



SAS GRAND-RIVIÈRE EOLIEN STOCKAGE SERVICES



Parc Eolien avec Stockage de Grand-Rivière

DOSSIER DE DEMANDE D'AUTORISATION D'EXPLOITER (DDAE)

VOLUME 3/6 : ETUDE DE DANGER

ARTELIA EAU & ENVIRONNEMENT

Unité « Etudes Réglementaires France et DOM/TOM »

Immeuble Le First

2, avenue Lacassagne

69 425 LYON Cedex 03 - FRANCE

Tel. : +33 (0)4 37 65 38 00



DATE : AVRIL 2015



FICHE QUALITE

<i>Description de la mission</i>	
NOM de la mission	Projet Eolien avec stockage de Grand Rivière
N° de la mission	8540202
Client	SAS GRAND RIVIÈRE EOLIEN STOCKAGE SERVICES
Lieu	Martinique (Grand-Rivière)
Type de document	Etude de danger
Nom du document	8540202_EDD_GRESS.pdf

<i>Etude réalisée par ARTELIA Eau et Environnement – Branche Environnement - RSE</i>			
	Nom	Date	Visa
Rédacteur	Nathalie FLEURIER	26/11/2014	
Vérificateur/ Approbateur	Jerome MERCIER	26/11/2014	

<i>Liste des révisions</i>			
N° Document	N° Version	Date	Description
1	0	20/11/2014	Rapport provisoire
1	1	26/11/2014	Intégration commentaires client
	2	30/04/2015	Intégration compléments DEAL

<i>Liste de distribution</i>			
N° Document	N° Version	Format/n°nombre Exemplaires	Destinataire
1	1	PDF	SAS Grand Rivière Eolien Stockage Services / ARTELIA
1	1	PDF	SAS Grand Rivière Eolien Stockage Services / ARTELIA

ARTELIA E&E – BRANCHE ENVIRONNEMENT - RSE
Immeuble Le First – 2, avenue Lacassagne
69425 LYON – Cedex 03 – France
Tel/Fax: +33 (0) 4 37 64 38 00 (1)



SOMMAIRE

GLOSSAIRE	1
AVANT-PROPOS	1
1. INTRODUCTION	2
1.1. OBJECTIFS DE L'ETUDE DE DANGERS	2
1.2. CONTEXTE	2
1.3. CONTEXTES LEGISLATIF ET REGLEMENTAIRE : APPLICATION DU REGIME DES INSTALLATIONS CLASSEES AUX PARCS EOLIENS	2
1.4. NOMENCLATURE DES INSTALLATIONS CLASSEES	3
1.5. CONTEXTE ET RAISON DU PROJET	3
2. INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION	4
2.1. RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS	4
2.1.1. Structure porteuse	4
2.1.2. Assistance à la rédaction du dossier	4
2.2. LOCALISATION DU SITE	4
2.3. DEFINITION DE L'AIRE D'ETUDE	5
3. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION	6
3.1. ENVIRONNEMENT HUMAIN	6
3.1.1. Zones urbanisées	6
3.1.2. Etablissement recevant du public (ERP)	6
3.1.3. Installation classées pour la protection de l'environnement (ICPE)	6
3.1.4. Activités agricoles	6
3.2. ENVIRONNEMENT NATUREL	6
3.2.1. Contexte climatique	6
3.2.2. Sismicité	7
3.2.3. Volcanisme	7
3.2.4. Mouvements de terrain	7
3.2.5. Cyclones	8
3.2.6. Houle cyclonique	8
3.2.7. Foudre	8
3.2.8. Relief	8
3.2.9. Occupation des sols	9
3.3. ENVIRONNEMENT MATERIEL	9
3.3.1. Voies de communication	9
3.3.2. Réseaux publics et privés	9
4. DESCRIPTION DE L'INSTALLATION	10
4.1. CARACTERISTIQUES DE L'INSTALLATION	10
4.1.1. Caractéristiques générales du parc éolien	10
4.1.2. Activité de l'installation	11
4.1.3. Composition de l'installation	11
4.2. FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION	12
4.2.1. Principe de fonctionnement de l'aérogénérateur	12
4.2.2. Principe de fonctionnement des batteries lithium/ion	13

4.2.3. Principe de fonctionnement du poste de livraison	13
4.2.4. Sécurité de l'installation	13
4.2.5. Opération de maintenance de l'installation	17
4.2.6. Stockage et flux des produits dangereux	17
4.3. FONCTIONNEMENT DES RESEAUX DE L'INSTALLATION	18
4.3.1. Raccordement électrique	18
4.3.2. Autres réseaux	18
5. IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION	18
5.1. POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX PRODUITS	18
5.2. POTENTIELS DE DANGERS LIES AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION	18
5.3. REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS A LA SOURCE	20
5.3.1. Principales actions préventives	20
5.3.2. Utilisation des meilleures techniques disponibles	20
6. ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE	20
6.1. INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS EN FRANCE	20
6.2. INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS A L'INTERNATIONAL	21
6.3. INVENTAIRE DES ACCIDENTS MAJEURS SURVENUS SUR LES SITES DE L'EXPLOITANT	22
6.4. SYNTHESE DES PHENOMENES DANGEREUX REDOUTES ISSUS DU RETOUR D'EXPERIENCE	22
6.4.1. Analyse de l'évolution des accidents en France	22
6.4.2. Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents	22
6.5. LIMITES D'UTILISATION DE L'ACCIDENTOLOGIE	23
7. ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES	24
7.1. OBJECTIF DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES	24
7.2. RECENSEMENT DES EVENEMENTS INITIATEURS EXCLUS DE L'ANALYSE DES RISQUES	24
7.3. RECENSEMENT DES AGRESSIONS EXTERNES POTENTIELLES	24
7.3.1. Agressions externes liées aux activités humaines	24
7.3.2. Agressions externes liées aux phénomènes naturels	24
7.4. SCENARIOS ETUDIES DANS L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES	24
7.5. EFFETS DOMINOS	26
7.6. MISE EN PLACE DES MESURES DE SECURITE	26
7.7. CONCLUSION DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES	30
8. ETUDE DETAILLEE DES RISQUES	31
8.1. RAPPEL DES DEFINITIONS	31
8.1.1. Cinétique	31
8.1.2. Intensité	31
8.1.3. Gravité	31
8.1.4. Probabilité	32
8.2. CARACTERISATION DES SCENARIOS RETENUS	33
8.2.1. Effondrement d'une éolienne	33
8.2.2. Chute d'éléments de l'éolienne	34
8.2.3. Projections de pales ou de fragments de pales	35
8.3. SYNTHESE DE L'ETUDE DETAILLEE DES RISQUES	37
8.3.1. Tableaux de synthèse des scénarios étudiés	37
8.3.2. Synthèse de l'acceptabilité des risques	37
9. CONCLUSION	39



ANNEXE 1 Bibliographie _____ **40**

ANNEXE 2 Carte de synthèse des risques _____ **42**

FIG. 13. REPARTITION DES EVENEMENTS ACCIDENTELS ET DE LEURS CAUSES PREMIERES SUR LE PARC D'AEROGENERATEUR FRANÇAIS ENTRE 2000 ET 2014 _____ 21
FIG. 14. REPARTITION DES EVENEMENTS ACCIDENTELS DANS LE MONDE ENTRE 2000 ET 2011 _____ 21
FIG. 15. REPARTITION DES CAUSES PREMIERES D'EFFONDREMENT _____ 21
FIG. 16. REPARTITION DES CAUSES PREMIERES DE RUPTURE DE PALE _____ 22
FIG. 17. REPARTITION DES CAUSES PREMIERES D'INCENDIE _____ 22
FIG. 18. EVOLUTION DU NOMBRE D'INCIDENTS ANNUELS EN FRANCE ET NOMBRE D'EOLIENNES INSTALLEES _____ 22

TABLEAUX

TABL. 1 - CLASSEMENT ICPE _____ 3
TABL. 2 - PRINCIPAUX SEISMES EN MARTINIQUE _____ 7
TABL. 3 - CATEGORIES DES CYCLONES (SOURCE METEO FRANCE) _____ 8
TABL. 4 - COORDONNEES GEOGRAPHIQUES DES EOLIENNES EN PROJET _____ 12
TABL. 5 - CARACTERISTIQUES TYPE DE L'EOLIENNE VESTAS V100 _____ 13
TABL. 6 - DANGERS POTENTIELS LIES AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION _____ 19
TABL. 7 - AGRESSIONS EXTERNES LIEES AUX PHENOMENES NATURELS _____ 24
TABL. 8 - TABLEAU D'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES _____ 25
TABL. 9 - S1 : PREVENIR L'ECHAUFFEMENT SIGNIFICATIF DES PIECES MECANIQUES _____ 27
TABL. 10 - S2 : PREVENIR LA SURVITESSE _____ 27
TABL. 11 - S3 : PREVENIR LES COURTS-CIRCUITS _____ 27
TABL. 12 - S4 : PREVENIR LES EFFETS DE LA FOUDRE _____ 27
TABL. 13 - S5 : PROTECTION ET INTERVENTION INCENDIE _____ 28
TABL. 14 - S6 : PREVENTION ET RETENTION DES FUITES _____ 28
TABL. 15 - S7 : PREVENIR LES DEFAUTS DE STABILITE DE L'EOLIENNE ET LES DEFAUTS D'ASSEMBLAGE (CONSTRUCTION – EXPLOITATION) _____ 28
TABL. 16 - S8 : PREVENIR LES ERREURS DE MAINTENANCE _____ 29
TABL. 17 - S9 : PREVENIR LES RISQUES DE DEGRADATIONS DE L'EOLIENNE EN CAS DE VENTS FORTS _____ 29
TABL. 18 - S10 : PREVENIR LES RISQUES DE DEGRADATIONS DE L'EOLIENNE EN CAS DE CYCLONES _____ 29
TABL. 19 - SCENARIOS EXCLUS DE L'ANALYSE DETAILLEE DES RISQUES _____ 30
TABL. 20 - SEUILS D'INTENSITE _____ 31
TABL. 21 - NIVEAUX DE GRAVITE _____ 32
TABL. 22 - NIVEAUX DE PROBABILITE _____ 32
TABL. 23 - EFFONDREMENT D'UNE EOLIENNE : ZONE D'EFFET ET INTENSITE _____ 33
TABL. 24 - EFFONDREMENT D'UNE EOLIENNE : GRAVITE _____ 33
TABL. 25 - FREQUENCE D'EFFONDREMENT D'UNE EOLIENNE _____ 33
TABL. 26 - EFFONDREMENT D'UNE EOLIENNE : ACCEPTABILITE _____ 34
TABL. 27 - CHUTE D'ELEMENTS DE L'EOLIENNE : ZONE D'EFFET ET INTENSITE _____ 34
TABL. 28 - CHUTE D'ELEMENTS DE L'EOLIENNE : GRAVITE _____ 35
TABL. 29 - CHUTE D'ELEMENTS DE L'EOLIENNE : ACCEPTABILITE _____ 35
TABL. 30 - PROJECTION DE PALE OU DE FRAGMENT DE PALE : ZONE D'EFFET ET INTENSITE _____ 35
TABL. 31 - PROJECTION DE PALE OU DE FRAGMENT DE PALE : GRAVITE _____ 36
TABL. 32 - FREQUENCES DE PROJECTION DE PALE OU DE FRAGMENT DE PALE _____ 36
TABL. 33 - PROJECTION DE PALE OU DE FRAGMENT DE PALE : ACCEPTABILITE _____ 36
TABL. 34 - TABLEAU DE SYNTHESE DES SCENARIOS ETUDIES _____ 37
TABL. 35 - MATRICE DE CRITICITE _____ 37

FIGURES

FIG. 1. LOCALISATION DU PROJET DE PARC EOLIEN DE GRAND RIVIERE _____ 4
FIG. 2. ROSE DES VENTS ET ROSE ENERGETIQUE DU SITE GRAND RIVIERE (SOURCE EOLTECH) _____ 6
FIG. 3. ALEA VOLCANIQUE EN MARTINIQUE _____ 7
FIG. 4. ALEA MOUVEMENT DE TERRAIN POUR LE PERIMETRE D'ETUDE _____ 7
FIG. 5. TRAJECTOIRE DES OURAGANS DANS LES PETITES ANTILLES 1950-2013 _____ 8
FIG. 6. CARTE D'OCCUPATION DES SOLS SUR BEAUSEJOUR – GRAND RIVIERE _____ 9
FIG. 7. SCHEMA SIMPLIFIE D'UN AEROGENERATEUR (SOURCE GUIDE TECHNIQUE INERIS, MAI 2012) _____ 10
FIG. 8. ILLUSTRATION DES EMPRISES AU SOL D'UNE EOLIENNE (SOURCE GUIDE TECHNIQUE INERIS, MAI 2012) _____ 11
FIG. 9. ZONE TECHNIQUE – PARC EOLIEN DE GRAND RIVIERE _____ 11
FIG. 10. DIAGRAMME DE PUISSANCE DE L'EOLIENNE VESTAS V100-2MW _____ 12
FIG. 11. NACELLE DE L'EOLIENNE _____ 13
FIG. 12. RACCORDEMENT ELECTRIQUE DES INSTALLATIONS _____ 18



GLOSSAIRE

CWIF	Caithness Wind Information Forum
DOM	Départements des Outre Mers
ERC	Evènement Redouté Central
ERP	Etablissement Recevant du Public
G	Gravité
ICPE	Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
IPPC	Integrated Pollution Prevention and Control
LPS	Light Protection System
P	Probabilité
PDL	Poste de Livraison
POS	Plan d'Occupation des Sols
PPRT	Plans de Prévention des Risques Technologiques
SAR	Schéma d'Aménagement Régional
SHDS	Smoke and Heat Detection system
SRCAE	Schéma Régional Climat Air Energie
SRE	Schéma Régional Eolien
VCS	Vestas Converter System



AVANT-PROPOS

Le dossier de demande d'autorisation d'exploiter au titre des ICPE relatif au parc éolien de Grand Rivière, sur la commune de Grand' Rivière se compose des pièces suivantes :

- les pièces administratives et plans réglementaires de la demande d'autorisation (volume 1/6)
- l'Étude d'Impact, indiquant l'origine, la nature et l'importance des inconvénients susceptibles de résulter des activités considérées et faisant ressortir les effets prévisibles sur l'environnement ainsi que les mesures envisagées par le demandeur pour supprimer, limiter ou compenser ces effets (volume 2/6)
- **l'étude exposant les dangers que peut présenter l'installation en cas d'accident et justifiant les dispositions propres à en réduire la probabilité et les effets (volume 3/6)**
- la notice relative à la sécurité et l'hygiène du personnel (volume 4/6)
- les résumés non techniques de l'étude d'impact et de l'étude de dangers (volume 5/6)
- les études spécifiques dont les principales conclusions sont reprises dans l'étude d'impact (volume 6/6)

Le présent volume (3/6) du dossier de demande d'autorisation préfectorale constitue l'étude de dangers du projet éolien de Grand Rivière.



1. INTRODUCTION

1.1. OBJECTIFS DE L'ETUDE DE DANGERS

La présente étude de dangers a pour objet de rendre compte de l'examen effectué par la société SAS Grand Rivière Eolien Stockage Services pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques liés au projet de parc éolien de Grand Rivière, 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 a été réalisée en collaboration avec le bureau d'étude ARTELIA, sur la base du « Guide technique d'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens » de mai 2012, publié par l'INERIS, France Energie Eolienne et le Syndicat des Energies renouvelables.

Cette étude est proportionnée aux risques présentés par les éoliennes du parc de Grand Rivière. 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 pour le projet de parc éolien de Grand Rivière, 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.

1.2. CONTEXTE

Les risques technologiques sont des risques liés à une activité anthropique (industrielle, éolien, barrage...). Ils sont généralement caractérisés par une faible fréquence et une forte gravité. L'objectif de l'étude de danger est d'évaluer ces risques et de juger de leur acceptabilité. La réduction du risque à la source étant la priorité.

Dans le cadre du projet de création du parc éolien stockage Grand Rivière, la présente étude des dangers liée à l'implantation de 7 éoliennes et batteries de stockage lithium-ion a été réalisée en application du Code de l'Environnement et conformément aux dispositions de l'arrêté du 29 septembre 2005. Cette étude suit également le guide de réalisation des parcs éoliens de mai 2012 de l'INERIS et FEE-SER.

1.3. CONTEXTES LEGISLATIF ET REGLEMENTAIRE : APPLICATION DU REGIME DES INSTALLATIONS CLASSEES AUX PARCS EOLIENS

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 autorisation¹ 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 ;

¹ Arrêté du 29 Septembre 2005 relatif à l'évolution 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.



- 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.

