <p>Entretien périodique de l'aérogénérateur.</p> <p>Pas de stockage de produits combustibles.</p>

Article	Dispositions de l'arrêté du 26 août 2011	Mesures mises en œuvre par le pétitionnaire
Art 17	Le fonctionnement des installations est assuré par un personnel compétent disposant d'une formation portant sur les risques présentés par l'installation, ainsi que sur les moyens mis en œuvre pour les éviter. Il connaît les procédures à suivre en cas d'urgence et procède à des exercices d'entraînement, le cas échéant, en lien avec les services de secours.	Personnel formé et habilité dans leur domaine d'activité.
Art 22	<p>Des consignes de sécurité sont établies et portées à la connaissance du personnel en charge de l'exploitation et de la maintenance. Ces consignes indiquent :</p> <ul style="list-style-type: none"> - les procédures d'arrêt d'urgence et de mise en sécurité de l'installation ; - les limites de sécurité de fonctionnement et d'arrêt ; - les précautions à prendre avec l'emploi et le stockage de produits incompatibles ; - les procédures d'alertes avec les numéros de téléphone du responsable d'intervention de l'établissement, des services d'incendie et de secours. <p>Les consignes de sécurité indiquent également les mesures à mettre en œuvre afin de maintenir les installations en sécurité dans les situations suivantes : survitesses, conditions de gel, orages, tremblements de terre, haubans rompus ou relâchés, défaillance des freins, balourd du rotor, fixations détendues, défauts de lubrification, tempêtes de sable, incendie ou inondation.</p>	Des consignes seront établies et communiquées au personnel.

Article	Dispositions de l'arrêté du 26 août 2011	Mesures mises en œuvre par le pétitionnaire
Art 23	<p>Chaque aérogénérateur est doté d'un système de détection qui permet d'alerter, à tout moment, l'exploitant ou un opérateur qu'il aura désigné, en cas d'incendie ou d'entrée en survitesse de l'aérogénérateur.</p> <p>L'exploitant ou un opérateur qu'il aura désigné est en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de quinze minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur.</p> <p>L'exploitant dresse la liste de ces détecteurs avec leur fonctionnalité et détermine les opérations d'entretien destinées à maintenir leur efficacité dans le temps.</p>	<p>Chaque éolienne sera équipée du système SHDS : Smoke and Heat Detection system, permettant de prévenir le risque de feu en détectant un feu dès son commencement et en stoppant immédiatement les machines pour limiter sa propagation.</p> <p>Plusieurs capteurs de vitesse connectés au système de contrôle des éoliennes.</p> <p>1 détecteur de survitesse sur le rotor (Vestas Overspeed Guard) permettant automatiquement la mise en sécurité de l'éolienne.</p> <p>Plusieurs capteurs de température : 5 au niveau du générateur.</p> <p>Tous les systèmes de protection sont connectés au centre de maintenance alertant l'exploitant à tout moment en cas d'incident.</p>

Article	Dispositions de l'arrêté du 26 août 2011	Mesures mises en œuvre par le pétitionnaire
Art 24	<p>Chaque aérogénérateur est doté de moyens de lutte contre l'incendie appropriés aux risques et conformes aux normes en vigueur, notamment :</p> <ul style="list-style-type: none"> - d'un système d'alarme qui peut être couplé avec le dispositif mentionné à l'article 23 et qui informe l'exploitant à tout moment d'un fonctionnement anormal. Ce dernier est en mesure de mettre en œuvre les procédures d'arrêt d'urgence mentionnées à l'article 22 dans un délai de soixante minutes ; - d'au moins deux extincteurs situés à l'intérieur de l'aérogénérateur, au sommet et au pied de celui-ci. Ils sont positionnés de façon bien visible et ils sont facilement accessibles. Les agents d'extinction sont appropriés aux risques à combattre. Cette disposition ne s'applique pas aux aérogénérateurs ne disposant pas d'accès à l'intérieur du mât. 	<p>Tous les composants mécaniques et électriques de l'éolienne dans lesquels un incendie pourrait potentiellement se déclencher en raison d'une éventuelle surchauffe ou de courts-circuits, seront continuellement surveillés par des capteurs lors du fonctionnement, et cela en premier lieu afin de s'assurer de leur bon fonctionnement. Si le système de commande détecte un état non autorisé, l'éolienne sera stoppée ou continuera de fonctionner mais avec une puissance réduite. Il s'agira de la partie la plus active de la protection contre l'incendie. Les composants de la détection/protection contre l'incendie seront :</p> <ul style="list-style-type: none"> - des détecteurs de chaleurs et températures placés au niveau des équipements sensibles : convertisseur, générateur, frein rotor..., - un système d'alarme et de mise en sécurité géré par SCADA - un extincteur manuel CO2 (5kg) dans la nacelle, - un extincteur manuel CO2 (5kg) au pied du mât, - deux couvertures anti-feu dont une sous le générateur,

Article	Dispositions de l'arrêté du 26 août 2011	Mesures mises en œuvre par le pétitionnaire
Art 25	<p>Chaque aérogénérateur est équipé d'un système permettant de détecter ou de déduire la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. En cas de formation importante de glace, l'aérogénérateur est mis à l'arrêt dans un délai maximal de soixante minutes. L'exploitant définit une procédure de redémarrage de l'aérogénérateur en cas d'arrêt automatique lié à la présence de glace sur les pales. Cette procédure figure parmi les consignes de sécurité mentionnées à l'article 22.</p> <p>Lorsqu'un référentiel technique permettant de déterminer l'importance de glace formée nécessitant l'arrêt de l'aérogénérateur est reconnu par le ministre des installations classées, l'exploitant respecte les règles prévues par ce référentiel.</p> <p>Cet article n'est pas applicable aux installations implantées dans les départements où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0 °C.</p>	<p>Les éoliennes de GRESS 2 & 3 ne sont pas concernées par cet article.</p>

Les éoliennes seront conçues, fabriquées, installées et certifiées selon les exigences de la norme IEC 61400. Le système parafoudre sera conforme aux standards IEC 62305. Les différents éléments des éoliennes sont protégés contre la corrosion, conformément aux recommandations ISO 9223 :1992 (Classification extérieure C5 en général).

Les éoliennes VESTAS V136 4MW sélectionnées seront dimensionnées pour des sites de classe S, proche de la Classe II de la norme IEC, pouvant résister à des rafales de 214 km/h (vent moyen sur 3 secondes à hauteur du moyeu) et à des vents extrêmes de 153 km/h (vent moyen sur 10 minutes à hauteur du moyeu). Leur système anticyclonique complémentaire (Technologie Yaw Power Back up) constitué de capteurs et d'un logiciel de commande, permettra d'orienter les éoliennes en cas de vents jusqu'à 250 km/h. Ce système sera autonome en cas de coupure du réseau, grâce à deux groupes électrogènes sur site.

5.2.3. Opérations de maintenance de l'installation

SAS GRESS 2&3, en tant qu'exploitant, assurera la réalisation des opérations de maintenance, conformément aux articles 15, 17,18 et 19 de l'arrêté ministériel 1980-A du 26 Août 2011.

5.2.3.1. Description des différentes maintenances

Une première maintenance sera effectuée au bout de 3 mois sur l'ensemble des équipements. Cette maintenance servira à s'assurer que la machine a bien démarré, que les serrages ont été faits correctement

Les maintenances programmées auront lieu annuellement pour les machines de 4 MW.

Ces maintenances comprendront une inspection visuelle de l'ensemble de la machine, la remise à niveau des huiles/grasses si nécessaire et les tests des différents appareils de sécurité comme les systèmes d'arrêts, les systèmes anti foudre, les balises clignotantes, les freins ainsi que tous les appareils électriques et connecteurs. Une inspection visuelle des pales sera également effectuée tous les 6 mois pour vérifier la présence de criques éventuelles. Le temps de maintenance associé est 50h par machine et par an. L'entretien sera effectué périodiquement tout au long de l'année.

Les opérations de maintenance intégreront celle du système de Yaw Power Back Up. Le serrage complet de la machine sera refait tous les 3 ans. Ces opérations de maintenance garantiront le suivi et la durabilité des éoliennes dans le temps.

5.2.3.2. Inspection visuelle

Lors des inspections visuelles, les points particuliers de vigilance seront axés sur les aspects suivants :

- Corrosion.
- Dommages mécaniques (par ex. fissures, déformation, écaillage, câbles usés).
- Fuites (huile, eau).
- Unités incomplètes.
- Encrassements / corps étrangers.

5.2.3.3. Graissage d'entretien

Les opérations de graissage viseront à s'assurer du bon état des pièces mobiles et d'assurer un appoint ou de vidanger les huiles et lubrifiants.

L'ensemble des points à vérifier sera précisé dans le Plan de Maintenance relatif au graissage défini pour chaque modèle.

5.2.3.4. Maintenance électrique

Les opérations de maintenance électrique viseront à s'assurer du bon fonctionnement de tous les équipements électriques actifs (transformateurs, convertisseurs, éclairage, mises à jour logicielles, ...) et passifs (mises à la terre, ...).

L'ensemble des points à vérifier sera précisé dans le Plan de Maintenance Electrique défini pour chaque modèle.

