

Projet éolien du PLATEAU DE PARDINES

Communes de Pardines et Perrier
Département du Puy-de-Dôme

DEMANDE D'AUTORISATION D'EXPLOITER

ETUDE DE DANGERS

Novembre 2014

Energies et Territoires Développement

<p><i>ETD Brest</i> Pôle d'innovation de Mescoat 29800 LANDERNEAU Tél : +33 (0)2 98 30 36 82 Fax : +33 (0)2 98 30 35 13</p>	<p><i>ETD Amiens</i> 4 rue de la Poste BP 30015 80160 CONTY Tél/Fax : 03 22 46 99 07</p>	<p><i>ETD Roanne</i> Télépôle - 27, rue Langénieux 42300 ROANNE Tél : +33 (0)4 77 23 78 20 Fax : +33 (0)4 77 23 78 46</p>
---	--	---

Sommaire

PREAMBULE	7
RESUME NON TECHNIQUE	8
Introduction	8
Périmètre d'étude	9
Description de l'environnement et identification des enjeux	9
Description de l'installation – Procédé et fonctionnement	10
Potentiels de danger de l'installation et agressions potentielles	14
Analyse des retours d'expérience	16
Evaluation préliminaire des risques	16
Etude détaillée des risques	18
Conclusion de l'étude de dangers	24
ETUDE DE DANGERS	25
1. INTRODUCTION	26
1.1. Objectif de l'étude de dangers	26
1.2. Contexte législatif et réglementaire	26
1.3. Nomenclature des installations classées	28
2. INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION	29
2.1. Renseignements administratifs	29
2.2. Localisation du site	31
2.3. Définition de l'aire d'étude	31
3. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT	34
3.1. Environnement humain	34
3.1.1. Zones urbanisées et urbanisables	34
3.1.2. Etablissements recevant du public (ERP)	35
3.1.3. Installations classées pour la protection de l'environnement et installations nucléaires de base.....	37
3.1.4. Autres activités	40
3.2. Environnement naturel	43
3.2.1. Contexte climatique	43
3.2.2. Risques naturels	46
3.3. Environnement matériel	54
3.3.1. Voies de communication	54

3.3.2.	Les servitudes aéronautiques et radioélectriques	56
3.3.3.	Réseaux publics et privés.....	56
3.3.4.	Autres ouvrages publics.....	57
3.4.	Synthèse des enjeux.....	59
3.4.1.	Cartographie de synthèse des enjeux	59
4.	DESCRIPTION DE L'INSTALLATION.....	61
4.1.	Caractéristiques de l'installation.....	61
4.1.1.	Caractéristiques générales d'un parc éolien.....	61
4.1.2.	Activité de l'installation.....	62
4.1.3.	Composition de l'installation.....	62
4.2.	Fonctionnement de l'installation.....	64
4.2.1.	Principe de fonctionnement d'un aérogénérateur	64
4.2.2.	Sécurité de l'installation	68
4.2.3.	Opération d'entretien et de maintenance	73
4.2.4.	Stockage et flux de produits dangereux	74
4.3.	Fonctionnement des réseaux de l'installation.....	75
4.3.1.	Raccordements électriques.....	75
4.3.2.	Autres réseaux	77
5.	IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION	78
5.1.	Les potentiels de dangers liés aux produits	78
5.2.	Les potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation.....	79
5.3.	Réduction des potentiels de dangers à la source.....	80
5.3.1.	Principales actions préventives	80
5.3.2.	Utilisation des meilleures techniques disponibles.....	81
6.	ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE.....	82
6.1.	Inventaire des accidents et incidents en France.....	82
6.2.	Inventaire des accidents et incidents à l'international	84
6.3.	Inventaires des accidents majeurs survenus sur les sites de l'exploitant.....	85
6.4.	Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience.....	86
6.4.1.	Analyse de l'évolution des accidents et incidents en France	86
6.4.2.	Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents.....	87
6.5.	Limites d'utilisation de l'accidentologie.....	88
7.	ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES	89
7.1.	Objectif de l'analyse préliminaire des risques.....	89
7.2.	Recensement des événements initiateurs exclus de l'analyse des risques.....	89
7.3.	Recensement des agressions externes potentielles.....	90
7.3.1.	Agressions externes liées aux activités humaines.....	90
7.3.2.	Agressions externes liées aux phénomènes naturels	91

7.4.	Scénarios étudiés dans l'analyse préliminaire des risques	92
7.5.	Effets dominos	95
7.6.	Mise en place des mesures de sécurité	95
7.7.	Conclusion de l'analyse préliminaire des risques	103
8.	ETUDE DETAILLEE DES RISQUES	105
8.1.	Rappel des définitions	105
8.1.1.	Cinétique.....	106
8.1.2.	Intensité	106
8.1.3.	Gravité	107
8.1.4.	Probabilité.....	108
8.1.5.	Grille de criticité	110
8.2.	Caractérisation des scénarios retenus	111
8.2.1.	Effondrement de l'éolienne.....	111
8.2.2.	Chute de glace.....	115
8.2.3.	Chute d'éléments de l'éolienne.....	118
8.2.4.	Projection de pales ou de fragments de pales.....	121
8.2.5.	Projection de glace.....	124
8.3.	Synthèse de l'étude détaillée des risques	127
8.3.1.	Tableaux de synthèse des scénarios étudiés.....	127
8.3.2.	Synthèse de l'acceptabilité des risques	128
8.3.3.	Cartographie des risques	129
9.	CONCLUSION	134
10.	RESUME NON TECHNIQUE	135
	BIBLIOGRAPHIE	136
	ANNEXE 1 : GLOSSAIRE	138
	ANNEXE 2 : PROBABILITE D'ATTEINTE ET RISQUE INDIVIDUEL	141
	ANNEXE 3 : METHODE DE COMPTAGE DES PERSONNES	142
	ANNEXE 4 : ACCIDENTOLOGIE FRANÇAISE	144
	ANNEXE 5 : SCENARIOS GENERIQUES DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES	154
	ANNEXE 6 : AVIS FAVORABLES DE L'ARMEE ET DE L'AVIATION CIVILE	157
	ANNEXE 7 : RECOMMANDATIONS DU SDIS 63 RELATIVES AU PROJET.	163
	ANNEXE 8 : CERTIFICATS DE CONFORMITE DE L'EOLIENNE SIEMENS SWT-3.0-113	166
	ANNEXE 9 : CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DE L'EOLIENNE SWT-3.0-113	173

LISTE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 - Rose des vents sur le site du Plateau de Pardines	43
Figure 2 - Diagramme ombrothermique de la station Météo France de Clermont-Ferrand	44
Figure 3 - Diagramme mensuel de la conjonction humidité / gel.....	45
Figure 4 - Fonctionnement d'un parc éolien.....	61
Figure 5 - Dénomination des différents éléments d'une éolienne	64
Figure 6 - Schéma de principe du raccordement électrique d'un parc éolien	75
Figure 7 - Façade nord du poste de livraison	76
Figure 8 - Analyse des accidents du parc éolien français entre 2000 et 2011, SER-FEE	83
Figure 9 - Répartition des événements accidentels dans le monde, SER-FEE.....	84
Figure 10 - Répartition des causes premières d'effondrement, SER-FEE.....	84
Figure 11 - Répartition des causes premières de rupture de pale, SER-FEE.....	85
Figure 12 - Répartition des causes premières d'incendie, SER-FEE	85
Figure 13 - Evolution du nombre d'incidents annuels en France	86

LISTE DES CARTES

Carte 1 - Localisation du projet.....	32
Carte 2 - Identification des éoliennes et périmètre d'étude	33
Carte 3 - Zones habitées et zones destinées à l'habitation.....	36
Carte 4 - ICPE dans un rayon de 5 km.....	38
Carte 5 - Carrières	39
Carte 6 – Aire de pique-nique de Pardines.....	40
Carte 7 - Tourisme dans les environs du projet	42
Carte 8 - Aléa inondation sur la commune de Perrier (Cartorisque).....	47
Carte 9 - Sensibilité à la remontée de nappe phréatique (BRGM).....	48
Carte 10 - Aléa retrait-gonflement des argiles.....	50
Carte 11 - Zone de risque de mouvement de terrain (R111-3).....	51
Carte 12 - Réseau routier	55
Carte 13 - Réseaux à proximité du site	58
Carte 14 - Synthèse des enjeux.....	60
Carte 15 - Plan détaillé de l'installation.....	63
Carte 16 - Tracé prévisionnel du raccordement au réseau électrique (ERDF)	76
Carte 17 - Carte de synthèse des risques : éolienne E1	130
Carte 18 - Carte de synthèse des risques : éolienne E2	131
Carte 19 - Carte de synthèse des risques : éolienne E3	132
Carte 20- Carte de synthèse des risques : éolienne E4	133

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 - Distance entre les éoliennes et les habitations	9
Tableau 2 - Nomenclature des installations classées	28
Tableau 3 - Population à Pardines et Perrier (source : INSEE, 2009).....	34
Tableau 4 - Distance entre les éoliennes et les habitations	35
Tableau 5 – Statistiques de foudroiement (source : Météorage).....	46
Tableau 6 - Fréquentation du périmètre d'étude.....	59
Tableau 7 - Coordonnées des éoliennes.....	62
Tableau 8 - Classe de vent des éoliennes	68
Tableau 9 - Maintenance annuelle de l'éolienne SWT-3.0-113.....	74
Tableau 10 - Consommables de l'éolienne SWT-3.0-113.....	74
Tableau 11 - Produits et quantités pour une éolienne SWT-3.0-113.....	78
Tableau 12 - Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation	79
Tableau 13 - Principales agressions externes liées aux activités humaines.....	90
Tableau 14 - Tableau synthétique des risques.....	94

Tableau 15 - Fonctions de sécurité des éoliennes SIEMENS SWT-3.0-113	102
Tableau 16 - Seuils d'intensité	106
Tableau 17 - Gravité des conséquences des accidents associés aux phénomènes dangereux	107
Tableau 18 - Echelle des probabilités	108
Tableau 19 - Grille de criticité	110
Tableau 20 - Grille de criticité adaptée par l'INERIS	110
Tableau 21 - Intensité du scénario d'effondrement	112
Tableau 22 - Gravité des conséquences en cas d'effondrement de l'éolienne	112
Tableau 23 - Niveaux de gravité de l'évènement « effondrement »	113
Tableau 24 - Références quant à la probabilité d'effondrement de l'éolienne	113
Tableau 25 - Intensité du scénario de chute de glace	115
Tableau 26 - Gravité des conséquences en cas de chute de glace	116
Tableau 27 - Niveaux de gravité de l'évènement « chute de glace »	116
Tableau 28 - Intensité du scénario de chute d'éléments	118
Tableau 29 - Gravité des conséquences en cas de chute d'éléments	119
Tableau 30 - Niveaux de gravité de l'évènement « chute d'éléments »	119
Tableau 31 - Intensité des scénarios de projection de pale	121
Tableau 32 - Gravité des conséquences en cas de projection d'éléments	122
Tableau 33 - Niveaux de gravité de l'évènement « projection d'éléments »	122
Tableau 34 - Références pour l'évaluation d'une projection de pale ou de fragment	123
Tableau 35 - Intensité du scénario de projection de glace	124
Tableau 36 - Gravité des conséquences en cas de projection de glace	125
Tableau 37 - Niveaux de gravité de l'évènement « projection de glace »	125
Tableau 38 - Synthèse de l'étude détaillée des risques	127
Tableau 39 - Grille de criticité	128

PREAMBULE

Ce document constitue l'étude de dangers du projet de parc éolien du Plateau de Pardines, situé dans le département du Puy-de-Dôme (63). Ce Projet est constitué de **4 éoliennes** de 3 MW et d'un poste de livraison pour une puissance totale de 12 Mégawatts.

En application de la loi n°2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement, dite loi Grenelle II, les éoliennes sont désormais soumises au régime des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE).

En effet, l'article 90 de cette loi précise que « *les installations terrestres de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent constituant des unités de production telles que définies au 3° de l'article 10 de la loi n°2000-108 du 10 février 2000 relative à la modernisation et au développement du service public de l'électricité, et dont la hauteur des mâts dépasse 50 mètres sont soumises à autorisation au titre de l'article L. 511-2, au plus tard un an à compter de la date de publication de la loi n°2010-788 du 12 juillet 2010 précitée.* »

Le décret n°2011-984 du 23 août 2011, modifiant l'article R. 511-9 du Code de l'environnement, crée la rubrique 2980 pour les installations de production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent et regroupant un ou plusieurs aérogénérateurs. Il prévoit deux régimes d'installations classées pour les parcs éoliens terrestres :

- Le **régime d'autorisation** pour les installations comprenant au moins une éolienne dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m et pour les installations comprenant uniquement des éoliennes dont le mât a une hauteur comprise entre 12 et 50 m et dont la puissance totale est supérieure ou égale à 20 MW.
- Le **régime de déclaration** pour les installations comprenant uniquement des éoliennes dont le mât a une hauteur comprise entre 12 et 50 m et dont la puissance totale est inférieure à 20 MW.

Le parc éolien du Plateau de Pardines comportant des éoliennes de plus de 50 m de mât relève du régime d'autorisation, et une étude de dangers est nécessaire.

Le modèle choisi pour ce parc éolien est l'éolienne **Siemens SWT-3.0-113**, avec une hauteur d'axe de 99,5 mètres et un diamètre de rotor de 113 mètres, soit une hauteur totale de **156 mètres**.

La présente étude de dangers s'appuie sur le guide technique [19] « Elaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens » de mai 2012, réalisé par l'INERIS et le Syndicat des Energies Renouvelables / France Energie Eolienne (SER-FEE) et validé par la Direction Générale de Prévention des Risques dans un courrier daté du 4 juin 2012 adressé au Syndicat des Energies Renouvelables. Elle a été complétée par les données spécifiques à l'éolienne Siemens SWT-3.0-113, en utilisant les données fournies par la société Siemens.

Les principaux termes utilisés dans la présente étude sont explicités dans le glossaire en annexe 1.

RESUME NON TECHNIQUE

Introduction

Ce paragraphe constitue le résumé non technique de l'étude de dangers du projet de **parc éolien du Plateau de Pardines**, situé dans le département du Puy de Dôme (Voir la Carte 1 - Localisation du projet – en page 32). Ce projet est constitué de **4 éoliennes** et d'un poste de livraison pour une puissance totale de 12 Mégawatts. Le projet est situé à l'intérieur du périmètre de la Zone de Développement Eolien déposée par Issoire Communauté et approuvée le 18 septembre 2009. Il s'inscrit dans une des zones favorables à l'éolien du Schéma régional éolien (secteur de type « plateaux, coteaux et collines »), annexe du SRCAE approuvé en juillet 2012.

Ce projet est porté par la société **Futures Energies Plateau de Pardines SAS**, filiale de Futures Energies SARL - Groupe GDF Suez, qui prend en charge le développement, la construction et l'exploitation du futur parc éolien. L'étude de dangers a été réalisée par le bureau d'étude Energies et Territoires Développement.

En application de la loi du 12 juillet 2010¹ dite loi Grenelle II, les éoliennes sont désormais soumises au régime des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE), et classées dans la rubrique 2980. Le projet de parc éolien du Plateau de Pardines comportant des éoliennes de plus de 50 m de mât relève du régime d'autorisation², et une étude de dangers est nécessaire.

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.

Le modèle choisi pour ce parc éolien est l'éolienne **Siemens SWT-3.0-113**, avec une hauteur d'axe de 99,5 mètres et un diamètre de rotor de 113 mètres, soit une hauteur totale de **156 mètres**.

La présente étude de dangers s'est appuyée sur le guide technique « Elaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens » de mai 2012 [19], réalisé par l'INERIS et le Syndicat des Energies Renouvelables / France Energie Eolienne (SER-FEE) et validé par la Direction Générale de Prévention des Risques dans un courrier daté du 4 juin 2012 adressé au Syndicat des Energies Renouvelables. Elle a été complétée par les données spécifiques à l'éolienne Siemens SWT-3.0-113, en utilisant les données fournies par la société Siemens.

¹ Loi n°2010-788 portant engagement national pour l'environnement

² Décret n°2011-984 du 23 août 2011, modifiant l'article R. 511-9 du Code de l'environnement

Périmètre d'étude

Compte tenu de la spécificité d'un parc éolien, composé de plusieurs éléments disjoints, la zone sur laquelle porte l'étude de dangers est constituée d'une aire d'étude par éolienne. Chaque aire d'étude correspond à un périmètre de **500 mètres** autour du mât de l'aérogénérateur. Cette distance équivaut à la distance d'effet retenue pour les phénomènes de projection. Le poste de livraison ne présentent pas d'enjeu en dehors de la limite de propriété. Le périmètre d'étude des 500 mètres concerne les communes de Pardines et Perrier. (Voir la Carte 2 - Identification des éoliennes et périmètre d'étude – en page 32).

Description de l'environnement et identification des enjeux

Le parc éolien se situe sur le territoire des deux communes Pardines et Perrier (63). Le « Plateau de Pardines » est un petit plateau dégagé d'environ 3 km de longueur, d'une altitude moyenne d'environ 600 mètres et est constitué principalement de terrains agricoles ouverts.

Dans la version finale du projet, les éoliennes sont toutes distantes d'au moins **570 mètres** des habitations. Les distances entre les premières habitations et les éoliennes sont les suivantes :

Habitation la plus proche	Eolienne concernée	Distance
Le Puy de la Chèvre	E1	570 m
Maison est Pardines	E1	650 m
Maison nord Perrier	E3	730 m
Permis de construire - Charbonnier	E4	840 m

Tableau 1 - Distance entre les éoliennes et les habitations

En dehors de quelques routes communales, chemins d'exploitation et sentiers de randonnée qui parcourent le plateau, le périmètre d'étude n'est traversé par aucune voie de communication structurante (c'est-à-dire à plus de 2000 véhicules par jour), ni par aucune voie ferrée ou navigable.

Dans le périmètre d'étude de 500 m autour de chaque éolienne, à l'exception de l'aire de pique-nique de Pardines, on ne trouve ni terrain aménagé, ni habitation, ni aucune zone destinée à l'habitation, et il n'y existe aucun établissement recevant du public (ERP) et aucune zone d'activité. Le projet se situe également en dehors de toute emprise de servitude aéronautique civile ou militaire.

Les deux installations classées les plus proches du site éolien (la carrière de Chadeleuf et Saint-Yvoine et la carrière de Pardines) sont situées hors du périmètre de l'étude de dangers.

Au final, et selon les critères de l'étude de dangers³, deux types d'enjeux humains ont été identifiés dans le périmètre de l'étude :

- Personnes non abritées : ces personnes (promeneurs, cyclistes, ou exploitants agricoles) peuvent être présentes sur tout le périmètre d'étude, avec une fréquentation particulière pour les chemins de randonnée pédestres et l'aire de pique-nique de Pardines.
- Véhicules susceptibles d'emprunter les routes communales et chemins d'exploitation du périmètre d'étude.

Les enjeux identifiés dans le périmètre de l'étude ont été cartographiés sur la Carte 14 - Synthèse des enjeux - en page 60.

La détermination du nombre de personnes (ou « équivalent personnes permanentes – epp ») exposées dans le périmètre de l'étude de dangers est basée sur la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques de comptage applicables aux études de danger. Ici ont été distingués : les terrains non aménagés, les terrains aménagés et potentiellement fréquentés (l'aire de pique-nique de Pardines), les voies à faible circulation et chemins d'exploitation et les chemins de randonnée. Pour chaque éolienne, la fréquentation du périmètre d'étude en équivalent personnes permanentes (epp) est la suivante (valeurs arrondies) :

Eolienne	Total epp
E1	11
E2	6
E3	6
E4	3

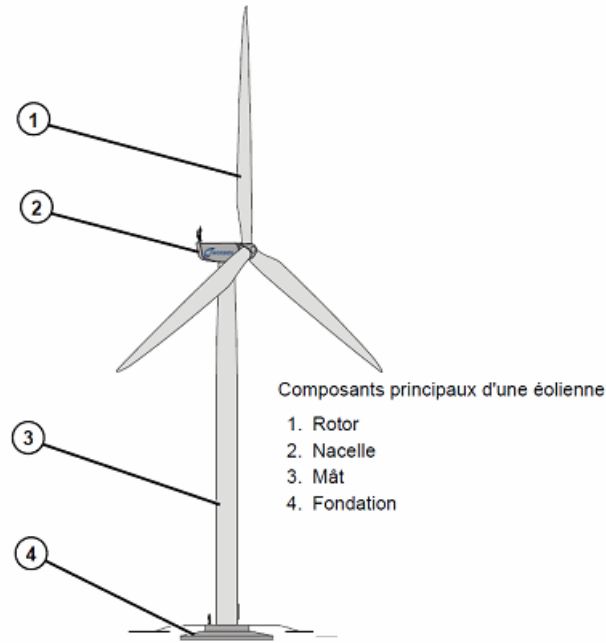
Description de l'installation – Procédé et fonctionnement

Les éoliennes sont des machines utilisant la force motrice du vent pour produire de l'électricité. Le projet du parc éolien du Plateau de Pardines est composé de 4 éoliennes Siemens SWT-3.0-113 (de 3 MW de puissance unitaire) et d'un poste de livraison. Chaque aérogénérateur a une hauteur de moyeu de 99,5 mètres et un diamètre de rotor de 113 mètres, soit une hauteur totale en bout de pale de 156 mètres. Une éolienne est constituée des éléments principaux suivants :

- un rotor, constitué du moyeu, de trois pales et du système à pas variable (1)
- une nacelle supportant le rotor, dans laquelle se trouvent des éléments techniques indispensables à la génération d'électricité (train d'entraînement, génératrice, système d'orientation, ...) (2)
- un mât maintenant la nacelle et le rotor (3) ;
- une fondation assurant l'ancrage de l'ensemble (4) ;
- un transformateur (dans le mât) et une installation de commutation moyenne tension ;

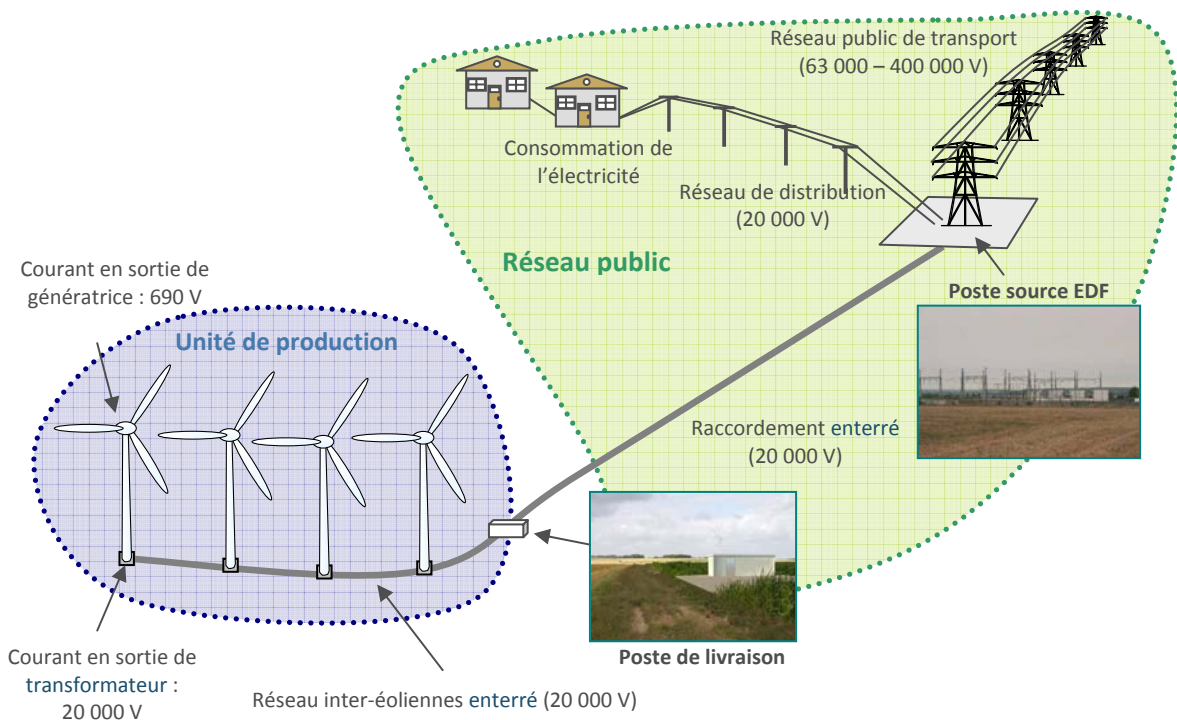
Note : l'éolienne Siemens SWT-3.0-113 utilise une technologie d'entraînement direct du générateur par le rotor. Il n'y a pas de multiplicateur.

³ L'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation d'exploiter 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 s'intéressera prioritairement aux dommages sur les personnes.



La vitesse du vent entraîne la rotation des pales, entraînant avec elles la rotation de la génératrice. L'électricité produite est évacuée de l'éolienne ; elle est délivrée directement sur le réseau électrique. Concrètement une éolienne fonctionne dès lors que la vitesse du vent est suffisante pour entraîner la rotation des pales. Plus la vitesse du vent est importante, plus l'éolienne délivrera d'électricité (jusqu'à atteindre le seuil de production maximum).

On parle de parc éolien ou de ferme éolienne pour décrire les unités de productions groupées. Le fonctionnement du parc éolien et la distribution électrique sur le réseau sont illustrés par la figure suivante :



Les principales caractéristiques des éoliennes du projet sont synthétisées ci-dessous :

Caractéristiques des éoliennes Siemens SWT-3.0-113

Caractéristiques opérationnelles :

Puissance nominale :	3 MW (3 000 kW)
Vitesse de vent de démarrage :	3 à 5 m/s
Vitesse de vent de coupure :	25 m/s
Puissance nominale atteinte à :	13 m/s

Rotor :

Diamètre :	113 mètres
Nombre de pales :	3
Vitesse de rotation :	vitesse variable comprise entre 6 et 15,4 tours par minute

Pales :

Longueur :	55 m
Matériau :	Fibre de verre renforcée avec époxy et fibre de carbone

Système d'orientation :

Orientation face au vent par moteurs d'orientation commandés par un automate relié à aux capteurs à ultrasons (mesure de la vitesse et de la direction du vent)

Génératrice :

Puissance nominale :	3000 kW
Tension nominale :	690 volts



Régulation :

Principe : réglage individuel des pales et vitesse de rotation variable (*pitch*)

Mât : Type : tubulaire en acier
Hauteur de moyeu : 99,5 mètres

Fondations : Fondations type en béton armé, adaptées aux conditions de sol avec structure coulée dans le béton et enfoncée dans le sol

Contrôle/Commande : Chaque éolienne est contrôlée par un calculateur embarqué à microprocesseur. Les éoliennes sont équipées des systèmes *Siemens WebWPS SCADA*⁴ et *TCM condition monitoring* offrant un contrôle à distance et divers statuts et rapports consultables via internet.

Opération : L'éolienne fonctionne de manière automatique. Elle démarre quand la vitesse de vent atteint 3 m/s environ. La vitesse de rotation du rotor et la production augmentent avec la vitesse du vent jusqu'à ce que celle-ci atteigne 13 m/s environ. Pour les vitesses supérieures, la puissance de l'éolienne et sa vitesse de rotation sont régulées. Au-delà de 25 m/s de vent, l'éolienne est arrêtée. Elle redémarre lorsque la vitesse de vent redevient durablement inférieure à 25 m/s.

Pilotage à distance des éoliennes : Le pilotage à distance des éoliennes est organisé via le Centre de Conduite et d'Exploitation (CCE) auquel l'ensemble des parcs GDF-Suez – Futures Energies est relié. L'organisation du CCE est décrite en point 4.1.2. du dossier de demande ICPE.

Les 8 superviseurs du CCE surveillent l'ensemble des éoliennes via différents capteurs intégrés aux équipements. L'équipe travaille en 3 fois 8 et assure l'activité du CCE 7j/7 et 24h/24. Les seules actions télécommandées à distance sont soit des ordres des exploitants, soit des actions d'urgence (arrêt d'une éolienne par exemple). En cas de panne, d'anomalie ou d'urgence détectées, le mainteneur est appelé afin de s'assurer de la prise en compte de la panne. En complément de la continuité du CCE, plusieurs astreintes sont mise en place :

- une astreinte exploitation ;
- une astreinte de support technique qui assure l'interface entre les opérateurs de terrain et l'exploitant) ;
- une astreinte de maintenance.