1.4. NOMENCLATURE DES INSTALLATIONS CLASSEES

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

Tabl. 1 - Classement ICPE

N°	DESIGNATION DE LA RUBRIQUE	REGIME
2980	Installation terrestre de production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent et regroupant un ou plusieurs aérogénérateurs :	
	1. Comprenant au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m : 2. Comprenant uniquement des aérogénérateurs dont le mât a une hauteur inférieure à 50 m et au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur maximale supérieure ou égale à 12 m et pour une puissance totale installée : <ul style="list-style-type: none">• Supérieure ou égale à 20 MW• Inférieure à 20 MW	AUTORISATION AUTORISATION DECLARATION
BILAN		
Les éoliennes en projet ont un mat supérieur à 50 m ➔ soumis au régime de l'AUTORISATION		
2925	Ateliers de charge d'accumulateurs La puissance maximale de courant continu utilisable pour cette opération étant supérieure à 50 kW	DECLARATION
BILAN		
Les batteries lithium-ion en projet ont une puissance globale de 5 MW ➔ soumis au régime de DECLARATION		

Le parc éolien de Grand Rivière comprend 7 aérogénérateurs dont le mât a une hauteur supérieure à 50 m. Ces installations sont donc soumises à autorisation (A) au titre des installations classées pour la protection de l'environnement et doivent présenter une étude de dangers au sein de la demande d'autorisation d'exploiter.

Le stockage de l'énergie produite par le parc éolien sera fait au moyen de 3 containers de batteries Li-ion de 2MWh chacun, pour une puissance globale de 5 MW. Ces installations sont soumises à déclaration (D) au titre des installations classées pour la protection de l'environnement. L'analyse des risques associés à ces équipements est intégrée dans l'étude de dangers du projet.

1.5. CONTEXTE ET RAISON DU PROJET

Ce projet s'inscrit dans un plan de développement des énergies renouvelables, et notamment de l'énergie éolienne. Il s'agit de développer l'autonomie énergétique de la Martinique, tout en favorisant le recours aux énergies non polluantes et renouvelables, à la base d'un développement durable. Il s'agit également d'assurer une certaine mixité du parc de production énergétique martiniquais à travers l'exploitation de la ressource naturelle « vent d'Est » ; les alizés.

Ce projet participe à l'atteinte des objectifs de Schéma Régional Climat Air Energie (SRCAE) de Martinique, à savoir couvrir 5% de la demande en électricité par de l'éolien en 2020. Le projet est également en concordance avec le schéma régional éolien (SRE) de Martinique.



2. INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION

2.1. RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS

2.1.1. Structure porteuse

Dénomination sociale : SAS Grand Rivière Eolien Stockage Services

Adresse : Immeuble Avantage – Entrée B – 1^{er} étage – 11 rue des Arts et Métiers – Lotissement Dillon Stade – 97200 FORT DE FRANCE

La société SAS Grand Rivière Éolien Stockage Services est une filiale du Groupe Energy, développeur/investisseur de projets dans les énergies renouvelables, disposant de plus de 20 MW d'installations en exploitation et/ou construction dans les Départements des Outre Mers.

2.1.2. Assistance à la rédaction du dossier

L'établissement de la présente étude de dangers a été confié au bureau d'études

ARTELIA Eau & Environnement – Unité RSE

2 avenue Lacassagne – 69425 LYON Cedex 03 – France

Tél : 04 37 65 38 00

Et plus particulièrement :

- Nathalie FLEURIER - Consultant Risques Industriels - **ARTELIA Eau & Environnement – ENV – RSE.**
- Rita RUSSO – Chef de projet - **ARTELIA Eau & Environnement – ENV – RSE.**

2.2. LOCALISATION DU SITE

Le parc éolien de Grand Rivière composé de 7 aérogénérateurs, est localisé sur la commune de Grand Rivière, au nord de l'île de la Martinique (972), à moins d'un kilomètre de la côte.

Les éoliennes seront implantées sur la commune de Grand Rivière, au Nord de l'île de la Martinique, à proximité d'activités agricoles. Le bourg de la commune est situé à environ 1 kilomètre. On ne recense aucun ERP ou établissement ICPE dans un rayon de 1 kilomètre autour du site.

Le climat est de type tropical maritime. Les principaux dangers identifiés sont les cyclones et la foudre.

Les principales caractéristiques des aérogénérateurs en projet sont les suivantes :

- Hauteur de mât : 80 m.
- Diamètre de rotor : 100 m.
- Hauteur totale en bout de pale : 130 m.
- Puissance nominale : 2 000 kW.



L'énergie est stockée dans des batteries lithium ion de 2 MWh en container, soit 4 MW au global.

Le site est localisé en bordure de la Départementale 10 reliant Basse-Pointe à Grand-Rivière, dans un espace à vocation agricole. Cette zone, communément appelée Beauséjour s'étend du Morne aux Gueules, à 350 mètres d'altitude jusqu'à l'Habitation Beauséjour, situé en bord de RD10 et non loin du bord de mer, à environ 120 mètres d'altitude. Ces zones peu sont habitées.

Le site d'implantation s'étend sur une surface d'environ 60 ha, surface très largement estimée prenant en compte une partie des lits des rivières limitrophes de la parcelle et les lits des ravines inscrites au sein du site dans leur totalité.

Le site projeté pour l'implantation des éoliennes est entouré par :

- au Nord, 1 Habitation et la seule voie de circulation de cette zone, la Départementale 10 ;
- au Sud, des versants montagneux inexploités et boisés, Morne aux Gueules. Ces flancs correspondent au flanc Nord de la Montagne Pelée, sillonnés de chemins de randonnée, avec la « maison du moine », petite habitation en ruine aujourd'hui au Sud du site ;
- à l'Ouest, des flancs pentus, correspondant aux flancs de la ravine Célestine ;
- à l'Est, des flancs montagneux boisés, de la rivière Potiche.

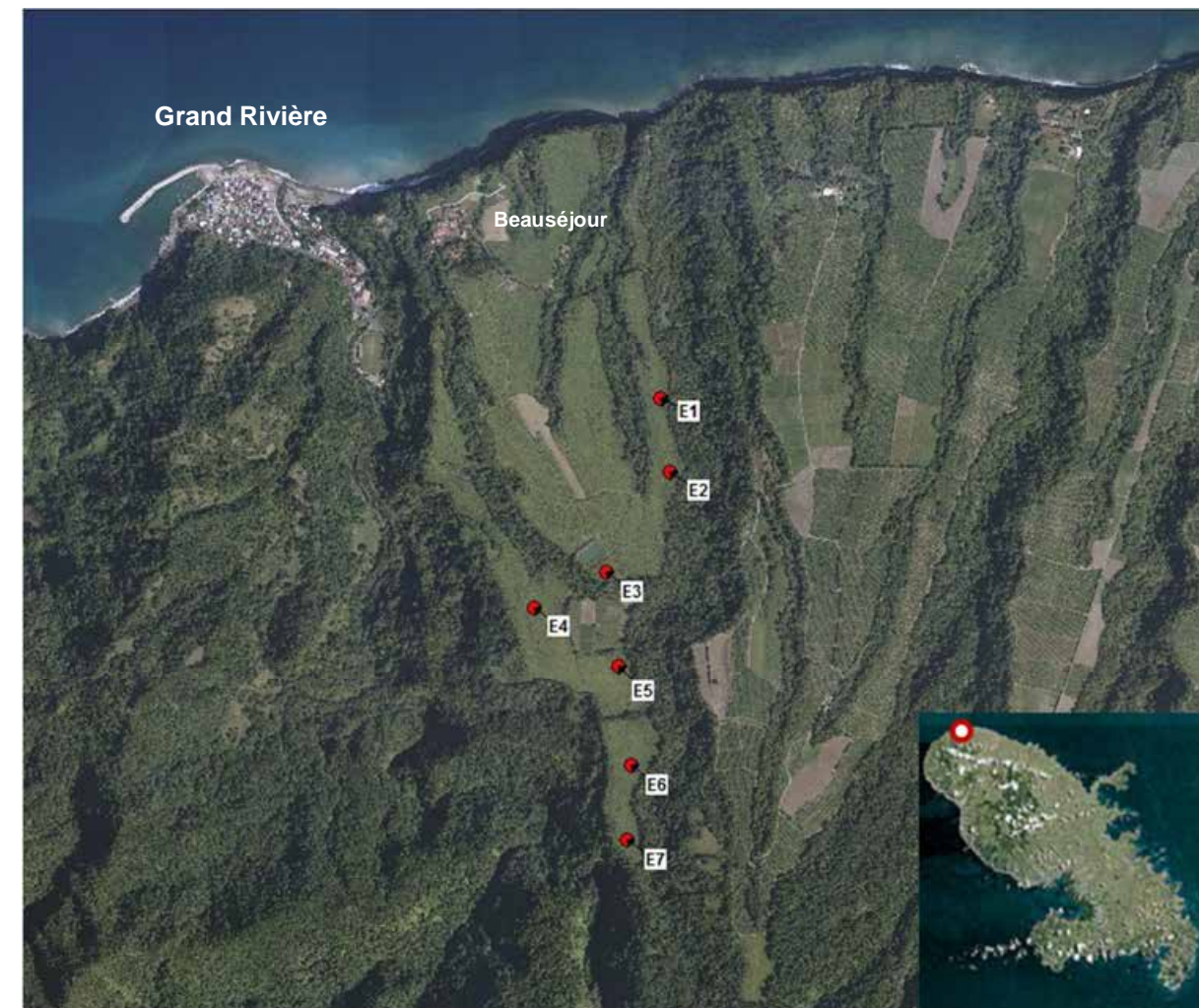


Fig. 1. Localisation du projet de parc éolien de Grand Rivière



2.3. DEFINITION DE L'AIRE D'ETUDE

Compte tenu des spécificités de l'organisation spatiale d'un parc éolien, composé de plusieurs éléments disjoints, la zone sur laquelle porte l'étude de dangers est constituée d'une aire d'étude par éolienne mais n'intègre pas les environs du poste de livraison.

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.

Nota : 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.



3. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION

Le site d'implantation du parc éolien de Grand Rivière se trouve sur la commune de Grand Rivière, au Nord de la Martinique (972).

3.1. ENVIRONNEMENT HUMAIN

3.1.1. Zones urbanisées

Le parc éolien de Grand Rivière se situe à :

- 3 km du bourg de Macouba,
- 1 km du bourg de la commune de Grand Rivière,

Selon le dernier recensement INSEE, la commune de Grand Rivière comptait 567 habitants et sa démographie a tendance à baisser d'année en année.

L'Habitation Beauséjour se trouve au bord de la route. Elle est un témoin historique de l'organisation de la propriété et du travail en Martinique. Elle est composée de maisons, cité ouvrière, oratoire, distillerie, aqueducs, hangar agricole, cuisines, bassins et est classé Monument Historique par arrêté du 9 août 1996.

Le tourisme est peu développé dans cette partie de la Martinique, du fait de l'enclavement de ce secteur mais aussi parce que l'attrait touristique est encore relativement faible et peu diversifié.

3.1.2. Etablissement recevant du public (ERP)

Il n'y a pas d'établissement recevant du public dans un rayon proche autour des éoliennes.

3.1.3. Installation classées pour la protection de l'environnement (ICPE)

Il n'y a ni industries, ni commerces, ni manufactures à proximité du site. La rhumerie du Père Labat est localisée sur la commune de Basse-Pointe, à plus de 3 kilomètres du site.

3.1.4. Activités agricoles

Le site de Beauséjour (60 ha) est majoritairement couvert de jachères ou prairies, où quelques bovins sont mis à paître. Sur ses hauteurs, au sud de Charmiette, on rencontre une grande plantation de canne à sucre (60 hectares) et quelques cultures çà et là (piments, choux). La récolte de la canne à sucre a principalement lieu entre les mois de Février et Mai.

La fréquentation du site est faible car il y a peu de cultures. L'exploitation de la canne à sucre emploie en permanence 3 personnes et 2 de plus pendant la période de récolte.

3.2. ENVIRONNEMENT NATUREL

3.2.1. Contexte climatique

Le climat de la Martinique est de type tropical maritime.

On distingue généralement deux saisons :

- le carême, de décembre à juin ; le temps est sec et doux avec un alizé soutenu ;
- l'hivernage, de juillet à novembre ; le temps est plus humide, chaud et lourd. Les perturbations pluvieuses (ondes d'Est) sont nombreuses et certaines peuvent se transformer en ouragans.

Les températures varient peu au cours de l'année et oscillent entre 22 et 30°C. L'amplitude thermique saisonnière est limitée par l'alizé de Nord-Est doux et humide. Aucun jour de gel n'est répertorié en Martinique.

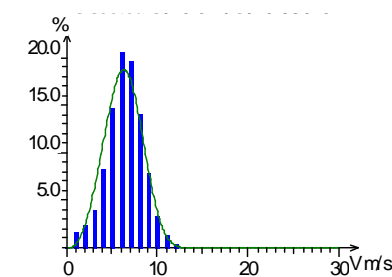
L'humidité et la pluviosité sont maximales durant le second semestre, qui correspond à la saison des pluies.

Le régime des vents est largement dominé par des vents de secteur Est-Sud-Est.

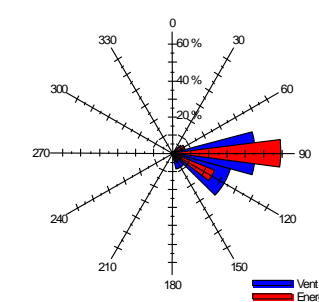
Afin d'étudier le potentiel éolien du site, et par conséquent de mieux l'exploiter, Eoltech a réalisé une campagne de mesure de vent sur le terrain d'implantation ; ceci à partir de deux mâts de mesure (l'un mobile et le second de référence) afin de qualifier quantitativement et qualitativement le Gisement Eolien sur l'intégralité du site. Les mâts ont été implantés sur une portion Sud et Nord du site d'étude à des altitudes variant de 200 m à 300 m environ. »

Les graphiques ci-dessous présentent :

- la distribution brute et ajustée par classe de vitesses mesurées à 50 m de hauteur,
- la rose des vents et la répartition énergétique par secteur relevées à 50m pour la vitesse et la direction (période : 30/07/2005 au 01/08/2007).



Distribution de vitesses sur Beauséjour



Rose des vents sur Beauséjour

Fig. 2. Rose des vents et rose énergétique du site Grand Rivière (source Eoltech)

Les vitesses de vents maximales observées sur 8 mois, sont :

- 14,8 m/s, moyennés sur 10 minutes
- 22,9 m/s en rafale.

3.2.2. Sismicité

Les Petites Antilles se situent au niveau de la zone de subduction de la plaque américaine sous la plaque caraïbe. L'activité tectonique liée à ce phénomène a amené à classer la Martinique en zone de sismicité forte. Le décret n°2010-1255 du 22 octobre 2010 portant délimitation des zones de sismicité du territoire français définit que tout le département de la Martinique est en zone de sismicité niveau 5 (le plus élevé).

Chaque année, un ou deux séismes sont ressentis par la population. Des séismes de forte intensité mais moins fréquents sont susceptibles de se produire à tout moment. Ils se traduisent généralement par un ébranlement violent du sol et des mouvements de terrain induits. Le tableau suivant reprend les principaux séismes qu'a connus la Martinique lors de ces 20 dernières années :

Tabl. 2 - Principaux séismes en Martinique

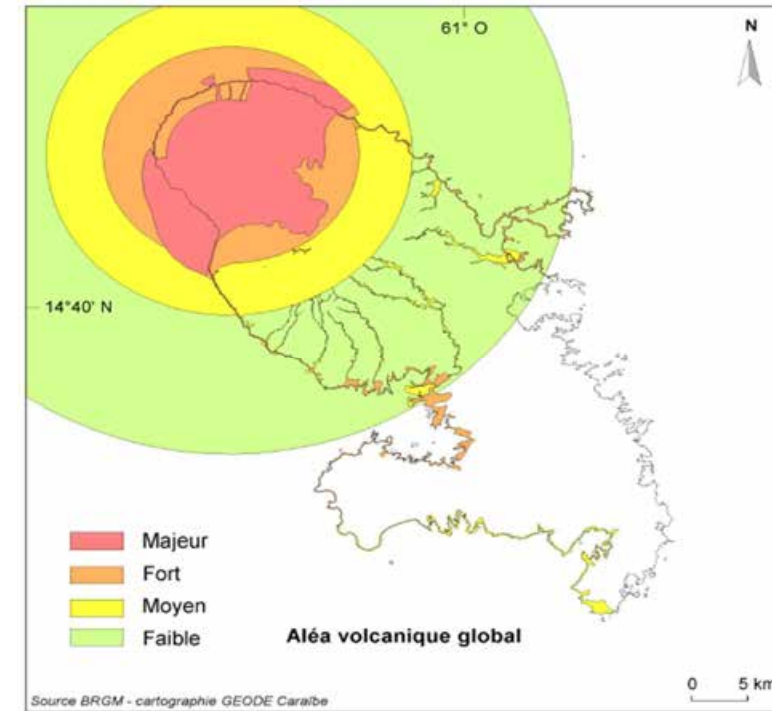
DATE	HEURE D'ORIGINE (T.U.)	MAGNITUDE	INTENSITE MAXIMALE EN MARTINIQUE
20/01/1982	15h15	5,2	VI**
08/06/1999	8h04	5,4	VII-VIII
21/12/2004	7h45	6,3	IV
07/02/2005	-	4,4	-
14/02/2005	-	5,7	-
30/08/2005	10h02	4,7	IV
12/02/2006	7h44	4	IV
10/05/2006	22h31	4	III-IV
29/11/2007	15h00	7,4	VI-V
18/02/2014	05h27	7	III-IV

(Source : d'après Feuillard (1985), Dorel (1981) et Stein et al (1982), modifié in BRGM, 1990
 DDRM de la Meuse, 2013)

3.2.3. Volcanisme

Le projet se situe sur le flanc nord de la Montagne Pelée, volcan actif dont les éruptions ont fortement marqué le relief de l'île. Les dernières éruptions datent de 1902-1905 et 1929-1932.