5.2.3.5. Maintenance mécanique

Lors des opérations de maintenance mécanique, les points particuliers de vigilance seront axés sur les aspects suivants :

- Panneaux d'avertissement.
- Pied du mât / local des armoires électriques.
- Fondations.
- Mât : Echelle de secours, élévateur de service, Plateformes et accessoires, Chemin et fixation de câbles, Assemblages à vis.
- Nacelle : treuil à chaîne, extincteurs et trousse de secours, système de ventilation, câbles, trappes, support principal, arbre de moyeu, Transmissions d'orientation, Contrôle d'orientation (« yaw »), Couronne d'orientation, Entrefer du générateur, Groupe hydraulique, Frein électromécanique, Dispositif de blocage du rotor, Assemblages à vis, ...
- Tête du rotor : Rotor, Câbles et lignes, Générateur, moyeu du rotor et adaptateur de pale, engrenage de réglage des pales (« pitch »), Système de graissage centralisé, vis des pales du rotor, pales de rotor, ...
- Système parafoudre.
- Anémomètre.

5.2.4. 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 de GRESS 2 &3.

5.2.5. Conteneurs stockage et batteries

Le projet comporte des conteneurs de stockage de l'électricité produite, à savoir :

- 4 conteneurs Batteries représentant 12 MWh
- 2 conteneurs de l'unité de supervision des batteries,

5.3. Fonctionnement des réseaux de l'installation

5.3.1. Raccordement électrique

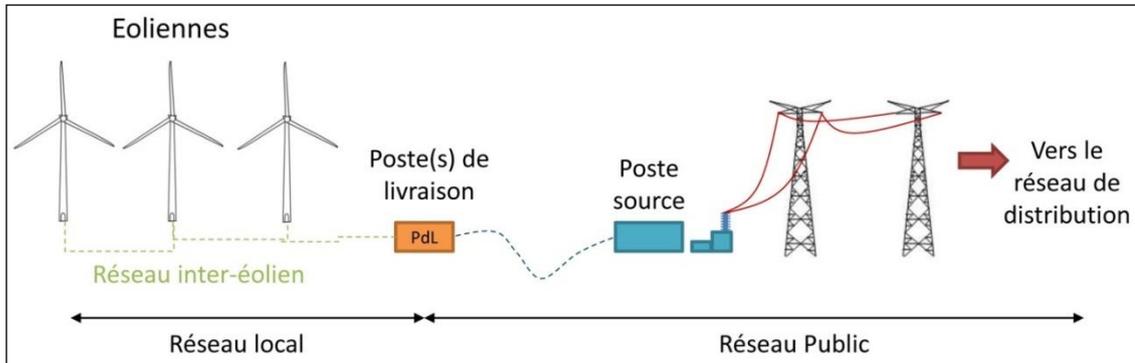


Figure 14 : Raccordement électrique des installations

❖ Réseau inter-éolien

Les aérogénérateurs sont regroupés en 2 grappes parallèles de 3, auxquelles ils sont raccordés par des cellules de protection Moyenne Tension installées dans leur mât. Toute l'énergie transite ensuite par le poste de livraison Moyenne Tension dédié à chaque ensemble de 3 éoliennes.

Ce réseau comporte également une liaison de télécommunication qui relie chaque éolienne au terminal de télésurveillance. Ces câbles (tension : HTA, section : 50 à 240 mm²) constituent le réseau interne de la centrale éolienne, ils sont tous enfouis à une profondeur comprise entre 80 cm et 1.50 m.

Les aérogénérateurs sont raccordés au réseau inter-éolien par des cellules de protection Moyenne Tension installées au pied de leur mât. L'énergie produite transite via les câbles inter-éoliens vers l'un des deux postes de livraison.

Les postes de livraison (PDL) sont aussi reliés par des liaisons Moyennes Tension souterraine aux transformateurs alimentant les conteneurs de stockage dans les batteries.

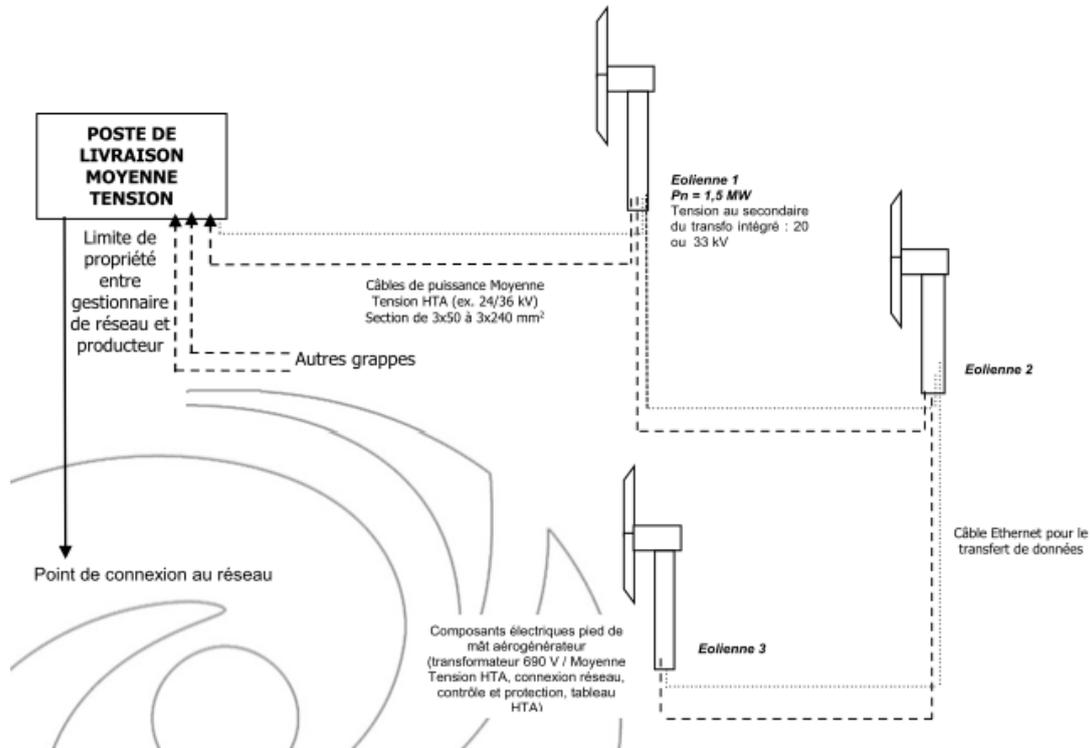


Figure 15 : Schéma type de réseau inter-éolien

❖ Postes de livraison

Le poste de livraison est le nœud de raccordement de toutes les éoliennes avant que l'électricité ne soit injectée dans le réseau public.

GRESS 2&3 comprendra 2 postes de livraison.

❖ Réseau électrique externe

Le réseau électrique externe reliera chaque poste de livraison avec le poste source situé dans la commune du Marigot. La distance de raccordement dans le cadre de ce projet GRESS 2&3 sera de 22 km. Le réseau sera également entièrement enterré et longera la chaussée de la route principale.

5.3.2. Autres réseaux

GRESS 2&3 ne comportera aucun réseau d'alimentation en eau potable ni aucun réseau d'assainissement. De même, les installations ne seront reliées à aucun réseau de gaz.

6. Identification des potentiels de dangers de l'installation

Ce chapitre de l'étude de dangers a pour objectif de mettre en évidence les éléments des installations 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.

6.1. Potentiels de dangers liés aux produits

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

Les produits identifiés dans le cadre des éoliennes de GRESS 2&3 seront utilisés pour le bon fonctionnement des éoliennes, leur maintenance et leur entretien :

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

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

Les batteries sont composées d'un électrolyte dont le point éclair est de 24°C. Cette substance est classée inflammable de catégorie B au sens de la nomenclature ICPE. La quantité de produit présente sera cependant très faible.

6.2. Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation

Les dangers liés au fonctionnement des éoliennes de GRESS 2&3 seront de cinq types :

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

Ces dangers potentiels sont recensés dans le tableau suivant.

Installation ou système	Fonction	Phénomène redouté	Danger potentiel
Système de transmission	Transmission d'énergie mécanique	Survitesse	Echauffement des pièces mécaniques et flux thermique
Pale	Prise au vent	Bris de pale ou chute de pale	Energie cinétique d'éléments de pales
Aérogénérateur	Production d'énergie électrique à partir d'énergie éolienne	Effondrement	Energie cinétique de chute
Compteur, 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
	Protection des équipements destinés à la production électrique	Chute de nacelle	Energie cinétique de chute
Rotor	Transformer l'énergie éolienne en énergie mécanique	Projection d'objets	Energie cinétique des objets
Batteries	Stockage d'énergie	Incendie/explosion	Effets thermiques et de surpression
Transformateurs	Réseau électrique	Court-circuit interne	Arc électrique

Tableau 8 : Potentiels dangers

A noter que les batteries sont étanches et en fonctionnement normal, elles n'émettront pas de gaz inflammable, contrairement à d'autres batteries ouvertes pouvant émettre de l'hydrogène. La technologie employée (batteries Li-ion) est donc plus sûre que les technologies traditionnelles. Les risques d'inflammation et d'explosion seront liés à la libération accidentelle de l'électrolyte dans les cas suivants : surcharges, court-circuit internes ou externes, malveillance, foudre ou opérations de maintenance à l'origine de point chaud.