L'intervention sur place comprend toutes les opérations de maintenance ainsi que les opérations découlant d'urgences détectées par le CCE

Conformité : Les éoliennes SWT-3.0-113 font l'objet d'évaluations de conformité (tant lors de la conception que lors de la construction), de certifications de type (certifications CE) par un organisme agréé et de déclarations de conformité aux standards et directives applicables. Les équipements projetés répondront aux normes internationales de la Commission électrotechnique internationale (CEI) et normes françaises (NF) homologuées relatives à la sécurité des éoliennes.

⁴ SCADA: Supervisory control and data acquisition

Potentiels de danger de l'installation et agressions potentielles

Ce chapitre de l'étude de dangers a pour objectif de mettre en évidence les éléments de l'installation pouvant constituer un danger potentiel, que ce soit au niveau des éléments constitutifs des éoliennes, des produits contenus dans l'installation, des modes de fonctionnement, etc., ainsi que l'ensemble des causes externes à l'installation pouvant entraîner un phénomène dangereux, qu'elles soient de nature environnementale, humaine ou matérielle.

Les potentiels de danger liés aux produits

L'activité de production d'électricité par les éoliennes ne consomme pas de matières premières, ni de produits pendant la phase d'exploitation. De même, cette activité ne génère pas de déchet, ni d'émission atmosphérique, ni d'effluent potentiellement dangereux pour l'environnement. La majorité des produits entrants sont des lubrifiants permettant le bon fonctionnement des machines. Ils ne sont pas classés comme des produits inflammables mais restent cependant combustibles. Les risques associés à ces différents produits sont :

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

Les potentiels de danger liés au fonctionnement de l'installation

Les dangers liés au fonctionnement du parc éolien (hors causes externes) sont de cinq types :

- Chute d'éléments de l'éolienne (boulons, morceaux d'équipements, etc.)
- Projection d'éléments (morceau de pale)
- Effondrement de tout ou partie de l'éolienne
- Echauffement de pièces mécaniques pouvant conduire à un départ de feu
- Courts-circuits électriques (éolienne ou poste de livraison) pouvant conduire à un départ de feu.

Les agressions externes potentielles

En ce qui concerne les activités humaines porteuses d'agression potentielle aux alentours du site du projet éolien du Plateau de Pardines: seule la présence de routes à faible circulation à proximité des éoliennes est à considérer (risque lié à une sortie de route d'un véhicule). Aucun aéroport n'est présent dans un rayon de 2 km. A noter cependant la présence du terrain d'aéromodélisme de l'association « Les vélivoles de Pardines » duquel les éoliennes seront distantes de 1450 à 1750 m. Aucune installation ICPE n'est présente dans un rayon de 500 m des éoliennes. Par ailleurs, le parc éolien se situe à l'écart des zones présentant des servitudes aéronautiques. Il n'existe pas de ligne électrique haute tension ni de canalisation de gaz dans le périmètre d'étude.

En ce qui concerne les phénomènes naturels : les communes de Pardines et Perrier figurent en zone de sismicité 3 (risque modéré). Le projet éolien est tenu de respecter les règles de construction parasismique. La commune de Perrier est concernée par le risque mouvement de terrain, mais les éoliennes du projet sont toutes éloignées de plus de 300 m. de la zone à

risque. Par ailleurs, l'absence de cavité au droit des éoliennes sera vérifiée lors des analyses de sol. Le Plateau de Pardines n'est pas concerné par le risque inondation ou ruissellement. En ce qui concerne le risque incendie, les éoliennes du projet sont toutes éloignées de plus de 130 m. des zones boisées.

A noter que les agressions externes liées aux inondations, aux incendies de forêt ou de cultures ou aux séismes ne sont pas considérées dans le sens où les dangers qu'elles pourraient entraîner sont largement inférieurs aux dommages causés par le phénomène naturel lui-même.

En ce qui concerne la foudre, on considère que le respect des normes rend le risque d'effet direct de la foudre négligeable. 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.

Les agressions externes potentielles à considérer sont de type climatique :

- Les tempêtes : vent extrême mesuré à 10 mètres à la station proche d'Issoire sur les 20 dernières années : vent instantané de 35 m/s (126 km/h) le 27 décembre 1999.
- La formation de glace ou l'accumulation de neige (moyenne de 74 jours par an de gel possible à la station proche d'Issoire).

Réduction des potentiels de danger à la source

Dès la conception du projet, le porteur du projet a veillé à réduire autant que possible les potentiels de danger en intégrant cet aspect dans le choix du positionnement des éoliennes. Ainsi Les éoliennes doivent être légalement éloignées d'au minimum 500 m des habitations, la distance minimale aux habitations observée sur ce projet est de 570 m. Une distance d'éloignement minimal entre les éoliennes supérieure à 3 fois le diamètre du rotor a été retenue (soit 340 mètres).

De façon à limiter le risque lié aux incendies, les préconisations fournies par le SDIS⁵ après consultation seront respectées par le maître d'ouvrage (notamment : maintien de l'accès aux éoliennes et installation d'une citerne de 60 m³ sur le site ou utilisation du plan d'eau présent au centre du site avec l'accord du SDIS).

Le site se situe en dehors des zones à risques de mouvements de terrain et le projet éolien est tenu de respecter les règles de construction parasismique.

D'autre part, le choix d'un modèle d'éolienne de conception récente, respectant les normes européennes et certifiée a été effectué afin d'assurer une sécurité optimale de l'installation. En ce qui concerne la résistance aux tempêtes, ces éoliennes sont certifiées **IEC II B** (norme IEC 61400-1), ce qui garantit, par exemple, une résistance à une rafale extrême sur 3 secondes de 59,5 m/s (soit **214 km/h**) et à un vent extrême moyen sur 10 minutes de 42,5 m/s (soit **150 km/h**). Elles sont aussi conformes au standard international IEC 61400-24 relatif à la protection contre la foudre.

Prévention contre les projections de glace : Dans certaines conditions météorologiques, les pales peuvent se recouvrir de glace, de givre ou d'une couche de neige. La glace formée peut présenter un danger pour les personnes et les biens en cas de chute ou de projection. La réduction des dangers est assurée via l'installation de détecteurs de givre sur les pales, voire l'arrêt complet de la machine en cas de gel sévère. Des panneaux d'information seront également mis en place pour informer les riverains des risques éventuels.

⁵ SDIS : Service Départemental d'Incendie et de Secours du Puy-de-Dôme. Voir courrier en annexe.

Analyse des retours d'expérience

L'analyse de l'accidentologie montre que les accidents liés aux éoliennes de par le monde sont relativement peu nombreux. D'après les données disponibles **les accidents de type chute d'éolienne, projection de débris ou de glace, ou incendie sur les éoliennes n'ont jamais entraîné de décès dans le monde.**

Les décès liés à l'éolien touchent presque exclusivement les personnes concernées par les opérations de maintenance ou de construction. Si on excepte une parachutiste débutante et un agriculteur entré en collision avec un mât de mesure, aucune personne extérieure au service n'est décédée à cause d'un accident sur une éolienne.

En France plus particulièrement, les accidents ont concerné en majorité des éoliennes qui ne sont plus construites aujourd'hui (éoliennes Jeumont abandonnées, éoliennes de petite taille...) et les seuls décès constatés sont liés à la maintenance, ou bien aux efforts fournis pour atteindre le haut d'une éolienne (décès par crise cardiaque).

D'après le Conseil Général des Mines la mortalité liée aux éoliennes s'élevait en 2000 à 0,15 mort par TéraWatheure produit. Celle-ci diminue par rapport aux années 90 où elle s'élevait à 0,4, et ce grâce aux progrès techniques. La production 2009 française s'élevant à 7,8 TéraWatheure, la probabilité d'un décès serait de 1,15 par an. **Cette donnée statistique concerne exclusivement les opérations de maintenance.**

Notons que ces opérations de maintenance, ainsi que l'introduction de visiteurs dans une éolienne, ne sont pas abordées dans l'étude de dangers. Ces points sont traités dans la Notice hygiène et Sécurité.

Aucun accident de type susmentionné n'a été recensé sur les sites exploités par l'entreprise Futures Energies à ce jour (parc de 215 éoliennes représentant 426 MW). Les éoliennes SIEMENS n'apparaissent pas aujourd'hui dans l'accidentologie répertoriée.

Evaluation préliminaire des risques

L'analyse des risques a pour objectif d'identifier les scénarios d'accident majeurs et les mesures de sécurité qui empêchent ces scénarios de se produire ou en limitent les effets. Tous les scénarios d'accident potentiels pour une installation sont identifiés. Ensuite sont identifiés les scénarios d'accident qui présentent des conséquences limitées et les scénarios d'accident majeurs – ces derniers pouvant avoir des conséquences sur les personnes tierces.

Les évènements exclus de l'analyse de risque

Conformément à la circulaire du 10 mai 2010, les événements suivants sont exclus de l'analyse des risques : chute de météorite, séisme d'amplitude supérieure aux séismes maximums de référence, crues d'amplitude supérieure à la crue de référence, événements climatiques d'intensité supérieure aux événements historiquement connus ou prévisibles, chute d'avion hors des zones de proximité d'aéroport ou aérodrome, rupture de barrage, actes de malveillance. Du fait du choix du site d'implantation, certains risques ont été volontairement écartés de l'analyse des risques, il s'agit des avalanches, des inondations, des tsunamis, des accidents ferroviaires et de la perturbation des signaux (radars, hertziens, etc.)

Identification des phénomènes redoutés centraux

Les causes d'accident sont multiples, de la foudre à un défaut de maintenance, d'une erreur de conception à une tempête. Elles sont présentées en détail dans l'étude de dangers. Des mesures de réduction sont d'ores et déjà appliquées par les constructeurs d'éoliennes et les exploitants afin de réduire ces causes d'accident et leurs conséquences.

Ces causes conduisent cependant à un nombre limité d'évènements redoutés centraux qui peuvent conduire à un accident touchant des personnes. N'ont été retenus que les séquences accidentelles dont l'intensité est telle que l'accident peut avoir des effets significatifs sur la vie humaine. Les évènements redoutés centraux retenus sont les suivants :

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

Système de sécurité de l'éolienne Siemens SWT-3.0-113

Les éoliennes Siemens SWT-3.0-113 suivent les prescriptions de la norme mondiale CEI 61-400-1 « exigences pour la conception des aérogénérateurs », transcrite dans les normes européennes EN 61 400-1 et EN50-308 et sont soumises à la directive européenne DIR/2006/42/CE (directive Machine).

Les éoliennes Siemens SWT-3.0-113 sont dotées d'un système de contrôle/commande qui centralise les informations issues des différents capteurs de l'éolienne et qui peut déclencher un arrêt d'urgence de la machine. Le système de contrôle/commande permet également une surveillance à distance du fonctionnement de la machine.

L'éolienne est équipée de nombreux capteurs permettant de détecter par exemple les survitesses, les vents violents, les vibrations anormales, un incendie, une surcharge électrique ou un dépôt de givre sur les pales. Par ailleurs, chacune des éoliennes est soumise à un programme rigoureux d'entretien et de maintenance permettant de garantir la bon état des composants principaux de la machine. L'éolienne est également protégée contre la foudre.

Principaux éléments participant à la sécurité de l'éolienne SWT-3.0-113 :

- Freinage aérodynamique (orientation des pales) ;
- Frein de sécurité du rotor (frein à disque hydraulique) ;
- Système de blocage du rotor pour interventions dans le moyeu (activation manuelle avant intervention) ;
- Système de contrôle de la vitesse (détection de survitesse et activation du système de freinage) ;
- Système de contrôle de la température ;
- Système de protection anti-foudre intégré (conforme à la norme IEC 61400-24, relative à la protection contre la foudre des éoliennes) ;

Etude détaillée des risques

L'étude de dangers doit caractériser chaque scénario d'accident majeur potentiel retenu dans l'étude préliminaire des risques en fonction des paramètres suivants : cinétique, intensité, gravité, probabilité.

Ces 4 paramètres ont été étudiés pour les 5 événements redoutés centraux retenus. Rappelons les deux types d'enjeux pris en compte dans le périmètre d'étude du projet du Plateau de Pardines :

- Personnes non abritées : ces personnes (promeneurs, cyclistes, ou exploitants agricoles) peuvent être présentes sur tout le périmètre d'étude, avec une fréquentation particulière pour les chemins de randonnée pédestres et l'aire de pique-nique de Pardines.
- Véhicules susceptibles d'emprunter les routes communales et chemins d'exploitation du périmètre d'étude.

Par éolienne, et pour chacun des événements redoutés (chute d'élément, chute de glace, effondrement, projection d'élément ou de glace), le risque a été caractérisé de la façon suivante :

- Par sa cinétique ;
- Calcul de la fréquentation de chacun des périmètres d'effet concernés en fonction des enjeux (terrains non aménagés, chemins de randonnée, voies peu fréquentées). Détermination de la « gravité » de l'évènement, fonction de son « intensité » et de la fréquentation du périmètre concerné ;
- Détermination de l'acceptabilité du risque (fonction de la probabilité et de la gravité de l'évènement), selon la matrice de criticité usuelle.

Cinétique

La cinétique d'un accident est la vitesse d'enchaînement des événements. Dans le cas d'une cinétique lente, les personnes ont le temps d'être mises à l'abri.

Dans le cadre de cette étude de dangers, il a été considéré que tous les accidents étudiés ont une cinétique rapide.

Portée des événements

La première étape de l'étude de dangers a consisté à définir la portée maximale de chacun des événements redoutés centraux. Les distances, basées sur les dimensions de l'éolienne, sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Evènement	Distance maximale de portée
chute d'éléments	57 m
chute de glace	57 m
effondrement	156 m
projection glace	320 m
projection de tout ou partie de pale	500 m

En dehors de ces zones d'effet, l'exposition a été considérée comme nulle.

Intensité (exposition)

Dans le cadre du guide pour l'étude de dangers des parcs éoliens, des seuils d'exposition ont été définis en fonction du rapport entre la surface atteinte par l'élément projeté et la surface totale de la zone exposée.

L'exposition est jugée forte pour les scénarios d'effondrement de l'éolienne et de chute d'éléments, c'est-à-dire que le rapport entre l'élément et la surface de la zone d'effet est compris entre 1 et 5%. Pour les autres scénarios, l'exposition est considérée modérée (inférieure à 1%)

Gravité

La gravité correspond au nombre de personnes potentiellement impactées. Les seuils retenus pour l'étude sont liés au degré d'exposition.

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

La détermination du nombre de personnes (enjeux humains en équivalent personnes permanentes) exposées dans chacune des zones d'effet est basée sur la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de danger (fiche n°1 de la circulaire). Ont été distingués :

- Les terrains non aménagés : concerne l'ensemble du périmètre de 500 m autour des éoliennes
- Les terrains aménagés et potentiellement fréquentés (aire de pique-nique de Pardines)
- Les voies à faible circulation et chemins d'exploitation
- Les chemins de randonnée (piétonne et VTT)

Le détail par éolienne figure au paragraphe « Etude détaillée des risques » de l'étude.

Probabilité

La probabilité de réalisation d'un accident peut être caractérisée en 5 classes : la classe A correspond à une probabilité supérieure à 10^{-2} (plus d'une chance sur 100 que l'évènement se produise dans l'année), la classe E à une probabilité inférieure à 10^{-5} (moins d'une chance sur cent mille)

Conformément à l'arrêté du 29 septembre 2005, la probabilité prise en compte est celle de la survenue du phénomène dangereux (par exemple l'effondrement de l'éolienne) et non la probabilité d'atteinte d'une cible. Ces probabilités ont été calculées par l'Ineris sur la base des fréquences des accidents rencontrés en France et dans le monde. Les retours d'expérience sont en effet suffisamment précis pour permettre cette méthode. Dans certains cas, la mise en place de mesures de sécurité adaptées a été prise en compte. Les probabilités des évènements redoutés sont présentées ci-dessous.

Scénario	Probabilité	Echelle qualitative
Chute de glace	A	Courant Peut se produire à plusieurs reprises pendant la durée de vie des installations
Projection de glace	B	Probable Peut se produire pendant la durée de vie des installations
Chute d'élément de l'éolienne	C	Improbable Evènement déjà rencontré sans que les mesures de corrections apportées garantissent sa réduction significative
Effondrement de l'éolienne	D	Rare S'est déjà produit mais a fait l'objet de mesure correctives
Projection d'élément de pale	D	Rare S'est déjà produit mais a fait l'objet de mesure correctives

Synthèse : caractérisation des accidents majeurs

Le tableau ci-dessous récapitule, pour chaque événement retenu, les paramètres de risques : portée, intensité (exposition), probabilité et le niveau de gravité :

Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité d'exposition	Probabilité	Niveau de gravité des conséquences (fonction de l'intensité d'exposition et du nombre de personnes)
Effondrement de l'éolienne	156 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition forte	D rare	Sérieux (pour toutes les éoliennes)
Chute d'éléments de l'éolienne	Zone de survol 57 m	Rapide	Exposition forte	C improbable	Sérieux (pour toutes les éoliennes)
Chute de glace	Zone de survol 57 m	Rapide	Exposition modérée	A Courant	Modéré (pour toutes les éoliennes)
Projection de glace	320 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	B probable	Sérieux pour les éoliennes 1 à 4
Projection d'éléments de pale	500 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	D rare	Important pour l'éolienne 1 Sérieux pour les éoliennes 2 à 4

Synthèse de l'acceptabilité des risques :

Pour conclure à l'acceptabilité des risques du projet, les paramètres de gravité et les probabilités de chaque événement retenus ont été croisés dans la matrice de criticité ci-dessous (matrice de criticité adaptée de la circulaire du 29 septembre 2005 reprise dans la circulaire du 10 mai 2010 mentionnée ci-dessus) :

La matrice de criticité permet de croiser les probabilités de survenue d'un accident (en colonne) avec la gravité potentielle de ces accidents (en ligne). La zone rouge de cette matrice correspond à des accidents non acceptables, pour lesquels des mesures de réduction des risques doivent être mises en œuvre. Dans les zones verte et jaune, aucune mesure de réduction des risques n'est nécessaire.

Projet éolien du Plateau de Pardines					
Matrice des risques					
		D (rare)	C (improbable)	B (probable)	A (courant)
Niveau de gravité des conséquences	Désastreux				
	Catastrophique				
	Important	Projection d'éléments (500 m) Eolienne 1			
	Sérieux	Effondrement (156 m) Toutes les éoliennes Projection d'éléments (500 m) Les éoliennes 2 à 4	Chute d'éléments (57 m) Toutes les éoliennes	Projection de glace (320 m) Eoliennes 1 à 4	
	Modéré				Chute de glace (57 m) Toutes les éoliennes

Matrice de criticité obtenue

Légende de la matrice:

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

Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée qu'aucun accident n'apparaît dans les cases rouges de la matrice. Certains 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. L'ensemble des accidents retenus présente un risque acceptable (faible à très faible), c'est-à-dire qu'ils ne nécessitent pas de mesures supplémentaires de réduction des risques autres que celles déjà prises.

Cartographie des risques

Les cartes de synthèse des risques figurent en pages 130 à 133. Elles font apparaître pour chaque éolienne et pour chacun des phénomènes dangereux retenus :

- les **enjeux** étudiés dans l'étude détaillée des risques ;
- Le niveau de **gravité** des conséquences d'un accident, fonction de :
 - o **l'intensité** de l'exposition aux différents phénomènes dangereux dans les zones d'effet de ces phénomènes ;
 - o du **nombre de personnes** permanentes (ou équivalent personnes permanentes) exposées par zone d'effet.
- Le niveau de **risque**, évalué selon la grille de criticité adaptée de la circulaire du 29 septembre 2005

Conclusion de l'étude de dangers

La présente étude de dangers du projet éolien du Plateau de Pardines, réalisée dans le cadre réglementaire des projets d'installations classées pour la protection de l'environnement et selon la méthodologie décrite par le « Guide technique pour l'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens »⁶, a retenu les 5 événements suivants susceptibles de générer un risque pour les enjeux humains présents dans le périmètre de l'étude (soit 500 m autour de chaque éolienne) :

- Effondrement de l'éolienne (portée 156 m, rare)
- Chute d'éléments de l'éolienne (portée 57 m, improbable)
- Chute de glace (portée 57 m, courant)
- Projection de glace (portée 320 m, probable)
- Projection d'éléments de pale (portée 500 m, rare)

Les enjeux humains considérés sont ceux liés à la fréquentation des différents périmètres concernés: terrains non aménagés, terrains aménagés potentiellement fréquentés (aire de pique-nique de Pardines), voies à faible circulation, chemins d'exploitation et chemins de randonnée.

Compte tenu de la probabilité des événements retenus et des enjeux humains répertoriés, les risques ont pu être classés de « très faible » à « faible » pour toutes les éoliennes. L'ensemble des risques étudiés se situe dans la zone d'acceptabilité de la grille de criticité applicable, c'est-à-dire qu'ils ne nécessitent pas de mesures supplémentaires de réduction des risques autres que celles déjà prises.

L'ensemble des mesures de prévention et de protection ont été détaillées dans l'étude de dangers. Les principales mesures préventives intégrées aux éoliennes sont :

- des dispositifs de protection contre la foudre ;
- le système de régulation et de freinage par rotation des pales ;
- la détection de givre ;
- les rétentions d'huile sous le multiplicateur et en tête de mât.

Les différents paramètres de fonctionnement et de sécurité sont gérés par un système de contrôle et de commande informatisé.

Par ailleurs, les éoliennes font l'objet d'une maintenance préventive régulière (tous les 3 à 6 mois) et corrective par un personnel compétent et spécialisé. La maintenance porte sur le fonctionnement mécanique et électrique ainsi que l'état des composants et des structures de la machine. Une inspection visuelle de la machine et des pales est réalisée lors des maintenances préventives afin de détecter des éventuelles fissures ou défauts.

Le niveau de prévention et de protection au regard de l'environnement est considéré comme acceptable. En effet, les accidents répertoriés par l'accidentologie ont dès à présent fait l'objet de mesures intégrées dans la structure des éoliennes « nouvelle génération ». Enfin le respect des prescriptions du 26 août 2011 relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation permet de s'assurer que l'ensemble des accidents majeurs identifiés lors de cette étude de dangers constitue un risque acceptable pour les personnes.

⁶ [19] - SER, FEE, INERIS – Mai 2012.

ETUDE DE DANGERS

Projet éolien du PLATEAU DE PARDINES

Communes de Pardines et Perrier
Département du Puy-de-Dôme

DEMANDE D'AUTORISATION D'EXPLOITER

ETUDE DE DANGERS

Novembre 2014

1. Introduction

1.1. Objectif de l'étude de dangers

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

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

Elle précise l'ensemble des mesures de maîtrise des risques mises en œuvre sur le parc éolien du Plateau de Pardines, 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 législatif et réglementaire

Depuis la Loi Grenelle II n° 2010-788 du 12 juillet 2010, les éoliennes sont soumises à la réglementation ICPE, et une étude de dangers est nécessaire.

L'étude de dangers exigée pour toute demande d'autorisation d'exploiter au titre de l'ICPE repose sur le fondement de l'article L512-1 du code de l'environnement et vise à protéger les intérêts visés à l'article L511-1 en cas d'accident, que la cause soit interne ou externe à l'installation.

Les principaux textes applicables sont les suivants :

- **Code de l'environnement Livre V** « Prévention des Pollutions des Risques et des Nuisances », Titre I « Installations Classées pour la Protection de l'Environnement » ;
- **Loi n°2003-699 du 30 juillet 2003** relative à la prévention des risques technologiques et naturels et à la réparation des dommages ;
- **Décret n°2005-1170 du 13 septembre 2005** modifiant le décret n°77-1133 du 21 septembre 1977 pris pour application de la loi n°76-663 du 19 juillet 1976 relative aux installations classées pour la protection de l'environnement ;
- **Arrêté du 10 mai 2000** relatif à la prévention des accidents majeurs impliquant des substances ou des préparations dangereuses présentes dans certaines catégories d'installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation ;

- **Arrêté du 29 septembre 2005** modifiant l'arrêté du 10 mai 2000 relatif à la prévention des accidents majeurs impliquant des substances ou des préparations dangereuses présentes dans certaines catégories d'installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation ;
- **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 ;
- **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 ;
- **Décret n° 2011-984 du 23 août 2011** modifiant la nomenclature des installations classées.

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

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

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

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

De même, la circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 juillet 2003, précise le contenu attendu de l'étude de dangers et apporte des éléments d'appréciation des dangers pour les installations classées soumises à autorisation. Enfin, l'étude de dangers s'intéresse aux risques générés par les aérogénérateurs lorsqu'ils sont en phase d'exploitation. Elle exclut donc la phase de construction.

1.3. Nomenclature des installations classées

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

N°	A -Nomenclature des installations classées		
	Désignation de la rubrique	A, D, E, S, C (1)	Rayon (2)
2980	Installation terrestre de production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent et regroupant un ou plusieurs aérogénérateurs		
	1. Comprenant au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50	A	6
	2. Comprenant uniquement des aérogénérateurs dont le mât a une hauteur inférieure à 50 m et au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur maximale supérieure ou égale à 12 m et pour une puissance totale installée :		
	a) supérieure ou égale à 20 MW	A	6
	b) inférieure à 20 MW	D	

Tableau 2 - Nomenclature des installations classées

Avec

- (1) A : Autorisation, D : déclaration, E : Enregistrement, S : Servitude d'Utilité Publique, C : soumise au contrôle périodique.
 (2) Rayon d'affichage de l'enquête publique en km

Le parc éolien du Plateau de Pardines se situe dans le premier cas, car il comporte des aérogénérateurs dont le mât est supérieur à 50 m de hauteur. Il est donc soumis à autorisation (A) au titre des installations classées pour la protection de l'environnement et doit présenter une étude de dangers intégrée à sa demande d'autorisation d'exploiter. Le rayon d'affichage de l'avis d'enquête publique sera de 6 km.

2. Informations générales concernant l'installation

2.1. Renseignements administratifs

Le projet est porté par la société **Futures Energies Plateau de Pardines SAS**, 2 place Samuel de Champlain, 92400 COURBEVOIE.

Numéro d'immatriculation : 792 805 624 RCS Nanterre
Date d'immatriculation : 30 avril 2013
Dénomination : Futures Energies Plateau de Pardines
Type de société : SAS à capital variable
Capital minimum: 40 000 euros
Siège social : 2 place Samuel de Champlain, 92400 Courbevoie
Président : M. Pierre PARVEX

La société Futures Energies Plateau de Pardines SAS, prend en charge le développement, la construction et l'exploitation du futur parc éolien.

Cette société est une filiale de Futures Energies SARL, spécialisée dans la conception, l'implantation puis l'exploitation de parcs éoliens et photovoltaïques. Futures Energies est née au 1^{er} janvier 2013 de la fusion de filiales détenues à 100% par GDF Suez : Erelia (porteuse initiale du projet du Plateau de Pardines), Eole Génération et GDF SUEZ EnR Opérations, en charge jusqu'à lors de l'exploitation et la conduite des parcs d'Eole Génération et d'Erelia.

Futures Energies possède un parc de 427 MW éoliens et 40 MW photovoltaïques en fonctionnement, et gère un portefeuille de projets de près de 1100 MW. La société se diversifie également avec les énergies marines.

L'équipe comprend 96 collaborateurs en charge des études et du développement des projets jusqu'à l'obtention des permis de construire, du montage juridique et financier du projet, de la construction et de l'exploitation des parcs.

Le siège de Futures Energies est basé à Paris et les agences de développement sont basées à Paris, Nancy, Châlons-en-Champagne, Caen, Lorient, Nantes, Lyon et Montpellier. Le présent projet éolien a été développé par l'agence de Montpellier.

Rédacteurs de l'étude de dangers

L'étude de dangers a été rédigée par le bureau d'études **Energies et Territoires Développement (ETD)**, sous la direction du maître d'ouvrage représenté par M. Simon BESNARD - Futures Energies SARL.

ETD - Siège - Pôle d'innovation de Mescoat, 29800 LANDERNEAU

www.etd-energies.fr

Rédacteurs : Mme Marie-Noëlle PAILLER, M. Philippe DAUGUET, M. Yann ROCHARD, ingénieurs et environnementalistes. Mme Rozenn CHARPENTIER, technicienne cartographe et PAO.