De manière plus précise, le projet se situe en zone fort d'aléa volcanique.



(Source : DDRM de la Martinique)

Fig. 3. Aléa volcanique en Martinique

3.2.4. Mouvements de terrain

Au niveau de la commune de Grand Rivière, des mouvements de terrain ont été recensés mais en grande partie non localisés (Source : Géorisques). Néanmoins, le site est plutôt soumis à des mouvements de type glissement de terrain (recensé à l'Anse Dufour) ou éboulement (recensé à la Morne Sainte-Croix).

D'après la carte ci-dessous, il s'avère que la commune de Grand Rivière, et in fine, le périmètre d'étude est soumis à un aléa fort de mouvement de terrain.

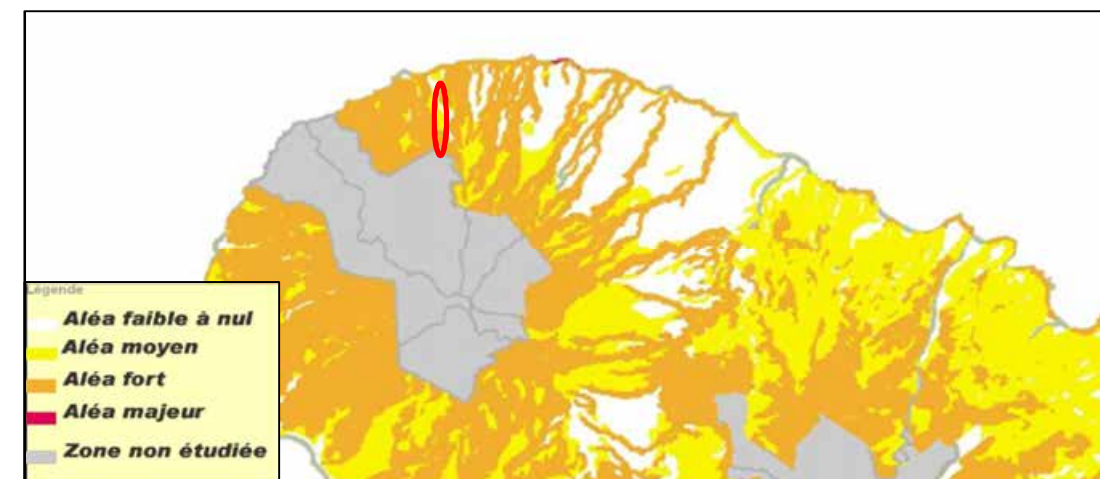


Fig. 4. Aléa mouvement de terrain pour le périmètre d'étude

(Source : DDRM de la Martinique)



Malgré tout ce risque est majoritairement présent au niveau des ravines et non sur le plateau, lieu choisi pour l'emplacement des éoliennes.

3.2.5. Cyclones

Les Petites Antilles sont une région à forte probabilité cyclonique. Les cyclones se divisent en différentes catégories selon la vitesse des vents :

Tabl. 3 - Catégories des cyclones (source Météo France)

Vitesse des vents (km/h)	Catégorie	Dégâts causés
< 63	Dépression tropicale	-
63 à 117	Tempête tropicale	-
> 117	Ouragan	-
Entre 118 et 153	Classe 1	Minimes
Entre 154 et 177	Classe 2	Modérés
Entre 178 et 209	Classe 3	Intenses
Entre 210 et 249	Classe 4	Extrêmes
> 249	Classe 5	Catastrophiques

Selon un dénombrement arithmétique réalisé par Météo France : en 100 ans de statistiques cycloniques, on peut recenser 20 Tempêtes Tropicales et 8 Ouragans, ce qui représente en moyenne :

- 1 phénomène cyclonique (tempête ou ouragan) tous les 3,6 ans ;
- 1 ouragan tous les 12,5 ans.

Entre 1950 et 2012, la Martinique a vu passer dans son environnement immédiat 5 Ouragans et 8 tempêtes tropicales.

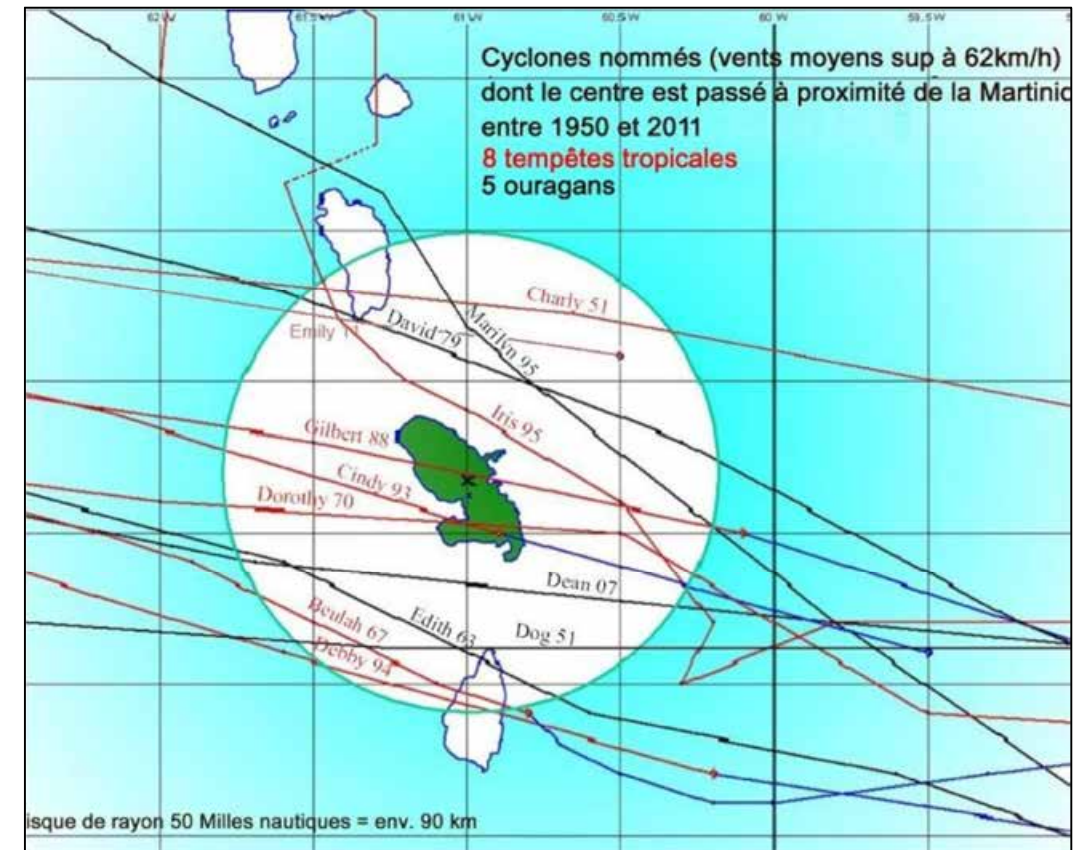


Fig. 5. Trajectoire des ouragans dans les Petites Antilles 1950-2013

(Source : DDRM de la Martinique, 2013)

3.2.6. Houle cyclonique

Compte tenu de la présence des éoliennes sur un plateau entre 120 et 350 mètres d'altitude, le risque de houle cyclonique ne concerne pas la zone de projet éolien.

3.2.7. Foudre

La densité de foudroiement (Ng) de l'île de la Martinique est de 4 impact/an/km² (Niveau kéraunique Nk =40), soit une densité d'arc Da = Ng x 2,1 = 5,4 arcs/km²/an.

Cette valeur est relativement élevée en comparaison avec la densité d'arc en France qui est de 1,84 arc/km²/an.

3.2.8. Relief

Le projet se situe sur les pentes d'un plateau entre 160 et 320 mètres d'altitude, au pied de la montagne pelée et surplombant la mer. La pente autour de 10% est en direction du Nord.

3.2.9. Occupation des sols

Le POS stipule que le site prévu pour l'implantation du projet est classé en zone NC, c'est à dire en zone naturelle de richesse économique. Ce sont des terrains non équipés, réservés à l'exploitation agricole ou l'élevage.

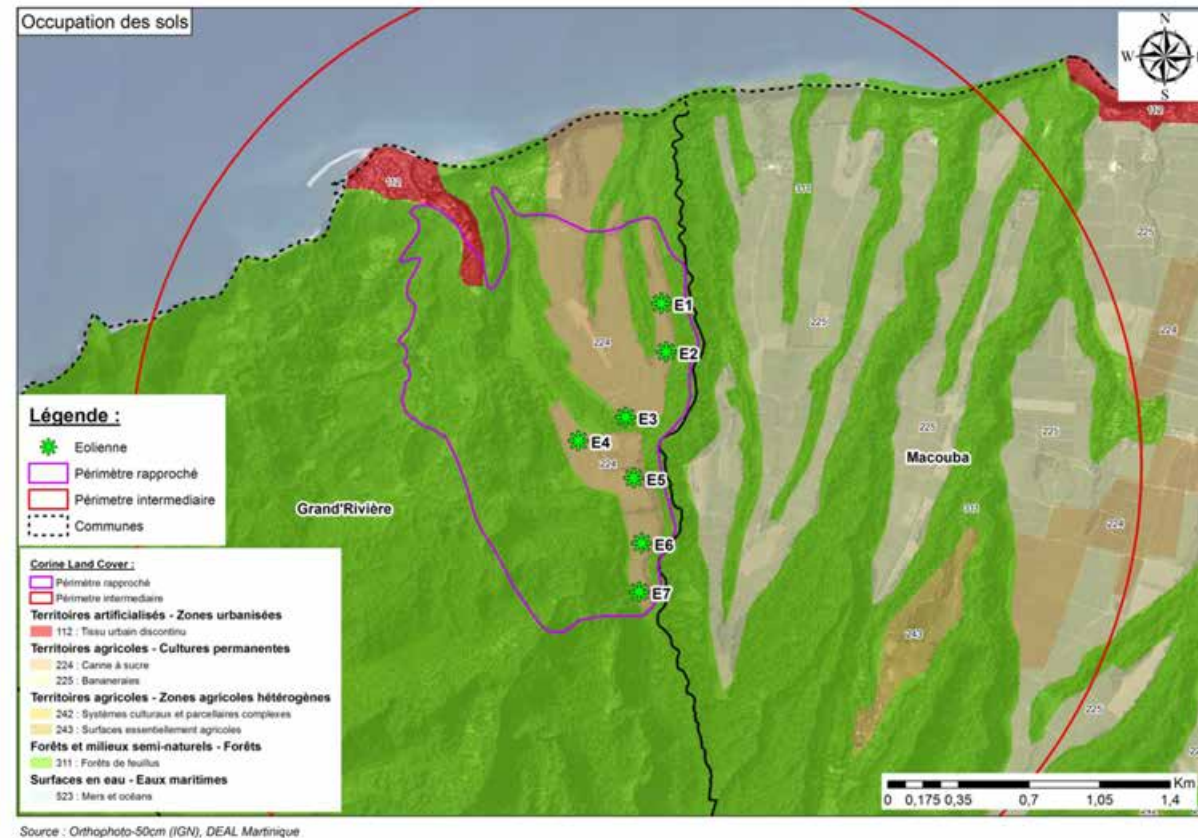


Fig. 6. Carte d'occupation des sols sur Beauséjour – Grand Rivière

On observe sur le secteur des zones à vocation agricole (plantées en bananeraies, en plantation de canne à sucre, en cultures maraîchères comme le chou de Chine, les piments ou le concombre ou en jachère) et des lambeaux forestiers implantés en majeure partie dans les ravines, sectionnant le paysage.

L'implantation des éoliennes couvrera une superficie de 150 m² au sol et les postes électriques (PDL, Batteries, etc.) environ 100 m², soit moins de 0,05% de la surface totale du site.

3.3. ENVIRONNEMENT MATERIEL

3.3.1. Voies de communication

Réseau routier

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'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, quelques rares gîtes, hôtels ou restaurants.

L'accès au site de Beauséjour se fait un peu avant l'arrivée à l'habitation, près de deux antennes de télécommunication. La route est très praticable du fait de la création récente d'un bassin de stockage d'eau pour l'irrigation plus au Sud. L'accès aux éoliennes reprend au maximum des chemins existants et l'implantation de chemins non utilisés pour la culture des cannes à sucre qui servaient pour la bananeraie.

Réseau aéronautique

Il n'y a pas d'aéroport à proximité du projet et par conséquent pas de servitudes associées sur la zone projet.

Un projet d'implantation d'une piste d'intérêt régional est cité dans le SAR (Schéma d'Aménagement Régional). Ce projet concerne la région de Basse-Pointe, le Sud du bourg de Basse-Pointe plus probablement.

En cas de reprise des cultures bananières sur le site, en présence du projet éolien de Grand Rivière, l'épandage aérien de produits phytosanitaires sur les parcelles serait compromis.

Sentier de randonnées

A proximité immédiate du site d'implantation, le chemin de randonnée « Savane Anatole » est peu fréquenté de même que celui plus à l'Ouest « Montagne Pelée par Grand Rivière ».

3.3.2. 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 à 26 kilomètres, dans la commune de Le Marigot.

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

4. DESCRIPTION DE L'INSTALLATION

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

4.1. CARACTERISTIQUES DE L'INSTALLATION

4.1.1. Caractéristiques générales du parc éolien

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

- plusieurs éoliennes fixées sur une fondation adaptée, accompagnée d'une aire stabilisée appelée « plateforme » ou « aire de grutage » ;
Le projet accueille ici 7 éoliennes VESTAS V100 de 2 MW soit un parc éolien de 14 MW.
- 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 ») ;
- un poste de livraison électrique, concentrant l'électricité des éoliennes et organisant son évacuation vers le réseau public d'électricité au travers du poste source local (point d'injection de l'électricité sur le réseau public) ;
- un réseau de câbles enterrés permettant d'évacuer l'électricité regroupée au poste 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.

La spécificité du parc Eolien de Grand Rivière est de pouvoir, en plus, stocker l'énergie produite au moyen de batteries lithium-ion afin de lisser la production tout en pilotant à distance les installations.

Eléments constitutifs d'un aérogénérateur

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

Les aérogénérateurs se composent de trois principaux éléments :

- Le rotor qui est composé de trois pales (pour la grande majorité des éoliennes actuelles) construites en matériaux composites et réunies au niveau du moyeu. Il se prolonge dans la nacelle pour constituer l'arbre lent.
- Le mât est généralement composé de 3 à 4 tronçons en acier ou 15 à 20 anneaux de béton surmonté d'un ou plusieurs tronçons en acier.
- La nacelle abrite plusieurs éléments fonctionnels :

- le générateur transforme l'énergie de rotation du rotor en énergie électrique ;
- le multiplicateur (certaines technologies n'en utilisent pas) ;
- le système de freinage mécanique ;
- le système d'orientation de la nacelle qui place le rotor face au vent pour une production optimale d'énergie ;
- les outils de mesure du vent (anémomètre, girouette) ;
- le balisage diurne et nocturne nécessaire à la sécurité aéronautique.

Les éoliennes du projet Grand Rivière n'intègrent pas de transformateur au pied de leur mât. L'énergie produite est soit stockée dans des batteries au moyen des convertisseurs, soit transmise au réseau extérieur via le poste de livraison intégrant 2 transformateurs.