Etant donné les quantités mises en jeu et la disposition des installations, les effets d'un incendie ou d'une explosion resteraient dans tous les cas confinés au site.

6.3. Réduction des potentiels de dangers à la source

6.3.1. Principales actions préventives

Le choix du terrain a été effectué en tenant compte des enjeux liés à l'environnement. Le projet de parc éolien sont ainsi éloignés des zones d'habitation, des zones de servitude et des radars (conformément à l'arrêté du 26 août 2011).

Le choix de l'emplacement des éoliennes a été judicieusement choisi et tient compte des turbulences locales.

Le choix du type d'éolienne a également été réfléchi : l'éolienne sera d'une puissance nominale de 4 MW, dotée d'un rotor à trois pales, d'un système actif de réglage des pales et fonctionnant à vitesse variable. Elle exploitera la force des vents dominants, grâce à un rotor de 136 m de diamètre et une hauteur de moyeu de 112 m, pour produire un maximum d'énergie électrique.

Chacune des trois pales du rotor est équipée d'un système électrique d'inclinaison des pales (commande de l'angle des pales). Ce système de commande de l'angle des pales limite la vitesse du rotor et la force engendrée par le vent. La puissance fournie par l'éolienne est ainsi limitée exactement à la puissance nominale, même pour des courtes durées. L'inclinaison des pales du rotor en position dite de drapeau stoppe le rotor sans que le l'arbre d'entraînement ne subisse les effets occasionnés par un frein mécanique.

Le contrôle de la puissance par la vitesse variable permet un fonctionnement hautement efficace, avec des charges de fonctionnement peu élevées, même dans la tranche des charges partielles et, de plus, sans pics de tensions indésirables. Un bon rendement énergétique et une haute qualité du courant injecté dans le réseau sont ainsi garantis.

Pour répondre aux contraintes environnementales locales, les éoliennes sélectionnées sont équipées d'un système anticyclonique (Technologie Yaw Power Back up) constitué de capteurs et d'un logiciel de commande, qui permet d'orienter les éoliennes en cas de vents jusqu'à 250 km/h. Ce système est autonome en cas de coupures, grâce à deux groupes électrogènes sur le site.

6.3.2. Utilisation des meilleures techniques disponibles

La directive relative aux émissions industrielles (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 sont pas soumises à cette directive.

7. Analyse des retours d'expérience

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

L'analyse des retours d'expérience vise donc ici à faire émerger des typologies d'accident rencontrés tant au niveau national qu'international. Ces typologies apportent un éclairage sur les scénarios les plus rencontrés. D'autres informations sont également utilisées dans la partie 9 pour l'analyse détaillée des risques.

7.1. Inventaire des accidents et incidents en France Métropolitaine

Un inventaire des incidents et accidents en France Métropolitaine a été réalisé afin d'identifier les principaux phénomènes dangereux potentiels pouvant affecter GRESS 2&3. Cet inventaire se base sur le retour d'expérience de la filière éolienne tel que présenté dans le guide technique de conduite de l'étude de dangers (mai 2012).

Plusieurs sources ont été utilisées pour effectuer le recensement des accidents et incidents au niveau français. Il s'agit à la fois de sources officielles, d'articles de presse locale ou de bases de données mises en place par des associations :

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

Dans l'état actuel, la base de données élaborée 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 affecté le parc éolien français depuis l'année 2000. L'ensemble de ces sources permet d'arriver à un inventaire aussi complet que possible des incidents survenus en France. Un total de 37 incidents a pu être recensé entre 2000 et début 2012 (voir tableau détaillé en annexe 3). Ce tableau de travail a été validé par les membres du groupe de travail précédemment mentionné.

Cet inventaire a été complété par Antea Group jusqu'à juillet 2018. L'ensemble de ces sources permet d'arriver à un inventaire aussi complet que possible des incidents survenus en France. Un total de 78 incidents a pu être recensé entre 2000 et juillet 2018. La base de données fournie par l'INERIS dans son guide technique est présentée en annexe 3.

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 sur le parc d'aérogénérateur français entre 2000 et 2018. 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 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.

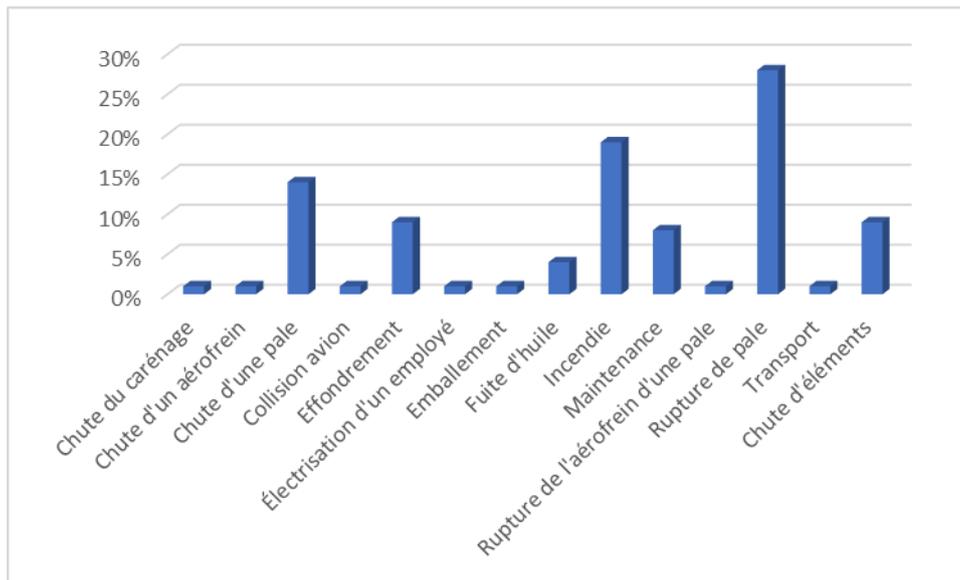


Figure 16 : Répartition des événement accidentels sur le parc d'aérogénérateur français entre 2000 et juillet 2018 (Source : Guide technique : élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens + mise à jour ANTEA juillet 2018)

Par ordre d'importance, les accidents les plus recensés sont les ruptures de pale, les incendies, les chutes de pale et les chutes des autres éléments de l'éolienne. Ces accidents sont principalement la conséquence de tempêtes.

Une recherche sur la base ARIA des accidents liés aux accumulateurs à déclaration a été réalisée par Antea Group le 09/01/2019 (annexe 3). Il en ressort 66 accidents/incidents. 3 accidents seulement concernent une situation avoisinante au projet (N° ARIA 44150, 16658 et 5936), ayant pour conséquences respectivement blessure, incendie et vapeurs toxiques.

Seul un accident concerne des batteries de secours situées dans le mat d'une éolienne, et suite à une intervention de maintenance.

Au vu de ces recherches, les risques liés aux accumulateurs sont écartés.

7.2. Inventaire des accidents et incidents à l'international

Un inventaire des incidents et accidents à l'international a également été réalisé par ANTEA. Il se base sur le retour d'expérience de la filière éolienne à fin mars 2018. Les

données sont extraites de la synthèse réalisée par l'association Caithness Wind Information Forum (CWIF). On recense 2231 accidents, dont 381 concernant une rupture de pale ou un élément de pale, 319 concernant un incendie, 200 concernant l'effondrement de la structure et 42 concernant des projections de glace.

L'INERIS a également fait une analyse approfondie des causes des accidents recensés par cette association. Son analyse intègre les accidents jusqu'en 2010, soit 994 accidents. Parmi ces accidents, seuls 236 ont été considérés comme des « accidents majeurs ». Les autres concernant plutôt des accidents du travail, des presque-accidents, des incidents, etc. et n'ont donc pas été pris en compte dans l'analyse suivante.