Tél. : 02 98 30 36 82

Fax : 02 98 30 35 13

Agence Sud - Télépôle, 27 rue Langénieux, 42300 ROANNE

Rédacteur : M. Bertrand POYET

Tél. : 04 77 23 78 20

Fax : 04 77 23 78 46

Energies et Territoires Développement est un bureau d'études travaillant essentiellement dans le domaine du grand éolien. Créé fin 2002, ETD compte aujourd'hui un effectif de 8 ingénieurs et chargés de mission, et dispose de 3 implantations en France (Brest, Roanne et Amiens). ETD intervient en conseil et réalise de nombreuses études, à la fois pour les porteurs de projets éoliens souhaitant être accompagnés dans leurs développements, mais aussi pour les collectivités engagées dans des analyses prospectives du développement de l'éolien sur leur territoire (Schémas de développement et ZDE).

2.2. Localisation du site

Le site éolien du Plateau de Pardines s'étend sur le territoire de 2 communes : Pardines et Perrier situées à l'ouest d'Issoire dans le département du Puy-de-Dôme (63) en région Auvergne. Le « Plateau de Pardines » est un petit plateau dégagé d'environ 3 km de longueur, d'une altitude moyenne d'environ 600 mètres et constitué principalement de terrains agricoles ouverts. Voir la *Carte 1 - Localisation du projet*.

Le projet est situé à l'intérieur du périmètre de la Zone de Développement Eolien déposée par Issoire Communauté et approuvée le 18 septembre 2009. Il s'inscrit dans une des zones favorables à l'éolien du Schéma régional éolien (secteur de type « plateaux, coteaux et collines »), annexe du SRCAE approuvé en juillet 2012.

2.3. Définition de l'aire d'étude

Limites de propriété

Les limites de propriété de l'installation étudiée correspondent à l'emprise des mâts des éoliennes et à celle du poste de livraison.

Périmètre d'étude

Les éoliennes du projet du Plateau de Pardines possèdent un mât de près de 100 m et un rotor de 113 m de diamètre. Compte tenu des spécificités de l'organisation spatiale d'un parc éolien, composé de plusieurs éléments disjoints, la zone sur laquelle porte l'étude de dangers est constituée d'une aire d'étude par éolienne.

Chaque aire d'étude correspond à l'ensemble des points situés à une distance inférieure ou égale à 500 mètres à partir de l'emprise du mât de l'aérogénérateur. Cette distance équivaut à la distance d'effet retenue pour les phénomènes de projection, telle que définie au paragraphe 8.2.4. de l'étude de dangers⁷.

A noter que le poste de livraison, intégré au périmètre d'étude de l'éolienne 4, ne présente pas d'enjeu en dehors de la limite de propriété de celui-ci.

Le périmètre d'étude des 500 mètres concerne les communes de Pardines et Perrier.

Le périmètre de l'étude de dangers figure sur la *Carte 2 - Identification des éoliennes et périmètre d'étude*.

⁷ La présente étude ne remet pas en cause ce périmètre d'effet de 500 mètres proposé dans le guide technique « Elaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens » de mai 2012 [19], réalisé par l'INERIS et le Syndicat des Energies Renouvelables / France Energie Eolienne (SER-FEE) et validé par la Direction Générale de Prévention des Risques

LOCALISATION DU PROJET

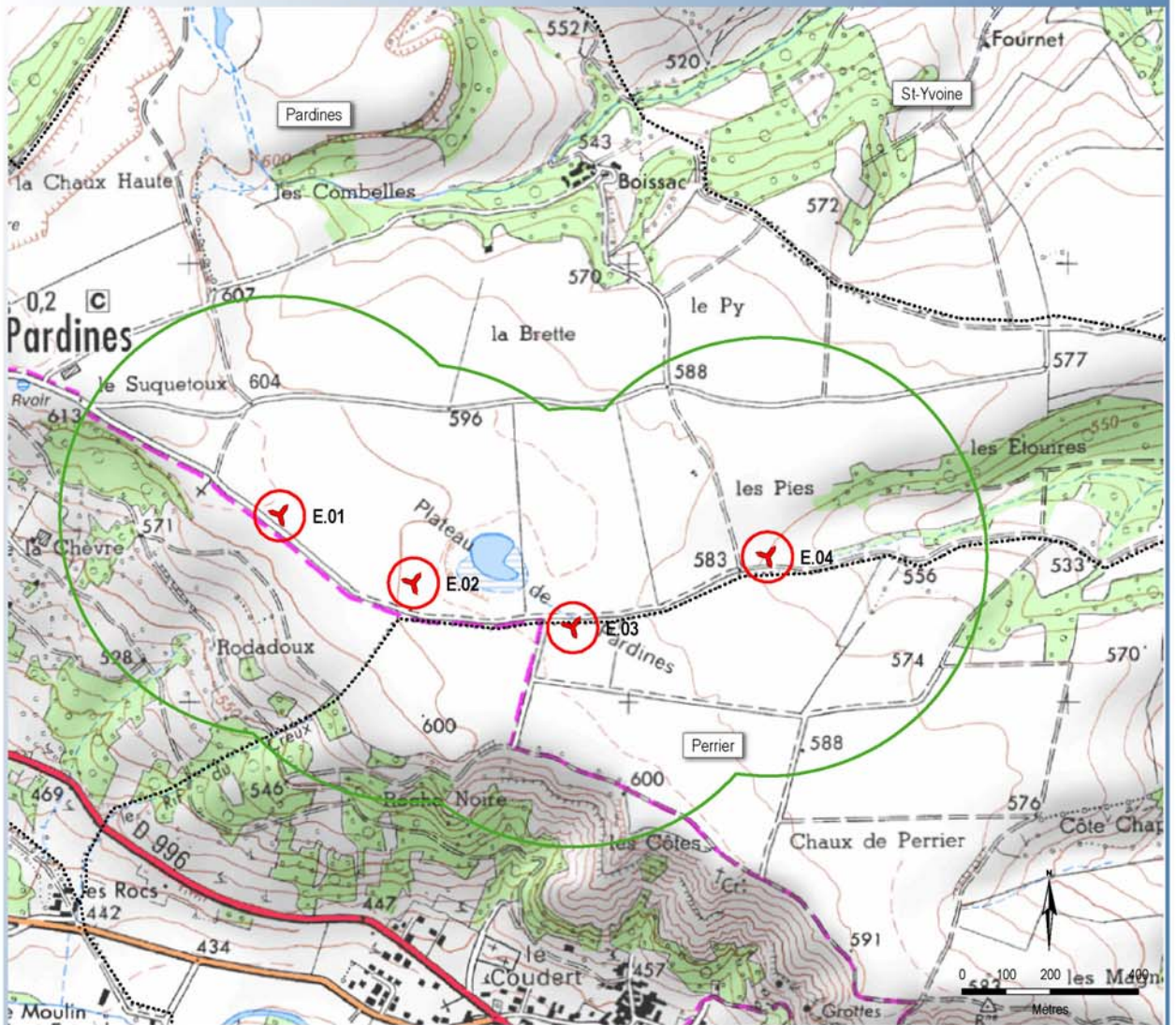
Etude de dangers - Projet éolien du Plateau de Pardines






Carte 1 - Localisation du projet

IDENTIFICATION DES EOLIENNES

Etude de dangers - Projet éolien du Plateau de Pardines



-  Eolienne
-  Surplomb des éoliennes (56,50m)
-  Périmètre d'étude (500m)



Sources : ETD, Scan25 ©IGN, 2013.

Carte 2 - Identification des éoliennes et périmètre d'étude

3. Description de l'environnement

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

3.1. Environnement humain

3.1.1. Zones urbanisées et urbanisables

Population :

Le projet éolien du Plateau de Pardines est situé en région Auvergne dans le département du Puy-de-Dôme. Le site éolien s'étend sur le territoire de 2 communes : Pardines et Perrier. Perrier et Pardines sont deux petites communes couvrant respectivement 5,2 et 6,4 km² à la démographie très contrastée comme le montre le tableau suivant

	Perrier	Pardines	Issoire (commune)	Issoire communauté
Population (2009)	822	200	13 949	16 122
Densité (hab/km ²)	129	38,6	708,5	303,3

Tableau 3 - Population à Pardines et Perrier (source : INSEE, 2009)

Très proche de la ville d'Issoire, Perrier présente une densité de population plus de trois fois supérieure à celle de Pardines, tout en restant plus proche de celle d'un territoire rural qu'urbain. Pour comparaison, la densité de population du Puy-de-Dôme est de 79 habitants au kilomètre carré. L'effectif total de la population de Pardines est quasiment identique à celui de 1968. De 199 habitants en 1968, il est tombé à 179 en 1999 pour revenir à son niveau de départ en 2009, grâce à un solde migratoire positif. A Perrier, après une baisse de 1968 à 1975, la population a régulièrement augmenté. Elle est aujourd'hui supérieure de 20% à celle de 1968. L'évolution s'explique par l'arrivée de nouveaux habitants, le solde naturel étant négatif sur l'ensemble de la période.

Zones habitées :

Dans le périmètre d'étude de 500 m on ne trouve aucune habitation (voir la *Carte 3 - Zones habitées*). La loi du 12 juillet 2010 stipule que les aéro-générateurs sont situés à une distance minimale de « 500 mètres de toute construction à usage d'habitation, de tout immeuble habité ou de toute zone destinée à l'habitation telle que définie dans les documents d'urbanisme opposables en vigueur au 13 juillet 2010. »

Le périmètre d'étude de l'étude de dangers concerne les communes de Pardines et Perrier. Les bourgs de ces communes sont situés à respectivement à 200 m et 300 m du périmètre d'étude. Localement, l'habitat est plutôt regroupé. En dehors de la ville ou des villages, quelques fermes isolées ponctuent néanmoins le territoire.

Pour information, les distances entre les premières habitations et les éoliennes sont les suivantes :

Habitation la plus proche	Eolienne concernée	Distance
Le Puy de la Chèvre	E1	570 m
Maison est Pardines	E1	650 m
Maison nord Perrier	E3	730 m
Permis de construire - Charbonnier	E4	840 m

Tableau 4 - Distance entre les éoliennes et les habitations

Urbanisme : L'urbanisme de la commune de Pardines est régi par une carte communale approuvée par arrêté préfectoral du 19 février 2004. Au sein de cette carte communale, le bourg et ses abords immédiats sont classés en zone U, constructible. Le plateau, qui concerne le projet éolien, est classé en zone N, de protection des espaces naturels et agricoles. Y sont toutefois autorisées « *les constructions nécessaires à des équipements collectifs, à l'exploitation agricole, à la mise en valeur des ressources naturelles et à la réalisation d'opérations d'intérêt national* ». La carte communale est donc compatible à l'accueil d'un parc éolien et aucune habitation ne peut être construite à moins de 500 mètres du parc.

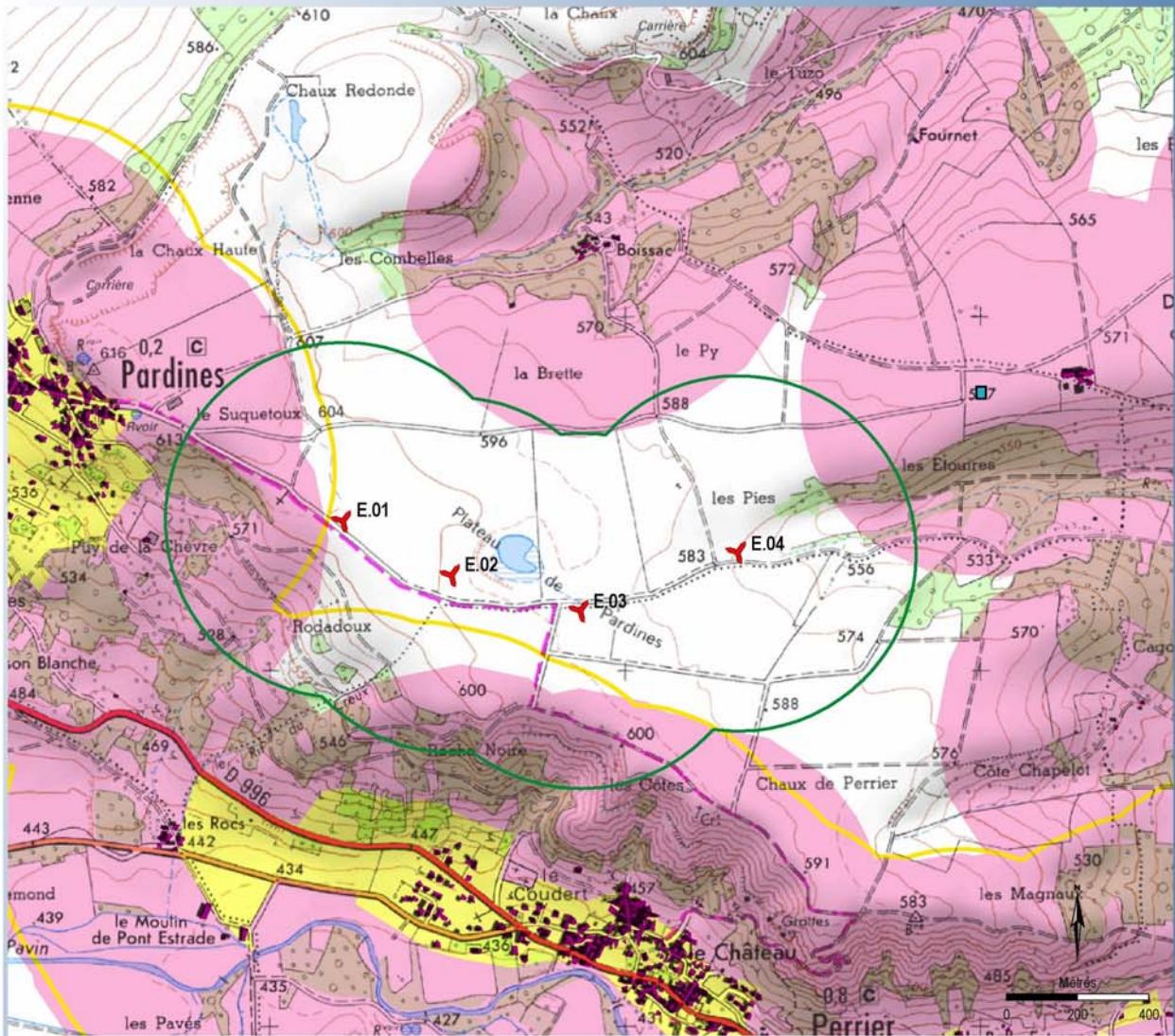
L'urbanisme de la commune de Perrier est régi par un PLU (Plan Local d'Urbanisme) approuvé le 29 novembre 2006. Le plateau y est classé en zone N, « *zone naturelle à vocation agricole ou forestière où, pour des raisons de protection des sites et paysages, les possibilités de construire sont restreintes* ». Cette zone permet les « *constructions et installations techniques nécessaires aux services publics ou assurant une mission de service public de production, de transport ou de distribution d'énergie (...)* ».








3.1.2. Etablissements recevant du public (ERP)

Il n'existe aucun ERP dans le périmètre d'étude, ni même aucun bâtiment de quelque ordre que ce soit. Aucun bureau n'est situé à moins de 500 m des installations (article 5 de l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement : contraintes si existence de bureaux à moins de 250 m).

HABITAT

Etude de dangers - Projet éolien du Plateau de Pardines



-  Eolienne
-  Périmètre d'étude (500m)
-  Zones habitées
-  Recul de 500m aux zones habitées
-  Zones destinées à l'habitat
-  Recul de 500m aux zones destinées à l'habitat
-  Permis de construire obtenu pour une habitation nécessaire à l'exploitation agricole



Sources : ETD, Carte communale de Pardines et PLU de Issoire et de Perrier, Scan25 ©IGN, 2013.

Carte 3 - Zones habitées et zones destinées à l'habitation

3.1.3. Installations classées pour la protection de l'environnement et installations nucléaires de base

Vingt-quatre installations classées de ce type sont relevées sur les communes concernées. On dénombre cinq ICPE agricoles (élevages) et dix-neuf ICPE industrielles. Le classement des exploitations agricoles en ICPE a pour but la lutte contre les pollutions diffuses d'origine agricole (nitrates). Cela n'a donc aucun rapport avec la sécurité des installations proches. La localisation des ICPE industrielles figure sur la *Carte 4 - ICPE dans un rayon de 5 km*.

Les ICPE industrielles les plus proches du site éolien sont deux carrières de basalte :

- la carrière de Chadeleuf et Saint-Yvoine, localisée à 820 mètres au Nord du périmètre de l'étude ;
- la carrière de Pardines, située à 260 mètres à l'ouest du périmètre de l'étude.

Une centrale d'enrobage à chaud pour la production d'enrobés bitumineux fonctionne également sur chacun des deux sites.

Ces carrières n'étant pas classées SEVESO, la règle d'éloignement de 300 mètres aux éoliennes ne s'applique pas.



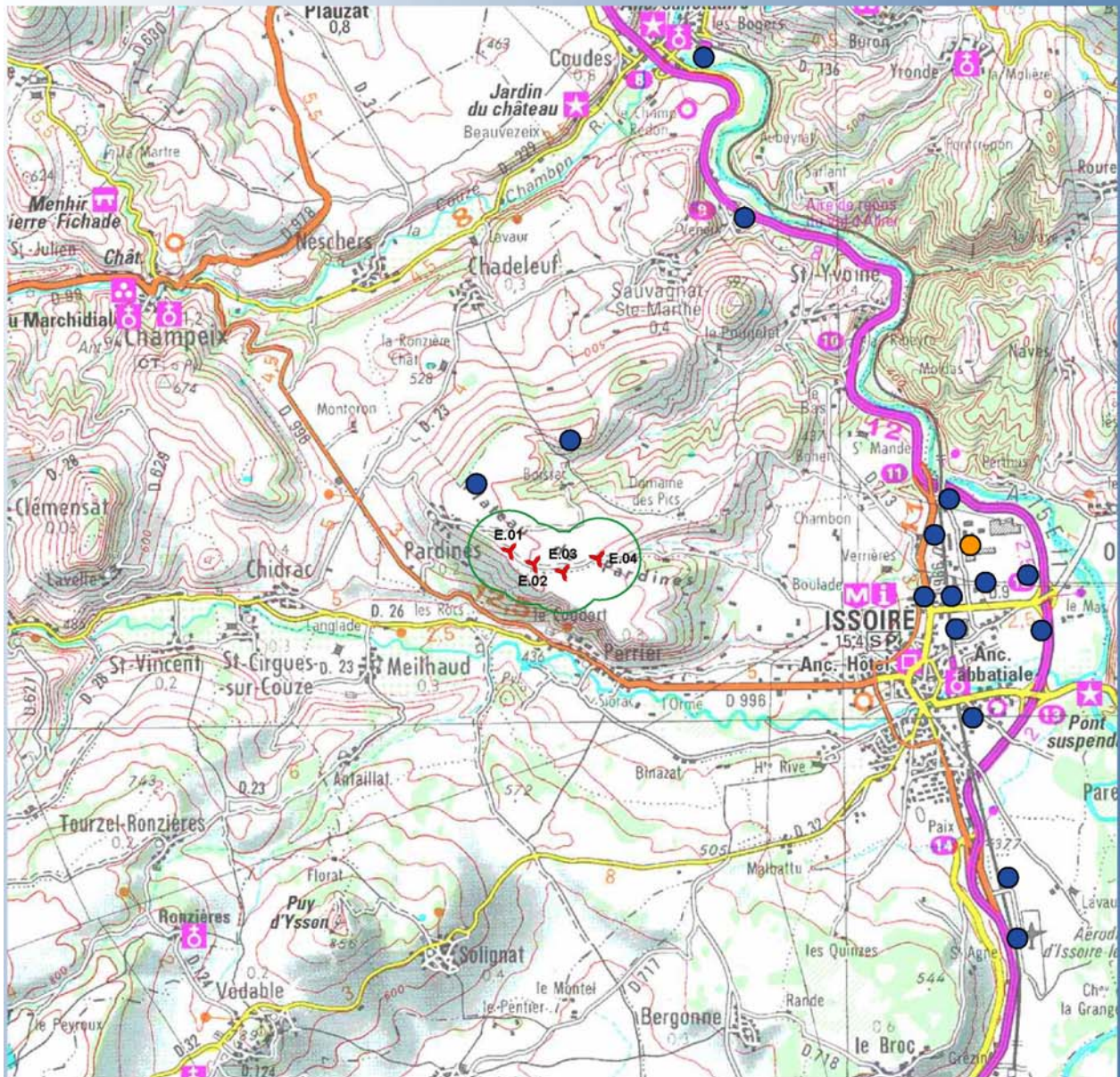
Photo 1 - La carrière de Pardines (Source : Issoire Communauté)

L'emprise des carrières est reportée sur la *Carte 5 - Carrières*. L'aire d'emprise de la carrière de Pardines va s'étendre jusqu'en 2040 selon un phasage démarré en 2005 et constitué d'étapes de 5 ans.

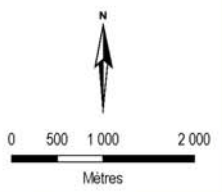
Toutes les autres installations classées sont situées à une distance minimum de près de 3 km du plateau de Pardines. Parmi elles, une seule est classée SEVESO (seuil bas). Il s'agit de l'établissement Constellium France à Issoire, spécialisé dans la transformation de l'aluminium et la fabrication d'alliages, et éloigné de 3,5 km environ du site éolien.

Titres miniers : Les communes de Perrier et Pardines ne sont concernées par aucun titre minier.

INSTALLATIONS CLASSEES POUR LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT Etude de dangers - Projet éolien du Plateau de Pardines

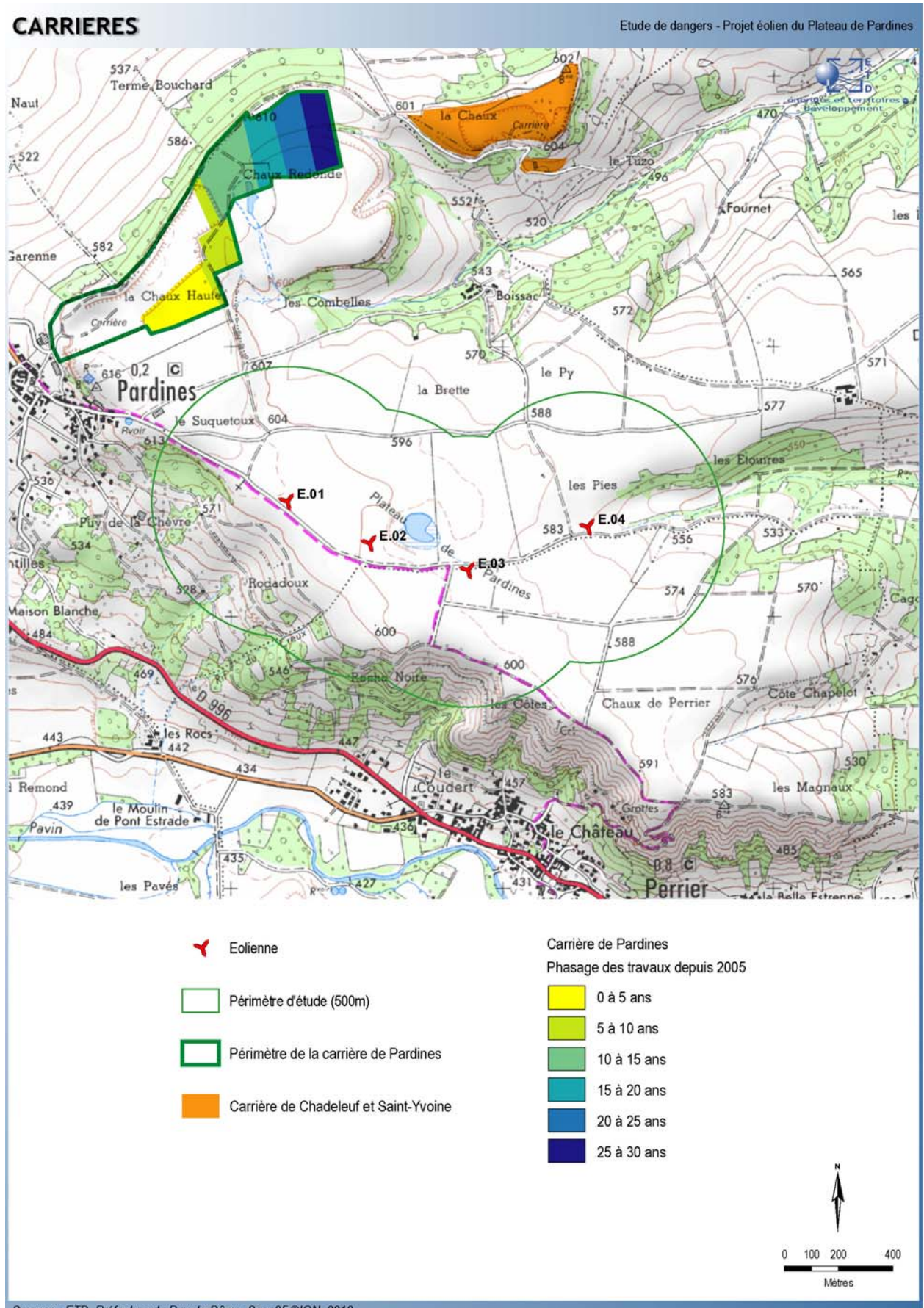


-  Eoliennes
-  Périmètre d'étude (500m)
- Installation Classée pour la Protection de l'Environnement (ICPE)**
-  ICPE
-  ICPE SEVESO seuil bas



Sources : ETD, Scan100 ©IGN, 2012.

Carte 4 - ICPE dans un rayon de 5 km



Carte 5 - Carrières

3.1.4. Autres activités

Agriculture : L'aire d'étude du projet appartient à la petite région de Limagne Sud dans laquelle les grandes cultures (blé, maïs-grain, tournesol, soja, pois, betterave sucrière) sont nettement prépondérantes mais où l'élevage reste encore bien présent (dans plus de 50% des communes). Cette situation générale s'applique aux communes de Pardines et Perrier ainsi qu'aux communes limitrophes du site éolien (Chadeleuf, Saint-Yvoine, Issoire).

Le plateau de Pardines est majoritairement cultivé (maïs, autres céréales, tournesol...). Quelques parcelles sont dédiées à l'élevage bovin. Plusieurs cultures sont irriguées. Le plan d'eau dans la partie Sud-Ouest du plateau de Pardines est à ce titre utilisé comme réserve. Une rampe d'arrosage de 266 mètres de rayon est installée non loin de cette réserve. L'implantation d'éoliennes au sein de ce rayon est bien entendu exclue. Des conduites d'irrigation parcourent également le plateau. Le porteur de projet s'est engagé à ne pas affecter ce réseau d'irrigation.

Tourisme : Les sites touristiques les plus proches du site éolien sont les Grottes de Perrier (circuit de découverte, borne audio-guide) et la ville d'Issoire (visites guidées...). On note également le château d'Hauterive, ouvert à la visite et reconnu pour ses jardins.

Une aire de pique-nique est aménagée à proximité immédiate du site, en bordure de la voie communale qui mène à Pardines, à 200 m environ à l'ouest de l'éolienne 1. L'enjeu représenté par cette aire de pique-nique (personnes non abritées) a été évalué selon la classification proposée par la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques de comptage applicables aux études de danger (voir en annexe 3), au titre des « terrains aménagés potentiellement fréquentés ».



Carte 6 – Aire de pique-nique de Pardines

Chemins de randonnée : le sentier GR de Pays des Couzes, le chemin de Saint-Jacques-de-Compostelle ainsi qu'un circuit de découverte des Grottes de Perrier traversent le périmètre de l'étude (environ 4,5 km au total). Ces sentiers de randonnée figurent sur la *Carte 7 - Tourisme dans les environs du projet*.

L'enjeu représenté par ces sentiers de randonnées a été évalué selon la classification proposée par la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques de comptage applicables aux études de danger (voir en annexe 3) au titre des « chemins et voies piétonnes », soit 2 personnes permanentes par km en moyenne annuelle (pour une fréquentation inférieure à 100 personnes par jour). A noter que les sentiers de grande randonnée les plus fréquentés en France (GR20 en Corse, GR34 en Finistère) présentent une fréquentation annuelle d'environ 20000 personnes, soit une fréquentation quotidienne de 55 personnes en moyenne annuelle).