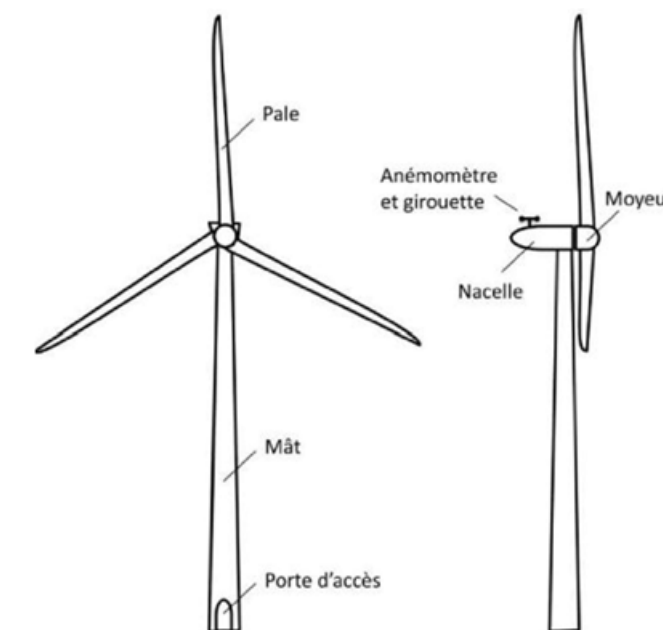


Fig. 7. Schéma simplifié d'un aérogénérateur (source Guide technique INERIS, mai 2012)

Emprise au sol

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

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

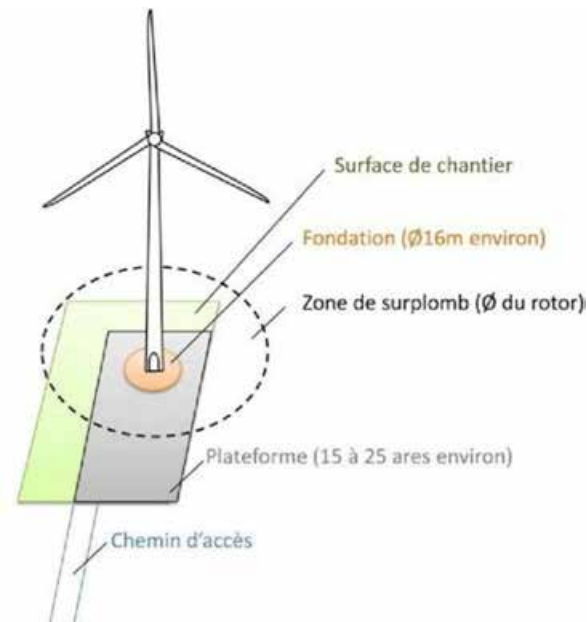


Fig. 8. Illustration des emprises au sol d'une éolienne
 (source Guide technique INERIS, mai 2012)

Batteries lithium-ion

Le stockage d'énergie sera réalisé au moyen de batteries de technologies Lithium-ion (Li-ion). 2 containers seront utilisés pour la conversion et 3 containers pour les batteries.

L'énergie pouvant être stockée par ces batteries sera globale de 6 MWh (2 MWh par container). La puissance globale sera de 5 MW. Ces batteries devront tenir entre 7 à 10 ans pour limiter leur 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

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

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

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

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

4.1.2. Activité de l'installation

L'activité principale du parc éolien de Grand Rivière est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent avec une hauteur (mât + nacelle) de 85 mètres. Ces installations sont donc soumises à la rubrique 2980 des installations classées pour la protection de l'environnement.

La seconde activité du parc éolien de Grand Rivière est de stocker l'énergie produite grâce à des batteries Lithium-ion LG Chem (2 MWh/container). Ces installations sont soumises à la rubrique 2925 des installations classées pour la protection de l'environnement.

4.1.3. Composition de l'installation

Le parc éolien de Grand Rivière est composé de 7 aérogénérateurs, d'un carbet pédagogique de 30 m² et d'une zone technique accueillant : un local technique bétonné de 40 m², un groupe froid de 10m², 5 containers entre 32.5 et 35 m² (respectivement pour la conversion et les batteries lithium-ion) et un poste de livraison de 40 m². La centrale est prévue pour être exploitée sur 15 ans.

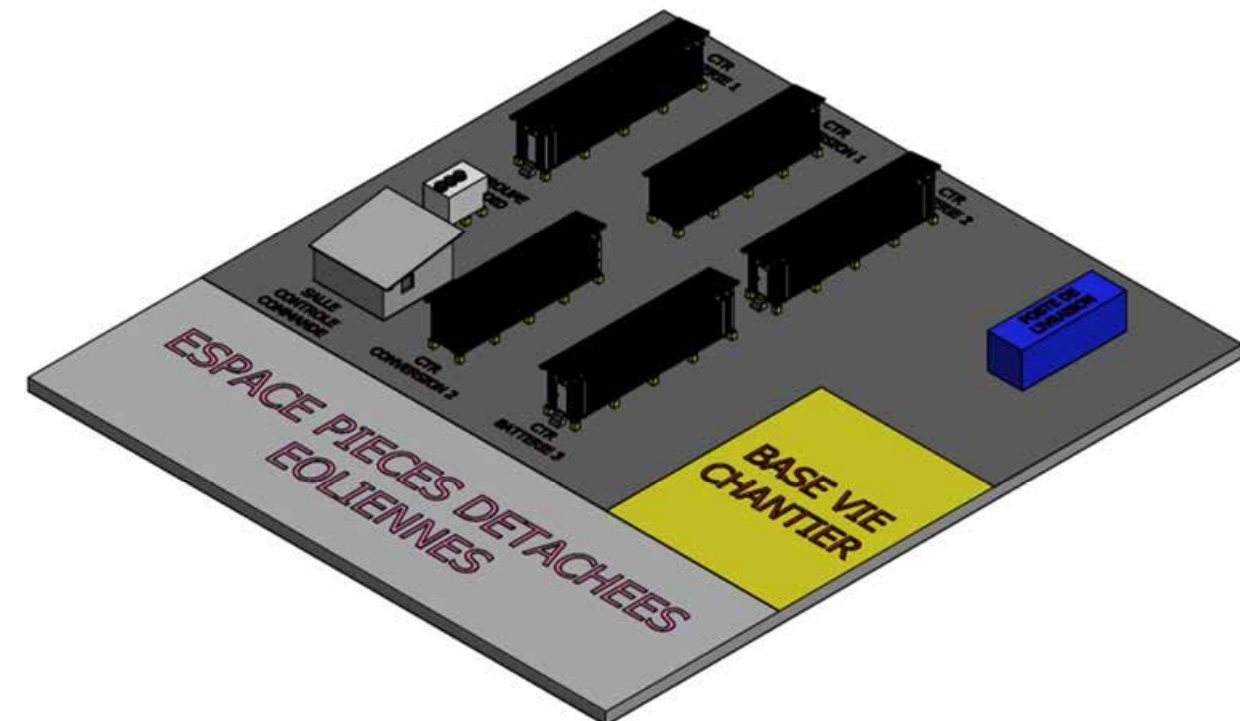


Fig. 9. Zone technique – Parc éolien de Grand Rivière

L'aérogénérateur projeté est le modèle VESTAS V100 de 2 MW. Sa hauteur de moyeu maximale est de 80 mètres et son diamètre de rotor de 50 mètres, soit une hauteur totale en bout de pale d'un peu plus de 130 mètres. La surface réservée en pied de mat est de 400 m².

La production estimée du projet avec stockage est de 32 GWh/an.

Le tableau suivant indique les coordonnées géographiques [WGS84] des aérogénérateurs en projet :

Tabl. 4 - Coordonnées géographiques des éoliennes en projet

Éolienne	Longitude	Latitude	Altitude
E1	61°10'02"W	14°52'04.8"N	170 m
E2	61°10'01"W	14°51'57"N	200 m
E3	61°10'08"W	14°51'46.5"N	240 m
E4	61°10'16"W	14°51'42.8"N	240 m
E5	61°10'06.8"W	14°51'36.6"N	275 m
E6	61°10'05.5"W	14°51'26"N	300 m
E7	61°10'06"W	14°51'18"N	320 m

4.2. FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

Les éoliennes sont des machines utilisant la force motrice du vent pour produire de l'électricité. On parle de parc éolien ou de ferme éolienne pour décrire les unités de productions groupées.

Une éolienne comprend les principaux éléments suivants :

- la fondation,
- le mât,
- le rotor,
- la nacelle qui contient notamment le générateur.

4.2.1. Principe de fonctionnement de l'aérogénérateur

Les instruments de mesure de vent placés au-dessus de la nacelle conditionnent le fonctionnement de l'éolienne. En l'occurrence, chaque éolienne sera équipée de deux capteurs résistants à des vents de plus de 70 m/s, soit plus de 250 km/h.

Grâce aux informations transmises par la girouette qui détermine la direction du vent, le rotor se positionnera pour être continuellement face au vent.

Les pales se mettent en mouvement lorsque l'anémomètre (positionné sur la nacelle) indique une vitesse de vent d'environ 10 km/h (3 m/s) et c'est seulement à partir de 12 km/h que l'éolienne peut être

couplée au réseau électrique. Le rotor et l'arbre dit «lent» transmettent alors l'énergie mécanique à basse vitesse (entre 5 et 20 tr/min) aux engrenages du multiplicateur, dont l'arbre dit «rapide» tourne environ 100 fois plus vite que l'arbre lent. 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 un petit 50 km/h (12 m/s) à hauteur de nacelle, l'éolienne fournit sa puissance maximale. Cette puissance est dite «nominale».

Power curve V100-2.0 MW (60 Hz)

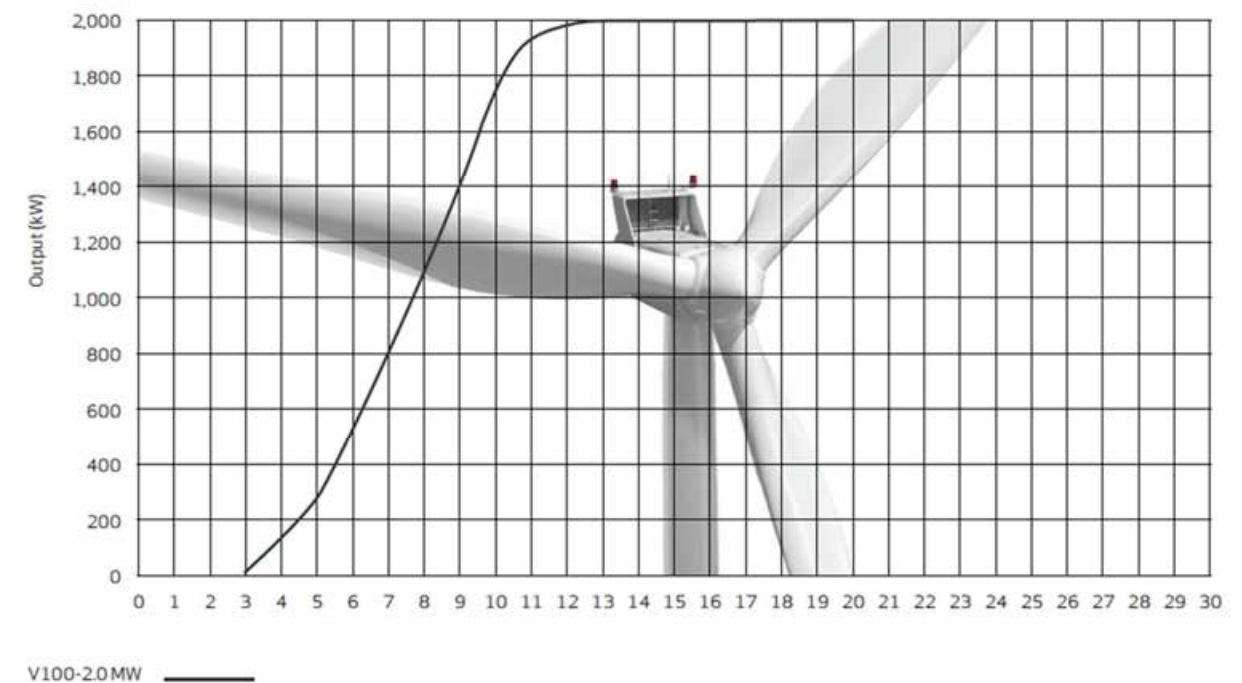


Fig. 10. Diagramme de puissance de l'éolienne VESTAS V100-2MW

Pour un aérogénérateur de 2 MW, la production électrique atteint 2 000 kW dès que le vent atteint environ 50 km/h. L'électricité produite par la génératrice correspond à un courant alternatif de fréquence 50 Hz avec une tension de 480 à 690 V. La tension est ensuite élevée jusqu'à 20 000 V par deux transformateurs au niveau du poste de livraison pour être ensuite injectée dans le réseau électrique public.

Lorsque la mesure de vent, indiquée par l'anémomètre, atteint des vitesses de plus de 70 km/h (19m/s), 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.

Les tableaux ci-dessous présentent les caractéristiques des éoliennes en projet. Celles-ci sont adaptées à la configuration du site :

Tabl. 5 - Caractéristiques type de l'éolienne VESTAS V100

Eolienne projet du parc éolien de Grand Rivière	
Caractéristiques générales	
Puissance nominale	2000 kW
Diamètre du rotor	100 m
Hauteur du moyeu	80 m
Concept de l'installation	boîte de vitesse, régime variable, ajustage individuel des pales
Fondation	
fonction : Ancrer et stabiliser l'éolienne dans le sol	
Support	renforcé compte tenu de la contrainte cyclonique
Mât	
fonction : Supporter la nacelle et le rotor	
Matériel	S355 (EN 10024), A709 (ASTM)
Poids	160 tonnes
Largeur	4 mètres
Nacelle	
fonction : Supporter le rotor et abriter le générateur d'énergie ainsi que les dispositifs de contrôle et de sécurité de l'éolienne	
Matériel	Fibre de verre, équipé de 2 capteurs de vent et balisages
Poids	70 tonnes
Rotor/pales	
fonction : Capturer l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice	
Type	Rotor face au vent avec système hydraulique actif de réglage des pales (OptiTip) munis d'une alimentation de secours
Sens de rotation	Sens horaire
Nombre de pales	3
Poids de pales	7,5 tonnes
Largeur à la base	3,9 m
Surface balayée	7 850 m ²
Matériau des pales	Fibre de carbone et verre (résine époxy), protection parafoudre intégrée
Vitesse de rotation	Variable, 9 à 17 tours / minute
Contrôle Commande	Microprocesseur Optitip combiné au Vestas Converter System
Transmission et Générateur	
fonction : Convertir l'énergie mécanique du rotor en énergie électrique	
Moyeu	Fixe
Boîte de vitesse	1 engrenage planétaire et 2 trains hélicoïdaux
Générateur	Générateur asynchrone triphasé à rotor bobiné, bagues collectrices et VCS
Alimentation	
fonction : Alimenter les systèmes électriques de l'éolienne	
Equipement	Batterie 192 V
Système de freinage	
fonction : Freiner et arrêter l'éolienne	
Réglage des pales	3 systèmes de réglage indépendants avec alimentation de secours
Frein d'arrêt du rotor	Frein aérodynamique, frein mécanique d'urgence
Blocage du rotor	Rotor libre à l'arrêt, frein mécanique pour les opérations de maintenance
Surveillance à distance	
fonction : Communiquer en continu les données mesurées sur l'éolienne	

Eolienne projet du parc éolien de Grand Rivière
 Système de transmission SCADA

Sur le parc éolien de Grand Rivière, les outils de prévision et le pilotage des éoliennes permettent de garantir une production d'électricité par paliers de 30 minutes.



Fig. 11. Nacelle de l'éolienne

4.2.2. Principe de fonctionnement des batteries lithium/ion

Une partie de l'énergie produite sera stockée dans des batteries et permettra de lisser la production. Il est prévu une charge des batteries en courant continu directement par les éoliennes. Le stockage d'énergie sera réalisé au moyen de batteries de technologies Lithium-ion (Li-ion). Ces batteries sont étanches et sans recombinaison de gaz. La technologie Li-Ion utilise une électrode négative faite de carbone, et une électrode positive à base d'un oxyde de métal lithié. Le principe de fonctionnement repose sur l'échange d'ion lithium entre le carbone et l'oxyde de métal, au travers d'un électrolyte à base d'un solvant constitué d'un mélange de polycarbonate organiques et d'un sel de fluoro-phosphate de lithium.

4.2.3. Principe de fonctionnement du poste de livraison

Le poste de livraison est composé de deux transformateurs 2500kVa et d'un régulateur de puissance. Ils permettent d'élever la tension électrique et d'adapter les caractéristiques du courant à l'interface entre le réseau privé et le réseau public.