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

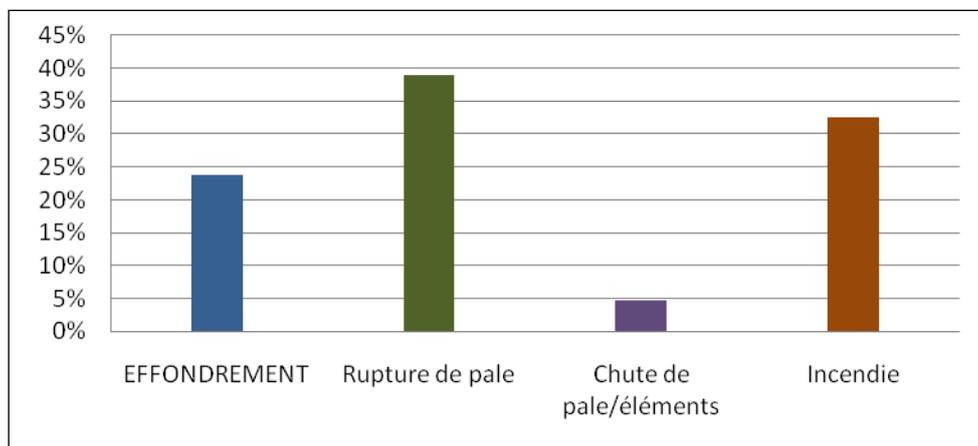


Figure 17 : Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2010
(Source : Guide technique : élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens)

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

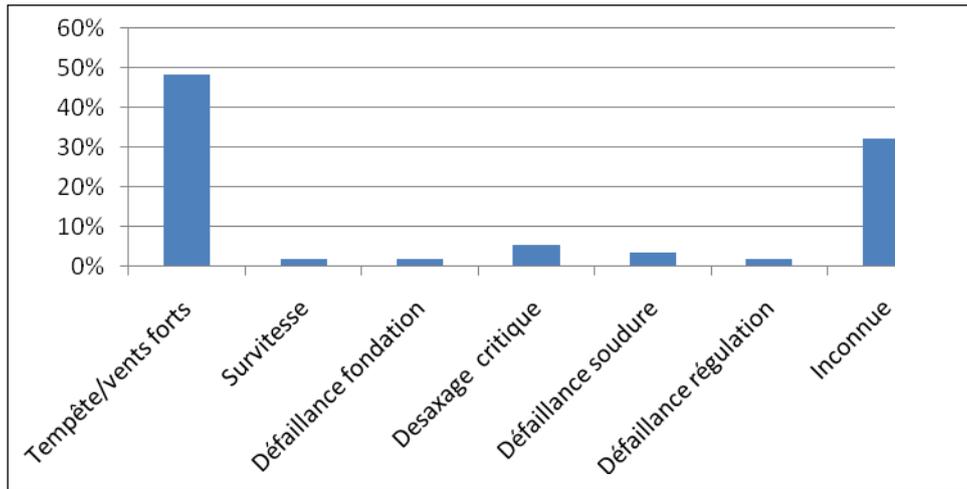


Figure 18 : Répartition des causes première d'effondrement (Source : Guide technique : élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens)

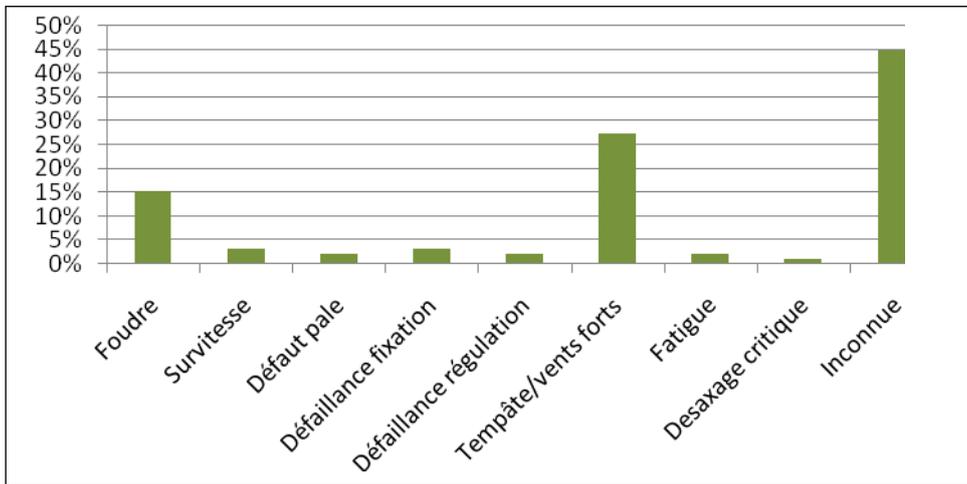


Figure 19 : Répartition des causes premières de rupture de pale (Source : Guide technique : élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens)

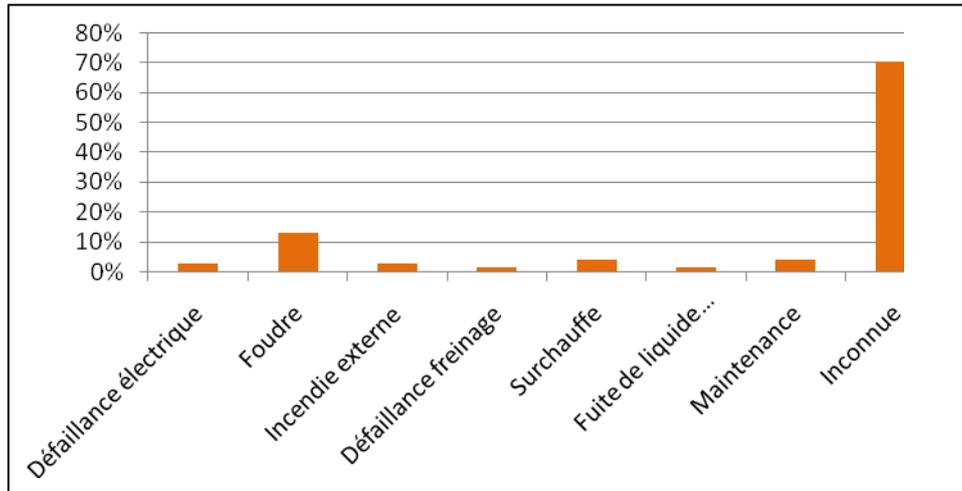


Figure 20 : Répartition des causes première d'incendie (Source : Guide technique : élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens)

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.

7.3. Inventaire des accidents majeurs survenus sur les sites de l'exploitant

GRESS 2&3 est le deuxième site éolien développé par NW Groupe en Martinique. Le premier site, GRESS, est en cours d'exploitation depuis le 14 janvier 2019 et aucun accident n'a été recensé.

7.4. Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience

7.4.1. Analyse de l'évolution des accidents en France

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

La figure ci-dessous 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.

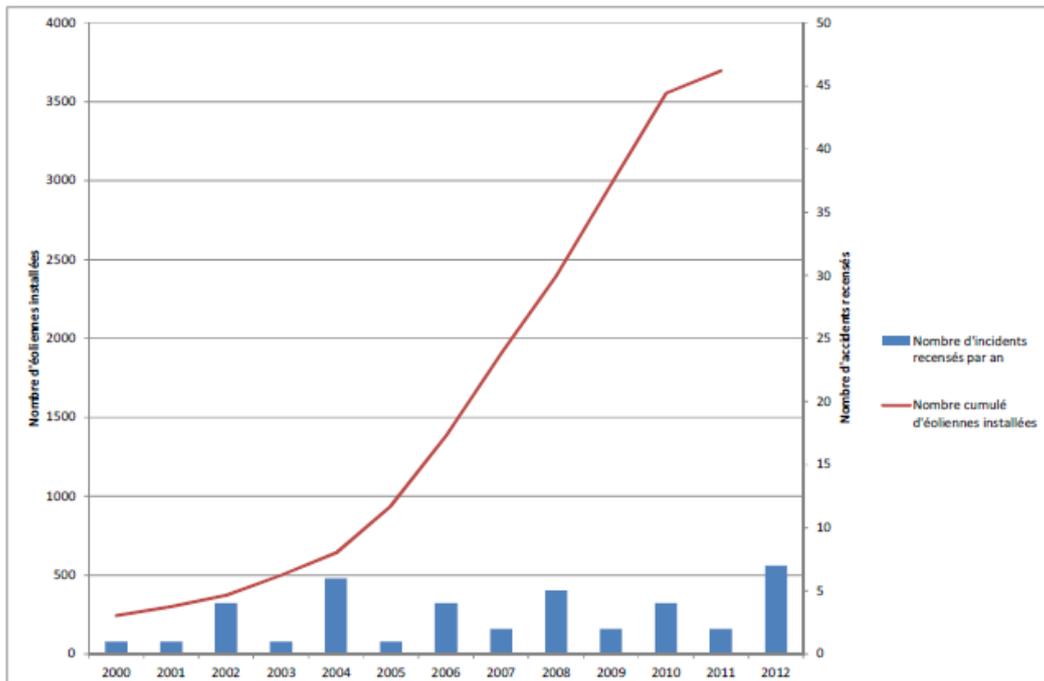


Figure 21 : Evolution du nombre d'incidents annuels en France Métropolitaine et nombre d'éoliennes installées (Source : Guide technique : élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens)

On note bien l'essor de la filière française à partir de 2005, alors que le nombre d'accident reste relativement constant.

7.4.2. Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents

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

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

7.5. 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 des incertitudes.