→ Les sentiers de randonnée, ainsi que l'aire de pique-nique, ont été reportés sur la *Carte 14 - Synthèse des enjeux*.

Hébergements touristiques : Les offres d'hébergements sont majoritairement des gîtes, chambres d'hôtes et campings. Quelques hôtels sont présents dans les bourgs les plus importants et Issoire. L'inventaire a été fait dans les environs du projet et est présenté sur la *Carte 7 - Tourisme dans les environs du projet*. Les hébergements les plus proches sont situés dans le bourg de Perrier (camping, hôtel, gîte).

Aéromodélisme : Le plateau de Pardines accueille deux associations de pratique de l'aéromodélisme, utilisant chacune son propre terrain, situés dans la partie Nord du périmètre défini par la ZDE. Le club des « Vélivoles de Pardines », créé le 3 mars 1998, compte actuellement 37 membres. L'activité pratiquée sur le terrain localisé à l'extrémité nord consiste en du vol de pente et du remorquage de planeurs radiocommandés (planeurs de 2 à 6 m d'envergure). La configuration du plateau permet une pratique tout au long de l'année. Dans le cadre du vol de pente, l'activité se concentre sur le flanc nord du plateau. En revanche, l'activité de remorquage de planeurs se fait dans toutes les directions autour de la piste d'envol.

Au cours de l'année, le rayon d'évolution des planeurs est de l'ordre de 1000 m autour du terrain d'envol. Lors des manifestations, les distances de vol peuvent atteindre 2000 m, notamment par les planeurs dépassant 7 m d'envergure.

L'association « 5A » (Association Amicale des Amateurs d'Aéromodélisme d'Auvergne) utilise un terrain localisé à proximité immédiate de la carrière de Pardines. Ce terrain de pratique étant situé au sein de la zone d'extension programmée de cette carrière, il a vocation à être rapidement abandonné. L'association 5A est en cours de recherche d'un autre terrain.

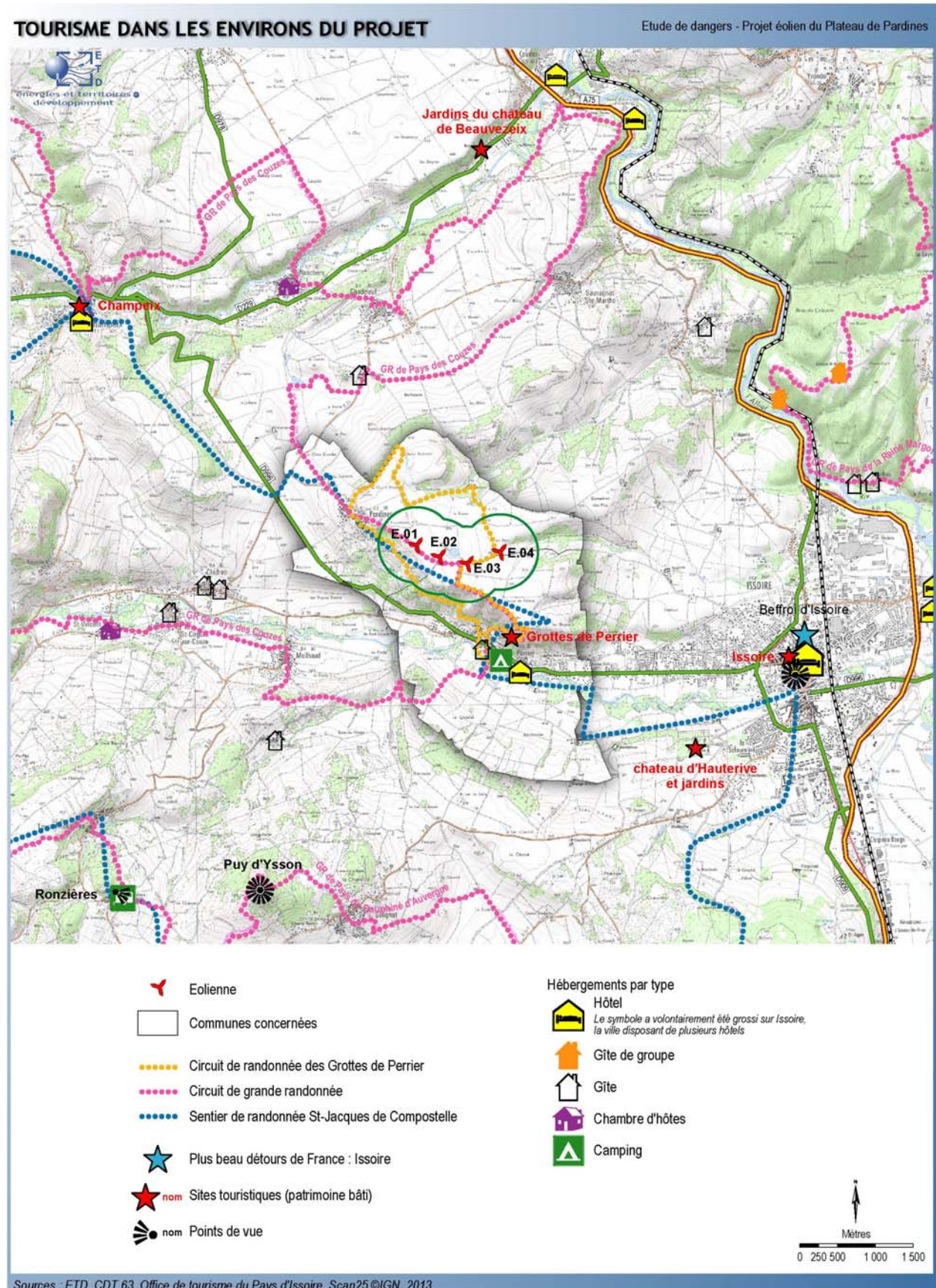
Les 2 terrains actuels se situent à plus de 1300 m. des éoliennes.

Il est à noter que les associations ont été consultées lors des CLSE (comités de suivi) et n'ont pas émis d'opposition en raison de la localisation de leur zone d'évolution.

Autres activités : Issoire est la capitale économique du Pays Issoire Val d'Allier Sud. L'offre d'emploi sur Issoire Communauté dépasse largement le nombre d'actifs résidant sur son territoire (185 emplois pour 100 actifs). Le secteur de la métallurgie est prépondérant (fabrication de pièces destinées aux transports dont l'aéronautique, la défense, l'industrie de l'énergie...). Parmi les plus grosses structures de ce secteur, figurent Constellium France (ex Alcan Rhenalu), Aubert et Duval et Interforge.

Le second secteur industriel est celui de l'équipement dont le plus gros employeur est l'entreprise Valéo qui développe et produit des systèmes pour pare-brise.

Les deux communes de Perrier et Pardines n'accueillent pas de grosses entreprises. Perrier dispose d'une vingtaine de commerces ou entreprises artisanales. La principale entreprise à Pardines est la Carrière CTPP qui emploie plusieurs dizaines de salariés.



Carte 7 - Tourisme dans les environs du projet

3.2. Environnement naturel

3.2.1. Contexte climatique

Le Puy-de-Dôme est l'un des départements français où la variabilité spatiale des paramètres climatiques est la plus grande. Cela s'explique par sa situation à la charnière des influences océaniques et continentale mais surtout par son relief contrasté. La zone d'étude est localisée en limite des secteurs géographiques du Pays de Couze et de la plaine du val d'Allier. Elle est soumise à l'influence continentale, avec une pluviométrie réduite. Sur le plan des températures, les Limagnes connaissent une température moyenne annuelle voisine de 11°C. Cette dernière tombe à 9-10°C dans les vallées dont celles des Couzes.

Certaines des données de vent issues de l'étude du potentiel éolien du site ont été reprises ici. Cependant la plupart des données météorologiques présentées sont soit celles de la station Météo-France d'Issoire localisée à moins de 6 km à l'est du projet (altitude : 370 mètres), soit celles de la station Météo-France de Clermont-Ferrand localisée à 25 km au nord du site (altitude : 330 mètres). L'altitude moyenne des éoliennes est de 590 mètres, soit 690 mètres à hauteur d'axe.

Le vent :

D'après l'étude du potentiel éolien du projet réalisée à partir des mesures à 80 mètres sur site (étude de février 2013), la vitesse moyenne du vent sur le site est de 5,1 m/s à 50 mètres et de 5,8 m/s à 100 mètres. Ces données permettent de caractériser le site comme moyennement venté, justifiant le recours à des éoliennes à forte voilure comme la Siemens SWT-3.0-113 retenue pour le projet (voilure : 3,3 m²/kW installé). Ce qui n'exclut pas des épisodes de vents extrêmes, communs à la plupart des régions (voir plus loin le paragraphe « Tempête »).

Le climat de vent long terme sur le site est le suivant - La rose des vents est résolument orientée Nord-Sud :

Climat de vent à 100 m au mât de Pardines :

Point	Hauteur	Type	Durée	Vent moyen	Densité d'énergie E _ρ standard	Weibull k	Weibull A
Mât Pardines	100 m.	MCP Clermont-Fd	10 ans (2002-2011)	5,80 m/s	315 W/m ²	1,52	6,45

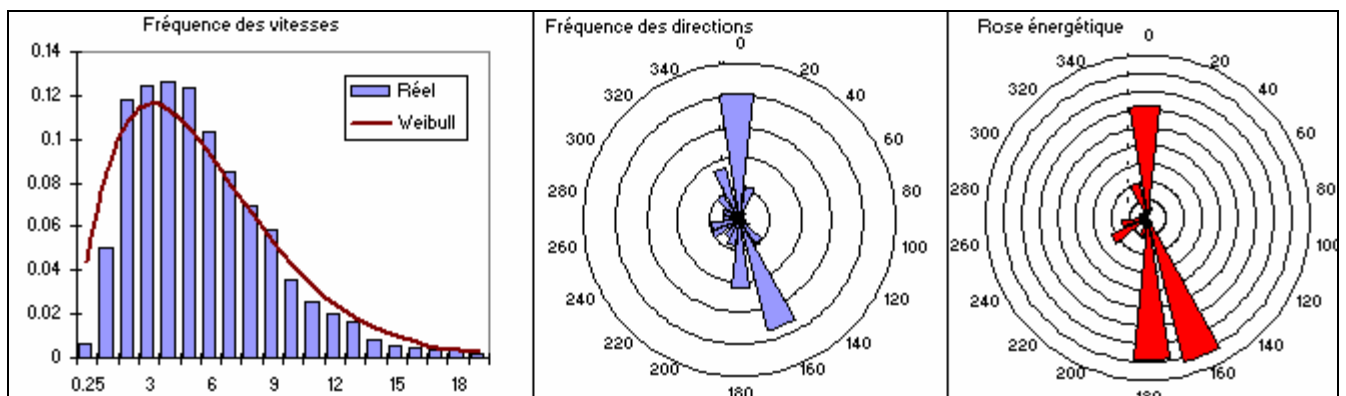


Figure 1 - Rose des vents sur le site du Plateau de Pardines

La pluviométrie :

Mois	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Précipitations (mm)	26,7	21,8	25,8	53,4	76,8	72,9	54,9	61,9	65,6	49,0	39,5	30,6	578,9

Source : station Météo-France de Clermont-Ferrand

Le volume annuel de précipitation est modeste ce qui confirme la synthèse départementale présentée précédemment.

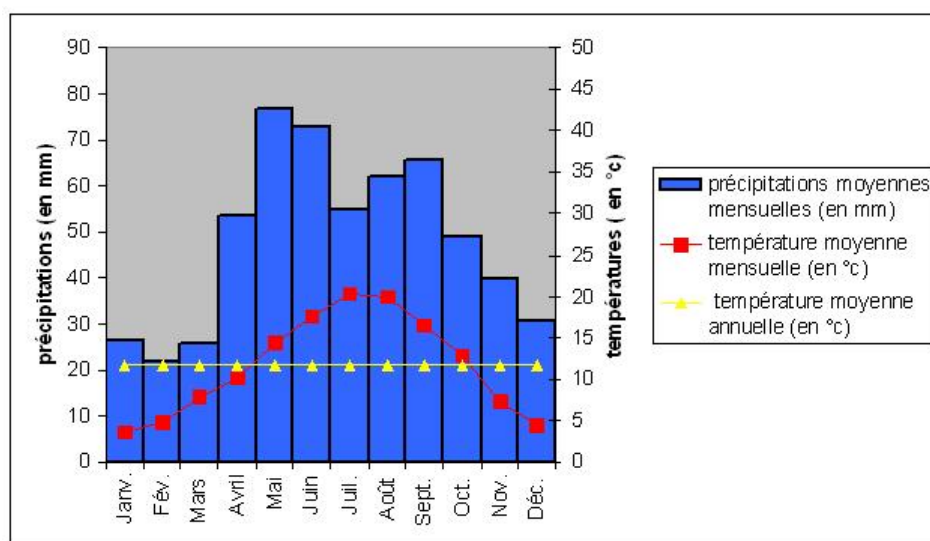


Figure 2 - Diagramme ombrothermique de la station Météo France de Clermont-Ferrand

Le site n'est pas soumis au risque d'inondation, l'importance des précipitations n'aura pas d'incidence sur son fonctionnement.

Températures :

Sur les 10 dernières années (2003-2012) à la station **d'Issoire**, la température moyenne annuelle est de **12°C**. La température moyenne du mois le plus chaud (juillet) est de **20°C**, celle du mois le plus froid (janvier) est de **3°C**. L'amplitude est de 17 °C ce qui traduit une certaine continentalisation du climat. Sur les 10 ans, les températures extrêmes rencontrées sont de - **17,6°C** le 30 janvier 2005 et de **40,1°C** le 10 août 2003.

On note également:

- 10 jours par an où la température reste négative toute la journée
- 74 jours par an où la température descend sous 0°C
- 19 jours par an où la température descend sous -5°C
- 3 jours par an où la température descend sous -10°C

Givre :

La conjonction du froid et de l'humidité peut entraîner l'accumulation de givre sur les pales des éoliennes. Le graphique ci après montre la conjonction humidité/gel pour la station d'Issoire (moyennes mensuelles) :

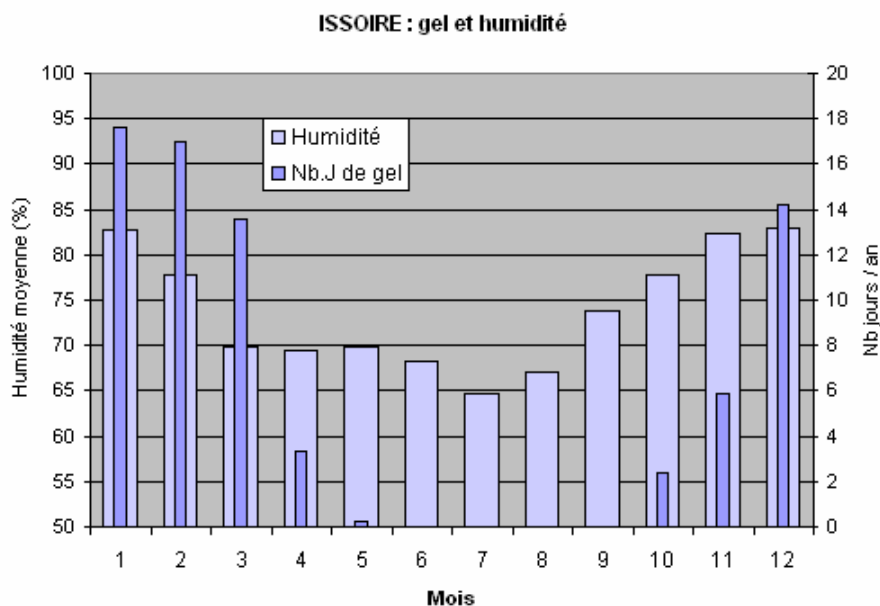


Figure 3 - Diagramme mensuel de la conjonction humidité / gel

Si les données mensuelles ne permettent pas de quantifier le risque de dépôt de givre ou de glace sur les pales des éoliennes, la conjonction observée indique un risque probable.

Le projet européen Wind Energy production in COld climates (WECO)⁸, piloté par l'institut météorologique de Finlande, a établi une carte européenne des zones les plus exposées au givre. La région d'Issoire est localisée en zone de risque léger (entre 2 et 7 jours par an).

→ La sensibilité du projet du point de vue de l'accumulation de givre est jugée **moyenne**.

Enneigement :

A la station d'Issoire (altitude 372 m), l'enneigement est en moyenne de 15 jours par an, le mois le plus enneigé étant le mois de janvier. Pour mémoire le plateau de Pardines est à une altitude de 590 m.

Brouillard :

Le nombre moyen annuel de jours de brouillard est de **22 jours** à Clermont-Ferrand. Le risque est plus élevé en automne et en hiver (de septembre à février). A titre de comparaison, le nombre annuel de jours de brouillard est de 59 à Bordeaux, 68 à Rennes et 75 à Brest (source : Météo France). Les zones les plus exposées à la formation de brouillard sont les régions humides (vallées, zones forestières, zones marécageuses, zones côtières). Le site éolien n'entre dans aucune de ces catégories.

Orages :

Il est recensé en moyenne 15 jours d'orage par an à Clermont-Ferrand, dont plus de 78 % se produisent de mai à août. A titre de comparaison, en Corse ou en Aquitaine, régions les plus concernées par des orages, on dénombre plus de 30 journées orageuses par an.

⁸ Source : Finnish meteorological institute, http://www.fmi.fi/research_meteorology/meteorology_9.html

Les statistiques de foudroiement, recueillies sur la période 2002-2011 par Météorage, filiale de Météo France font apparaître les résultats annuels moyens suivants pour les communes de Perrier, Pardines et Clermont-Ferrand :

	Pardines	Perrier	Clermont-Ferrand	France
Nombre de jours d'orages	15	14	15	11,30
Densité d'arcs (nombre d'arcs par an et par Km ²)	2,37	1,9	1,58	1,59

Tableau 5 – Statistiques de foudroiement (source : Météorage)

Le nombre de jours d'orages est ici le nombre de jours où au moins un impact de foudre a été détecté sur la surface considérée (commune ou France entière pour le tableau ci-dessus). Le critère «densité d'arcs» complète celui du «nombre de jours d'orage». En effet, ce dernier ne rend pas compte de l'importance (la violence) des phénomènes orageux.

Ces chiffres confirment que sur la zone concernée par le projet, l'activité orageuse d'une part, et l'intensité orageuse d'autre part, sont supérieures à la moyenne française.

Il est rappelé que les éoliennes du projet sont équipées d'un système de protection anti-foudre intégré conforme à la norme IEC 61400-24, relative à la protection contre la foudre des éoliennes.

3.2.2. Risques naturels

Le site Internet prim.net du ministère de l'écologie et du développement durable recense l'ensemble des risques naturels ou technologiques auxquels sont soumis chacune des communes françaises et indique la zone de sismicité dans laquelle elles se trouvent. Par ailleurs le Dossier Départemental sur les Risques Majeurs (DDRM) précise l'état de l'ensemble des risques à l'échelle de chaque département. Enfin, certaines communes, dont Perrier dans le cas présent ont établi un DICRIM (Document d'Information Communal sur les Risques Majeurs).

Sismicité :

Depuis le 22 octobre 2010, la France dispose d'un nouveau zonage sismique divisant le territoire national en cinq zones de sismicité croissante en fonction de la probabilité d'occurrence des séismes :

- une zone de sismicité 1 (risque « très faible ») où il n'y a pas de prescription parasismique particulière pour les bâtiments à risque normal (l'aléa sismique associé à cette zone est qualifié de très faible),
- quatre zones de sismicité 2 à 5 (de « risque faible » à « fort »), où les règles de construction parasismique sont applicables aux nouveaux bâtiments, et aux bâtiments anciens dans des conditions particulières.

En France métropolitaine, le zonage le plus fort est de type 4 (Moyen).

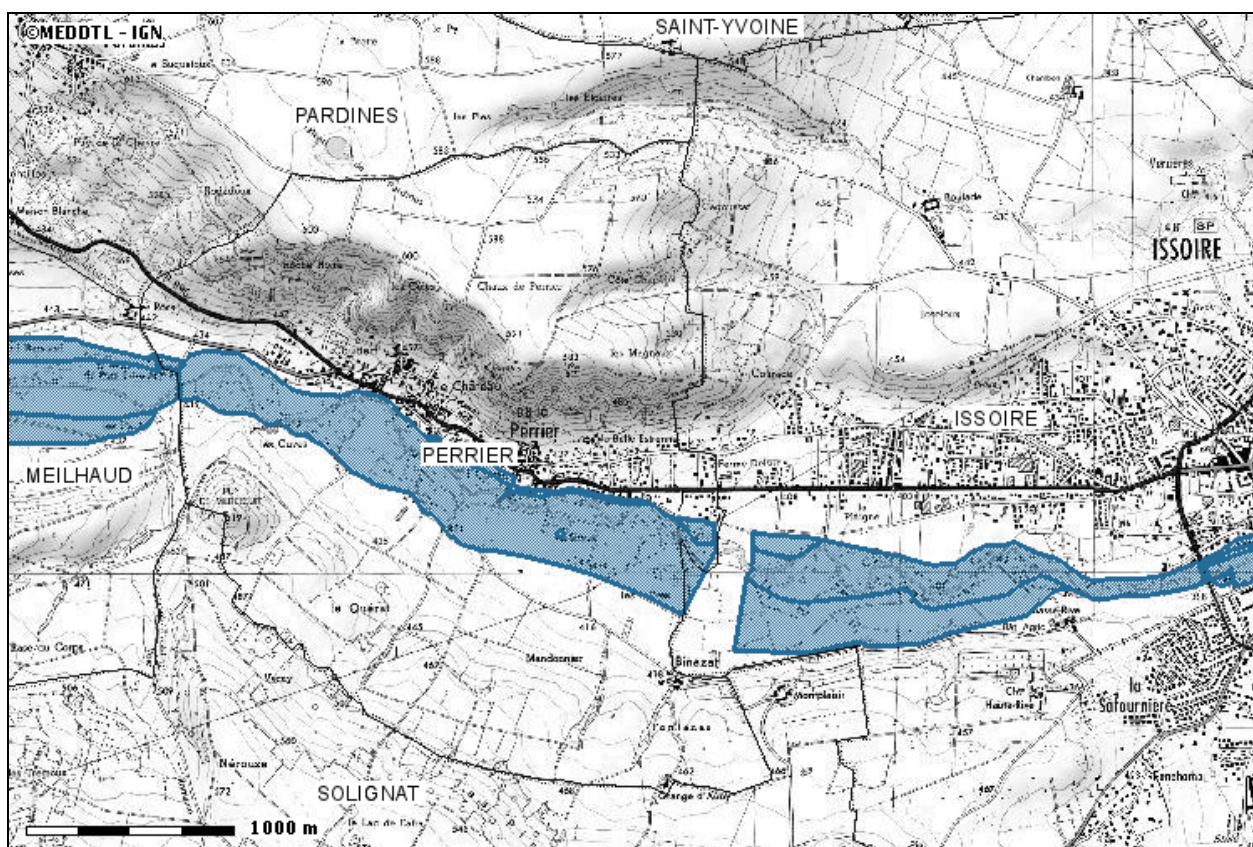
Ce zonage est entré en vigueur le 1^{er} mai 2011. La majeure partie du département du Puy-de-Dôme est classée en zone de sismicité 3 (risque modéré). Les communes de Pardines et Perrier figurent également en zone de sismicité 3. Le porteur du projet éolien est donc tenu de respecter les règles de construction parasismique.

Selon l'article R563-2 du code de l'environnement, pour la prise en compte du risque sismique, les ouvrages sont classés en deux catégories respectivement dites à « risque normal » et à « risque spécial ». Les éoliennes figurent parmi les installations à risque normal.

Inondations :

Le risque « inondation » n'est pas recensé sur la commune de Pardines mais Perrier est soumise à cet aléa. Le risque premier est le débordement de la Couze Pavin. Le contexte topographique local peut entraîner, lors de précipitations intenses, une remontée rapide du cours d'eau (crue torrentielle). Le Dossier d'Information Communal sur les Risques Majeurs de la commune de Perrier (DICRIM), réalisé en 2007 fait état de 7 crues depuis 1944.

Le risque concerne les secteurs proches de la Couze Pavin comme l'indique la carte suivante sur laquelle les zones exposées au risque inondation apparaissent en couleur bleue. Le Plateau de Pardines, localisé en hauteur est à l'écart des secteurs à risques.



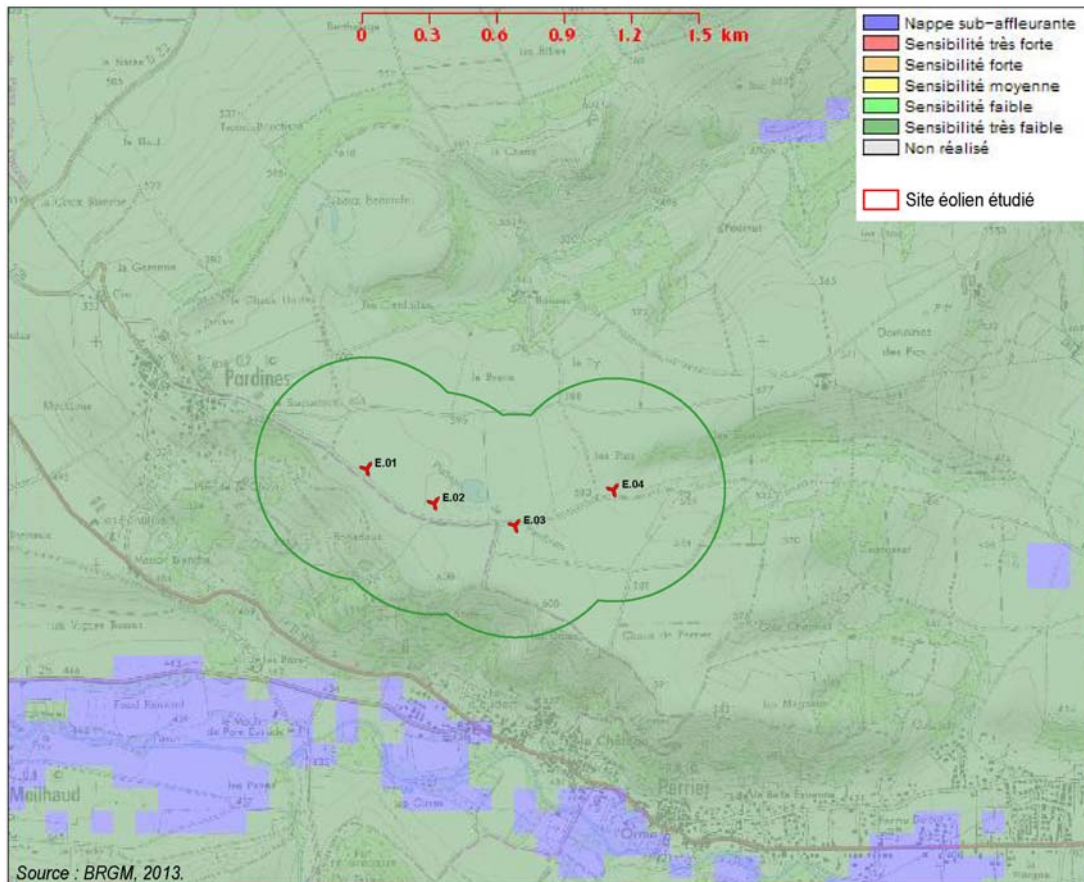
Carte 8 - Aléa inondation sur la commune de Perrier (Cartorisque)

Le DICRIM de Perrier mentionne un deuxième risque d'inondation : le ruissellement en cas de forte pluie ou d'orage. Il fait état de la dégradation de chemins ruraux et communaux suite à de pluies exceptionnelles en juin 1992. Les secteurs les plus touchés par les pluies de ruissellement sont : Binazat, Fontanas, Mercoeur et Pont-Estrade. Le Plateau de Pardines n'est pas concerné.

Remontée de nappe phréatique :

La cartographie du phénomène « remontée de nappe », établie par le BRGM, est représentée à l'échelle du site éolien ci-dessous. Elle traduit un risque très faible de remontée du niveau de la

nappe phréatique jusqu'à la surface du sol. Le risque de remontée de nappes est très faible pour l'ensemble des éoliennes.