4.2.4. Sécurité de l'installation

L'installation respectera 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, comme précisé dans le tableau ci-après :



Article	Dispositions de l'arrêté du 26 aout 2011	Mesures mises en œuvre par le pétitionnaire (SAS Grand Rivière Eolien Stockage Services)	Conformité
Art.3	L'installation est implantée de telle sorte que les aérogénérateurs sont situés à une distance minimale de : <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. Cette distance est mesurée à partir de la base du mât de chaque aérogénérateur.	Au minimum à plus de 500 m des aérogénérateurs Pas d'établissement SEVESO ou d'INB à proximité.	Conforme
Art.4	Distances de protection et distances minimales d'éloignement aux radars météorologiques : <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 Distances minimales d'éloignement aux radars de l'aviation civile : <ul style="list-style-type: none"> - Radar primaire : 30 km - Radar secondaire : 16 km - VOR (Visual Omni Range) : 15 km Distances minimales d'éloignement aux radars des ports <ul style="list-style-type: none"> - Radar portuaire : 20 km - Radar de centre régional de surveillance et de sauvetage : 10 km 	Les radars météorologiques, de la gendarmerie et de l'aviation sont tous situés dans la partie centrale de l'île	Conforme
Art.4	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.	Oui Le pétitionnaire a adressé un courrier au ministère de la défense concernant le projet d'implantation du parc éolien de Grand Rivière	Conforme
Art.7	Le site dispose en permanence d'une voie d'accès carrossable au moins pour permettre l'intervention des services d'incendie et de secours. Cet accès est entretenu. Les abords de l'installation placés sous le contrôle de l'exploitant sont maintenus en bon état de propreté.	Chaque éolienne dispose d'une voie d'accès carrossable	Conforme
Art.9	L'installation est mise à la terre. Les aérogénérateurs respectent les dispositions de la norme IEC 61 400-24 (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. Les opérations de maintenance incluent un contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre.	Oui Contrôle périodique des installations Contrôle visuel effectué lors des opérations de maintenance.	Conforme
Art.10	Les installations électriques à l'intérieur de l'aérogénérateur respectent les dispositions de la directive du 17 mai 2006 susvisée qui leur sont applicables. Les installations électriques extérieures à l'aérogénérateur sont conformes aux normes NFC 15-100 (version compilée de 2008), NFC 13-100 (version de 2001) et NFC 13-200 (version de 2009). Ces installations sont entretenues et maintenues en bon état et sont contrôlées avant la mise en service industrielle puis à une fréquence annuelle, après leur installation ou leur modification par une personne compétente.	Le fournisseur d'éolienne fournira le certificat de conformité à cette directive.	Conforme
Art.11	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.	Respect de l'arrêté du 13 novembre 2009 relatif à la réalisation du balisage des éoliennes situées en dehors des zones grevées de servitudes aéronautique. Balisage : 2 balises rouge clignotantes par éolienne - batteries en cas de perte du réseau électrique Couleur éolienne : RAL7035 (gris clair)	Conforme
Art.13	Les personnes étrangères à l'installation n'ont pas d'accès libre à l'intérieur des aérogénérateurs. 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.	Portes renforcées maintenues fermées à clé.	Conforme



Article	Dispositions de l'arrêté du 26 aout 2011	Mesures mises en œuvre par le pétitionnaire (SAS Grand Rivière Eolien Stockage Services)	Conformité
Art.14	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 : <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	Conforme
Art.15	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 : <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.	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	Conforme
Art.16	L'intérieur de l'aérogénérateur est maintenu propre. L'entreposage à l'intérieur de l'aérogénérateur de matériaux combustibles ou inflammables est interdit.	Réduction des quantités d'huile utilisées. Entretien périodique de l'aérogénérateur. Pas de stockage de produits combustibles.	Conforme
Art.17	Le fonctionnement de l'installation 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.	Conforme
Art.22	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 : <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. Les consignes de sécurité indiquent également les mesures à mettre en œuvre afin de maintenir les installations en sécurité dans les situations suivantes : survitesse, 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.	Des consignes sont établies et communiquées au personnel.	Conforme
Art.23	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. 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. 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.	Les éoliennes sont équipées 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. Plusieurs capteurs de vitesse connectés au système de contrôle des éoliennes. 1 détecteur de survitesse sur le rotor (Vestas Overspeed Guard) permettant automatiquement la mise en sécurité de l'éolienne. Plusieurs capteurs de température : 5 au niveau du générateur	Conforme
Art.24	Chaque aérogénérateur est doté de moyens de lutte contre l'incendie appropriés aux risques et conformes aux normes en vigueur, notamment : <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.	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, sont continuellement surveillés par des capteurs lors du fonctionnement, et cela en premier lieu afin de s'assurer de leur bon fonctionnement. Si le système de commande détecte un état non autorisé, l'éolienne est stoppée ou continue de fonctionner mais avec une puissance réduite. Il s'agit de la partie la plus active de la protection contre l'incendie. Les composants de la détection/protection contre l'incendie sont : <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,	Conforme



Article	Dispositions de l'arrêté du 26 aout 2011	Mesures mises en œuvre par le pétitionnaire (SAS Grand Rivière Eolien Stockage Services)	Conformité
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>	Le parc éolien de Beau séjour n'est pas concerné par cet article	Non concerné

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

Les éoliennes VESTAS V100 2MW sélectionnées sont 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, permet d'orienter les éoliennes en cas de vents jusqu'à 250 km/h. Ce système est autonome en cas de coupures, grâce aux batteries sur site.



4.2.5. Opération de maintenance de l'installation

SAS Grand Rivière Eolien Stockage Services, 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.

Description des différentes maintenances

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

Les maintenances programmées ont lieu tous les 6 mois pour les machines de la plateforme 2 MW. Ces maintenances comprennent 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 foudres, les balises clignotantes, les freins ainsi que tous les appareils électriques et connecteurs... Une inspection visuelle des pales est 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 est de préférence réalisé juste après la récolte des cannes (février à mai) pour ne pas diminuer les recettes de l'exploitation. Il est prévu un droit de passage pour accéder aux éoliennes.

Un contrat de maintenance spécifique sera associé à la technologie Yaw Power Back Up.

Le serrage complet de la machine est refait tous les 3 ans.

Ces opérations de maintenance garantissent le suivi et la durabilité des éoliennes dans le temps.

Inspection visuelle

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

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

Graissage d'entretien

Les opérations de graissage visent 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 est précisé dans le Plan de Maintenance relatif au graissage défini pour chaque modèle.

Maintenance électrique

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

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

Maintenance mécanique

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

- Panneaux d'avertissement.
- Pied du mât / local des armoires électriques.
- Fondations.
- Mât : Echelle de secours, ascenseurs 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.

4.2.6. Stockage et flux des produits dangereux

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

Les produits chimiques utilisés dans l'éolienne sont les suivants :

- De la graisse pour lubrifier la boîte de vitesse et les roulements,
- Un système d'huile hydraulique (260L) pour le bon fonctionnement des pales et freins associés,
- Différents produits de nettoyage utilisés au cours de la maintenance de l'éolienne.

4.3. FONCTIONNEMENT DES RESEAUX DE L'INSTALLATION

4.3.1. Raccordement électrique

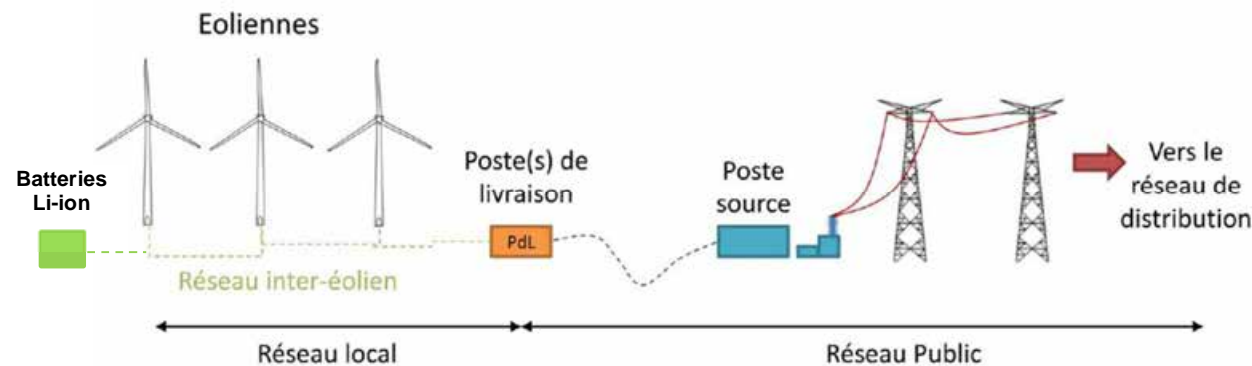


Fig. 12. Raccordement électrique des installations

Réseau Inter-éolien

Le réseau inter-éolien permet de relier chaque éolienne au point de raccordement avec le réseau public. Ce réseau comporte également une liaison de télécommunication qui relie chaque éolienne au terminal de télésurveillance (SCADA). Ces câbles constituent le réseau interne de la centrale éolienne et sont enterrés. Ils suivent les chemins d'accès aux éoliennes.

Poste de livraison

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

Réseau électrique externe

Le réseau électrique externe relie le poste de livraison avec le poste source (réseau public de transport d'électricité). La distance de raccordement dans le cadre de ce projet est de 26 kilomètres. Le réseau est également entièrement enterré et longera la chaussée de la route principale.

4.3.2. Autres réseaux

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

5. IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION

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

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

5.1. POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX PRODUITS

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

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

- Produits nécessaires au bon fonctionnement des installations (graisses et huiles de transmission, huiles hydrauliques pour systèmes de freinage, ...), qui une fois usagés sont traités en tant que déchets industriels spéciaux,
- Produits de nettoyage et d'entretien des installations (solvants, dégraissants, 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 le poste 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.

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

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

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

Ces dangers potentiels sont recensés dans le tableau suivant :



Tabl. 6 - Dangers potentiels liés au fonctionnement de l'installation

INSTALLATION DU SYSTEME	FONCTION	PHENOMENE REDOUTE	DANGER POTENTIEL
Système de transmission	Transmission d'énergie	Survitesse	Echauffement des pièces mécaniques et flux thermiques
Pale	Prise au vent	Bris de pale ou chute de pale	Energie cinétique d'éléments de pales
Aérogénérateur	Production d'électricité à partir d'énergie éolienne	Effondrement	Energie cinétique de chute
Nacelle	Protection des équipements destinés à la production électrique	Chute de nacelle	Energie cinétique de projection
Rotor	Transformer l'énergie éolienne en énergie mécanique	Projection d'objets	Energie cinétique des objets
Batteries	Stockage de l'énergie	Incendie/explosion	Effets thermique et de surpression
Transformateurs dans poste de livraison	Réseau électrique	Court-circuit interne	Arc électrique

A noter que les batteries sont étanches et en fonctionnement normal, elles n'émettent 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 sont 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.



5.3. REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS A LA SOURCE

5.3.1. Principales actions préventives

Le choix du terrain a été effectué en tenant compte des enjeux liés à l'environnement. Le projet du parc éolien est ainsi éloigné 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 2 000 kW, 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 l'ordre de 100 m de diamètre et une hauteur de moyeu de 80 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 aux batteries sur site.

5.3.2. Utilisation des meilleures techniques disponibles

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

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

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

6. ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE

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

L'analyse des retours d'expérience vise donc ici à faire émerger des typologies d'accident rencontrés tant au niveau national qu'international. Ces typologies apportent un éclairage sur les scénarios les plus rencontrés. D'autres informations sont également utilisées dans le §8 : Etude détaillée des risques.

6.1. INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS EN FRANCE

Un inventaire des incidents et accidents en France a été réalisé afin d'identifier les principaux phénomènes dangereux potentiels pouvant affecter le parc éolien de Grand Rivière. Cet inventaire se base sur le retour d'expérience de la filière éolienne.

Plusieurs sources ont été utilisées par l'INERIS pour effectuer le recensement des accidents et incidents au niveau français, jusqu'à Mars 2012, dans son guide technique d'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens. 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 le cadre de ce recensement, il n'a pas été réalisé d'enquête exhaustive directe auprès des exploitants de parcs éoliens français. Cette démarche pourrait augmenter le nombre d'incidents recensés, mais cela concernerait essentiellement les incidents les moins graves.

Dans l'état actuel, la base de données élaborée par le groupe de travail de SER/FEE ayant élaboré le guide technique apparaît comme représentative des incidents majeurs ayant affecté le parc éolien français depuis l'année 2000 jusqu'au début des années 2012. Cet inventaire a été complété par ARTELIA jusqu'à Octobre 2014. L'ensemble de ces sources permet d'arriver à un inventaire aussi complet que possible des incidents survenus en France. Un total de 50 incidents a pu être recensé entre 2000 et octobre 2014 (Le tableau actualisant la base de données fournie par l'INERIS dans son guide technique est présenté en Annexe 2).

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

Le graphique suivant montre la répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateur français entre 2000 et 2014. 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. Elles sont représentées par des histogrammes de couleur foncée ;
- La répartition des causes premières pour chacun des événements décrits ci-dessus. Celle-ci est donnée par rapport à la totalité des accidents observés en France. Elles sont représentées par des histogrammes de couleur claire.

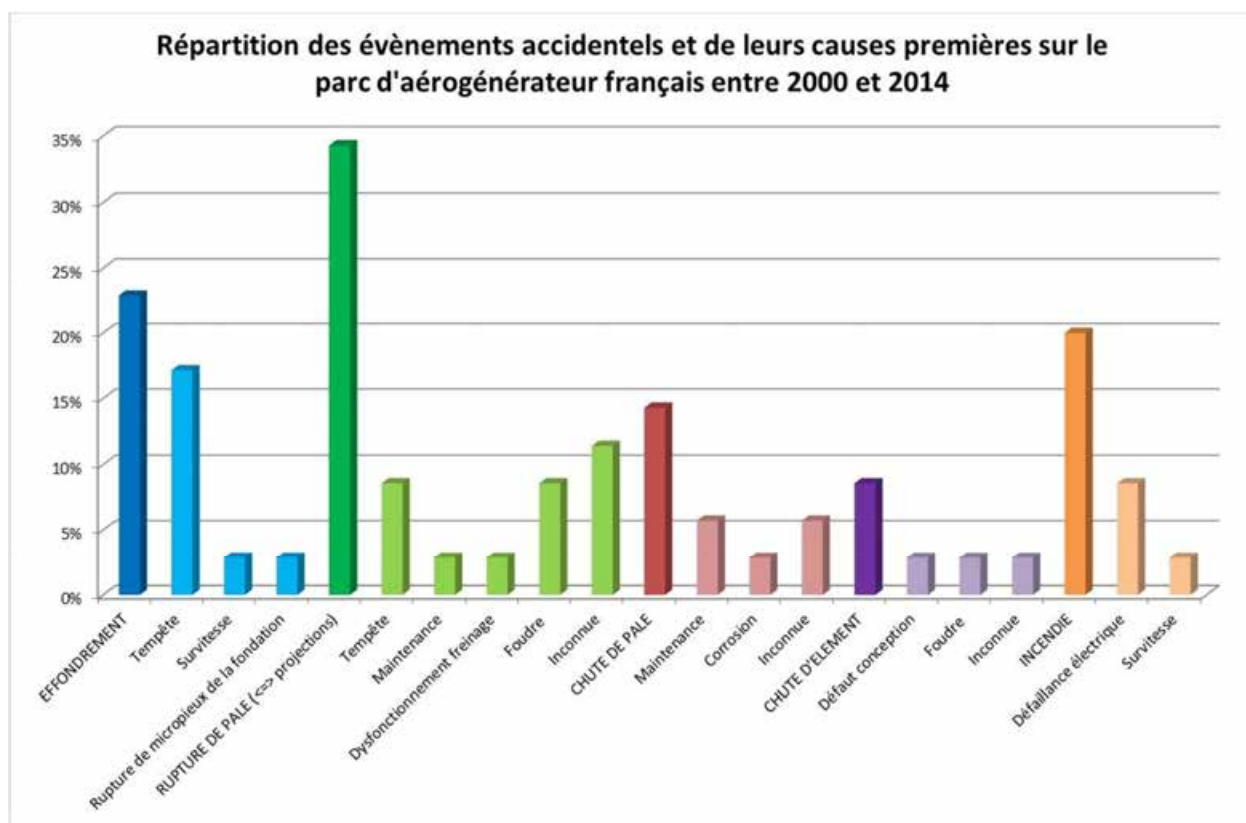


Fig. 13. Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateur français entre 2000 et 2014

Par ordre d'importance, les accidents les plus recensés sont les ruptures de pale, les effondrements, les incendies, les chutes de pale et les chutes des autres éléments de l'éolienne. La principale cause de ces accidents est les tempêtes.

6.2. INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS A L'INTERNATIONAL

Un inventaire des incidents et accidents à l'international a également été réalisé par ARTELIA. Il se base sur le retour d'expérience de la filière éolienne à Octobre 2014. Les données sont extraites de la synthèse réalisée par l'association Caithness Wind Information Forum (CWIF). On recense 1614 accidents, dont 299 concernant une rupture de pale ou un élément de pale, 236 concernant un incendie, 151 concernant l'effondrement de la structure et 35 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.