8. Analyse préliminaire des risques

8.1. Objectif de l'analyse préliminaire des risques

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

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

8.2. Recensement des événements initiateurs exclus de l'analyse des risques

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

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

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

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

8.3. Recensement des agressions externes potentielles

8.3.1. Agression externes liées aux activités humaines

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

Infrastructure	Fonction	Événement redouté	Danger potentiel	Périmètre	Distance par rapport au mât des éoliennes
Voies de circulation	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Energie cinétique des véhicules et flux thermiques	200 m	Non applicable
Aérodrome	Transport aérien	Chute d'aéronef	Energie cinétique de l'aéronef, flux thermique	2 000 m	Non applicable
Ligne THT	Transport d'électricité	Rupture de câble	Arc électrique, surtensions	200 m	Non applicable
Autres aérogénérateurs	Production d'électricité	Accident générant des projections d'éléments	Energie cinétique des éléments projetés	500 m	Eoliennes distantes entre elles de moins de 500m

Tableau 9 : Agressions externes liées aux activités humaines

8.3.2. Agressions externes liées aux phénomènes naturels

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

Agression externe	Intensité
Vents et tempête	Les vitesses de vent maximales observées sur 8 mois sont 14,8 m/s, moyenné sur 10 minutes et 22,9 m/s en rafale. La région est sujette à des risques de tempêtes tropicales et cyclones.
Foudre	La densité de foudroiement de l'île de la Martinique est de 4 impacts/an/km ² . Ces éoliennes respectent la norme EN 62 305 – 3 (Décembre 2006)
Séisme	Sismicité forte (indice 5)
Glissement de sols/ affaissement miniers	Non applicable

Tableau 10 : Agressions externes liées aux phénomènes naturels

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.

Concernant le risque de séisme, les normes de constructions parasismiques rendent ce risque négligeable. Cependant, les conséquences indirectes, comme l'effondrement de l'éolienne, sont prises en compte dans les scénarios détaillés par la suite.

Les contraintes parasismiques pour la construction des fondations, à savoir, la pose de pieux de fondation pouvant aller à environ 15 mètres de profondeur. Des études géotechniques plus complètes en fonction des éoliennes seront effectuées après obtention de l'autorisation et permettront de définir précisément le nombre et la profondeur de chaque pieux.

8.4. Scénarios étudiés dans l'analyse préliminaire des risques (APR)

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

- une description des causes et de leur séquençage (*événements initiateurs* et *événements intermédiaires*) ;
- une description des *événements redoutés centraux* qui marquent la partie incontrôlée de la séquence d'accident ;
- une description des *fonctions de sécurité* permettant de prévenir l'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 générique** de l'APR sont regroupés et numérotés par thématique, en fonction des typologies d'événement redoutés centraux identifiés grâce au retour d'expérience groupe de travail précédemment cité (« G » pour les scénarios concernant la glace -non applicable dans le cas de GRESS 2&3-, « I » pour ceux concernant l'incendie, « F » pour ceux concernant les fuites, « C » pour ceux concernant la chute d'éléments de l'éolienne, « P » pour ceux concernant les risques de projection, « E » pour ceux concernant les risques d'effondrement).

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
G01	Conditions climatiques favorables à la formation de glace : Non applicable					
G02	Conditions climatiques favorables à la formation de glace : Non applicable					
I01	Humidité I	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

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
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
F01	Fuite système de lubrification Fuite convertisseur Fuite transformateur	Écoulement hors de la nacelle et le long du mât, puis sur le sol avec infiltration	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
F02	Renversement de fluides lors des opérations de maintenance	Ecoulement	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
C01	Défaut de fixation	Chute de trappe	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Impact sur cible	1
C02	Défaillance fixation anémomètre	Chute anémomètre	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	1
C3	Défaut fixation nacelle – pivot central – mât	Chute nacelle	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	1
P01	Survitesse	Contraintes trop importantes sur les pales	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la survitesse (N°4)	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
P02	Fatigue Corrosion	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	Impact sur cible	2
P03	Serrage inapproprié Erreur maintenance – desserrage	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	2
E01	Effets dominos autres installations	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
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

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
E07	Effondrement engin de levage travaux	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Actions de prévention mises en œuvre dans le cadre du plan de prévention (N°13)	Chute fragments et chute mât	2
E08	Vents forts	Défaillance fondation	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9) Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort (N°12) Dans les zones cycloniques, mettre en place un système de suivi des prévisions cycloniques et équiper les éoliennes d'un dispositif de mise en sécurité (N°13)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E09	Fatigue	Défaillance mât	Effondrement éolienne	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E10	Désaxage critique du rotor	Impact pale – mât	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9) Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Projection/chute fragments et chute mât	2

8.5. Effets dominos

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

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

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

Les champs d'éoliennes GRESS, GRESS 2&3, situées à proximité directe les uns des autres, peuvent potentiellement être impactées par la chute d'une éolienne ou d'un fragment. Les conséquences d'un tel événement seront exclusivement matérielles et sans effet domino. C'est la raison pour laquelle, il est proposé de négliger les conséquences des effets dominos dans le cadre de la présente étude.

8.6. Mise en place des mesures de sécurité

Les tableaux suivants ont pour objectif de synthétiser les fonctions de sécurité identifiées et mise en œuvre sur les éoliennes de GRESS 2&3. 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 d'« 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.

Fonction de sécurité	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	N° de la fonction de sécurité	1
Mesures de sécurité	Capteurs de température des pièces mécaniques Définition de seuils critiques de température pour chaque type de composant avec alarmes Mise à l'arrêt ou bridage jusqu'à refroidissement		
Description	/		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %		
Tests	Test en continu par l'automate machine		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011. Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	2
Mesures de sécurité	Détection de survitesse et système de freinage.		
Description	Systèmes de coupure s'enclenchant en cas de dépassement des seuils de vitesse prédéfinis, indépendamment du système de contrôle commande. NB : Le système de freinage est constitué d'un frein aérodynamique principal (mise en drapeau des pales) et / ou d'un frein mécanique auxiliaire.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection < 1 minute L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur conformément aux dispositions de l'arrêté du 26 août 2011.		
Efficacité	100 %		
Tests	Test d'arrêt simple, d'arrêt d'urgence et de la procédure d'arrêt en cas de survitesse avant la mise en service des aérogénérateurs conformément à l'article 15 de l'arrêté du 26 août 2011.		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 (notamment de l'usure du frein et de pression du circuit de freinage d'urgence.) Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

Fonction de sécurité	Prévenir les courts-circuits	N° de la fonction de sécurité	3
Mesures de sécurité	Coupure de la transmission électrique en cas de fonctionnement anormal d'un composant électrique.		
Description	Les organes et armoires électriques de l'éolienne sont équipés d'organes de coupures et de protection adéquats et correctement dimensionnés. Tout fonctionnement anormal des composants électriques est suivi d'une coupure de la transmission électrique et à la transmission d'un signal d'alerte vers l'exploitant qui prend alors les mesures appropriées.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	De l'ordre de la seconde		
Efficacité	100 %		
Tests	/		

Fonction de sécurité	Prévenir les courts-circuits	N° de la fonction de sécurité	3
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 de GRESS 2&3 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	4
Mesures de sécurité	Mise à la terre et protection des éléments de l'aérogénérateur.		
Description	Respect de la norme IEC 61 400 – 24 (juin 2010) Dispositif de capture + mise à la terre Parasurtenseurs sur les circuits électriques		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Immédiat dispositif passif		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	Contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre inclus dans les opérations de maintenance, conformément à l'article 9 de l'arrêté du 26 août 2011.		

Fonction de sécurité	Protection et intervention incendie	N° de la fonction de sécurité	5
Mesures de sécurité	Capteurs de températures sur les principaux composants de l'éolienne pouvant permettre, en cas de dépassement des seuils, la mise à l'arrêt de la machine Système de détection incendie relié à une alarme transmise à un poste de contrôle Intervention des services de secours		
Description	DéTECTEURS de fumée qui lors de leur déclenchement conduisent à la mise en arrêt de la machine et au découplage du réseau électrique. De manière concomitante, un message d'alarme est envoyé au centre de télésurveillance. L'éolienne est également équipée d'extincteurs qui peuvent être utilisés par les personnels d'intervention (cas d'un incendie se produisant en période de maintenance)		
Indépendance	Oui		

Fonction de sécurité	Protection et intervention incendie	N° de la fonction de sécurité	5
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	6
Mesures de sécurité	Détecteurs de niveau d'huiles Procédure d'urgence Kit antipollution		
Description	<p>Nombreux détecteurs de niveau d'huile permettant de détecter les éventuelles fuites d'huile et d'arrêter l'éolienne en cas d'urgence.</p> <p>Les opérations de vidange font l'objet de procédures spécifiques. Dans tous les cas, le transfert des huiles s'effectue de manière sécurisée via un système de tuyauterie et de pompes directement entre l'élément à vidanger et le camion de vidange.</p> <p>Des kits de dépollution d'urgence composés de grandes feuilles de textile absorbant pourront être utilisés afin :</p> <ul style="list-style-type: none"> – de contenir et arrêter la propagation de la pollution ; – d'absorber jusqu'à 20 litres de déversements accidentels de liquides (huile, eau, alcools ...) et produits chimiques (acides, bases, solvants ...) – de récupérer les déchets absorbés. <p>Si ces kits de dépollution s'avèrent insuffisants, une société spécialisée récupérera et traitera le gravier souillé via les filières adéquates, puis le remplacera par un nouveau revêtement.</p>		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Dépendant du débit de fuite		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	Inspection des niveaux d'huile plusieurs fois par an		