Carte 9 - Sensibilité à la remontée de nappe phréatique (BRGM)

Mouvements de terrains :

Les communes de Pardines et Perrier sont toutes deux soumises au risque mouvement de terrain (source : prim.net). Un mouvement de terrain est un déplacement plus ou moins brutal du sol ou du sous-sol, d'origine naturelle ou anthropique. Le volume en jeu est compris entre quelques mètres cubes et quelques millions de mètres cubes. Le déplacement peut être lent (quelques millimètres par an) ou très rapide (quelques centaines de mètres par jour).

Dans le département du Puy-de-Dôme, les mouvements de terrain peuvent être classés en deux grandes catégories :

- Le retrait-gonflement des sols argileux : phénomène lent ;
- Les autres mouvements de terrain qui peuvent être de déclenchement et d'évolution rapide : glissements, effondrement de cavités, éboulement et chutes de blocs, coulées de boues, érosions de berge.

Aléa retrait-gonflement des argiles :

Le changement d'humidité des sols très argileux entraîne des modifications de volume du sol, pouvant créer des dégâts importants : ces tassements différentiels se manifestent par des désordres affectant principalement le bâti ancien pour lesquels il n'est généralement pas mené d'étude géotechnique préalable. Dans le cadre d'un projet éolien, une telle étude est

systématiquement réalisée au droit de l'implantation de chaque aérogénérateur afin d'adapter les fondations au type de sol. En outre, comme le montre la *Carte 10 - Aléa retrait-gonflement des argiles*, les éoliennes du projet sont toutes situées en zone de sensibilité a priori nulle ou faible.

Autres mouvements de terrain :

Le site Internet Prim.net cité précédemment identifie le risque glissement de terrain à Pardines et les risques « glissement de terrain » et « éboulement, chutes de pierres et de blocs » à Perrier. Les glissements de terrain se produisent généralement en situation de forte saturation du sol en eau. Ils peuvent mobiliser des volumes considérables de terrain qui se déplacent le long d'une pente. Les éboulements, chutes de pierre et de blocs surviennent le long de falaises ou de versants rocheux.

Commune de Pardines

La base de données nationale des mouvements de terrain, établie par le BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières) répertorie trois glissements de terrain à Pardines. Ils se sont produits au 18^{ème} siècle et deux sont consécutifs à de fortes pluies. L'origine du troisième n'est pas connue. Ils sont tous trois localisés en dehors de la zone d'étude. La base de données nationale des cavités souterraines du BRGM, signale une cavité à Pardines. Il s'agit d'une cave localisée dans le bourg.

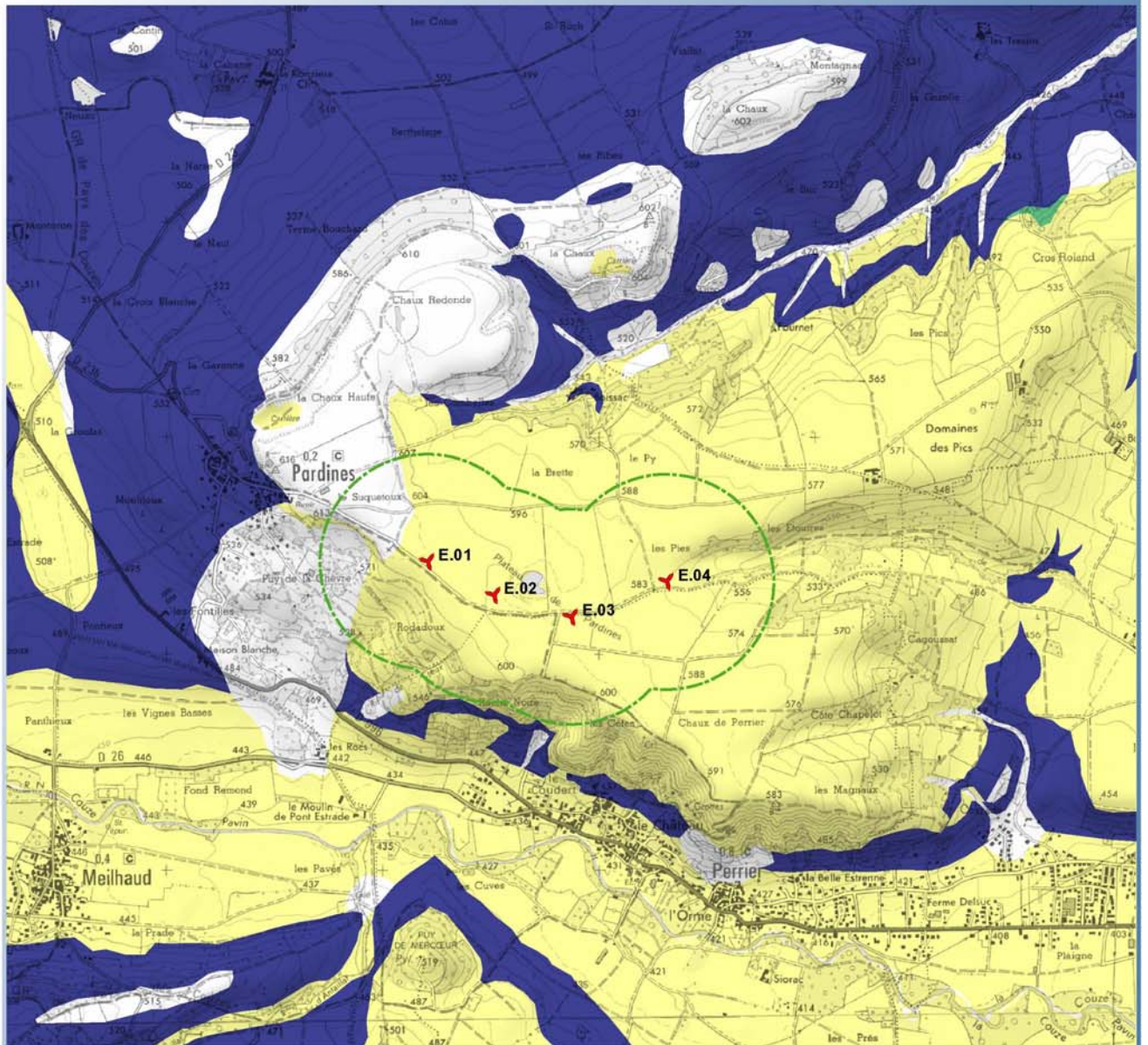
Commune de Perrier



La base de données nationale des mouvements de terrain indique six mouvements de terrain pour la commune de Perrier. Il s'agit de quatre glissements de terrain survenus en 1972, 1992, 1994 et 1998 et de deux éboulements/chutes de blocs observés en tout début de l'année 1972. La pluie est la seule origine précisée pour ces événements. Aucun de ces mouvements ne concerne la zone d'étude. La base de données nationale des cavités souterraines fait état de 123 cavités à Perrier. Ce sont les grottes de Perrier, habitat troglodytique creusé par l'homme dans la falaise qui sépare la vallée de la Couze Pavin du Plateau de Pardines. La géologie particulière de cette falaise a conduit à la définition, en 1977, d'une zone de risque (périmètre R111-3) suite à une étude menée par le BRGM. Ce zonage a valeur de PPR (Plan de Prévention des Risques). La frange Sud de la ZDE, qui tangente le rebord du Plateau de Pardines, recoupe très légèrement la zone de risque. Les éoliennes du projet sont toutes éloignées de plus de 300 mètres de la zone à risque.

Voir la *Carte 11 - Zone de risque de mouvement de terrain (R111-3)*.

ALÉA RETRAIT GONFLEMENT DES ARGILES

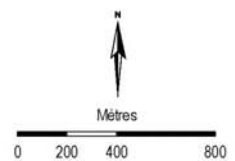
Etude de dangers - Projet éolien du Plateau de Pardines



-  Eolienne
-  Périmètre d'étude (500m)

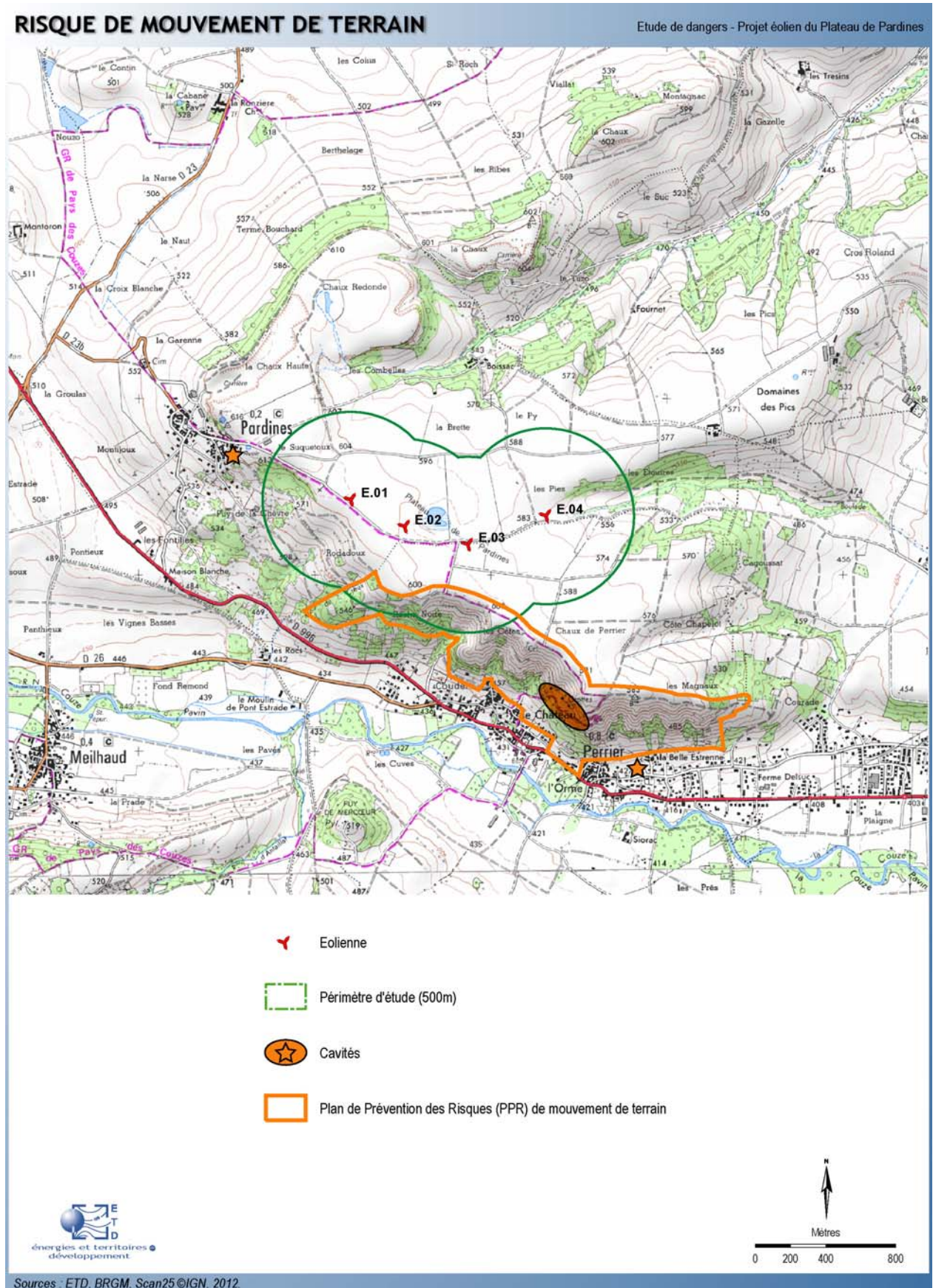
Aléa Retrait-Gonflement des argiles

-  Aléa faible
-  Aléa moyen
-  Aléa fort



Sources : ETD, BRGM, Scan25 ©IGN, 2012.

Carte 10 - Aléa retrait-gonflement des argiles



Carte 11 - Zone de risque de mouvement de terrain (R111-3)

Tempêtes

Le site prim.net indique que les communes de Pardines et Perrier figurent parmi les communes soumises au risque « phénomènes météorologiques ; tempêtes et grains ». Elles ont fait l'objet d'un arrêté de catastrophe naturelle pour tempête en 1982 (arrêté du 18 novembre 1982). Cet arrêté a concerné l'ensemble du département du Puy-de-Dôme suite à une tempête particulièrement dévastatrice qui a affecté la moitié Sud de la France entre le 6 et le 8 novembre 1982.

Si l'ensemble du département peut être affecté par le risque tempête, le Dossier Départemental des Risques Majeurs (DDRM) du Puy-de-Dôme indique que certains lieux sont plus exposés : site d'altitude, de vallée ou au passage d'un col, ce qui n'est pas le cas du site étudié.

A la station Météorologique de Clermont-Ferrand, on enregistre en moyenne 1,3 jours/an avec des rafales supérieures à 28 m/s à 10 m (100 km/h). Ce chiffre est modeste comparé aux observations réalisées dans les départements ayant une façade maritime (4 jours par an, par exemple, à Quimper).

Vents extrêmes mesurés à la station d'Issoire :

Note : la station d'Issoire est localisée à moins de 6 km à l'est du projet (altitude : 370 mètres). La transposition des vents extrêmes d'un site proche à l'autre étant en général peu sensible aux effets de relief, en première approche, les vents extrêmes de la station d'Issoire ont été jugés représentatifs de ceux du site. A la station Météorologique d'Issoire, sur les 10 dernières années, aucune rafale supérieure à 28 m/s à 10 m (100 km/h) n'a été enregistrée.

Vents extrêmes mesurés depuis la tempête de 1999 :

- Le 27 décembre 1999 : vent instantané de 35 m/s (126 km/h), à 10 m, secteur sud-ouest
- Le 24 janvier 2009 : vent instantané de 24 m/s (86 km/h), à 10 m, secteur nord-ouest
- Le 27 février 2010 : vent instantané de 22 m/s (79 km/h), à 10 m, secteur sud-est

Sur la période, le vent instantané maximum a donc été de 35 m/s à 10 mètres (tempête de 1999), soit **45 m/s** à hauteur d'axe des éoliennes (100 m) par application du coefficient de cisaillement de la norme IEC 61400-1 pour les vents extrêmes⁹.

A noter qu'il s'agit là d'un « vent instantané » et non d'un vent moyenné sur 3 secondes.

Vents extrêmes sur 3 secondes :

Les rafales sur 3 secondes ne sont pas fournis par Météo France pour cette station. A noter que les vents moyennés sur 3 secondes sont inférieurs aux vents instantanés.

Vents moyens 10 mn maximum :

A cette station, le vent moyen 10 mn maximum en décembre 1999 a été de 20 m/s à 10 mètres, soit **26 m/s** à hauteur d'axe des éoliennes (100 m) par application du coefficient de cisaillement de la norme IEC 61400-1 pour les vents extrêmes.

La sensibilité du site du point de vue des tempêtes est jugée **faible**. Du point de vue de la résistance aux vents extrêmes, la classe de l'éolienne retenue est la classe IEC II B (voir à ce sujet les paragraphes 4.2.2 et 5.3.1)

⁹ soit $\alpha = 0,11$ et $v/v0 = (h/h0)^\alpha$

Feux de forêts :

Le DDRM du Puy-de-Dôme mentionne la commune de Perrier parmi les communes soumises au risque feu de forêt. Ce risque n'est cependant pas cité par le site Internet prim.net du ministère de l'écologie et du développement durable ni évoqué dans le DICRIM de Perrier. Les milieux forestiers représentent une faible partie de la superficie du site éolien et se cantonnent à sa périphérie. Les éoliennes du projet sont toutes éloignées de plus de 130 m. des zones boisées.

La sensibilité du projet sur le plan des feux de forêts est jugée **faible**.

3.3. Environnement matériel

3.3.1. Voies de communication

Il n'existe dans le périmètre d'étude ni voie de circulation structurante, ni voie ferrée ni cours d'eau navigable.

Voies de circulation :

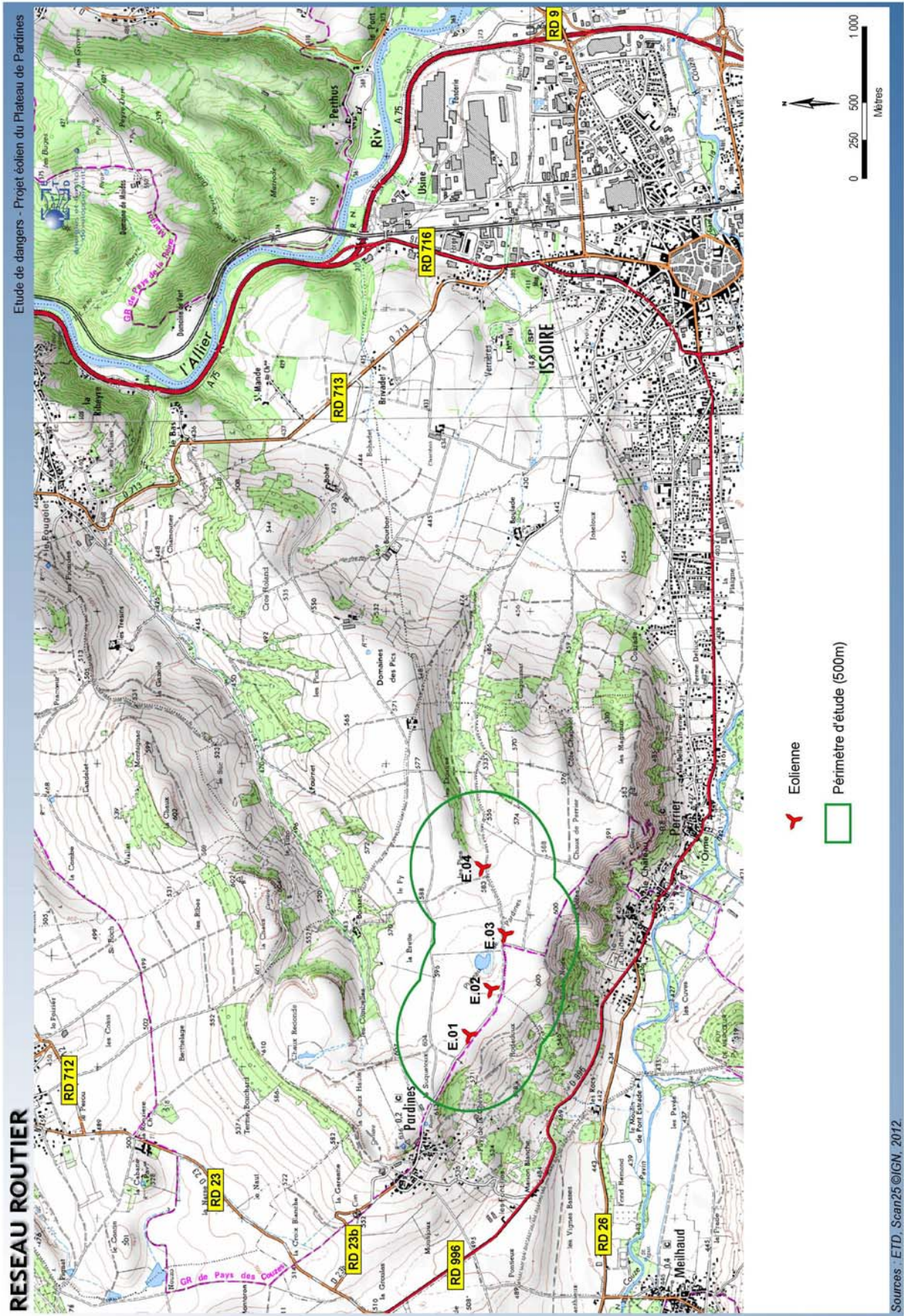
Routes : Le réseau routier local figure sur la *Carte 12 - Réseau routier*. L'autoroute A75 est l'axe routier majeur du pays d'Issoire Val d'Allier Sud. Son point d'entrée le plus proche du site éolien est localisé à l'Est, sur la commune d'Issoire. De là, le plateau de Pardines est accessible via le réseau routier départemental (RD716 suivie de la RD713) puis communal. A l'Ouest du plateau, la RD23b puis la RD23 permettent de rejoindre la RD996 qui revient vers Issoire et donc l'autoroute en traversant le bourg de Perrier.

Les départementales 996 et 716 appartiennent au réseau qualifié de structuré, c'est-à-dire pouvant supporter un trafic important. Les autres départementales citées sont des petites routes. Les comptages de circulation effectués sur les routes locales attestent de l'importance relative des voies précisées ci-dessus. Ainsi, la RD996 peut supporter jusqu'à plus de 10 000 véhicules par jour. Une moyenne de plus 1 400 véhicules a été enregistrée sur la RD23 tandis que l'on en dénombre entre 500 et 1000 sur les RD23b et 713 et moins de 500 sur la RD712.

Le périmètre d'étude n'est traversé que par des voies de circulation non structurantes (c'est-à-dire inférieures à 2000 véhicules / jour). Selon la classification proposée par la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques de comptage applicables aux études de danger (voir en annexe 3), les voies de circulation non structurantes sont à considérer au titre des « terrains aménagés peu fréquentés », au même titre que les chemins agricoles et les chemins d'exploitation.

Chemins et voies à faible circulation : quelques chemins d'exploitation parcourent la zone d'étude et viennent s'ajouter aux routes communales à faible circulation (routes et chemins : environ 8 km au total). La circulation de véhicules sur ces voies présente un enjeu qui a été apprécié selon les règles de comptage susmentionnées, au titre des « terrains aménagés peu fréquentés ».

➔ Les chemins et voies à faible circulation ont été reportés sur la *Carte 14 - Synthèse des enjeux*.



Carte 12 - Réseau routier

3.3.2. Les servitudes aéronautiques et radioélectriques

Circulation aérienne :

Consultée au lancement des études de développement de ce projet la direction de l'aviation civile Centre-Est a indiqué par courrier en date du 12 avril 2011, n'avoir aucune objection à formuler à l'encontre du projet.

Egalement consulté, le Commandement de la Défense aérienne et des opérations aériennes a indiqué que le secteur se situait en dehors de toute zone grevée de servitudes aéronautiques, radioélectriques ou domaniales gérées par le Ministère de la Défense.

L'intégralité du site est donc située en dehors des zones de servitudes aéronautiques civiles ou militaires. Voir les réponses de la défense et de la DGAC¹⁰ en annexe 6.

Radars Météo-France :

Météo-France a été consultée dans le cadre de la recherche de contraintes liées aux radars météorologiques. Cet organisme indique, par courrier daté du 31 octobre 2012, que le radar le plus proche est celui de Sembadel en Haute-Loire et qu'il est distant de 47 km du projet éolien. Cette distance est supérieure à celle fixée par l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie éolienne. Le courrier stipule qu'en conséquence « l'accord écrit de Météo-France n'est pas requis pour mener à bien le projet »

Télé Diffusion de France (TDF) exploite une station radio électrique au Puy de Mercoeur, aux confins des communes de Perrier, Meilhaud et Solignat. Cette station génère deux types de servitudes autour de son pylône :

- une zone de protection d'un rayon de 500 mètres, au sein de laquelle il est interdit aux propriétaires ou usagers d'installations électriques de produire ou de propager des perturbations radioélectriques susceptibles de gêner le fonctionnement de la station,
- une zone de dégagement secondaire dans laquelle les obstacles fixes ou mobiles doivent avoir une hauteur inférieure à un seuil fixé. Cette zone de dégagement est un secteur circulaire de 400 mètres de rayon. Elle est donc entièrement incluse dans la zone de protection.

Le site éolien est en dehors des secteurs grevés par ces servitudes.

3.3.3. Réseaux publics et privés

Lignes électriques haute ou très haute tension : il n'existe aucune ligne électrique haute ou très haute tension dans le périmètre de l'étude de dangers. La ligne haute tension HTB la plus proche est distante de plus de 2000 mètres des éoliennes. Elle traverse le territoire des communes de Perrier et d'Issoire. Une ligne électrique 20 000 Volts HTA traverse la partie Nord-Ouest du site éolien, entre le bourg de Pardines et la carrière de Chadeleuf. On relève également une ligne aérienne basse tension (BT), partant du bourg de Pardines, parallèlement à la ligne HTA. Ces 2 lignes aériennes sont situées à plus de 500 mètres au nord de l'éolienne 1, à l'extérieur de la zone d'étude.

Canalisation de transport (gaz, hydrocarbures, produits chimiques) : Il n'existe aucune canalisation de transport dans le périmètre de l'étude de dangers. Une conduite de transport de gaz naturel haute pression, gérée par GRT Gaz traverse les communes d'Issoire et de Saint-Yvoine, riveraines du site éolien. Cette conduite est éloignée de plus de 2 km des éoliennes.

¹⁰ DGAC : Direction générale de l'aviation civile

GRT Gaz, recommande le respect d'une distance minimale de 4 hauteurs totales d'éoliennes entre les éoliennes et ses ouvrages. Cette recommandation sera donc respectée par le projet.

Réseau de distribution de gaz : Le site éolien n'est pas concerné par des canalisations du réseau de distribution de gaz naturel.

Réseau d'assainissement et stations d'épuration : Il n'existe aucun réseau d'assainissement collectif ou station d'épuration dans le périmètre de l'étude de dangers.

Captages d'eau potable : Aucun point déclaré de prélèvement d'eau souterraine (puits, forage) n'est recensé sur le site éolien. Le site n'est pas non plus concerné par un périmètre de protection de captage d'eau potable.

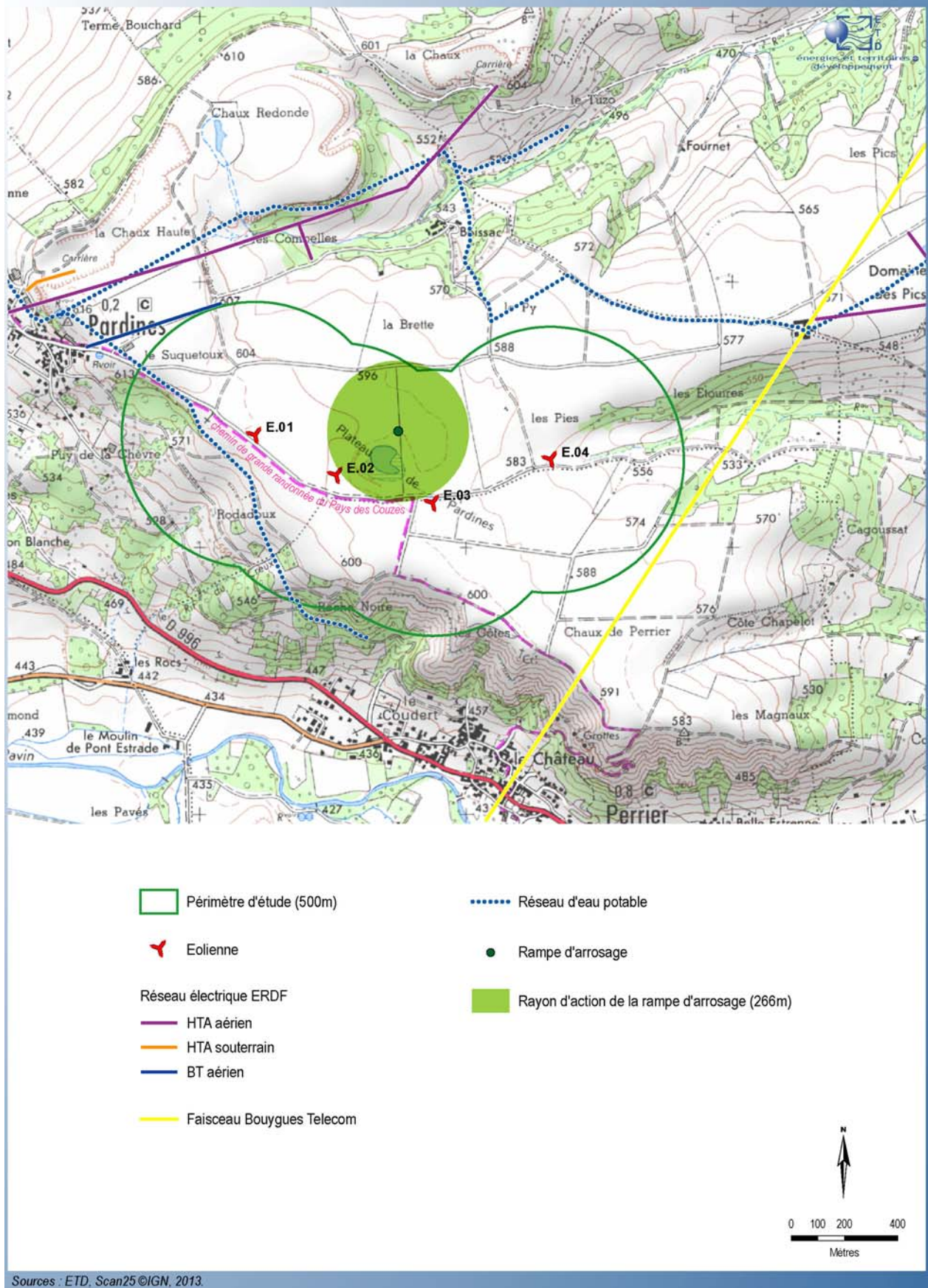
Faisceau Bouygues Télécom : Le plateau de Pardines est traversé par un faisceau hertzien exploité par Bouygues Télécom. Ce faisceau n'engendre pas de servitude. Néanmoins, une consultation a été effectuée et Bouygues Télécom indique (par courrier en date du 5 janvier 2011) que si des éoliennes devaient être implantées à moins de 150 m de ce faisceau, une étude devrait être menée afin de rechercher l'existence d'une éventuelle perturbation.