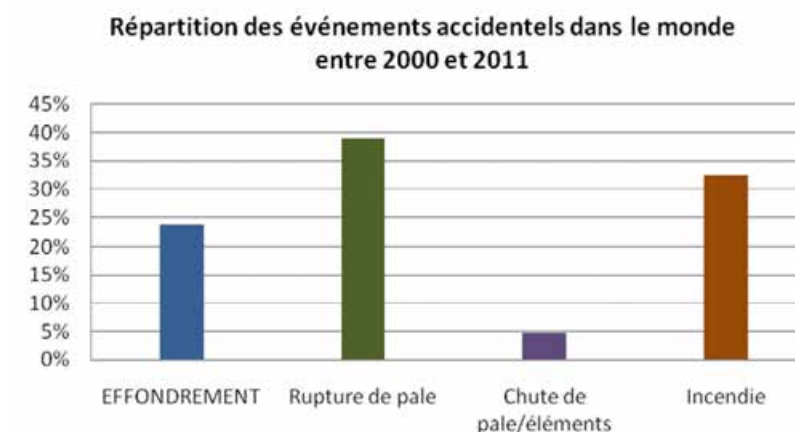


Fig. 14. Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2011

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

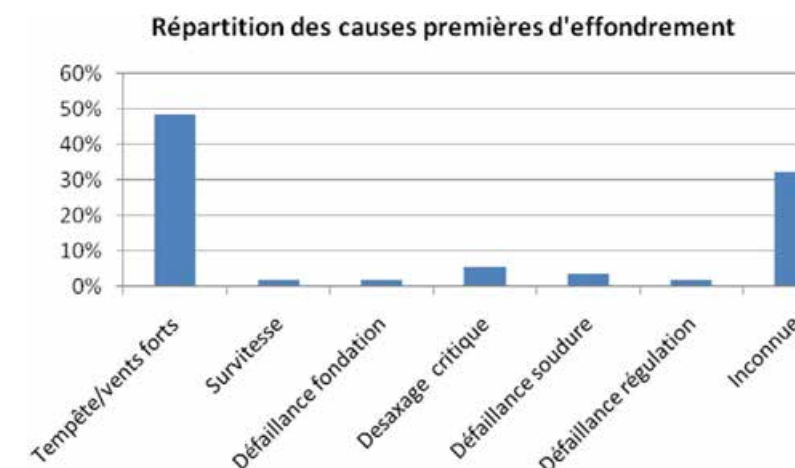


Fig. 15. Répartition des causes premières d'effondrement

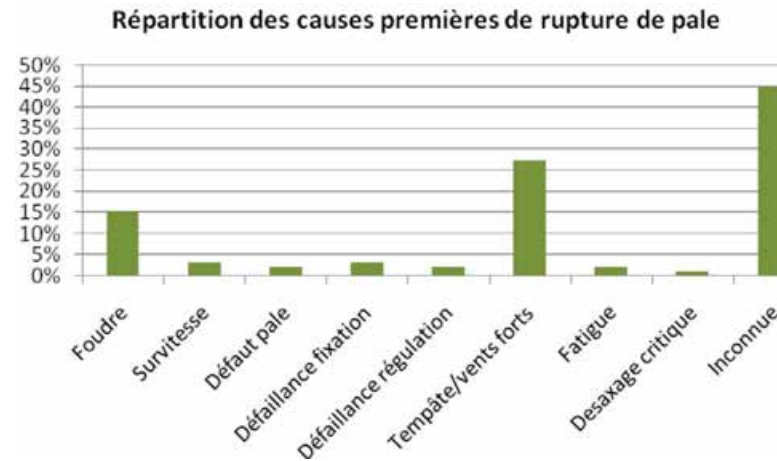


Fig. 16. Répartition des causes premières de rupture de pale

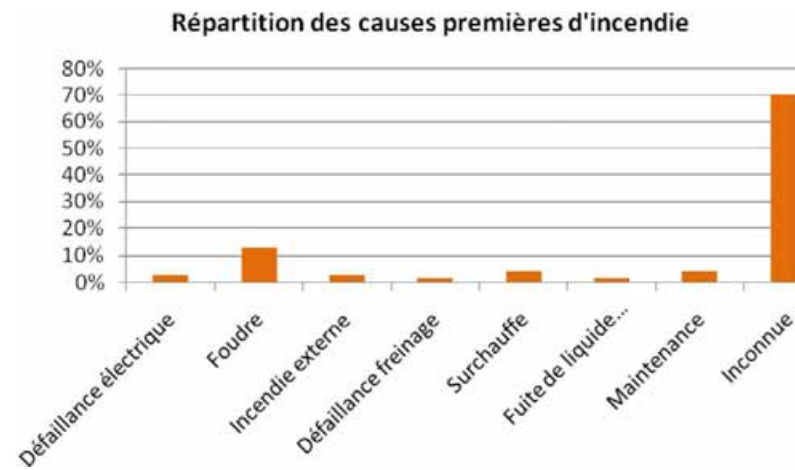


Fig. 17. Répartition des causes premières d'incendie

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

6.3. INVENTAIRE DES ACCIDENTS MAJEURS SURVENUS SUR LES SITES DE L'EXPLOITANT

Le site de Grand Rivière est le premier site éolien du SAS GRAND RIVIÈRE EOLIEN STOCKAGE SERVICES. Par conséquent, aucun accident n'est encore recensé.

6.4. SYNTHÈSE DES PHÉNOMÈNES DANGEREUX REDOUTÉS ISSUS DU RETOUR D'EXPÉRIENCE

6.4.1. 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.

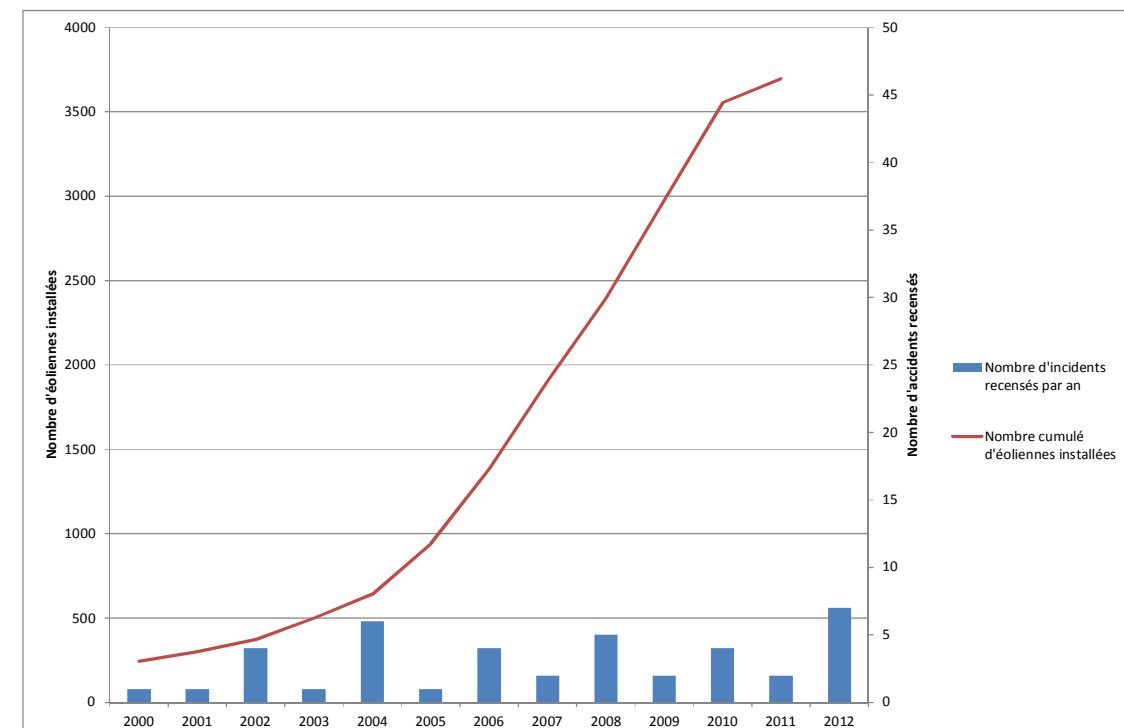


Fig. 18. Evolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées

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

6.4.2. 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.

6.5. 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... ;
- La non-homogénéité des aérogénérateurs inclus dans ce retour d'expérience : les aérogénérateurs observés n'ont pas été construits aux mêmes époques et ne mettent pas en œuvre les mêmes technologies. Les informations sont très souvent manquantes pour distinguer les différents types d'aérogénérateurs (en particulier concernant le retour d'expérience mondial) ;
- Les importantes incertitudes sur les causes et sur la séquence qui a mené à un accident : de nombreuses informations sont manquantes ou incertaines sur la séquence exacte des accidents ;

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



7. ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

7.1. OBJECTIF DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

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

L'analyse préliminaire des risques a été réalisée afin d'identifier les dangers associés aux éoliennes et les mesures mises en places pour les limiter. Elle tient compte du retour d'expérience en France et à l'international sur des installations similaires.

Cette analyse a permis d'identifier quelques produits combustibles et inflammables (graisse, lubrifiant...) dans les éoliennes, mais ceux-ci sont utilisés en faible quantité et non stockés dans l'éolienne ce qui limite les risques d'incendie.

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

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

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

D'autre part, plusieurs autres agressions externes qui ont été détaillées dans l'état initial peuvent être exclues de l'analyse préliminaire des risques 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.

7.3. RECENSEMENT DES AGRESSIONS EXTERNES POTENTIELLES

7.3.1. Agressions externes liées aux activités humaines

Aucun autre parc éolien, ligne HT ou voies de circulation, susceptibles d'agressions externes sur les éoliennes, ne sont recensés dans un périmètre de 200 mètres autour des éoliennes.

Aucun aérodrome n'est recensé dans un périmètre de 2 kilomètres autour du projet.

7.3.2. Agressions externes liées aux phénomènes naturels

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

Tabl. 7 - Agressions externes liées aux phénomènes naturels

AGRESSION EXTERNE	INTENSITE
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/km². Ces éoliennes respectent la norme EN 62 305 – 3 (Décembre 2006)

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

7.4. SCENARIOS ETUDIÉS DANS L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

Le tableau ci-dessous présente l'analyse préliminaire des risques du projet de parc éolien de Grand Rivière. Celui-ci comprend :

- 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'événements redoutés centraux identifiés grâce au retour d'expérience issu du guide de l'INERIS sur les études de dangers de parcs éoliens (« I » pour les scénarios 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).

Tabl. 8 - Tableau d'analyse préliminaire des risques

N°	EVENEMENT INITIATEUR	EVENEMENT INTERMEDIAIRE	EVENEMENT REDOUTE CENTRAL	FONCTION DE SECURITE	PHENOMENE DANGEREUX	QUALIFICATION DE LA ZONE D'EFFET
I01	Humidité	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (N°3)	Chute/ projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I02	Dysfonctionnement électrique	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne, du poste de livraison ou des stockages batterie	Prévenir les courts-circuits (N°3)	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°1) Prévenir la survitesse (N°2)	Chute/ projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I04	Désaxage de la génératrice / pièce défectueuse / défaut de lubrification	Echauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°1)	Chute/ projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I05	Conditions climatiques humides	surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°3) Protection et intervention incendie (N°5)	Incendie poste de livraison Propagation de l'incendie	2

N°	EVENEMENT INITIATEUR	EVENEMENT INTERMEDIAIRE	EVENEMENT REDOUTE CENTRAL	FONCTION DE SECURITE	PHENOMENE DANGEREUX	QUALIFICATION DE LA ZONE D'EFFET
I06	Rongeur	surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°3) Protection et intervention incendie (N°5)	Incendie poste de livraison Propagation de l'incendie	2
I07	Défaut d'étanchéité	Perte de confinement	Fuite d'huile isolante	Prévention et rétention des fuites (N°6)	Incendie du poste de transformation Propagation de l'incendie	2
F01	Fuite système lubrification Fuite convertisseur Fuite transformateur	Ecoulement hors de la nacelle/poste de livraison, puis sur le sol avec infiltration	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°6)	Pollution de l'environnement	1
F02	Renversement de fluides lors des opérations de maintenance	Ecoulement	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°6)	Pollution de l'environnement	1
C01	Défaut de fixation	Chute de trappe	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les erreurs de maintenance (N°8)	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°7)	Impact sur cible	1
C03	Défaut fixation nacelle – pivot central - mât	Chute nacelle	Chute d'éléments de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction / exploitation) (N°7)	Impact sur cible	1
P01	Survitesse	Contraintes trop importantes sur les pales	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la survitesse (N°2)	Impact sur cible	2
P02	Fatigue Corrosion	Chute de fragments de pale	Projection de tout ou partie de pale	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°9)	Impact sur cible	2
P03	Serrage inapproprié Erreur maintenance desserrage	Chute de fragments de pale	Projection de tout ou partie de pale	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction / exploitation) (N°7)	Impact sur cible	2



N°	EVENEMENT INITIATEUR	EVENEMENT INTERMEDIAIRE	EVENEMENT REDOUTE CENTRAL	FONCTION DE SECURITE	PHENOMENE DANGEREUX	QUALIFICATION DE LA ZONE D'EFFET
E01	Effets dominos autres installations	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction / exploitation) (N°7)	Projection / chute fragments de 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°7)	Projection / chute fragments de 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°7)	Projection / chute fragments de mât	2
E07	Effondrement engin de levage travaux	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Plan de prévention (N°11)	Chute fragments et chute de mât	2
E08	Vents forts et cyclones	Défaillance fondation	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction / exploitation) (N°7) Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vents forts (N°9) Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de cyclones (N°10)	Projection / chute fragments et chute de mât	2
E09	Fatigue	Défaillance mât	Effondrement éolienne	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°7)	Projection / chute fragments et chute de 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°7) Prévenir les erreurs de maintenance (N°8)	Projection / chute fragments et chute de mât	2

7.5. EFFETS DOMINOS

Dans le cadre d'un parc éolien, seuls les effets de projection sont susceptibles d'engendrer des effets dominos.

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

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

7.6. MISE EN PLACE DES MESURES DE SECURITE

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

- Fonction de sécurité : Cet intitulé décrit l'objectif de la ou des mesure(s) de sécurité : il s'agira principalement de « empêcher, éviter, détecter, contrôler ou limiter » et sera en relation avec un ou plusieurs événements conduisant à un accident majeur identifié dans l'analyse des risques. Plusieurs mesures de sécurité peuvent assurer une même fonction de sécurité.

Il est proposé ci-dessous un tableau par 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.

Les fonctions de sécurité suivantes sont étudiées :

- Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques.
- Prévenir la survitesse.
- Prévenir les courts-circuits.
- Prévenir les effets de la foudre.
- Protection et intervention incendie.
- Prévention et rétention des fuites.
- Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation).
- Prévenir les erreurs de maintenance.
- Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort.

Tabl. 9 - S1 : Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques

FONCTION DE SECURITE	PREVENIR L'ECHAUFFEMENT SIGNIFICATIF DES PIECES MECANIQUES	N°	1
Mesures de sécurité	Capteurs de température des pièces mécaniques Définition de seuils critiques de température pour chaque type de composant avec alarmes Communication continue des paramètres de fonctionnement ainsi que des alarmes au centre de contrôle du constructeur via le système SCADA Mise à l'arrêt jusqu'à refroidissement et intervention sur site pour contrôles et redémarrage.		
Description	/		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100%		
Tests	Capteur enregistré et connecté en permanence		
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.		

Tabl. 10 - S2 : Prévenir la survitesse

FONCTION DE SECURITE	PREVENIR LA SURVITESSE	N°	2
Mesures de sécurité	Détection de survitesse et système de freinage		

FONCTION DE SECURITE	PREVENIR LA SURVITESSE	N°	2
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 d'un frein mécanique auxiliaire.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection < 1 minute L'exploitant 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 15 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.		

Tabl. 11 - S3 : Prévenir les courts-circuits

FONCTION DE SECURITE	PREVENIR LES COURTS-CIRCUITS	N°	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	/		
Maintenance	Des vérifications de tous les composants électriques ainsi que des mesures d'isolement et de serrage des câbles sont intégrées dans la plupart des mesures de maintenance préventive mises en œuvre. Les installations électriques sont contrôlées avant la mise en service du parc puis à une fréquence annuelle, conformément à l'article 10 de l'arrêté du 26 août 2011.		