Fonction de sécurité	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)	N° de la fonction de sécurité	7
Mesures de sécurité	Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints, etc.) Procédures qualités Attestation du contrôle technique (procédure permis de construire)		
Description	La norme IEC 61 400-1 « Exigence pour la conception des aérogénérateurs » fixe les prescriptions propres à fournir « un niveau approprié de protection contre les dommages résultant de tout risque durant la durée de vie » de l'éolienne. Ainsi la nacelle, le nez, les fondations et la tour répondent au standard IEC 61 400-1. Les pales respectent le standard IEC 61 400-1 ; 12 ; 23. Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %		
Tests	NA		
Maintenance	Les couples de serrage (brides sur les diverses sections de la tour, bride de raccordement des pales au moyeu, bride de raccordement du moyeu à l'arbre lent, éléments du châssis, éléments du pitch system, couronne d'orientation, 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	8
Mesures de sécurité	Procédure maintenance		
Description	Préconisations du manuel de maintenance Formation du personnel		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %		
Tests	Vérification de l'assimilation de la formation par le personnel		
Maintenance	NA		

Fonction de sécurité	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	N° de la fonction de sécurité	9
Mesures de sécurité	Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents. Mât renforcé 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 Dispositif autonome d'orientation de la nacelle en cas de perte réseau (Yaw power back up)		
Description	L'éolienne est mise à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale pour laquelle elle a été conçue.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	< 1 min		
Efficacité	100 %. NB : En fonction de l'intensité attendue des vents, d'autres dispositifs de diminution de la prise au vent de l'éolienne peuvent être envisagés.		
Tests	En permanence lorsque l'installation est en service (arrêt automatique si défaut détecté)		
Maintenance	Dans les gammes de maintenance.		

Fonction de sécurité	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de cyclones dans les zones cycloniques	N° de la fonction de sécurité	10
Mesures de sécurité	Mise en place d'une procédure de veille cyclonique et d'intervention + mise en œuvre d'éoliennes équipées de dispositifs anticycloniques (Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents, mât renforcé, dispositif autonome d'orientation de la nacelle en cas de perte réseau)		
Description	Détection des cyclones Formation des opérateurs Mise en place d'une procédure d'intervention suivant les niveaux d'alerte		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Différents niveaux d'alerte, les équipes doivent pouvoir intervenir dans les 3 heures au niveau le plus haut.		
Efficacité	100 %		
Tests	Une manœuvre d'entraînement par an et par équipe obligatoire.		
Maintenance	Contrôle et entretien des équipements de protection cyclonique		

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

Notamment, suivant une périodicité qui ne peut excéder un an, l'exploitant réalisera une vérification de l'état fonctionnel des équipements de mise à l'arrêt, de mise à l'arrêt

d'urgence et de mise à l'arrêt depuis un régime de survitesse en application des préconisations du constructeur de l'aérogénérateur.

Pour prévenir les risques d'incendie et d'explosion des batteries lithium/ion, les conteneurs seront équipés d'une ventilation forcée. Une détection incendie sera en place dans les différents conteneurs.

Un premier niveau d'alarme sera transmis à la télésurveillance de l'installation. Le deuxième niveau d'alarme déclenchera l'extinction automatique (avec système conforme aux prescriptions du fournisseur de batteries). Par ailleurs, tous les conteneurs (stockage batterie et convertisseur) sont coupe-feu 2h.

8.7. Conclusion de l'analyse préliminaire 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 :

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 des batteries	En cas d'incendie de ces éléments, les effets ressentis à l'extérieur des bâtiments (poste de livraison) et conteneurs de stockage seront mineurs ou inexistant du fait notamment de leur structure. 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.

Nom du scénario exclu	Justification
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.

Les 3 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.

Ils sont étudiés plus en détail dans la partie analyse détaillée des risques.

Aucun risque majeur n'a été identifié concernant les batteries lithium-ion.

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.

Le site fera l'objet d'une maintenance régulière, limitant les risques de court-circuit ou l'échauffement des pièces mécaniques.

De nombreux détecteurs sont présents sur l'éolienne (température, survitesse, détection incendie...).

Du personnel étant sur site pendant les heures de travail de la journée, leur intervention peut être immédiate. De plus, en cas d'anomalie, des alarmes sont envoyés au centre de télésurveillance et l'exploitant peut intervenir sur le site en moins de 30 minutes en dehors des heures de présence normale.

9. Etude détaillée des risques

L'étude détaillée des risques vise à caractériser les scénarios retenus à l'issue de l'analyse préliminaire des risques en termes de probabilité, cinétique, intensité et gravité. Son objectif est donc de préciser le risque généré par les installations 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 les installations.

9.1. Rappel des définitions

Les règles méthodologiques applicables pour la détermination de l'intensité, de la gravité et de la probabilité des phénomènes dangereux sont précisées dans l'arrêté ministériel du 29 septembre 2005.

Cet arrêté ne prévoit la détermination de l'intensité et de la gravité que pour les effets de surpression, de rayonnement thermique et 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.

9.1.1. Cinétique

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

Selon l'article 8 de l'arrêté du 29 septembre 2005 [13], la cinétique peut être qualifiée de « lente » ou de « rapide ». Dans le cas d'une cinétique lente, les personnes ont le temps

d'être mises à l'abri à la suite de l'intervention des services de secours. Dans le cas contraire, la cinétique est considérée comme rapide.

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

9.1.2. Intensité

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

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

Or, les seuils d'effets proposés dans l'arrêté du 29 septembre 2005 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, effondrement et projection), deux valeurs de référence ont été retenues :

- 5% d'exposition : seuil d'exposition très fort
- 1% d'exposition : seuil d'exposition fort

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

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

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

9.1.3. Gravité

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

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

La détermination du nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) présentes dans chacune des zones d'effet est effectuée à l'aide de la méthode présentée en annexe 2. Cette méthode 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.

9.1.4. Probabilité

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

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

Dans le cadre de l'étude de dangers du projet, 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 peut 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.

9.2. Caractérisation des scénarios retenus

9.2.1. Scénario 1 : Effondrement de l'éolienne

❖ Zone d'effet

La zone d'effet de l'effondrement d'une éolienne correspond à une surface circulaire de rayon égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale, soit 180 m dans le cas des éoliennes de GRESS 2&3.

Les risques d'atteinte d'une personne ou d'un bien en dehors de cette zone d'effet sont négligeables et ils n'ont jamais été relevés dans l'accidentologie ou la littérature spécialisée.

❖ Intensité

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

Le tableau ci-après permet d'évaluer l'intensité du phénomène d'effondrement de l'éolienne dans le cas de GRESS 2&3.

- R est la longueur de pale (R= 66.7 m)
- H la hauteur du mât (H= 112 m)
- L la largeur du mât (L= 4.5 m).
- LB la largeur de base de la pale (LB = 4.1 m)

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)			
<i>Zone d'impact en m² ZI</i>	<i>Zone d'effet du phénomène étudié en m² ZE</i>	<i>Degré d'exposition du phénomène étudié en % ZI/ZE</i>	<i>Intensité</i>
$H*L + 3*R*LB/2$ La zone d'impact est de 914 m ²	$\pi \times (H+R)^2$ La zone d'effet est de 100 271.8 m ²	0.91 % (x<1%)	Exposition modérée

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

❖ **Gravité**

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 9.1.3.), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène d'effondrement, dans le rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne :

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

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

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)		
<i>Eolienne</i>	<i>Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)</i>	<i>Gravité</i>
E1 E2 E3	Chemins de randonnée peu fréquentés sur 300 m max : <1 personne (0.6) Champs, forêts peu fréquentés ¹ sur 10 ha : <1 personne (0.10) Soit moins d'une personne dans la zone d'effondrement de chaque éolienne	Sérieux
E4 E5 E6	Chemins de randonnée peu fréquentés sur 300 m max : <1 personne (0.6) Champs, forêts peu fréquentés sur 10 ha : <1 personne (0.10) Soit moins d'une personne dans la zone d'effondrement de chaque éolienne	Sérieux

¹ Cette catégorie intègre les routes peu fréquentées (<2 000 véhicules/j)

❖ **Probabilité**

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

Source	Fréquence	Justification
Guide for risk based zoning of wind turbines [5]	$4,5 \times 10^{-4}$	Retour d'expérience
Specification of minimum distances [6]	$1,8 \times 10^{-4}$ (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'expérience², 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 : « *Evénement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité* ».

Une probabilité de classe « C » est donc retenue par défaut pour ce type d'événement. Néanmoins, les dispositions constructives des éoliennes ayant fortement évolué, le niveau de fiabilité est aujourd'hui bien meilleur. Des mesures de maîtrise des risques supplémentaires ont été mises en place sur les machines récentes et permettent de réduire significativement la probabilité d'effondrement. Ces mesures de mesures de sécurité sont notamment :

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

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

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

Il est 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* ».

² 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.

❖ **Acceptabilité**

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

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)		
<i>Eolienne</i>	<i>Gravité</i>	<i>Niveau de risque</i>
E1 à E6 comprises	Sérieux	Acceptable

Ainsi, pour GRESS 2&3, le phénomène d'effondrement des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

9.2.2. Scénario 2 : Chute d'éléments de l'éolienne

❖ **Zone d'effet**

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

Le risque de chute d'élément est cantonné à la zone de survol des pales, c'est-à-dire une zone d'effet correspondant à un disque de rayon égal à un demi-diamètre ($D/2$) de rotor.