Ces différents réseaux ont été matérialisés sur la *Carte 13 - Réseaux à proximité du site*.

3.3.4. Autres ouvrages publics

Il n'existe pas d'autres ouvrages publics dans le périmètre d'étude.

IMPACTS SUR LES RESEAUX ET CONTRAINTES RADIOELECTRIQUES Etude de dangers - Projet éolien du Plateau de Pardines



Carte 13 - Réseaux à proximité du site

3.4. Synthèse des enjeux

Au final, et selon les critères de l'étude de dangers¹¹, deux types d'enjeux humains ont été identifiés dans le périmètre de l'étude :

- Personnes non abritées : ces personnes (promeneurs, cyclistes, ou exploitants agricoles) peuvent être présentes sur tout le périmètre d'étude, avec une fréquentation particulière pour les chemins de randonnée pédestres et l'aire de pique-nique.
- Véhicules susceptibles d'emprunter les routes communales et chemins d'exploitation du périmètre d'étude.

La détermination du nombre de personnes (enjeux humains en équivalent personnes permanentes - epp) exposées dans le périmètre de l'étude de dangers est basée sur la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques de comptage applicables aux études de dangers (fiche n°1 de la circulaire – Voir l'annexe 3). Ont été distingués :

- Les terrains non aménagés avec l'hypothèse d'1 personne permanente pour 100 ha.
- Les terrains aménagés potentiellement fréquentés (l'aire de pique-nique) avec l'hypothèse ici conservatoire de 10 personne permanente par ha.
- Les voies à faible circulation et chemins d'exploitation (largeur: 6 m) avec l'hypothèse d'1 personne permanente pour 10 ha.
- Les chemins de randonnée (piétonne et VTT) avec l'hypothèse de 2 personnes permanentes par km (pour une fréquentation inférieure à 100 personnes par jour).

Pour chaque éolienne, par application des hypothèses de comptage mentionnées ci-dessus, la fréquentation du périmètre d'étude en équivalent personnes permanentes (epp) est la suivante :

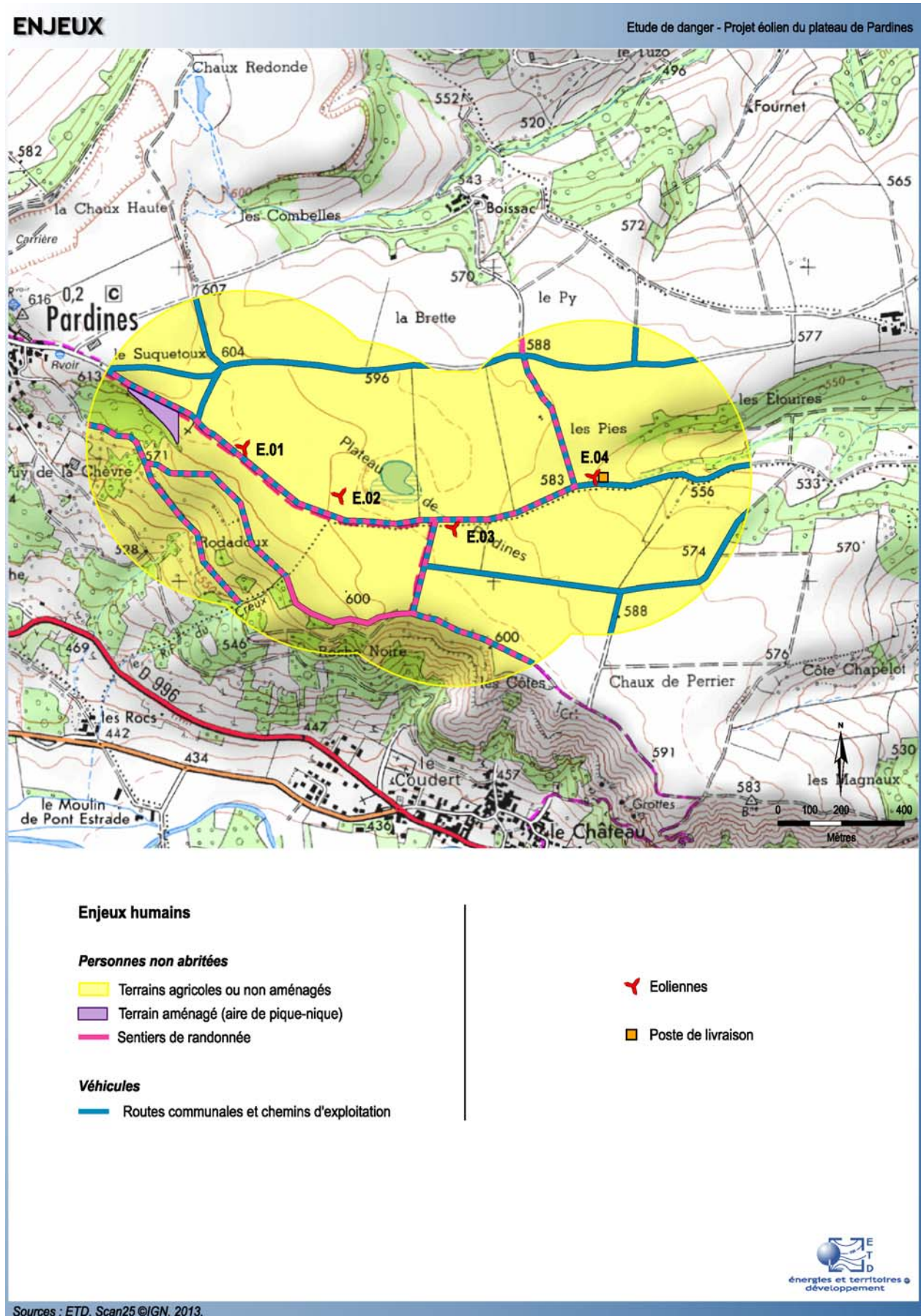
Eolienne	(Enjeu :personnes non abritées)						(Enjeu: véhicules)			Total epp
	Terrains non aménagés		Terrains aménagés potentiellement fréquentés		Chemins de randonnée / VTT (<100/jour)		Voies peu fréquentées			
	(ha)	epp	(ha)	epp	L (m)	epp	L (m)	(ha)	epp	
E1	78.5	0.79	0.57	5.70	2350	4.70	4200	2.5	0.25	11.4
E2	78.5	0.79	0.00	0.00	2700	5.40	4100	2.5	0.25	6.4
E3	78.5	0.79	0.00	0.00	2270	4.54	3800	2.3	0.23	5.6
E4	78.5	0.79	0.00	0.00	940	1.88	4700	2.8	0.28	2.9

Tableau 6 - Fréquentation du périmètre d'étude

3.4.1. Cartographie de synthèse des enjeux

Les enjeux identifiés dans le périmètre de l'étude ont été cartographiés sur la *Carte 14 - Synthèse des enjeux*.

¹¹ L'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation d'exploiter impose une évaluation des accidents majeurs sur les personnes uniquement et non sur la totalité des enjeux identifiées 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 s'intéressera prioritairement aux dommages sur les personnes.



Carte 14 - Synthèse des enjeux

4. Description de l'installation

4.1. Caractéristiques de l'installation

4.1.1. Caractéristiques générales d'un parc éolien

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

- Plusieurs éoliennes fixées sur une fondation adaptée, accompagnée d'une aire stabilisée appelée « plate-forme » et/ ou « aire de grutage » ;
- Un réseau de câbles électriques enterrés (20 000 V) permettant d'évacuer l'électricité produite par chaque éolienne vers le ou les poste(s) 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 (20 000 V) 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 ;
- Eventuellement des éléments annexes type mat de mesure de vent, aire d'accueil du public, aire de stationnement, etc...

La distribution électrique sur le réseau est illustrée par la figure suivante :

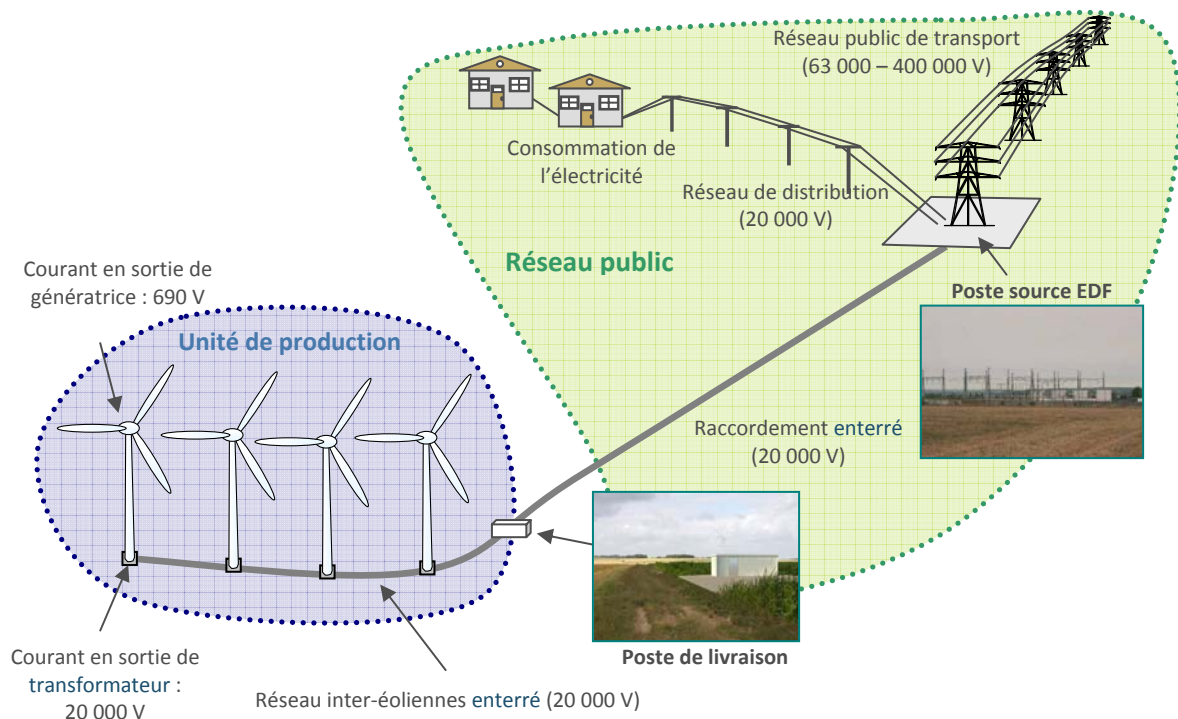


Figure 4 - Fonctionnement d'un parc éolien

4.1.2. Activité de l'installation

Le parc éolien du Plateau de Pardines est destiné à la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent avec des aérogénérateurs d'une hauteur totale de 156 mètres. A ce titre, cette installation est soumise à la rubrique 2980 des installations classées pour la protection de l'environnement.

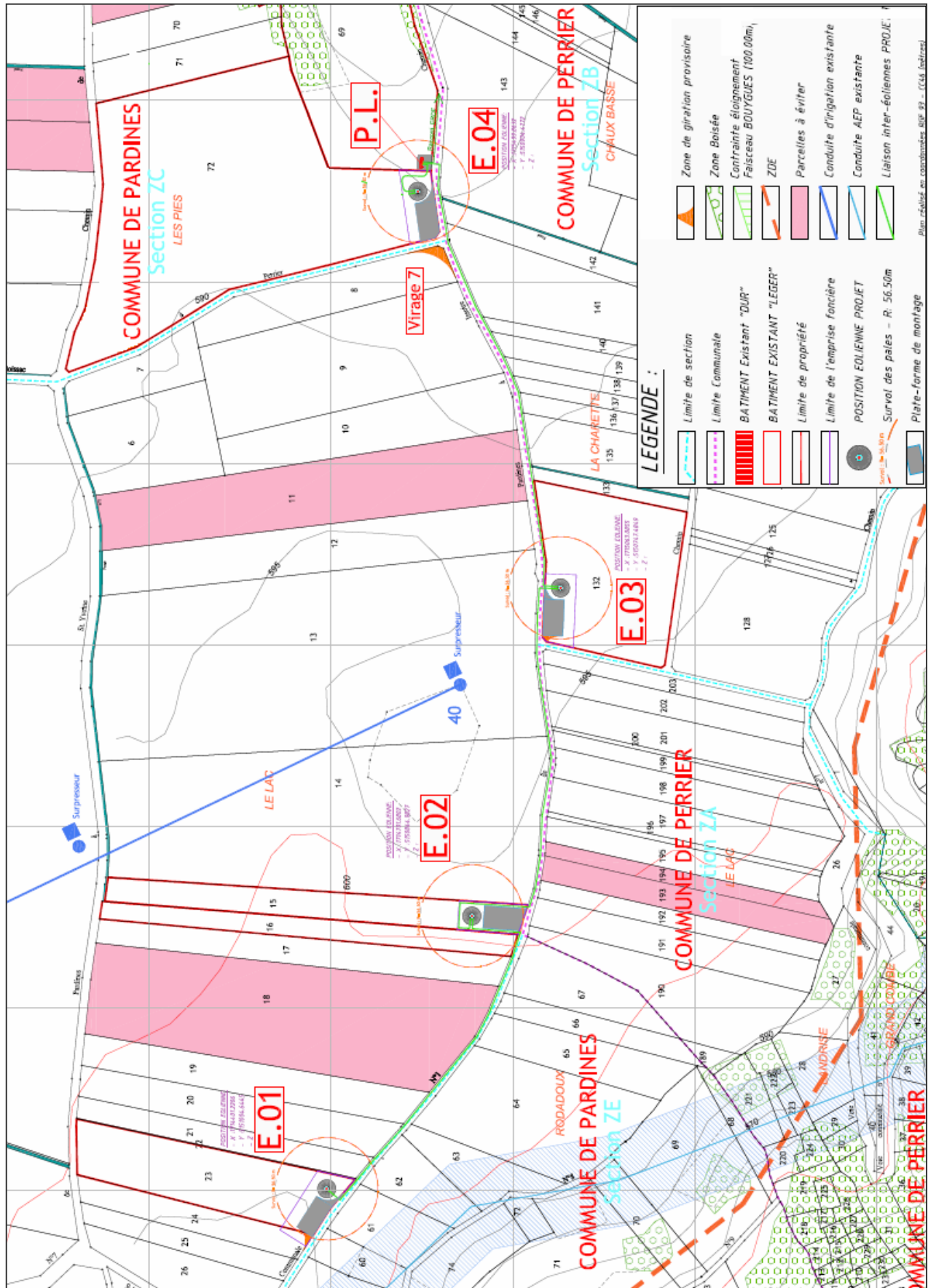
4.1.3. Composition de l'installation

Le projet du parc éolien du Plateau de Pardines est composé de 4 éoliennes Siemens SWT-3.0-113 (de 3 MW de puissance unitaire) et d'un poste de livraison. Chaque aérogénérateur a une hauteur de moyeu de 99,5 mètres et un diamètre de rotor de 113 mètres, soit une hauteur totale en bout de pale de 156 mètres.

Les coordonnées des éoliennes et du poste de livraison (PL) sont les suivantes :

Identification	Coordonnées Lambert II Etendu		Altitude
	X	Y	Z (m)
E1	666207	2062429	604
E2	666511	2062275	598
E3	666873	2062174	594
E4	667316	2062335	580
PL	667345	2062330	579

Tableau 7 - Coordonnées des éoliennes



Carte 15 - Plan détaillé de l'installation

4.2. Fonctionnement de l'installation

4.2.1. Principe de fonctionnement d'un aérogénérateur

Généralités :

Une éolienne est constituée des éléments principaux suivants :

- un rotor, constitué du moyeu, de trois pales et du système à pas variable (1)
- une nacelle supportant le rotor, dans laquelle se trouvent des éléments techniques indispensables à la création d'électricité (train d'entraînement, éventuellement multiplicateur, génératrice, système d'orientation, ...) (2)
- un mât maintenant la nacelle et le rotor (3) ;
- une fondation assurant l'ancrage de l'ensemble (4) ;
- un transformateur (dans le mât) et une installation de commutation moyenne tension.

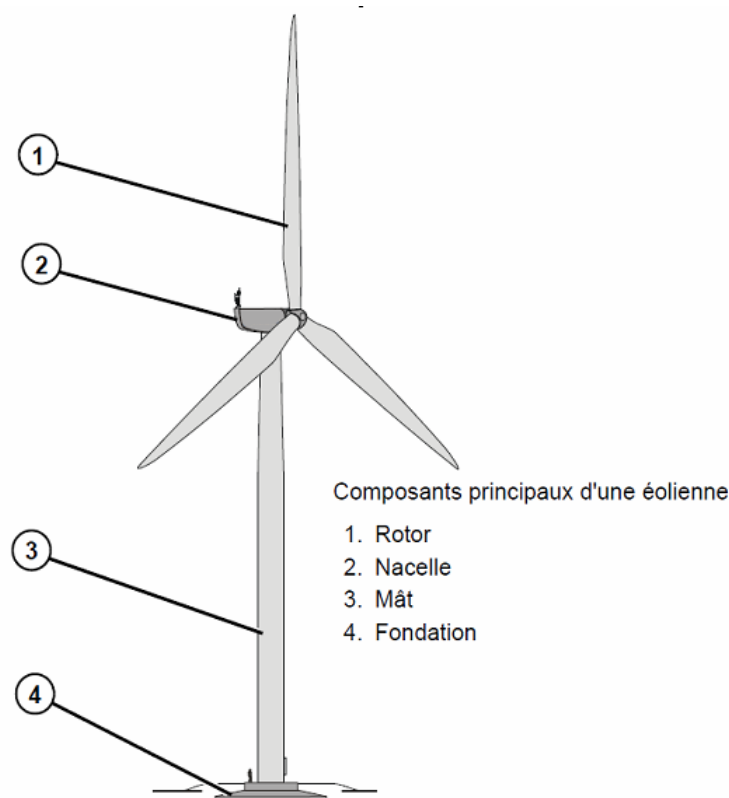


Figure 5 - Dénomination des différents éléments d'une éolienne

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

Les pales se mettent en mouvement lorsque l'anémomètre indique une vitesse de vent d'environ 10 km/h 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) au multiplicateur, dont l'arbre dit « rapide » tourne environ 100 fois

plus vite que l'arbre lent. Certaines éoliennes sont dépourvues de multiplicateur et la génératrice est entraînée directement par l'arbre lent lié au rotor (l'éolienne est alors dite « à entraînement direct »). 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 environ 50 km/h à hauteur de nacelle, l'éolienne fournit sa puissance maximale. Cette puissance est dite « nominale ». Pour un aérogénérateur de 2,5 MW par exemple, la puissance électrique atteint 2500 kW dès que le vent atteint environ 50 km/h.

L'électricité est produite par la génératrice en courant alternatif de fréquence 50 Hz avec une tension de 400 à 690 V. La tension est ensuite élevée jusqu'à 20 000 V par un transformateur placé dans chaque éolienne pour être ensuite injectée dans le réseau électrique public.

Lorsque la mesure de vent, indiquée par l'anémomètre, atteint des vitesses de plus de 100 km/h (variable selon le type d'éolienne), 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.

Caractéristiques des éoliennes Siemens SWT-3.0-113

Caractéristiques opérationnelles :

Puissance nominale :	3 MW (3 000 kW)
Vitesse de vent de démarrage :	3 à 5 m/s
Vitesse de vent de coupure :	25 m/s
Puissance nominale atteinte à :	13 m/s

Rotor :

Diamètre :	113 mètres
Nombre de pales :	3
Vitesse de rotation :	vitesse variable comprise entre 6 et 15,4 tours par minute

Pales :

Longueur :	55 m
Matériau :	Fibre de verre renforcée avec époxy et fibre de carbone

Système d'orientation :

Orientation face au vent par moteurs d'orientation commandés par un automate relié à aux capteurs à ultrasons (mesure de la vitesse et de la direction du vent)

Génératrice :

Puissance nominale :	3000 kW
Tension nominale :	690 volts

NOTE : l'éolienne Siemens SWT-3.0-113 utilise une technologie d'entraînement direct du générateur par le rotor. Il n'y a pas de multiplicateur.

**Régulation :**

Principe : réglage individuel des pales et vitesse de rotation variable (*pitch*)

Mât :

Type : tubulaire en acier
Hauteur de moyeu : 99,5 mètres

Fondations :

Fondations type en béton armé, adaptées aux conditions de sol avec structure coulée dans le béton et enfoncée dans le sol

Système de sécurité :

Principaux éléments participant à la sécurité de l'éolienne WWT-3.0-113 :

- Freinage aérodynamique (orientation des pales par le pitch system) ;
- Frein de sécurité du rotor (frein à disque hydraulique) ;
- Système de blocage du rotor pour interventions dans le moyeu (activation manuelle avant intervention) ;
- Système de contrôle de la vitesse (détection de survitesse et activation du système de freinage) ;
- Système de contrôle de la température ;
- Système de protection anti-foudre intégré (conforme à la norme IEC 61400-24, relative à la protection contre la foudre des éoliennes) ;
- Les éoliennes suivent les prescriptions de la norme mondiale CEI 61-400-1 « exigences pour la conception des aérogénérateurs », transcrite dans la norme européenne EN 61 400-1 et la norme européenne EN50-308 élaborée sur demande de la Commission Européenne « aérogénérateur, mesures de protection, exigences pour la conception, le fonctionnement et la maintenance » et sont soumises à la directive européenne DIR/2006/42/CE (directive Machine).

Contrôle/Commande :

Chaque éolienne est contrôlée par un ordinateur embarqué à microprocesseur. Les éoliennes sont équipées des systèmes *Siemens WebWPS SCADA*¹² et *TCM condition monitoring* offrant un contrôle à distance et divers statuts et rapports consultables via internet.

Opération :

L'éolienne fonctionne de manière automatique. Elle démarre quand la vitesse de vent atteint 3 m/s environ. La vitesse de rotation du rotor et la production augmentent avec la vitesse du vent jusqu'à ce que celle-ci atteigne 13 m/s environ. Pour les vitesses supérieures, la puissance de l'éolienne et sa vitesse de rotation sont régulées. Au-delà de 25 m/s de vent, l'éolienne est arrêtée. Elle redémarre lorsque la vitesse de vent redevient durablement inférieure à 25 m/s.

Pilotage à distance des éoliennes :

Le pilotage à distance des éoliennes est organisé via le Centre de Conduite et d'Exploitation (CCE) auquel l'ensemble des parcs GDF-Suez – Futures Energies est relié. L'organisation du CCE est décrite en point 4.1.2. du dossier de demande ICPE.

Les 8 superviseurs du CCE surveillent l'ensemble des éoliennes via différents capteurs intégrés aux équipements. L'équipe travaille en 3 fois 8 et assure l'activité du CCE 7j/7 et 24h/24. Les seules actions télécommandées à distance sont soit des ordres des exploitants, soit des actions d'urgence (arrêt d'une éolienne par exemple). En cas de panne, d'anomalie ou d'urgence détectées, le mainteneur est appelé afin de s'assurer de la prise en compte de la panne. En complément de la continuité du CCE, plusieurs astreintes sont mise en place :

- une astreinte exploitation ;
- une astreinte de support technique qui assure l'interface entre les opérateurs de terrain et l'exploitant) ;
- une astreinte de maintenance.

L'intervention sur place comprend toutes les opérations de maintenance ainsi que les opérations découlant d'urgences détectées par le CCE

¹² SCADA: Supervisory control and data acquisition

4.2.2. Sécurité de l'installation

Classification des éoliennes

La production électrique d'une éolienne dépend de plusieurs paramètres :

- la longueur des pales ;
- la génératrice ;
- la vitesse du vent ;
- la densité de l'air.

La puissance produite par une éolienne augmente avec le carré de la longueur des pales, et avec le cube de la vitesse du vent. Les caractéristiques du vent (vitesse moyenne, turbulence, etc...) sont donc des critères importants lors du choix d'un site. Deux paramètres permettent de classer un site :

- la vitesse du vent (« Moyenne » et « Maximale sur 50 ans ») ;
- la turbulence du vent (Intensité de turbulence pour une vitesse de vent de 15 m/s sur la surface du rotor).

En France, la classification fait référence à la norme « IEC 61400-1 ». Cette classification est résumée ci-dessous (vitesse du vent à hauteur d'axe de l'éolienne):

			Vitesse du vent à hauteur d'axe (m/s)		
Moyenne annuelle			entre 8,5 et 10	entre 7,5 et 8,5	inférieure à 7,5
Moyenne sur 10 mn maximale / 50 ans			entre 42,5 et 50	entre 37,5 et 42,5	inférieure à 37,5
Moyenne sur 3 s maximale / 50 ans			entre 59,5 et 70	entre 52,5 et 59,5	inférieure à 52,5
Classe de vitesse:			I	II	III
Intensité de turbulence moyenne (%)	entre 14% et 16%	A	IEC I A	IEC II A	IEC III A
	entre 12% et 14%	B	IEC I B	IEC II B	IEC III B
	Inférieure à 12%	C	IEC I C	IEC II C	IEC III C
Classe de turbulence			Classe de vent de l'éolienne		

Tableau 8 - Classe de vent des éoliennes

Les éoliennes industrielles sont dimensionnées pour chacune de ces classes. Il est donc important de faire correspondre la classe du site avec la classe de la turbine. A titre indicatif :

- les éoliennes de « classe IA » sont dimensionnées pour des sites avec beaucoup de vent et assez turbulent ;
- les éoliennes de « classe IIIC » sont dimensionnées pour des sites avec peu de vent et très peu de turbulence.

Le parc éolien du Plateau de Pardines est composé d'éoliennes **Siemens SWT-3.0-113 de 99,5 m de hauteur d'axe**, classées **IEC II B**.

Comparaison entre les vents estimés sur le site à hauteur d'axe des éoliennes (voir le paragraphe 3.2.2) et la classe de vent de l'éolienne retenue:

	Vents estimés sur le site à hauteur d'axe (99,5 m)	Classe de vitesse de vent de l'éolienne retenue: IEC II
Moyenne annuelle	5,8 m/s	inférieure à 8,5 m/s
Moyenne sur 10 mn maximale / 50 ans	26 m/s (tempête de 1999)	inférieure à 42,5 m/s
Moyenne sur 3 secondes maximale / 50 ans	Rafale maximale sur 3 secondes non disponible, mais inférieure au vent maximal instantané de 45 m/s (tempête de 1999)	inférieure à 59,5 m/s

Il s'agit de vitesses moyennes. Des vitesses de vent instantané supérieures peuvent être supportées par les éoliennes et des coefficients de sécurité sont appliqués lors de leur conception.

Par ailleurs, un système de sécurité, mis en place dans chacune des éoliennes, bloque leur fonctionnement dès lors que la vitesse du vent dépasse 25 m/s pendant 10 min ou 32 m/s pendant plus de 3 secondes.

Concernant les risques d'emballlement du rotor en cas de vents violents/tempêtes, les éoliennes sont équipées d'un système de sécurité et de capteurs de vibration qui bloquent leur fonctionnement dès lors que la vitesse du vent dépasse les 25 m/s. En cas de défaut du système de freinage, elles sont également conçues pour résister à des pointes de vent de 70 m/s pendant au moins 3 s.