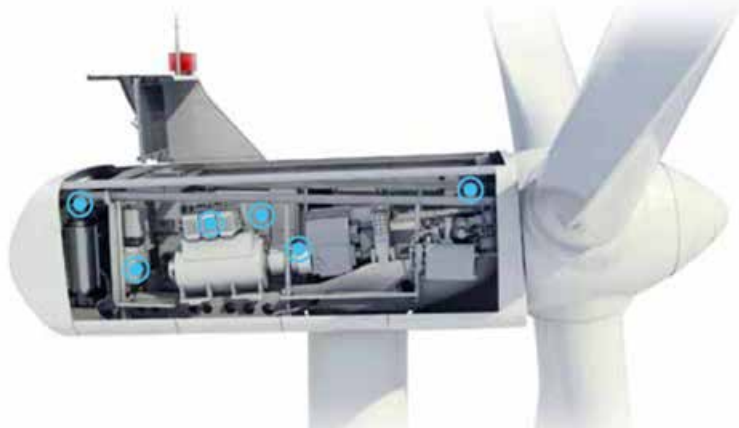
Tabl. 12 - S4 : Prévenir les effets de la foudre

FONCTION DE SECURITE	PREVENIR LES EFFETS DE LA FOUDRE	N°	4
Mesures de sécurité	Mise à terre et protection des éléments de l'aérogénérateur		
Description	Système de protection foudre de l'éolienne dimensionné pour prévenir toute dégradation des pales de l'éolienne conformément à la norme IEC 61400-24.		

	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.
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. Contrôle périodique tous les 4 ans de la mise à la terre (mesure) Inspection visuelle du système foudre 3 fois par an et une mesure annuelle

FONCTION DE SECURITE	PROTECTION ET INTERVENTION INCENDIE	N°	5
Efficacité	100%		
Tests	NA		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément aux articles 17 et 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. Les extincteurs font l'objet d'un contrôle annuel		

Tabl. 13 - S5 : Protection et intervention incendie

FONCTION DE SECURITE	PROTECTION ET INTERVENTION INCENDIE	N°	5
Mesures de sécurité	<p>Capteurs de températures et fumées (3 technologies différentes) sur les principaux composants de l'éolienne pouvant permettre, en cas de dépassement des seuils, la mise à l'arrêt de la machine</p>  <p><i>Localisation des détecteurs feu dans la nacelle</i></p> <p>Système de détection incendie relié au système SCADA qui émet une alarme au centre de contrôle et prévient l'exploitant. Intervention des services de secours Nacelle en aluminium permettant de réduire les risques de propagation d'incendie</p>		
Description	<p>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 (message d'alerte SCADA) pour envoi de personnel sur site.</p> <p>Chaque éolienne est également équipée de deux extincteurs CO2 5 kg, utilisés par les personnels d'intervention (cas d'un incendie se produisant en période de maintenance)</p>		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	<p>< 1 minute pour les détecteurs et l'enclenchement de l'alarme</p> <p>Le constructeur / exploitant 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 (arrêté du 26 août 2011)</p>		

Tabl. 14 - S6 : Prévention et rétention des fuites

FONCTION DE SECURITE	PREVENTION ET RETENTION DES FUITES	N°	6
Mesures de sécurité	Quantité faible d'huile mise en œuvre Rétentions pouvant contenir 100% des fuites.		
Description	<p>Les opérations de remplacement des bacs de graisse vides font l'objet de procédures spécifiques. Dans tous les cas, le transfert des huiles s'effectue de manière sécurisée et encadrée par les procédures de maintenance.</p> <p>La propreté des rétentions est vérifiée lors de chaque inspection de la nacelle.</p>		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Dépendant du débit de fuite		
Efficacité	100%		
Tests	NA		
Maintenance	Inspection des niveaux d'huile et de l'état des rétentions plusieurs fois par an, conformément aux articles 17 et 19 de l'arrêté du 26 août 2011.		

Tabl. 15 - S7 : Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)

FONCTION DE SECURITE	PREVENIR LES DEFAUTS DE STABILITE DE L'EOLIENNE ET LES DEFAUTS D'ASSEMBLAGE (CONSTRUCTION – EXPLOITATION)	N°	7
Mesures de sécurité	<p>Etudes de validation des fondations de chacun des massifs d'ancrage</p> <p>Les contraintes sismiques sont prises en compte dans le dimensionnement des ouvrages</p> <p>Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides, joints, etc...)</p> <p>Procédures qualité</p> <p>Attestation du contrôle technique (procédure permis de construire)</p>		
Description	<p>La norme IEC 61 400-1 « Exigence pour la conception des aérogénérateurs » fixe les prescriptions propres à fournir « un niveau approprié de protection contre les dommages résultant de tout risque durant la durée de vie » de l'éolienne. Ainsi la nacelle, le nez, les fondations et la tour répondent au standard IEC 61 400-1. Les pales respectent le standard IEC 61 400-1 ; 12 ; 23.</p> <p>Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223. Les pales du rotor sont protégées par un revêtement de surface à base de polyuréthane.</p>		



FONCTION DE SECURITE	PREVENIR LES DEFAUTS DE STABILITE DE L'EOLIENNE ET LES DEFAUTS D'ASSEMBLAGE (CONSTRUCTION – EXPLOITATION)	N°	7
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100%		
Tests	NA		
Maintenance	Les couples de serrage (brides sur les diverses sections de la tour, bride de raccordement des pales au moyeu, bride de raccordement du moyeu à l'arbre lent, éléments du châssis, éléments du pitch system, couronne du Yaw Gear (moteurs d'orientation de la nacelle), boulons de fixation de la nacelle...) sont vérifiés au bout de 3 mois de fonctionnement puis tous les 3 ans, conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011.		

Tabl. 16 - S8 : Prévenir les erreurs de maintenance

FONCTION DE SECURITE	PREVENIR LES ERREURS DE MAINTENANCE	N°	8
Mesures de sécurité	Procédure maintenance		
Description	Préconisations du manuel de maintenance, formation du personnel		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100%		
Tests	Une première maintenance est effectuée au bout de 3 mois, puis maintenances programmées tous les 6 mois Chaque opération de maintenance dispose de procédures spécifiques.		
Maintenance	Personnel compétent et disposant d'une formation sur les risques présentés par l'installation, ainsi que sur les moyens mis en œuvre pour les éviter + procédures à suivre en cas d'urgence + manuel d'entretien à disposition et mis à jour conformément aux articles 17 et 19 de l'arrêté du 26 août 2011.		

Tabl. 17 - S9 : Prévenir les risques de dégradations de l'éolienne en cas de vents forts

FONCTION DE SECURITE	PREVENIR LES RISQUES DE DEGRADATION DE L'EOLIENNE EN CAS DE VENTS FORTS	N°	9
Mesures de sécurité	Classe d'éolienne adaptée au site et au régime des vents Détection et prévention des vents forts et tempêtes Arrêt automatique et diminution de la prise au vent de l'éolienne (mise en drapeau progressive des pales) par le système de conduite		
Description	L'éolienne est mise à l'arrêt progressivement si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale pour laquelle elle a été conçue		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Inférieur à 1 minute		
Efficacité	100%		

FONCTION DE SECURITE	PREVENIR LES RISQUES DE DEGRADATION DE L'EOLIENNE EN CAS DE VENTS FORTS	N°	9
Maintenance	Les paramètres d'entrée en cas d'arrêt sectoriel sont régulièrement mis à jour et contrôlés lors des modifications d'hardware ou de software		

Tabl. 18 - S10 : Prévenir les risques de dégradations de l'éolienne en cas de cyclones

FONCTION DE SECURITE	PREVENIR LES RISQUES DE DEGRADATION DE L'EOLIENNE EN CAS DE CYCLONES DANS LES ZONES CYCLONIQUES	N°	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 (Technologie Yaw Power Back up) constitués 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 aux batteries sur site		
Description	Le système Yaw Power Back est 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 aux batteries sur site Formation des opérateurs		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Inférieur à 1 minute		
Efficacité	100%		
Maintenance	Contrôle et entretien des équipements par un organisme spécifique		

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

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

Pour prévenir les risques d'incendie et d'explosion des batteries lithium/ion, les containers seront équipés d'une ventilation forcée. Une détection incendie sera en place dans les différents containers. Un premier niveau d'alarme sera transmis à la télésurveillance de l'installation. Le deuxième niveau d'alarme déclenchera l'extinction automatique (gaz 50% Ar, 50%N₂). Par ailleurs tous les containers (stockage batterie et convertisseur) sont coupe-feu 2h.



7.7. CONCLUSION DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

Dans le cadre de l'analyse préliminaire des risques du parc éolien de Grand Rivière, quatre catégories de scénarios sont exclues de l'étude détaillée, en raison de leur faible intensité :

Tabl. 19 - Scénarios exclus de l'analyse détaillée des risques

NOM DU SCENARIO EXCLU	JUSTIFICATION
Incendie de l'éolienne (effets thermiques)	<p>En cas d'incendie de nacelle, et en raison de la hauteur des nacelles, les effets thermiques ressentis au sol seront mineurs.</p> <p>Par exemple, dans le cas d'un incendie de nacelle située à 50 mètres de hauteur, la valeur seuil de 3 kW/m² 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.</p> <p>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.</p>
Incendie du poste de livraison (transformateur) ou des batteries	<p>En cas d'incendie de ces éléments, les effets ressentis à l'extérieur des bâtiments (poste de livraison) seront mineurs ou inexistant du fait notamment de la structure en béton. Pour les containers de batteries, les quantités de produits inflammables sont mineures.</p> <p>De plus, la réglementation encadre déjà largement la sécurité de ces installations (arrêté du 26 août 2011 et respect des normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200).</p>
Infiltration d'huile dans le sol	<p>En cas d'infiltration d'huiles dans le sol, les volumes de substances libérées dans le sol restent mineurs.</p> <p>Aucun périmètre de protection rapprochée d'une nappe phréatique n'est présent à proximité du parc éolien de Grand Rivière, par conséquent ce scénario n'est pas détaillé dans le chapitre de l'étude détaillée des risques.</p>
Chute ou projection de glace	Aucun jour de gel n'est recensé en Martinique

Les principaux risques identifiés à l'issu de cette analyse sont des scénarios de projections ou chute d'éléments :

- l'effondrement de l'éolienne ;
- la projection de tout ou une partie de pale d'un aérogénérateur ;
- la 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...). 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.

Les éoliennes seront construites selon les normes et intègrent notamment un système de parafoudre et mise à la terre, des fondations renforcées



8. ETUDE DETAILLEE DES RISQUES

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

8.1. RAPPEL DES DEFINITIONS

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

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

Cet arrêté est complété par la circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux Plans de Prévention des Risques Technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 juillet 2003.

Cette circulaire précise en son point 1.2.2 qu'à l'exception de certains explosifs pour lesquels les effets de projection présentent un comportement caractéristique à faible distance, les projections et chutes liées à des ruptures ou fragmentations ne sont pas modélisées en intensité et gravité dans les études de dangers.

Force est néanmoins de constater que ce sont les seuls phénomènes dangereux susceptibles de se produire sur des éoliennes.

Afin de pouvoir présenter des éléments au sein de cette étude de dangers, il est proposé de recourir à la méthode ad hoc préconisée par le guide technique nationale relatif à l'étude de dangers dans le cadre d'un parc éolien dans sa version de mai 2012. Cette méthode est inspirée des méthodes utilisées pour les autres phénomènes dangereux des installations classées, dans l'esprit de la loi du 30 juillet 2003.

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

8.1.1. 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, la cinétique peut être qualifiée de « lente » ou de « rapide ». Dans le cas d'une cinétique lente, les personnes ont le temps d'être mises à l'abri à la suite de l'intervention des services de secours. Dans le cas contraire, la cinétique est considérée comme rapide.

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

8.1.2. 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 (de tout 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 : seuils d'exposition très forte ;
- 1% d'exposition : seuil d'exposition forte.

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

Tabl. 20 - Seuils d'intensité

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

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

8.1.3. 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.



Tabl. 21 - Niveaux de gravité

Intensité \ Gravité	Zone d'effet d'un évènement accidentel engendrant une exposition très forte	Zone d'effet d'un évènement accidentel engendrant une exposition forte	Zone d'effet d'un évènement 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 1 personne

Au regard des enjeux présents au voisinage de l'installation la gravité a été évaluée selon les critères suivants :

- La fréquentation de la route Macouba/Grand Rivière est de 2 151 véhicules/jour. Ainsi, selon la circulaire du 10 mai 2010, il a été considéré 0,4 personnes exposées par km et par tranche de 100 véhicules/jour soit 8,8 personnes exposées par km.
- Le chemin de randonnée est peu fréquenté et accueille moins de 100 promeneurs/jour en moyenne. Ainsi, selon la circulaire du 10 mai 2010, il a été considéré 2 personnes pour 1 kilomètre.
- Le reste des terrains sont des champs, prairies ou forêts très peu fréquentés. Selon les termes de la circulaire du 10 mai 2010, il a été considéré 1 personne par tranche de 100 hectares.

En l'absence d'autres cibles dans la zone d'étude (rayon de 500 m autour des éoliennes), ces critères sont suffisants pour préciser le nombre de personnes potentiellement exposées.

8.1.4. 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 :

Tabl. 22 - Niveaux de probabilité

Niveaux	Echelle qualitative	Echelle quantitative (probabilité annuelle)
A	Courant	$P > 10^{-2}$

Niveaux	Echelle qualitative	Echelle quantitative (probabilité annuelle)
	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.	
B	Probable S'est produit et/ou peut se produire pendant la durée de vie des installations.	$10^{-3} \leq P \leq 10^{-2}$
C	Improbable Evènement 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.	$10^{-4} \leq P \leq 10^{-3}$
D	Rare S'est déjà produit mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement la probabilité.	$10^{-5} \leq P \leq 10^{-4}$
E	Extrêmement rare Possible mais non rencontré au niveau mondial. N'est pas impossible au vu des connaissances actuelles.	$\leq 10^{-5}$

Dans le cadre de l'étude de dangers des parcs éoliens, la probabilité de chaque évènement 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 évènement redouté se produise sur l'éolienne (probabilité de départ) et non à la probabilité que cet évènement produise un accident suite à la présence d'un véhicule ou d'une personne au point d'impact (probabilité d'atteinte). En effet, l'arrêté du 29 septembre 2005 impose une évaluation des probabilités de départ uniquement.

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



$P_{orientation}$ = 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).

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

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

8.2. CARACTERISATION DES SCENARIOS RETENUS

8.2.1. Effondrement d'une 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 (hauteur mât + hauteur pale).

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

Intensité

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

Le tableau ci-dessous présente la zone d'effet et l'intensité du phénomène d'effondrement associées à une éolienne en projet. R est la longueur de pale (R= longueur de pale des aérogénérateurs de l'installation), H la hauteur du mât (H= hauteur du mât) et L la largeur du mât (L= base du mât).

Tabl. 23 - Effondrement d'une éolienne : zone d'effet et intensité

Effondrement d'une éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)				
Type d'éolienne	Zone d'impact en m ² (ZI) $(H) \times L + 3 \cdot R \cdot LB/2$	Zone d'effet du phénomène étudié en m ² (ZE) $\pi \times (H+R)^2$	Degré d'exposition du phénomène étudié en % ZI/ZE	Intensité
Eoliennes en projet	612,5	53 093	1,15	Exposition forte

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

Gravité

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

Tabl. 24 - Effondrement d'une éolienne : Gravité

Effondrement d'une éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)		
Type d'éolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
Eoliennes en projet	Chemins de randonnée peu fréquentés sur 250m max : <1 personne Champs, forêts peu fréquentés sur 5 ha : < 1 personne Soit moins d'une personne dans la zone d'effondrement de chaque éolienne	Sérieux

Probabilité

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

Tabl. 25 - Fréquence d'effondrement d'une éolienne

Source	Fréquence	Justification
Guide for risk based zoning of wind turbines [5]	$4,5 \times 10^{-4}$	Retour d'expérience
Spécification 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.

² Une année d'expérience correspond à une éolienne observée pendant une année



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

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

Néanmoins, les dispositions constructives des éoliennes ayant fortement évolué, le niveau de fiabilité est aujourd'hui bien meilleur. Des mesures de maîtrise des risques supplémentaires ont été mises en place sur les machines récentes et permettent de réduire significativement la probabilité d'effondrement. Ces mesures de mesures de sécurité sont notamment :

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

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 ».

Acceptabilité

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

Tabl. 26 - Effondrement d'une éolienne : Acceptabilité

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
Eoliennes en projet	Sérieux	Acceptable

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

8.2.2. 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 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 présente la zone d'effet et l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne associées à une éolienne en projet. d est le degré d'exposition, ZI la zone d'impact, ZE la zone d'effet, R la longueur de pale (R= longueur de pale des aérogénérateurs de l'installation) et LB la largeur de la base de la pale (LB= largeur de la base de la pale des aérogénérateurs de l'installation).