❖ **Intensité**

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas de GRESS 2&3 est le degré d'exposition, Z_I la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, R la longueur de pale et LB la largeur de la base de la pale.

$D = 136$ m

$LB = 4.1$ m

$R = 66.7$ m

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à $D/2$ = zone de survol)			
<i>Zone d'impact en m^2</i>	<i>Zone d'effet du phénomène étudié en m^2</i>	<i>Degré d'exposition du phénomène étudié en %</i>	<i>Intensité</i>
$Z_I = R \cdot LB / 2$ 133 m^2	$Z_E = \pi \times R^2$ $13\,273$ m^2	$d = Z_I / Z_E$ 0.98 % ($x < 1\%$)	Exposition modérée

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

❖ **Gravité**

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 9.1.3.), 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 :

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

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

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)		
<i>Eolienne</i>	<i>Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)</i>	<i>Gravité</i>
E1 à E6 comprises	Chemins de randonnée peu fréquentés hors zone de survol Champs, forêts peu fréquentés sur 1.3 ha : < 1 personne (0.013) Soit moins d'une personne dans la zone de chute d'éléments de chaque éolienne	Sérieux

❖ **Probabilité**

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

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

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

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

❖ **Acceptabilité**

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur de GRESS 2&3, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)		
<i>Eolienne</i>	<i>Gravité</i>	<i>Niveau de risque</i>
E1 à E6 comprises	Sérieux	Acceptable

Ainsi, pour GRESS 2&3, le phénomène de chute d'éléments des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

9.2.3. Scénario 3 : Projection de pales ou de fragments de pales

❖ **Zone d'effet**

Dans l'accidentologie française rappelée en annexe 3, la distance maximale relevée et vérifiée par le groupe de travail précédemment mentionné pour une projection de fragment de pale est de 380 mètres par rapport au mât de l'éolienne. On constate que les autres données disponibles dans cette accidentologie montrent des distances d'effet inférieures.

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

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

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

❖ **Intensité**

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas de GRESS 2&3.

d est le degré d'exposition, Z_I la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, R la distance d'effet et LB la largeur de la base de la pale.

R= 500 m

LB= 4.1 m

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)			
<i>Zone d'impact en m²</i>	<i>Zone d'effet du phénomène étudié en m²</i>	<i>Degré d'exposition du phénomène étudié en %</i>	<i>Intensité</i>
$Z_i=R*LB/2$ 1 025 m ²	$Z_E= \pi \times R^2$ 785 398 m ²	0,13 (< 1 %)	Exposition modérée

❖ **Gravité**

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

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

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

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)		
<i>Eolienne</i>	<i>Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)</i>	<i>Gravité</i>
E1 à E6 incluses	Chemins de randonnée peu fréquenté sur 1 km : De <1 jusqu'à 2 personnes selon l'éolienne considérée Champs, forêts peu fréquentés sur 78.5 ha : < 1 personne (0.79) Soit entre 1 et 3 personnes dans la zone de chute d'éléments de chaque éolienne	Sérieux

❖ **Probabilité**

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

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

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

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

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

Une probabilité de classe « C » est donc retenue par défaut pour ce type d'événement. Néanmoins, les dispositions constructives des éoliennes ayant fortement évolué, le niveau de fiabilité est aujourd'hui bien meilleur. Des mesures de maîtrise des risques supplémentaires ont été mises en place notamment :

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

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

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

❖ Acceptabilité

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

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)		
<i>Eolienne</i>	<i>Gravité</i>	<i>Niveau de risque</i>
E1 à E6 inclus	Sérieux	Acceptable

Ainsi, pour GRESS 2&3, le phénomène de projection de tout ou partie de pale des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

9.3. Synthèse de l'étude détaillée des risques

9.3.1. Tableaux de synthèse des scénarios étudiés

Le tableau suivant récapitule, pour chaque événement redouté central retenu et pour GRESS 2&3, les paramètres de risques : la cinétique, l'intensité, la gravité et la probabilité.

N°1	Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité
1	Effondrement de l'éolienne	Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale (180 m)	Rapide	Exposition modérée	D (pour des éoliennes récentes) ³	Sérieuse
2	Chute d'élément de l'éolienne	Zone de survol (disque de rayon de 66.7 m)	Rapide	Exposition forte	C	Sérieuse
3	Projection	500 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	D (pour des éoliennes récentes) ⁴	Sérieuse

³ Voir paragraphe 9.2.1

⁴ Voir paragraphe 9.2.4

9.3.2. Synthèse de l'acceptabilité des risques

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, est présentée.

Gravité des conséquences sur les personnes exposées au risque	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux		Effondrement Et Projection	Chute		
Modéré					

Légende de la matrice

Niveau de risque	Couleur	Acceptabilité
Risque très faible		Acceptable
Risque faible		Acceptable
Risque important		Non acceptable

Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée que :

- Aucun accident n'apparaît dans les cases rouges de la matrice. Tous les scénarios sont acceptables.
- Les accidents liés aux chutes d'éléments figurent en case jaune. Pour ces accidents, il convient de souligner que les fonctions de sécurité détaillées dans la partie 8.6 seront mises en place.

Une carte de synthèse par scénario est placée en annexe 4.

10. Conclusion

L'étude de dangers menée pour le projet GRESS 2&3 incluant 6 aérogénérateurs, des batteries lithium/ion, des convertisseurs et deux postes de livraison (PDL), a permis d'évaluer les principaux risques des installations sur l'environnement.

Les phénomènes accidentels majeurs identifiés, à l'instar de la plupart des parcs éoliens sont :

- L'effondrement de l'éolienne (scénario 1) ;
- La chute d'éléments de l'éolienne (scénario 2) ;
- La projection de tout ou une partie de pale d'un aérogénérateur (scénario 3).

Une analyse détaillée des risques en termes d'intensité, de gravité et de probabilité a permis de conclure que les risques associés à ces phénomènes restaient acceptables au regard des enjeux présents dans l'environnement, grâce notamment à la mise en place de mesures de prévention et de protection adaptées.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Potentiel de danger (ou « source de danger », ou « élément dangereux », ou « élément porteur de danger ») : Système (naturel ou créé par l'homme) ou disposition adoptée et comportant un (ou plusieurs) « danger(s) » ; dans le domaine des risques technologiques,

un « potentiel de danger » correspond à un ensemble technique nécessaire au fonctionnement du processus envisagé.

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

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

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

Attention aux confusions possibles :

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

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

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

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

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

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

Scénario d'accident (majeur) : Enchaînement d'événements conduisant d'un événement initiateur à un accident (majeur), dont la séquence et les liens logiques découlent de

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

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 (branche éolienne du SER)

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

EDD : Etude de dangers

APR : Analyse Préliminaire des Risques

ERP : Etablissement Recevant du Public

12. Bibliographie et références utilisées

- [1] L'évaluation des fréquences et des probabilités à partir des données de retour d'expérience (ref DRA-11-117406-04648A), INERIS, 2011
- [2] NF EN 61400-1 Eoliennes – Partie 1 : Exigences de conception, Juin 2006
- [3] Wind Turbine Accident data to 31 March 2011, Caithness Windfarm Information Forum
- [4] Site Specific Hazard Assessment for a wind farm project – Case study – Germanischer Lloyd, Windtest Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH, 2010/08/24
- [5] Guide for Risk-Based Zoning of wind Turbines, Energy research centre of the Netherlands (ECN), H. Braam, G.J. van Mulekom, R.W. Smit, 2005
- [6] Specification of minimum distances, Dr-ing. Veenker ingenieurgeselschaft, 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., Leteurtois J.-P. - juillet 2004
- [17] Risk analysis of ice throw from wind turbines, Seifert H., Westerhellweg A., Kröning J. - DEWI, avril 2003
- [18] Wind energy in the BSR: impacts and causes of icing on wind turbines, Narvik University College, novembre 2005

13. Annexes

- Annexe 1 : Plan de situation des installations de GRESS 2&3
- Annexe 2 : Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne
- Annexe 3-1 : Accidentologie Française pour les parcs éoliens
- Annexe 3-2 : Accidentologie Française pour les accumulateurs
- Annexe 4 : Synthèse cartographique des scénarios pour GRESS 2&3
- Annexe 5 : Courriers de la DGAC concernant GRESS 2A, GRESS 2B et GRESS 3
(constituant GRESS 2&3)
- Annexe 6 : Courriers au ministère de la Défense

Annexe 1

Plan de situation des installations de GRESS 2&3

Annexe 2

Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne

Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne

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

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

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

Terrains non bâtis

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

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

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

Voies de circulation

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

Voies de circulation automobiles

Dans le cas général, on comptera 0,4 personne permanente par kilomètre exposé par tranche de 100 véhicules/jour.

Exemple : 20 000 véhicules/jour sur une zone de 500 m = $0,4 \times 0,5 \times 20\ 000/100 = 40$ personnes.

Nombre de personnes exposées sur voies de communication structurantes en fonction du linéaire et du trafic											
		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

Voies ferroviaires

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

Voies navigables

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

Chemins et voies piétonnes

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

Pour les chemins de promenade, de randonnée : compter 2 personnes pour 1 km par tranche de 100 promeneurs/jour en moyenne.