Les éoliennes qui seront implantées sur le parc du Plateau de Pardines sont certifiées à plusieurs titres :

- **Au titre de la solidité intrinsèque de la machine et de son adéquation aux conditions du site du projet**, le référentiel de conception adopté est celui défini par la norme IEC 61400-1, étant souligné que l'exploitant (Futures Energies Plateau de Pardines SAS) exige que le constructeur fournisse des éoliennes dont toutes les parties sont conformes à cette norme. L'exploitant impose également au constructeur qu'il délivre un **certificat de conformité** à la norme IEC 61400-1 adapté aux conditions de vent du site et réalisé suivant les règles et procédures de l'IEC WT 01. La fourniture des certificats est une condition de la réception définitive de l'installation. La certification ayant une durée de validité limitée le plus souvent à 5 ans, elle est renouvelée durant toute la durée de vie du parc éolien. Le certificat de conformité de l'éolienne SWT-3.0-113 est fourni en annexe 8.
- **Au titre de la conception et du contrôle des fondations**, outre l'application des règlements nationaux usuels pour les ouvrages de génie civil, le maître d'ouvrage impose dans son cahier des charges que les fondations soient conçues conformément à l'Eurocode 2 concernant les sollicitations de fatigue¹³. En outre, le maître d'ouvrage confie toujours une mission couvrant la "Solidité des ouvrages et des éléments d'équipements indissociables" à un bureau de contrôle agréé. Les plans et notes de calcul doivent donc être soumis à l'avis du bureau de contrôle avant la réalisation des travaux.
- **Au titre de la sécurité du personnel d'exploitation et de maintenance**, les éoliennes qui seront érigées seront conformes :
 - a) aux directives européennes :
 - "directive machine" 98/37/CE
 - directive 73/23/EEC, relative aux équipements électriques,
 - directive 89/336/EEC, relative à la compatibilité électromagnétique
 - b) à la norme : EN 50308 : aérogénérateurs – mesures de protection – exigences pour la conception, le fonctionnement et la maintenance
 - c) au Code du travail.

Enfin, l'exploitation et la maintenance des éoliennes sont confiées à du personnel qualifié et formé régulièrement suivant les consignes préalablement définies dans les manuels rédigés par le constructeur lui-même.

L'éolienne SWT-3.0-113 est également conforme à l'arrêté du 26 août 2011 – Régime ICPE (voir en annexe 8 le certificat de conformité SIEMENS).

Le poste de livraison est implanté à proximité de l'éolienne E4. La tension présente au poste de livraison est de 20000 Volts. L'ensemble des installations du réseau d'évacuation d'électricité répond aux normes en vigueur et en particulier aux normes suivantes :

- NFC 15-100 : installations électriques basse tension
- NFC 13-200 : installations électriques haute tension
- NFC 13-100 : postes de livraison Haute tension/Basse tension raccordés à un réseau de distribution de seconde catégorie

¹³ Rupture progressive

GESTION DE LA PREVENTION ET DES SECOURS

Gestion de la sécurité

L'exploitant (Futures Energies Plateau de Pardines SAS) dispose d'une procédure de maîtrise des risques accompagnée du Document Unique. Des plans de prévention sont établis pour les opérations réalisées par des Entreprises Extérieures.

Gestion des situations d'urgence et de crises

L'exploitant (Futures Energies Plateau de Pardines SAS) dispose d'une procédure de gestion des situations d'urgence et de crise. Le personnel intervenant et les équipes extérieures sont formés pour réagir à ces situations et des exercices sont réalisés périodiquement. Les éoliennes sont munies de systèmes de protection et se mettent en sécurité en cas de dysfonctionnement. Des alertes sont alors envoyées aux centres de conduite et de surveillance. De plus, un numéro d'astreinte 24/24 est fourni aux mairies, gendarmeries et Service Départementale d'Incendie et Secours (SDIS) situés à proximité des parcs éoliens, qui ont comme consigne d'avertir l'exploitant en cas de détection de dysfonctionnement (incendie, survitesse,...). En cas de crise, une procédure d'alerte (remontée des informations) vers le groupe GDF SUEZ est en place. Selon la gravité de la crise, une cellule de crise est organisée au niveau de l'exploitant (Futures Energies Plateau de Pardines SAS) et/ou au niveau du Groupe GDF SUEZ.

Par ailleurs, avant le début des travaux des plans d'accès sont transmis aux pompiers et à la gendarmerie les plus proches.

Lors de la mise en service du parc éolien du Plateau de Pardines, un numéro d'astreinte sera disponible auprès des communes de Pardines et de Perrier

Organisation des secours

L'accès aux éoliennes se fait par groupe de deux personnes au minimum, munies de moyens de communication (téléphone portable et talkie-walkie). Elles sont formées au secours et à l'évacuation d'urgence. Elles sont également formées en tant que Sauveteurs Secouristes et bénéficient d'une mise à jour annuelle de cette formation.

Le SDIS (Service Départemental d'Incendie et de Secours) du département du Puy-de-Dôme est contacté avant la mise en exploitation du parc puis un dossier comprenant les coordonnées des machines, un plan d'accès au parc, le numéro d'astreinte de l'exploitant et un plan d'évacuation de l'éolienne est envoyé. Lorsque le département concerné dispose d'un GRIMP (Groupe de Reconnaissance et d'Intervention en milieu périlleux), le dossier lui est également envoyé.

Des exercices d'évacuation sont proposés et, à la demande, réalisés périodiquement avec le GRIMP ou le SDIS du département.

SDIS du Puy-de-Dôme

143 avenue du Brézet

BP 280

63008 CLERMONT-FERRAND Cedex 1

Tél : 04 73 98 15 18

En général, les secours n'ont pas de clé et accèdent à l'éolienne en défonçant la porte. Ils n'ont pas besoin de séparer l'ensemble des tensions. Les pompiers accèdent aux blessés munis de

leurs moyens propres. Cependant, l'organisation des SDIS est départementale et diffère d'un département à l'autre. Des demandes spécifiques à certains SDIS existent.

En cas d'incendie déclaré, un périmètre de sécurité est mis en place pour éviter la propagation au milieu et pour assurer la sécurité des personnes aux alentours. Les pompiers ne combattent pas l'incendie dans l'éolienne.

La description des différents systèmes de sécurité de l'installation sera effectuée au stade de l'analyse préliminaire des risques de l'étude de dangers.

4.2.3. Opération d'entretien et de maintenance

Tous ces contrôles sont décrits en détail dans des procédures spécifiques et font l'objet de formulaires d'enregistrement des opérations effectuées. L'installation sera conforme aux prescriptions de l'arrêté ministériel relatif aux installations soumises à autorisation d'exploiter au titre de la rubrique 2980 des installations classées en matière d'exploitation.

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.

Les tableaux qui suivent synthétisent les opérations de maintenance annuelle :

N°	SIEMENS SWT 113 – Maintenance annuelle
1.	Inspection des boulons (vérification au niveau de la nacelle, rotor et pales avec serrage selon planification)
2.	Contrôle des pales : - détection de fissures et bruits inhabituels pendant le fonctionnement, - contrôle de l'intérieur des pales, - contrôle des systèmes de protection anti-foudre.
3.	Système de lubrification des roulements de pales : - remplacement/vidage des godets de vidange, - ajout de graisse neuve, - contrôle de lubrification des roulements.
4.	Circuit foudre : - contrôle de contacts allant des pales jusqu'aux fondations, - contrôle des cartes de détection de foudre.
5.	Armoires électriques : - vérification et tests des capteurs de température, - vérification et tests des détecteurs de fumée, - vérification et tests des ventilateurs, - remplacement des filtres à air.
6.	Convertisseur : - idem contrôle armoires électriques, - contrôle du système de refroidissement, - remplacement du liquide de refroidissement suivant planification.
7.	Système central de lubrification des roulements et du système d'orientation : - remplissage de graisses neuves, - contrôle de l'absence de fuite.
8.	Systèmes hydrauliques (frein, rotation de pales, grue, capot de nacelle et multiplicateur si applicable) : - prélèvement d'échantillon d'huile, - remplacement des filtres, - contrôle du système de refroidissement, - vérification d'absence de fuite, - vérification des pompes, - vérification et tests des capteurs de niveaux, de pression et de température, - vérification des vannes, soupapes et accumulateurs.
9.	Réglage de l'alignement de la génératrice et vérification des connections mécaniques.
10.	Vérification et resserrage de tous les raccordements électriques (système de commande, convertisseur, réactance principale, disjoncteur principal, et génératrice).
11.	Contrôles mécaniques (système d'orientation, génératrice et multiplicateur si applicable) : - inspection des engrenages, - vérification du graissage, - contrôle d'usure, - contrôle des supports d'amortissement.
12.	Système de freinage : - contrôle visuel du disque de frein, - contrôle des garnitures.

13.	Test des systèmes de sécurité : - contrôle des capteurs de survitesse (tests et simulations de régime de survitesse), - contrôle des systèmes de détection de vibrations (tests et simulations de balourd), - contrôle des boutons d'arrêt d'urgence.
14.	Nacelle : - contrôle des joints et capots, - contrôle de la grue de service, - nettoyage de la nacelle.
15.	Tour : - contrôle visuel des points d'ancrage, - contrôle de corrosion, - écaillage de peinture sur la tour, - recherche de pénétration d'eau et de fissures dans le scellement, - contrôle de l'ascenseur de service, - nettoyage des plateformes.

Tableau 9 - Maintenance annuelle de l'éolienne SWT-3.0-113

SIEMENS SWT 113 – Consommables	Quantité	Unité	Fréquence
Remplacer les filtres des armoires électriques.	11	pc	TOUS LES ANS
Remplacer les filtres des circuits hydrauliques de la machine	2	pc	TOUS LES ANS
Remplacer les graisses usagées (roulements de pales et génératrice et couronne d'orientation)	16	kg	TOUS LES ANS
Tissus de nettoyage (coton)	3	kg	TOUS LES ANS
Remplacer les batteries UPS	8	pc	TOUS LES 3 ANS
Remplacer le ventilateur du convertisseur de fréquence des engrenages d'orientation	1	pc	TOUS LES 4 ANS UNIQUEMENT
Remplacement des huiles (calage, orientation)	230	litres	TOUS LES 5 ANS UNIQUEMENT
Remplacer le liquide de refroidissement du convertisseur et génératrice	230	litres	TOUS LES 7 ANS
Remplacer les tuyaux de refroidissement du convertisseur	20	m	TOUS LES 7 ANS
Remplacer les tuyaux des circuits hydrauliques	30	m	TOUS LES 10 ANS

Tableau 10 - Consommables de l'éolienne SWT-3.0-113

4.2.4. Stockage et flux de produits dangereux

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

Nota : les produits de nettoyage (type solvant) ne sont pas présents sur le site mais sont apportés de manière ponctuelle par les techniciens lors des phases de maintenance.

4.3. Fonctionnement des réseaux de l'installation

4.3.1. Raccordements électriques

Trois réseaux sont nécessaires au bon fonctionnement d'un parc éolien :

- Le réseau HTA inter-éoliennes, qui achemine l'énergie produite par les éoliennes au poste de livraison,
- La fibre optique, qui permet la supervision du parc,
- La liaison HTA entre le poste de livraison et le poste source EDF.

Le schéma ci-dessous permet d'illustrer le raccordement électrique d'un parc éolien au réseau public :

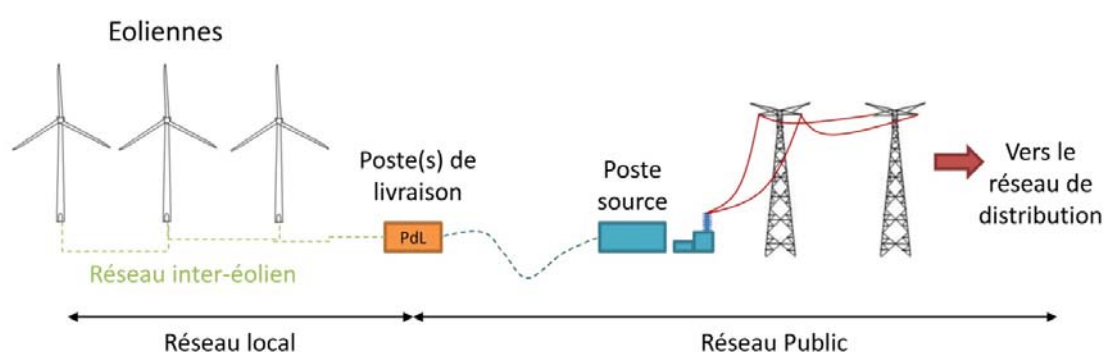


Figure 6 - Schéma de principe du raccordement électrique d'un parc éolien

- **Le réseau HTA inter- éoliennes**

Les éoliennes sont reliées entre elles par des câbles enfouis, normalisés et prévus pour le transport d'un courant d'une tension de 20 000 V. Les câbles aboutissent au poste de livraison placé à proximité de l'éolienne 4.

La tension de l'électricité produite par la génératrice de chaque éolienne (690 V) est élevée à 20000 Volts par des transformateurs intégrés dans le mât de l'éolienne. Ces transformateurs sont donc invisibles. Les liaisons inter éoliennes puis de raccordement vers le poste de livraison sont de préférence réalisées en bordure de parcelles puis en bordure de chemins. L'ensemble des liaisons est constitué de câbles enterrés à une profondeur de l'ordre de 1 mètre.

Les câbles HTA utilisés auront une âme (partie conductrice) en aluminium, de section 95 mm² à 240 mm², protégés par un enrobage de protection spécifique aux câbles enterrés. (Voir le tracé du réseau inter éolienne sur la Carte 15 - Plan détaillé de l'installation).

- **La fibre optique**

Par le biais de la fibre optique, de nombreuses informations relatives au fonctionnement des éoliennes sont transmises à l'exploitant du parc, via le poste de livraison. La fibre optique permet la supervision du parc (énergie instantanée produite, production du parc sur différentes périodes, maintenance préventive, détection de défauts...). La fibre optique sera enterrée dans la même tranchée que le réseau HTA inter-éoliennes.

- **La liaison poste de livraison - poste source**

Le poste de livraison est implanté à proximité de l'éolienne E4. Il présente une longueur de 11,3 m, une largeur de 2,5 m et une hauteur de 2,6 m. L'énergie produite par le parc éolien est centralisée au poste de livraison et ensuite injectée sur le réseau EDF via une liaison HTA (20 000 V) enterrée à réaliser entre le poste de livraison et le poste source EDF.

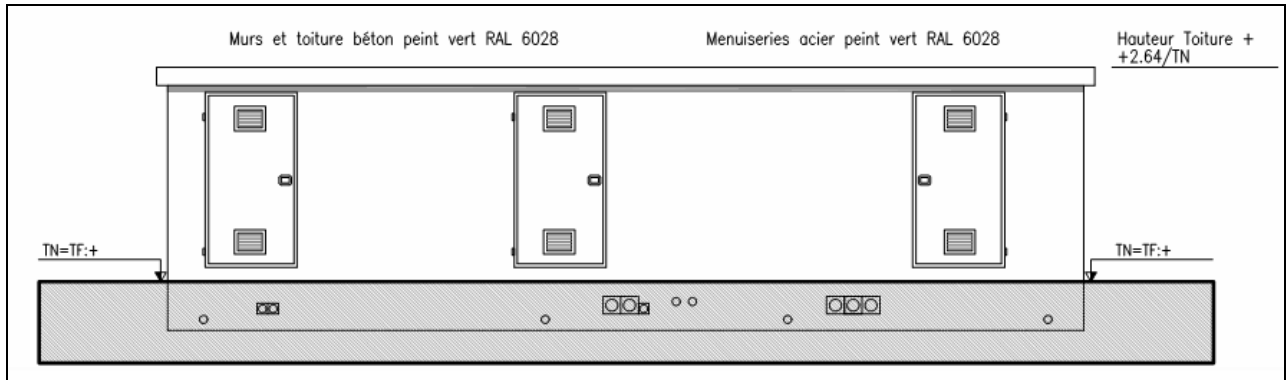
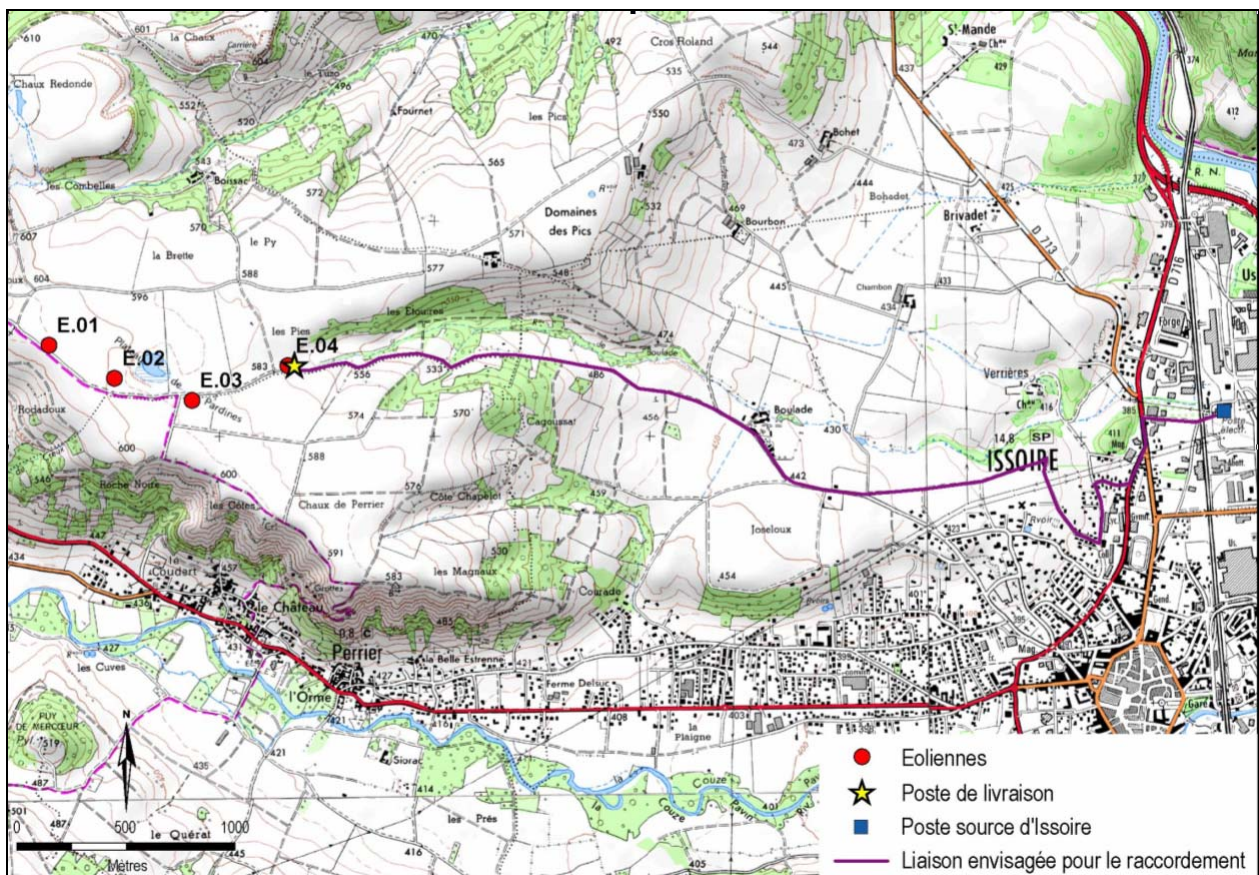


Figure 7 - Façade nord du poste de livraison

Le raccordement au réseau de distribution (ERDF) s'effectuera fort probablement au poste électrique situé sur la commune d'Issoire. Néanmoins, conformément aux informations transmises par ERDF, le choix définitif du poste de transformation sur lequel viendra se raccorder le parc éolien ne s'effectuera qu'après obtention du permis de construire.



Carte 16 - Tracé prévisionnel du raccordement au réseau électrique (ERDF)

Normes : L'ensemble des installations du réseau d'évacuation d'électricité répond aux normes en vigueur et en particulier aux normes suivantes :

- NFC 15-100 : installations électriques basse tension
- NFC 13-200 : installations électriques haute tension
- NFC 13-100 : postes de livraison Haute tension/Basse tension raccordés à un réseau de distribution de seconde catégorie

4.3.2. Autres réseaux

Le parc éolien du Plateau de Pardines 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 de l'installation pouvant constituer un danger potentiel (que ce soit au niveau des éléments constitutifs des éoliennes, des produits contenus dans l'installation ou des modes de fonctionnement)

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

5.1. Les potentiels de dangers liés aux produits

L'activité de production d'électricité par les éoliennes ne consomme pas de matières premières (hormis l'acier et/ ou le béton qui ont été nécessaires à la construction des éoliennes), ne génère pas d'émission atmosphérique mais peuvent générer une petite quantité de déchets dans le cadre de l'exploitation des parcs.

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

- Produits nécessaires au bon fonctionnement des installations (graisses et huiles de transmission, huiles hydrauliques pour systèmes de freinage...), qui une fois usagés sont traités en tant que déchets industriels spéciaux,
- Produits de nettoyage et d'entretien des installations (solvants, dégraissants, nettoyeurs...) et les déchets industriels banals associés (pièces usagées non souillées, cartons d'emballage...), évacués selon la procédure adaptée¹⁴.

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 (en dehors des produits nécessaires au fonctionnement de l'éolienne).

Quantités et types de produits chimiques présents dans les machines. Les quantités présentées dans le tableau ci-dessous sont celles que l'on trouve dans une machine :

Localisation	Produits	Quantité	Unité
Nacelle	Graisse	23	L
Nacelle	Huile	191	L
Nacelle	Azote	16	L
Hub	Graisse	8	L
Hub	Huile	90	L
Hub	Azote	180	L
Tour	Eau contenant du Glycerol	150	L
Transformateur 20KV	Huile	1160	Kg
Tour	Gaz SF6	4,4	Kg

Tableau 11 - Produits et quantités pour une éolienne SWT-3.0-113

¹⁴ Voir DEMANDE D'AUTORISATION D'EXPLOITER - Procédure de Gestion des déchets

Les risques associés aux différents produits sont :

L'incendie : des produits combustibles sont présents dans l'éolienne. Ainsi, la présence d'une charge calorifique peut alimenter un incendie en cas de départ de feu.

La toxicité : Ce risque peut survenir suite à un incendie créant certains produits de décomposition nocifs, entraînés dans les fumées de l'incendie.

La pollution : En cas de fuite sur une capacité de stockage, la migration des produits liquides dans le sol peut entraîner une pollution, également en cas d'entraînement dans les eaux d'extinction incendie.

5.2. Les potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation

Les dangers liés au fonctionnement du parc éolien (hors causes externes) sont de cinq types :

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

Ces dangers potentiels sont recensés dans le tableau suivant :

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

Tableau 12 - Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation

5.3. Réduction des potentiels de dangers à la source

5.3.1. Principales actions préventives

Dès la conception du projet, Futures Energies Plateau de Pardines SAS a veillé à réduire autant que possible les potentiels de dangers en intégrant cet aspect dans le choix du positionnement des éoliennes. D'autre part, le choix d'un modèle d'éolienne certifié a été effectué afin d'assurer une sécurité optimale de l'installation.

Réduction des potentiels de dangers lors de la conception du projet :

Les éoliennes doivent être légalement éloignées d'au minimum 500 m des habitations. La distance minimale aux habitations observée sur ce projet est de 570 m.

De façon à limiter le risque lié aux incendies, les préconisations fournies par le SDIS¹⁵ après consultation seront respectées par le maître d'ouvrage (notamment : maintien de l'accès aux éoliennes et installation d'une citerne de 60 m³ sur le site ou utilisation du plan d'eau présent au centre du site avec l'accord du SDIS).

Le site se situe en dehors des zones à risques de mouvements de terrain.

Une distance d'éloignement minimal entre les éoliennes supérieure à 3 fois le diamètre du rotor a été retenue (soit 340 mètres).

Le projet éolien est tenu de respecter les règles de construction parasismique.

Réduction des dangers liés aux produits :

Comme précédemment indiqué, les produits présents dans une éolienne sont des lubrifiants. La quantité est estimée à environ 310 litres par éolienne plus 1160 kg d'huile pour le transformateur situé au pied du mât. Les lubrifiants doivent être contrôlés et partiellement renouvelés tous les 6 mois à 5 ans selon leur type. Les quantités de produits ne peuvent être diminuées et les produits lubrifiants en eux-mêmes ne peuvent faire l'objet de substitution. Ces produits sont considérés comme non dangereux pour l'environnement s'ils sont utilisés comme recommandés et s'ils sont combustibles mais non inflammables.

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

La nacelle fait office de bac de récupération en cas de fuite au niveau de la couronne d'orientation.

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

¹⁵ SDIS : Service Départemental d'Incendie et de Secours du Puy-de-Dôme. Voir courrier en annexe.

Réduction des potentiels de dangers par le choix des caractéristiques de l'éolienne :

L'éolienne choisie est l'éolienne Siemens SWT-3.0-113. Il s'agit d'une éolienne de conception récente certifiée, respectant les normes européennes.

En ce qui concerne **la résistance aux vents extrêmes**, les éoliennes retenues présenteront les caractéristiques de la classe **IEC II B** (norme IEC 61400-1). La classification de l'éolienne, les normes de sécurité appliquées, ainsi que les principaux systèmes de sécurité de l'éolienne Siemens SWT-3.0-113 sont décrits au paragraphe **4.4.2 – Sécurité de l'installation**. L'ensemble des certificats est fourni en annexe 8.

Concernant **la projection de bris de glace**, la réduction des dangers est assurée via l'installation de détecteurs de givre sur les pales, ainsi que par l'arrêt complet de la machine en cas de gel sévère. Des panneaux d'information doivent être mis en place pour informer les riverains des risques éventuels.

Concernant les **incendies**, la majorité des matériaux composants les éoliennes sont incombustibles. La maintenance permettra également de repérer et d'endiguer (si besoin est) les fuites de lubrifiants. La voie d'accès sera entretenue de manière régulière pour faciliter le passage des pompiers. On notera également la présence d'extincteurs et de systèmes de protection anti-incendie à l'intérieur de chaque éolienne.

Une maintenance régulière permet de prévenir les accidents type bris de pales, chute d'objets. Concernant les dangers associés à la foudre, des systèmes parafoudres internes et externes (paratonnerre) sont prévus pour chaque éolienne.

Le balisage des éoliennes permet de les distinguer plus facilement de jour comme de nuit et ainsi d'éviter des collisions.

Une surveillance constante effectuée via les capteurs placés sur l'éolienne permet de détecter les dérives de fonctionnement du système.

5.3.2. Utilisation des meilleures techniques disponibles

La directive relative aux émissions industrielles (2010/75/UE dite IED transposée) définit une **approche intégrée** de la prévention et de la réduction des pollutions émises par les installations industrielles et agricoles entrant dans son champ d'application. Un de ses principes directeurs est le recours aux **meilleures techniques disponibles (MTD)** afin de prévenir les pollutions de toutes natures. Elle impose aux États membres de fonder les conditions d'autorisation des installations concernées sur les performances des MTD. La directive IED remplace la directive 2008/1/CE, dite directive IPPC, relative à la prévention et à la réduction intégrées de la pollution.

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

6. Analyse des retours d'expérience

Il n'existe actuellement aucune base de données officielle recensant l'accidentologie dans la filière éolienne. Néanmoins, il a été possible d'analyser les informations collectées en France et dans le monde par plusieurs organismes divers (associations, organisations professionnelles, littérature spécialisée, 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 rencontrées tant au niveau national qu'international. Ces typologies apportent un éclairage sur les scénarios les plus rencontrés. D'autres informations sont également utilisées dans la partie 8 pour l'analyse détaillée des risques.

6.1. Inventaire des accidents et incidents en France

Données de la Base Aria

Au 7 octobre 2013, la base Aria du Bureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industriels recense 15 accidents majeurs en France. Ces accidents sont présentés dans l'annexe 4 « Accidentologie française »

Autres accidents et incidents recensés

Un inventaire des incidents et accidents en France a été réalisé afin d'identifier les principaux phénomènes dangereux potentiels pouvant affecter un parc éolien. Cet inventaire se base sur le retour d'expérience de la filière éolienne tel que présenté dans le guide technique de conduite de l'étude de dangers [19].

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

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

Dans 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 d'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens [19] apparaît comme représentative des incidents majeurs ayant affecté le parc éolien français depuis l'année 2000. L'ensemble de ces sources permet d'arriver à un inventaire aussi complet que possible des incidents survenus en France. Un total de 37 incidents a pu être recensé entre 2000 et début 2012 (voir tableau détaillé en annexe 4). Ce tableau de travail a été validé par les membres du groupe de travail précédemment mentionné.