Le degré d'exposition est indiqué dans le tableau ci-après :

Tabl. 27 - Chute d'éléments de l'éolienne : Zone d'effet et intensité

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = Zone de survol)				
Type d'éolienne	Zone d'impact en m ² (ZI) R*LB/2	Zone d'effet du phénomène étudié en m ² (ZE) $\pi \times R^2$	Degré d'exposition du phénomène étudié en % ZI/ZE	Intensité
Eoliennes en projet	97,5	7 854	1,24	Exposition forte

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

Gravité

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

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

Tabl. 28 - Chute d'éléments de l'éolienne : Gravité

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = Zone de survol)		
Type d'éolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
Eoliennes en projet	Chemins de randonnée peu fréquentés sur 100m max : < 1 personne Champs, forêts peu fréquentés sur 0,8 ha : < 1 personne 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 $4,47 \times 10^{-4}$ événement par éolienne et par an).

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

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

Acceptabilité

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur en projet, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable). Le niveau de risque des installations existantes est également rappelé.

Tabl. 29 - Chute d'éléments de l'éolienne : Acceptabilité

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = Zone de survol)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
Eoliennes en projet	Sérieux	Acceptable

Ainsi, pour le parc éolien de Grand Rivière, le phénomène de chute d'éléments de l'éolienne constitue un risque acceptable pour les personnes.

8.2.3. Projections de pales ou de fragments de pales

Zone d'effet

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

L'accidentologie éolienne mondiale manque de fiabilité car la source la plus importante (en termes statistiques) est une base de données tenue par une association écossaise majoritairement opposée à l'énergie éolienne [3].

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].

En accord avec le guide INERIS/SER-FEE, sur la base des 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 (cercle de rayon $R_{max} = 500$ m).

Le tableau ci-dessous présente la zone d'effet et l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne associées à une éolienne en projet. d est le degré d'exposition, ZI la zone d'impact, ZE la zone d'effet, R la longueur de pale (R= longueur de pale des aérogénérateurs de l'installation) et LB la largeur de la base de la pale (LB= largeur de la base de la pale des aérogénérateurs de l'installation).

Le degré d'exposition est indiqué dans le tableau ci-après :

Tabl. 30 - Projection de pale ou de fragment de pale : Zone d'effet et Intensité

Projection de pale ou fragment de pale (Zone de 500m autour de chaque éolienne)				
Type d'éolienne	Zone d'impact en m ² (ZI) $R \cdot LB/2$	Zone d'effet du phénomène étudié en m ² (ZE) $\pi \times R_{max}^2$	Degré d'exposition du phénomène étudié en % ZI/ZE	Intensité
Eoliennes en projet	97,5	785 398	0,012	Exposition modérée



Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues du paragraphe 8.1.3., 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.

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

Tabl. 31 - Projection de pale ou de fragment de pale : Gravité

Projection de pale ou fragment de pale (Zone de 500m autour de chaque éolienne)		
Type d'éolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
Eoliennes en projet	Route communale sur 900 m max : 8 personnes Chemins de randonnée peu fréquentés sur 1,2km max : 2 personnes Champs, forêts peu fréquentées sur 78 ha : < 1 personne Soit entre 3 et 9 personnes dans la zone de projection 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 :

Tabl. 32 - Fréquences de projection de pale ou de fragment de pale

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

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

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

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

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

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

Acceptabilité

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur en projet, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable). Le niveau de risque des installations existantes est également rappelé.

Tabl. 33 - Projection de pale ou de fragment de pale : Acceptabilité

Projection de pale ou fragment de pale (Zone de 500m autour de chaque éolienne)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
Eoliennes en projet	Sérieux	Acceptable

Ainsi, pour le parc éolien de Grand Rivière, le phénomène de projection de tout ou partie de pale des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.



8.3. SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE DÉTAILLÉE DES RISQUES

8.3.1. Tableaux de synthèse des scénarios étudiés

Le tableau suivant récapitule, pour chaque événement redouté central retenu, les paramètres de risques : la cinétique, l'intensité, la gravité et la probabilité. Il est important de noter que l'agrégation des éoliennes au sein d'un même profil de risque ne débouche pas sur une agrégation de leur niveau de probabilité ni du nombre de personnes exposées car les zones d'effet sont différentes.

Tabl. 34 - Tableau de synthèse des scénarios étudiés

SCENARIO	ZONE D'EFFET	CINETIQUE	INTENSITE	PROBABILITE	GRAVITE	REFEREN CE
Effondrement d'une éolienne	Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale	Rapide	Exposition forte	D	Sérieux	1
Chute d'éléments d'une éolienne	Zone de survol	Rapide	Exposition forte	C	Sérieux	2
Projection de pales ou de fragments de pales d'une éolienne	500 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	D	Sérieux	3

8.3.2. 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 a été utilisée. Les phénomènes associés au projet éolien de Grand Rivière apparaissent en gras dans la grille.

Tabl. 35 - Matrice de criticité

PROBABILITE (sens croissant de E vers A)					
GRAVITE des conséquences sur les personnes exposées au risque	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux		1 ; 3	2		
Modéré					

Niveau de risque	Couleur	Acceptabilité
Risque très faible		Acceptable
Risque faible		Acceptable
Risque important		Inacceptable

Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée que :

- aucun accident n'apparaît dans les cases rouges de la matrice ;
- Les accidents figurent en case jaune. Pour ces accidents, il convient de souligner que les fonctions de sécurité détaillées dans la partie 7.6 sont mises en place.

Une carte de synthèse des risques est présentée en annexe 3 faisant apparaître :

- les enjeux étudiés dans l'étude détaillée des risques ;
- l'intensité des différents phénomènes dangereux dans les zones d'effet de chaque phénomène dangereux ;
- le nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) exposées par zone d'effet.

L'analyse détaillée des risques a permis dans un premier temps de déterminer les distances d'effets, l'intensité et la gravité des phénomènes dangereux associés au projet d'extension. Ils sont illustrés sur les figures ci-après et détaillés ci-dessous.

Les cercles représentent les distances d'effet associés à chaque scénario :

- L'effondrement de l'éolienne a une distance d'effet de 1300 mètres correspondant à la hauteur de l'éolienne et la longueur des pales,
- La projection d'éléments de l'éolienne à une distance d'effet de 500m. Cette valeur guide se base sur le retour d'expérience d'installations similaires,
- La chute d'éléments de l'éolienne à une distance d'effets de 50 mètres correspondant à la longueur des pales.

L'intensité du phénomène (très forte, forte ou modérée) est représentée par une couleur de cercle différente. Aucun scénario n'est considéré comme étant à très forte exposition. La surface d'atteinte de l'élément chutant ou projeté représente moins de 5% de la zone d'effet.

La gravité est évaluée en fonction du nombre de personnes présentes dans chaque zone d'effet.

En complément de l'évaluation de la gravité, une cotation en probabilité des phénomènes étudiés a été effectuée pour déterminer l'acceptabilité des risques liés au projet.

Les grilles d'évaluation de la probabilité et gravité sont inspirées de l'annexe III de l'arrêté du 29 septembre 2005.



Pour les trois scénarios, la gravité est jugée comme de niveau sérieux, soit moins de 10 personnes exposées dans les zones d'exposition modérée et moins de 1 personne exposée dans zones d'exposition forte.

La probabilité est jugée selon les scénarios comme improbable ou rare (Probabilité annuelle entre 10^{-3} et 10^{-5})



9. CONCLUSION

L'étude de dangers menée pour le projet de parc éolien de Grand Rivière, incluant 7 aérogénérateurs et des batteries lithium/ion, 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 ;
- la chute d'éléments de l'éolienne ;
- la projection de tout ou une partie de pale d'un aérogénérateur.

Une analyse détaillée des risques en termes d'intensité, de gravité et de probabilité a cependant 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.

oOo



ANNEXE 1

Bibliographie

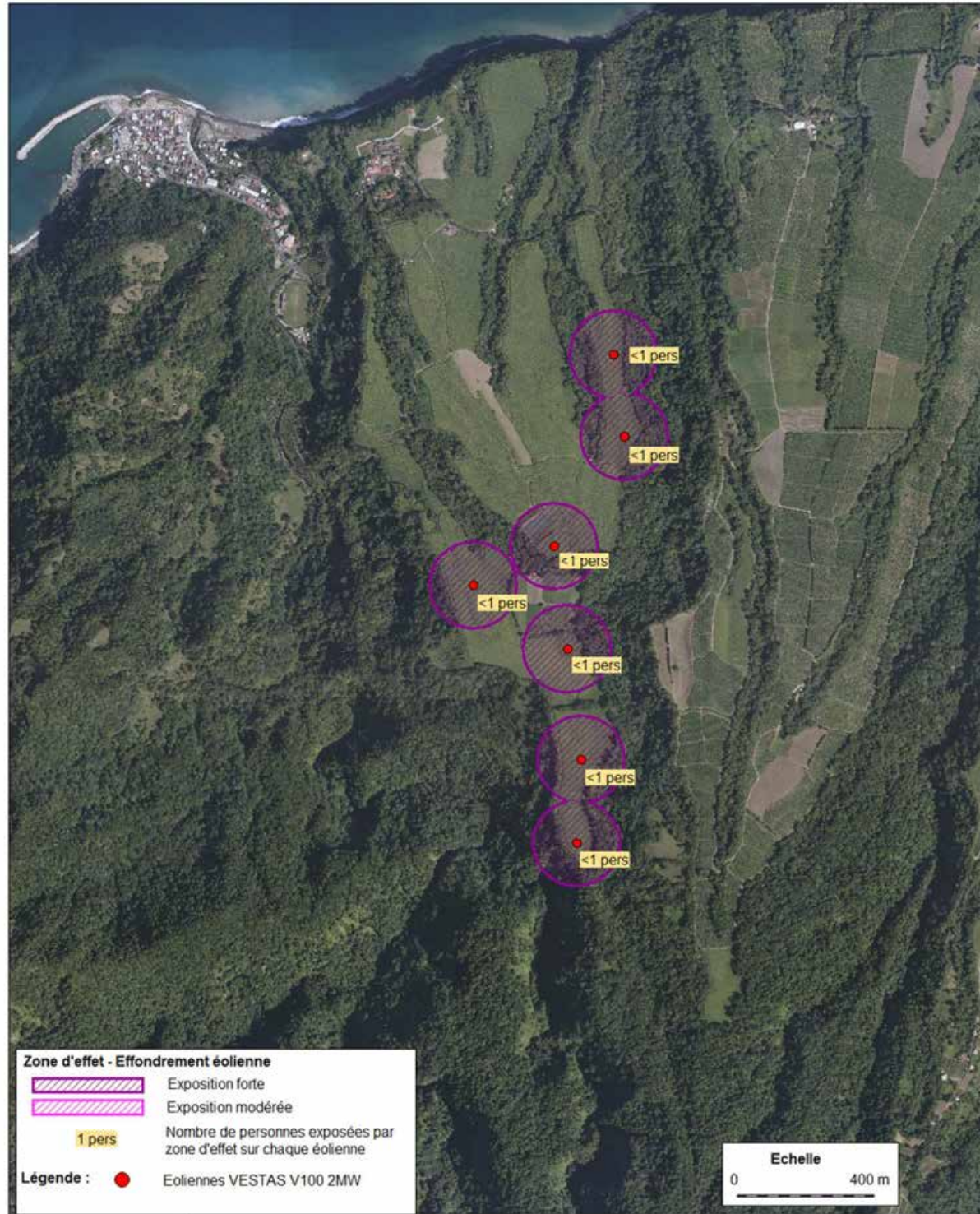


- [1] L'évaluation des fréquences et des probabilités à partir des données de retour d'expérience (réf DRA-11-117406-04648A), INERIS, 2011.
- [2] NF EN 61400-1 Eoliennes – Partie 1 : Exigences de conception, Juin 2006.
- [3] Wind Turbine Accident data to 31 March 2011, Caithness Windfarm Information 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 ingenieuresgesellschaft, 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.
- [19] Guide technique d'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens, INERIS, France Energie Eolienne et le Syndicat des Energies renouvelables, mai 2012.



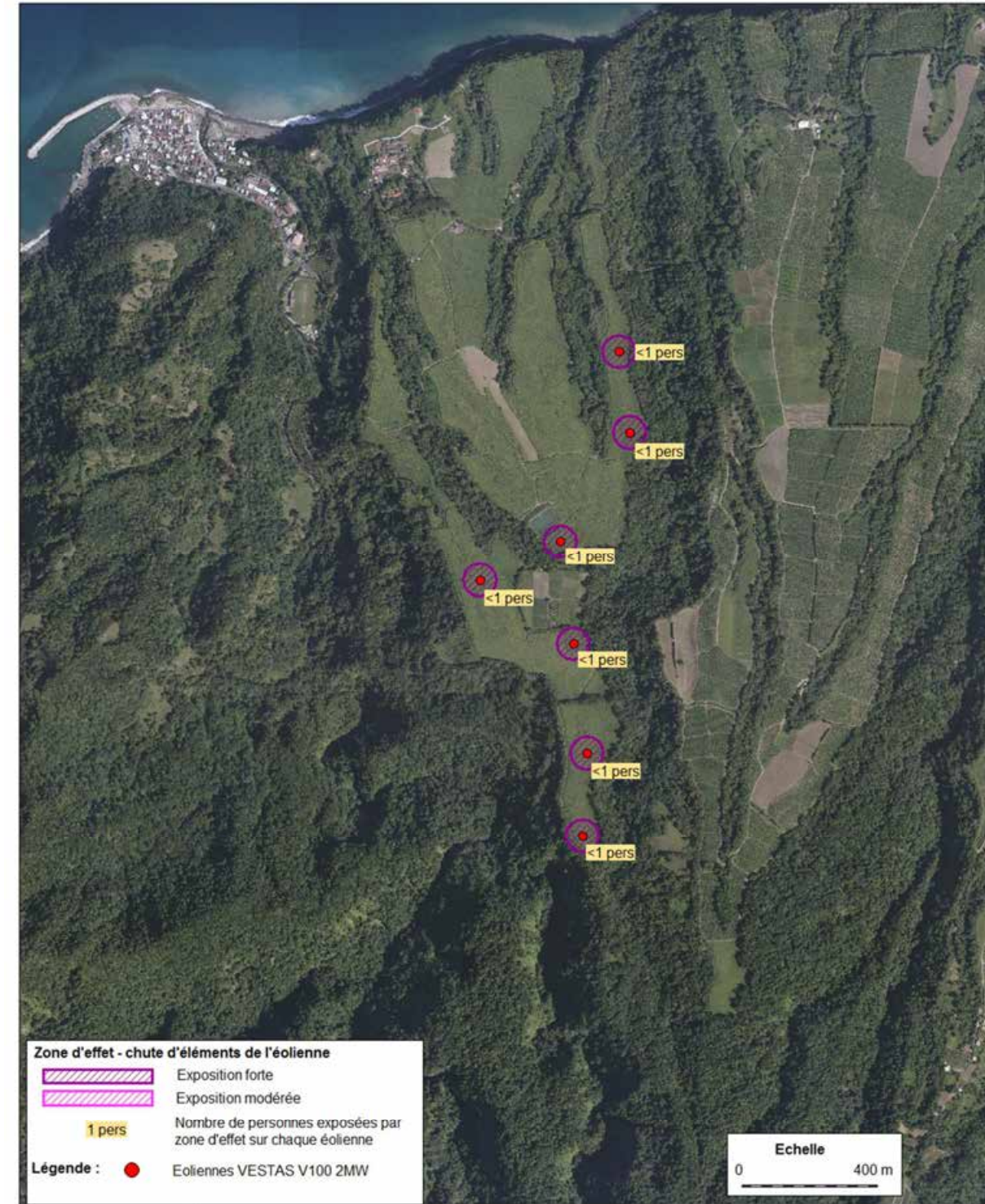
ANNEXE 2

Carte de synthèse des risques



ETUDE DE DANGERS		Indice	Date	Modifications	Equipe
GRESS		00	20/11/2014	Création du document	NFR
Projet éolien de Grand Rivière					
Effondrement éolienne		N° plan:			
		01			
N° projet: 8540202	Dessiné par: NFR	Vérfié par: RRO			

ARTELIA RSE
 Immeuble Le first
 2, avenue Lacassagne
 69425 LYON Cedex 03
 Tél: 04.37.65.38.00
 Fax: 04.37.65.38.01



ETUDE DE DANGERS		Indice	Date	Modifications	Equipe
GRESS		00	20/11/2014	Création du document	NFR
Projet éolien de Grand Rivière					
Chute d'éléments de l'éolienne		N° plan:			
		02			
N° projet: 8540202	Dessiné par: NFR	Vérfié par: RRO			

ARTELIA RSE
 Immeuble Le first
 2, avenue Lacassagne
 69425 LYON Cedex 03
 Tél: 04.37.65.38.00
 Fax: 04.37.65.38.01