Logements

Pour les logements : compter la moyenne INSEE par logement (par défaut : 2,5 personnes), sauf si les données locales indiquent un autre chiffre.

Etablissements recevant du public (ERP)

Compter les ERP (bâtiments d'enseignement, de service public, de soins, de loisir, religieux, grands centres commerciaux etc.) en fonction de leur capacité d'accueil (au sens des catégories du code de la construction et de l'habitation), le cas échéant sans compter leurs routes d'accès (cf. paragraphe sur les voies de circulation automobile).

Les commerces et ERP de catégorie 5 dont la capacité n'est pas définie peuvent être traités de la façon suivante :

- compter 10 personnes par magasin de détail de proximité (boulangerie et autre alimentation, presse et coiffeur) ;
- compter 15 personnes pour les tabacs, cafés, restaurants, supérettes et bureaux de poste.

Les chiffres précédents peuvent être remplacés par des chiffres issus du retour d'expérience local pour peu qu'ils restent représentatifs du maximum de personnes présentes et que la source du chiffre soit soigneusement justifiée.

Une distance d'éloignement de 500 m aux habitations est imposée par la loi. La présence d'habitations ou d'ERP ne se rencontreront peu en pratique.

Zones d'activité

Zones d'activités (industries et autres activités ne recevant pas habituellement de public) : prendre le nombre de salariés (ou le nombre maximal de personnes présentes simultanément dans le cas de travail en équipes), le cas échéant sans compter leurs routes d'accès.

Annexe 3-1

Accidentologie Française relative aux parcs éoliens

Le tableau ci-dessous recense l'ensemble des accidents et incidents connus en France concernant la filière éolienne entre 2000 et 2012 (source : Guide technique – Elaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens)

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

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Effondrement	01/01/2004	Le Portel – Boulogne sur Mer	Pas de Calais	0,75	2002	Non	Cassure d'une pale, chute du mât et destruction totale. Une pale tombe sur la plage et les deux autres dérivent sur 8 km.	Tempête	Base de données ARIA Rapport du CGM Site Vent de Colère Articles de presse (Windpower Monthly May 2004, La Voix du Nord du 02/01/2004)	-
Effondrement	20/03/2004	Loon Plage – Port de Dunkerque	Nord	0,3	1996	Non	Couchage du mât d'une des 9 éoliennes suite à l'arrachement de la fondation	Rupture de 3 des 4 micropieux de la fondation, erreur de calcul (facteur de 10)	Base de données ARIA Rapport du CGM Site Vent de Colère Articles de presse (La Voix du Nord du 20/03/2004 et du 21/03/2004)	-
Rupture de pale	22/06/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2001	Non	Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5 m à 50 m, mât intact	Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage)	Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004)	-
Rupture de pale	08/07/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2001	Non	Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5m à 50m, mat intact	Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage)	Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004)	Incident identique à celui s'étant produit 15 jours auparavant
Rupture de pale	2004	Escales-Conilhac	Aude	0,75	2003	Non	Bris de trois pales		Site Vent de Colère	Information peu précise
Rupture de pale + incendie	22/12/2004	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75	2004	Non	Bris des trois pales et début d'incendie sur une éolienne (survitesse de plus de 60 tr/min)	Survitesse due à une maintenance en cours, problème de régulation, et dysfonctionnement du système de freinage	Base de données ARIA Article de presse (La Tribune du 30/12/2004) Site Vent de Colère	-
Rupture de pale	2005	Wormhout	Nord	0,4	1997	Non	Bris de pale		Site Vent de Colère	Information peu précise
Rupture de pale	08/10/2006	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2004	Non	Chute d'une pale de 20 m pesant 3 tonnes	Allongement des pales et retrait de sécurité (débridage), pas de REX suite aux précédents accidents sur le même parc	Site FED Articles de presse (Ouest France) Journal FR3	-
Incendie	18/11/2006	Roquetaillade	Aude	0,66	2001	Oui	Acte de malveillance : explosion de bonbonne de gaz au pied de 2 éoliennes. L'une d'entre elles a mis le feu en pieds de mat qui s'est propagé jusqu'à la nacelle.	Malveillance / incendie criminel	Communiqués de presse exploitant Articles de presse (La Dépêche, Midi Libre)	-

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

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Rupture de pale	26/12/2008	Raival - Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Oui	Chute de pale		Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain)	-
Maintenance	26/01/2009	Clastres	Aisne	2,75	2004	Oui	Accident électrique ayant entraîné la brûlure de deux agents de maintenance	Accident électrique (explosion d'un convertisseur)	Base de données ARIA	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Rupture de pale	08/06/2009	Bollène	Vaucluse	2,3	2009	Oui	Bout de pale d'une éolienne ouvert	Coup de foudre sur la pale	Interne exploitant	Non utilisable dans les chutes ou les projections (la pale est restée accrochée)
Incendie	21/10/2009	Froidfond - Espinassière	Vendée	2	2006	Oui	Incendie de la nacelle	Court-circuit dans transformateur sec embarqué en nacelle	Article de presse (Ouest-France) Communiqué de presse exploitant Site FED	-
Incendie	30/10/2009	Freysenet	Ardèche	2	2005	Oui	Incendie de la nacelle	Court-circuit faisant suite à une opération de maintenance (problème sur une armoire électrique)	Base de données ARIA Site FED Article de presse (Le Dauphiné)	-
Maintenance	20/04/2010	Toufflers	Nord	0,15	1993	Non	Décès d'un technicien au cours d'une opération de maintenance	Crise cardiaque	Article de presse (La Voix du Nord 20/04/2010)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Effondrement	30/05/2010	Port la Nouvelle	Aude	0,2	1991	Non	Effondrement d'une éolienne	Le rotor avait été endommagé par l'effet d'une survitesse. La dernière pale (entière) a pris le vent créant un balourd. Le sommet de la tour a plié et est venu buter contre la base entraînant la chute de l'ensemble.	Interne exploitant	-
Incendie	19/09/2010	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75	2004	Non	Emballement de deux éoliennes et incendie des nacelles.	Maintenance en cours, problème de régulation, freinage impossible, évacuation du personnel, sur vitesse de +/- 60 tr/min	Articles de presse Communiqué de presse SER-FEE	-

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Maintenance	15/12/2010	Pouillé-les-Côteaux	Loire Atlantique	2,3	2010	Oui	Chute de 3 m d'un technicien de maintenance à l'intérieur de l'éolienne. L'homme de 22 ans a été secouru par le GRIMP de Nantes. Aucune fracture ni blessure grave.		Interne SER-FEE	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Transport	31/05/2011	Mesvres	Saône-et-Loire	-	-	-	Collision entre un train régional et un convoi exceptionnel transportant une pale d'éolienne, au niveau d'un passage à niveau Aucun blessé		Article de presse (Le Bien Public 01/06/2011)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident de transport hors site éolien)
Rupture de pale	14/12/2011	Non communiqué	Non communiqué	2,5	2003	Oui	Pale endommagée par la foudre. Fragments retrouvés par l'exploitant agricole à une distance n'excédant pas 300 m.	Foudre	Interne exploitant	Information peu précise sur la distance d'effet
Incendie	03/01/2012	Non communiqué	Non communiqué	2,3	2006	Oui	Départ de feu en pied de tour. Acte de vandalisme : la porte de l'éolienne a été découpée pour y introduire des pneus et de l'huile que l'on a essayé d'incendier. Le feu ne s'est pas propagé, dégâts très limités et restreints au pied de la tour.	Malveillance / incendie criminel	Interne exploitant	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (pas de propagation de l'incendie)
Rupture de pale	05/01/2012	Widehem	Pas-de-Calais	0,75	2000	Non	Bris de pales, dont des fragments ont été projetés jusqu'à 380 m. Aucun blessé et aucun dégât matériel (en dehors de l'éolienne).	Tempête + panne d'électricité	Article de presse (La Voix du Nord 06/01/2012) Vidéo DailyMotion Interne exploitant	-

Annexe 3-2

Accidentologie Française relative aux accumulateurs

Annexe 4

Synthèse cartographique des scénarios pour GRESS 2&3

Annexe 5

Courriers de la DGAC concernant GRESS 2A, GRESS 2B et GRESS 3

Annexe 6

Courriers au ministère de la Défense

Observations sur l'utilisation du rapport

Ce rapport, ainsi que les cartes ou documents, et toutes autres pièces annexées constituent un ensemble indissociable ; en conséquence, l'utilisation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction partielle de ce rapport et annexes ainsi que toute interprétation au-delà des énonciations d'ANTEA ne saurait engager la responsabilité de celle-ci. Il en est de même pour une éventuelle utilisation à d'autres fins que celles définies pour la présente prestation.

Il est rappelé que les résultats de la reconnaissance s'appuient sur un échantillonnage et que ce dispositif ne permet pas de lever la totalité des aléas liés à l'hétérogénéité du milieu naturel ou artificiel étudié.

La prestation a été réalisée à partir d'informations extérieures non garanties par ANTEA ; sa responsabilité ne saurait être engagée en la matière.