Il apparaît dans ce recensement que les aérogénérateurs accidentés sont principalement des modèles anciens ne bénéficiant généralement pas des dernières avancées technologiques. Ces accidents sont présentés dans l'annexe 4 « Accidentologie française »

Analyse de ces accidents (SER-FEE)

Le graphique suivant montre la répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateurs français entre 2000 et 2011. Cette synthèse exclut les accidents du travail (maintenance, chantier de construction, etc.) et les événements qui n'ont pas conduit à des effets sur les zones autour des aérogénérateurs. Dans ce graphique 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. Ils sont représentés par des histogrammes de couleur foncée ;
- La répartition des causes premières pour chacun des événements décrits ci-dessus. Celle-ci est donnée par rapport à la totalité des accidents observés en France. Elles sont représentées par des histogrammes de couleur claire.

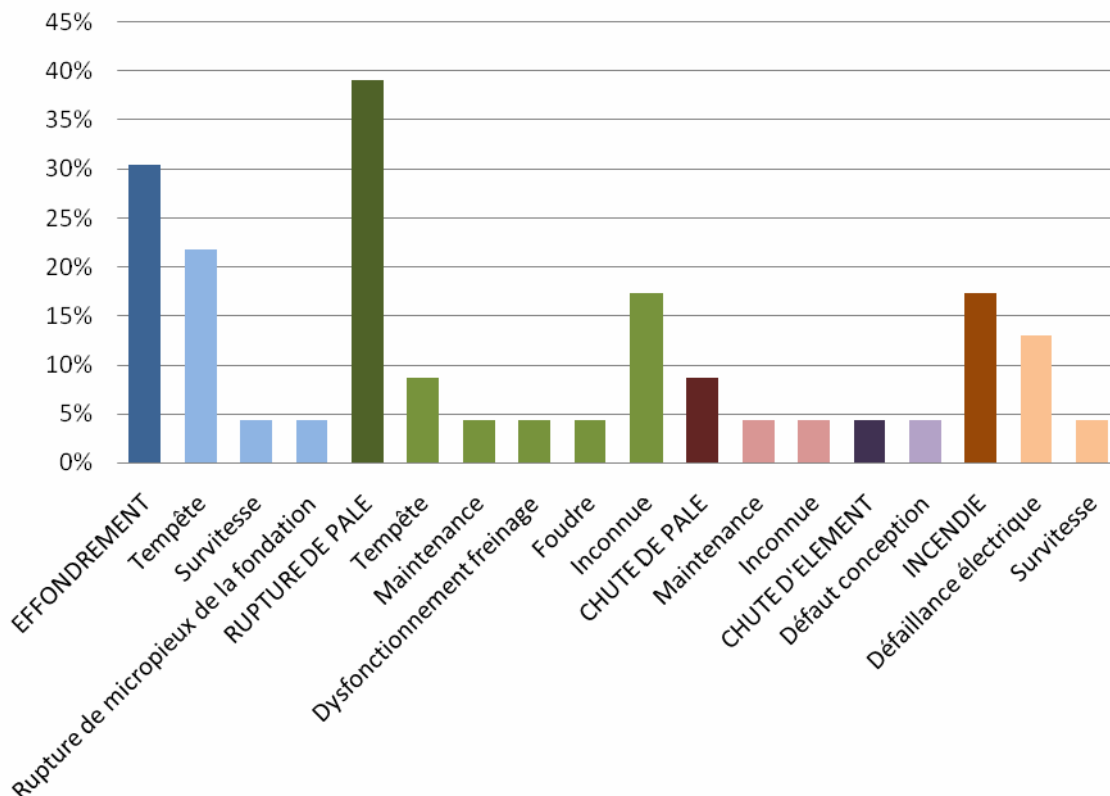


Figure 8 - Analyse des accidents du parc éolien français entre 2000 et 2011, SER-FEE

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

6.2. Inventaire des accidents et incidents à l'international

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

La synthèse ci-dessous provient de l'analyse de la base de données réalisée par l'association Caithness Wind Information Forum (CWIF). Sur les 994 accidents décrits dans la base de données au moment de sa consultation par le groupe de travail précédemment mentionné, seuls 236 sont considérés comme des « accidents majeurs ». Les autres concernant plutôt des accidents du travail, des presque-accidents, des incidents, etc. et ne sont donc pas pris en compte dans l'analyse suivante. Le graphique suivant montre la répartition des événements accidentels par rapport à la totalité des accidents analysés.

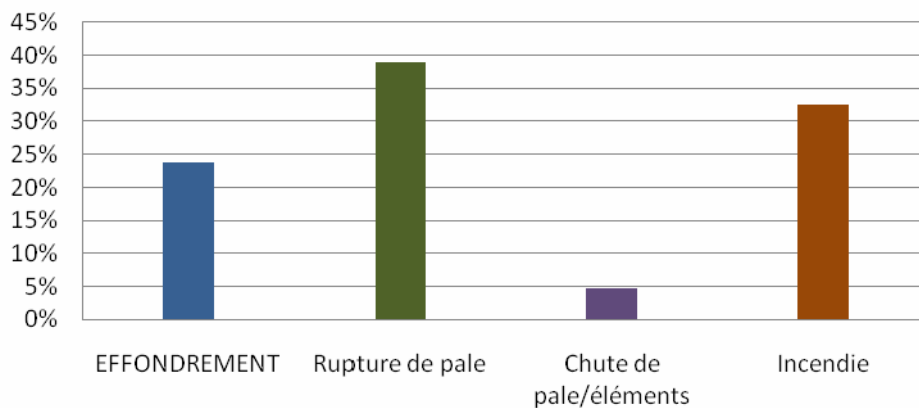


Figure 9 - Répartition des événements accidentels dans le monde, SER-FEE

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

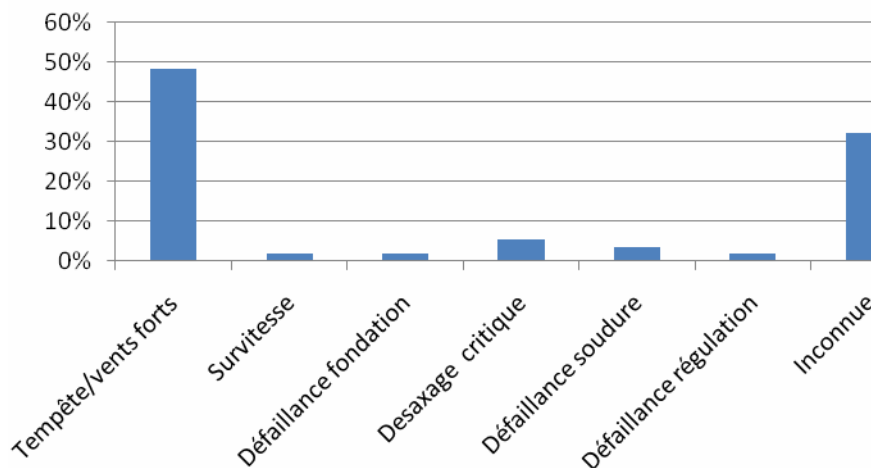


Figure 10 - Répartition des causes premières d'effondrement, SER-FEE

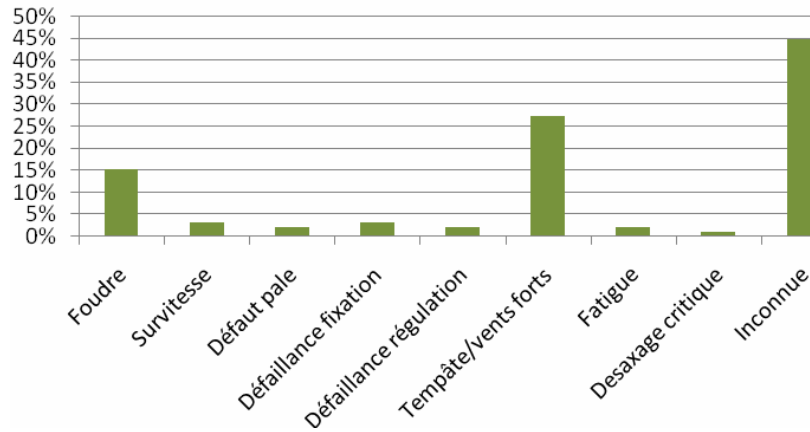


Figure 11 - Répartition des causes premières de rupture de pale, SER-FEE

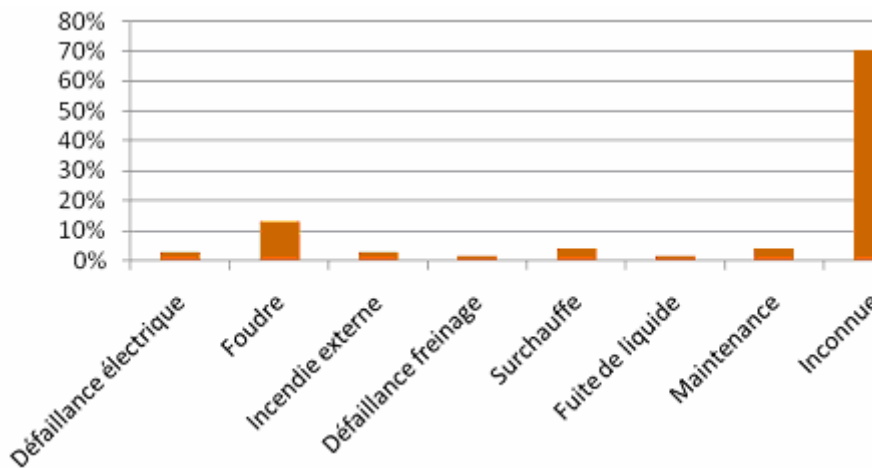


Figure 12 - Répartition des causes premières d'incendie, SER-FEE

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

D'après le guide de l'étude de dangers éolienne [19], la liste des accidents survenus sur le site de l'exploitant doit être fournie en cas d'extension d'une installation existante, ce qui n'est pas le cas ici.

Aucun accident de type susmentionné n'a été recensé sur les sites exploités par l'entreprise Futures Energies à ce jour (parc de 215 éoliennes représentant 426 MW). Les éoliennes SIEMENS n'apparaissent pas aujourd'hui dans l'accidentologie répertoriée.

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

6.4.1. Analyse de l'évolution des accidents et incidents 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 ou d'accidents n'augmente pas proportionnellement au nombre d'éoliennes installées. Depuis 2005, l'énergie éolienne s'est en effet fortement développée en France, mais le nombre d'incidents par an reste relativement constant. Cette tendance s'explique principalement par un parc éolien français assez récent, qui utilise majoritairement des éoliennes de nouvelle génération, équipées de technologies plus fiables et plus sûres.

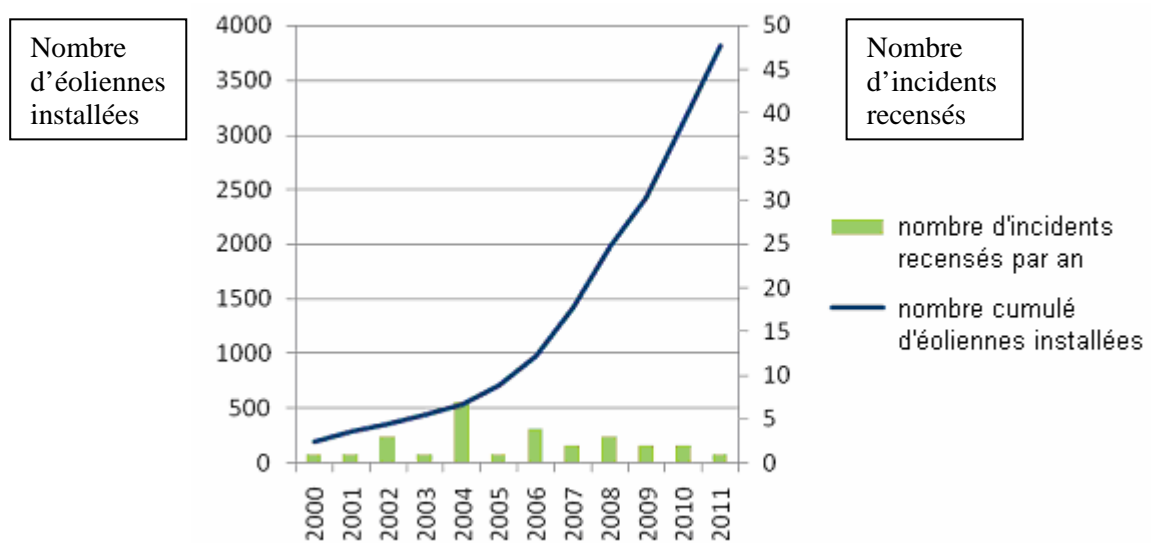


Figure 13 - Evolution du nombre d'incidents annuels en France

On note bien l'essor de la filière française à partir de 2005, alors que le nombre d'incidents ou d'accidents reste relativement constant, avec même une certaine tendance à la baisse.

6.4.2. Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents

Cause des accidents : 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

Effondrement d'une machine, perte de pales : D'après le Conseil Général des Mines, la première cause d'accident est la perte de tout ou partie d'une pale, causée par 2 phénomènes :

- une faiblesse dans la structure de la pale
- une mise en survitesse de la machine (ex : Port-la-Nouvelle, carence des dispositifs de sécurité)

L'effondrement d'une éolienne peut avoir d'autres origines : tempête, fondations mal réalisées, erreur de calcul, etc. Cependant, ce risque est très limité quand à ses conséquences, puisqu'il est limité à la taille de l'éolienne.

La réglementation actuelle, exigeant une distance minimale de 500 mètres par rapport aux habitations et zones destinées à l'habitation, permet d'écartier ce risque pour les riverains. On ajoutera que peu de personnes se rendent à proximité des éoliennes lors d'une tempête, limitant d'emblée ce risque pour d'éventuels promeneurs.

Incendie : Souvent rapportés par les opposants aux éoliennes, les incendies sur les éoliennes sont spectaculaires. En effet, l'incendie d'une nacelle à une centaine de mètres d'altitude est impossible à éteindre s'il n'est pas traité dès le départ avec un extincteur. Ces incendies peuvent être causés par des défaillances des systèmes de lubrification ou de refroidissement, par une survitesse du rotor, ou par des actes de malveillance. Cette éventualité, pouvant avoir plusieurs causes, a tout de même un impact mesuré et encadré.

Projection de glace : Des projections ont été constatées jusqu'à 92m dans une étude scientifique du professeur René Cattin [14]. Pour certains parcs, les exploitants ont relevé des projections jusqu'à 150 m. Les personnes étudiant ou s'intéressant à ce phénomène sont unanimes pour dire que ces projections sont localisées géographiquement et souvent dans les 20m autour d'une éolienne.

Accidents du travail : La grande majorité des accidents qui concernent les éoliennes relèvent des accidents du travail, et sont liés soit au travail à grande hauteur, soit au matériel électrique. Ils sont abordés dans la notice hygiène et sécurité.

Synthèse et atteinte aux personnes : L'analyse précédente a montré que les incidents liés aux éoliennes de part le monde étaient relativement peu nombreux. D'après les données disponibles les incidents de type chute d'éolienne, projection de débris ou de glace, ou incendie sur les éoliennes n'ont jamais créé de décès dans le monde. Les décès liés à l'éolien touchent presque exclusivement les personnes concernées par les opérations de maintenance ou de construction.

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

L'analyse du retour d'expérience permet ainsi de dégager de grandes tendances, mais comportent des incertitudes importantes.

7. Analyse préliminaire des risques

7.1. Objectif de l'analyse préliminaire des risques

L'analyse des risques a pour objectif principal d'identifier les scénarios d'accident majeurs et les mesures de sécurité qui empêchent ces scénarios de se produire ou en limitent les effets.

Les scénarios d'accident potentiels sont d'abord 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 tierces.

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

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

- 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.

Du fait du choix du site d'implantation, certains risques ont été volontairement écartés de l'analyse des risques, il s'agit de :

- Avalanche : site en dehors d'une zone concernée ;
- Inondations / crues : site non concerné d'après les plans de prévention en vigueur ;
- Houle, vague : site non concerné ;
- Tsunami : site non concerné car à plus de 50 km de l'océan ;
- Accident ferroviaire : site non concerné, aucune voie de chemin de fer dans le périmètre de l'étude ;

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 :

- 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

La première étape de l'analyse des risques consiste à recenser les « agressions externes potentielles ». Ces agressions provenant d'une activité ou de l'environnement extérieur sont des événements susceptibles d'endommager ou de détruire les aérogénérateurs de manière à initier un accident qui peut à son tour impacter des personnes. Par exemple, un séisme peut endommager les fondations d'une éolienne et conduire à son effondrement. Traditionnellement, deux types d'agressions externes sont identifiés :

- les agressions externes liées aux activités humaines ;
- les agressions externes liées à des phénomènes naturels.

7.3.1. Agressions externes liées aux activités humaines

Dans ce tableau qui suit figure l'estimation des distances minimales séparant chaque aérogénérateur des éventuelles sources d'agression potentielle. Seules les agressions externes liées aux activités humaines présentes dans un rayon de 200 m (distance à partir de laquelle l'activité considérée ne constitue plus un agresseur potentiel) seront recensées ici, à l'exception de la présence des aérodromes qui sera reportée lorsque ceux-ci sont implantés dans un rayon de 2 km et des autres aérogénérateurs qui seront reportés dans un rayon de 500 mètres.

Infra-structure	Fonction	Événement redouté	Danger potentiel	Péri-mètre	Distance par rapport au mât des éoliennes			
					E1	E2	E3	E4
Voies de circulation	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Energie cinétique des véhicules et flux thermiques	200 m	17 m (1)	55 m (1)	17 m (1)	17 m (1)
Autres éoliennes	Production d'électricité	Accident générant des projections d'éléments	Energie cinétique des éléments projetés	500 m	E2 : 340m	E1 : 340m E3 : 370m	E2 : 370m E4 : 470m	E3 : 470m

(1) : Pour toutes les éoliennes : voie ou chemin communal à faible circulation.

Tableau 13 - Principales agressions externes liées aux activités humaines

Aucun aérodrome n'est présent dans un rayon de 2 km. A noter cependant la présence du terrain d'aéromodélisme de l'association « Les vélivoles de Pardines » duquel les éoliennes seront distantes de 1450 à 1750 m. Au cours de l'année, le rayon d'évolution des planeurs est de l'ordre de 1000 m autour du terrain d'envol. L'association a été rencontrée lors des CLSE¹⁶ et l'activité a été jugée compatible avec un parc éolien.

Le parc éolien se situe à l'écart des zones présentant des servitudes aéronautiques. Aucune installation classée pour l'environnement (autre que les autres éoliennes du parc) n'est présente dans un rayon de 500 m des éoliennes. Il n'existe aucune ligne électrique Haute ou Très Haute Tension dans le périmètre de l'étude de dangers. La ligne Haute Tension la plus proche est distante de plus de 2000 mètres des éoliennes. Il n'existe aucune canalisation de transport de gaz, hydrocarbures ou produits chimiques dans le périmètre de l'étude de dangers (500 m).

¹⁶ CLSE : Comité local de suivi éolien.

7.3.2. Agressions externes liées aux phénomènes naturels

7.3.2.1. Généralités

Comme il a été précisé précédemment, les agressions externes liées à des inondations, à des incendies de forêt ou de cultures ou à des séismes ne sont pas considérées dans le sens où les dangers qu'elles pourraient entraîner sont largement inférieurs aux dommages causés par le phénomène naturel lui-même.

Le cas spécifique des effets directs de la foudre et du risque de « tension de pas » n'est pas traité dans l'analyse des risques et dans l'étude détaillée des risques dès lors qu'il est vérifié que la norme IEC 61 400-24 (Juin 2010) ou la norme EN 62 305-3 (Décembre 2006) est respectée. Ces conditions sont reprises dans la fonction de sécurité n° 6 (voir *Tableau 15 - Fonctions de sécurité des éoliennes SIEMENS SWT-3.0-113*). 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.

7.3.2.2. Identification des agressions potentielles

En ce qui concerne les phénomènes naturels, les agressions externes potentielles à considérer sont les suivantes :

Les tempêtes : Les vents violents peuvent être la cause de détériorations de structures, de chute/pliage de mât, de survitesse des pales et de projection de pales. Les vents violents sont pris en compte dans le dimensionnement des éoliennes. Pour rappel, le vent extrême mesuré à la station proche d'Issoire sur les 20 dernières années correspond à un vent instantané de 35 m/s (126 km/h) enregistré le 27 décembre 1999.

La formation de glace ou l'accumulation de neige : Il n'est pas rare que de la glace se forme sur les éoliennes en période hivernale, que ce soit sur les pales, le moyeu ou sur la nacelle. L'augmentation de température entraînant la fonte partielle ou la mise en rotation du rotor peuvent alors provoquer des chutes de glace ou des projections de morceaux de glace. Pour rappel, on note une moyenne de 74 jours par an de gel possible à la station proche d'Issoire.

Le risque de glissement de terrain et affaissement minier : la commune de Perrier est concernée par le risque mouvement de terrain, mais les éoliennes du projet sont toutes éloignées de plus de 300 m. de la zone à risque.

7.4. Scénarios étudiés dans l'analyse préliminaire des risques

Après avoir recensé, dans un premier temps, les potentiels de dangers des installations, qu'ils soient constitués par des substances dangereuses ou des équipements dangereux, et les agressions externes potentielles, l'analyse préliminaire des risques (APR) doit identifier l'ensemble des séquences accidentelles et phénomènes dangereux associés pouvant déclencher la libération du danger.

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

- une description des causes et de leur séquençage (événements initiateurs et événements intermédiaires) ;
- une description des événements redoutés centraux qui marquent la partie incontrôlée de la séquence d'accident ;
- une description des fonctions de sécurité permettant de prévenir l'événement redouté central ou de limiter les effets du phénomène dangereux ;
- une description des phénomènes dangereux dont les effets sur les personnes sont à l'origine d'un accident ;
- une évaluation qualitative de l'intensité de ces événements.

Ce tableau présentant le résultat d'une analyse des risques peut être considéré comme représentatif des scénarios d'accident pouvant potentiellement se produire sur les éoliennes.

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 sont regroupés et numérotés par thématique, en fonction des typologies d'événements redoutés centraux identifiés (« G » pour les scénarios concernant la glace, « I » pour ceux concernant l'incendie, « F » pour ceux concernant les fuites, « C » pour ceux concernant la chute d'éléments de l'éolienne, « P » pour ceux concernant les risques de projection, « E » pour ceux concernant les risques d'effondrement).

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique et N°)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
G01	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales, le mât et la nacelle	Chute de glace lorsque les éoliennes sont arrêtées	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace (fonction N°2)	Impact de glace sur les enjeux	1
G02		Dépôt de glace sur les pales	Projection de glace lorsque les éoliennes sont en mouvement	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de la glace (fonction N°1)		2
I01	Humidité / Gel	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (fonction N°5)	Chute/projection d'éléments enflammés	2

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique et N°)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
I02	Dysfonctionnement électrique	Echauffement des parties mécaniques et inflammation		Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques Prévenir la survitesse (fonction N°4)	Propagation de l'incendie	
I03	Survitesse					
I04	Désaxage de la génératrice / Pièce défectueuse / Défaut de lubrification					
I05	Conditions climatiques humides	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	
I06	Rongeur					
I07	Défaut d'étanchéité	Perte de confinement	Fuites d'huile isolante	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Incendie au poste de transformation Propagation de l'incendie	
F01	Fuite système de lubrification Fuite convertisseur Fuite transformateur	Écoulement hors de la nacelle et le long du mât, puis sur le sol avec infiltration	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	
F02	Renversement de fluides lors des opérations de maintenance	Écoulement				
C01	Défaut de fixation	Chute de trappe	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Impact sur cible	1
C02	Défaillance fixation anémomètre	Chute anémomètre		Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9)		
C3	Défaut fixation nacelle – pivot central – mât	Chute nacelle				
P01	Survitesse	Contraintes trop importantes sur les pales	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la survitesse (N°4)	Impact sur cible	2
P02	Fatigue Corrosion	Chute de fragment de pale		Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11) Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)		

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique et N°)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
P03	Serrage inapproprié Erreur maintenance – desserrage			Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9) Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)		
E01	Effets dominos autres installations	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E02	Glissement de sol					
E05	Crash d'aéronef					
E07	Effondrement engin de levage travaux			Actions de prévention mises en œuvre dans le cadre du plan de prévention (N°13)	Chute fragments et chute mât	
E08	Vents forts	Défaillance fondation		Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9) Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort (N°12)	Projection/chute fragments et chute mât	
E09	Fatigue	Défaillance mât		Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)		
E10	Désaxage critique du rotor	Impact pale – mât		Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9) Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)		

Tableau 14 - Tableau synthétique des risques

7.5. Effets dominos

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

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

Mis à part les éoliennes du projet (distance minimale entre les éoliennes : environ 300 m), il n'existe aucune autre installation classée dans le périmètre d'étude du projet. Le guide de l'INERIS [19] préconise de négliger les effets dominos potentiels pour les installations ICPE situées à plus de 100 mètres des éoliennes.

Les effets dominos susceptibles d'impacter les éoliennes sont décrits dans le tableau d'analyse des risques générique présenté ci-dessus (*Tableau 14 - Tableau synthétique des risques*).

7.6. Mise en place des mesures de sécurité

Le tableau suivant synthétise les fonctions de sécurité identifiées et mise en œuvre sur les éoliennes SIEMENS SWT-3.0-113 du parc du Plateau de Pardines. Les aspects relatifs aux fonctions de sécurité qui sont détaillés sont les suivants :

- **Fonction de sécurité** : il est proposé un tableau par fonction de sécurité (*Tableau 15 - Fonctions de sécurité des éoliennes SIEMENS SWT-3.0-113*). Cet intitulé décrit l'objectif de la ou des mesure(s) de sécurité : il s'agira principalement de « empêcher, éviter, détecter, contrôler ou limiter » et sera en relation avec un ou plusieurs événements conduisant à un accident majeur identifié dans l'analyse des risques. Plusieurs mesures de sécurité peuvent assurer une même fonction de sécurité.
- **Numéro de la fonction de sécurité** : vise à simplifier la lecture de l'étude de dangers en permettant des renvois à l'analyse de risque par exemple.
- **Mesures de maîtrise des risques** : permet d'identifier les mesures assurant la fonction concernée. Dans le cas de systèmes instrumentés de sécurité, tous les éléments de la chaîne devront être présentés (détection + traitement de l'information + action).
- **Description** : 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 »). Dans le cadre des études de dangers éoliennes, il est recommandé de mesurer cette indépendance à travers les questions suivantes :
 - o Est-ce que la mesure de sécurité décrite a pour unique but d'agir pour la sécurité ? Il s'agit en effet ici de distinguer ces dernières de celles qui ont un rôle dans la sécurité mais aussi dans l'exploitation de l'aérogénérateur.

- Cette mesure est-elle indépendante des autres mesures intervenant sur le scénario ?
- **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. Il s'agit ici de vérifier que la mesure de maîtrise des risques agira « à temps » pour prévenir ou pour limiter les accidents majeurs. Dans le cadre d'une étude de dangers éolienne, l'estimation de ce temps de réponse peut être simplifiée et se contenter d'une estimation d'un temps de réponse maximum qui doit être atteint. Néanmoins, et pour rappel, la réglementation impose les temps de réponse suivants :
 - une mesure de maîtrise des risques remplissant la fonction de sécurité « limiter les conséquences d'un incendie » doit permettre de détecter un incendie et de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes ;
 - une seconde mesure maîtrise des risques remplissant la fonction de sécurité « limiter les conséquences d'un incendie » doit permettre de détecter un incendie et de mettre en œuvre une procédure d'arrêt d'urgence dans un délai de 60 minutes ;
 - une mesure de maîtrise des risques remplissant la fonction de sécurité « limiter les conséquences d'une survitesse » doit permettre de détecter une survitesse et de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes ;
 - si applicable, une mesure de maîtrise des risques remplissant la fonction de sécurité « Prévenir les projections de glace » doit permettre de détecter la formation importante de glace sur les pales et de mettre en œuvre une procédure d'arrêt d'urgence dans un délai de 60 minutes.
- **Efficacité** (100% ou 0%) : l'efficacité mesure la capacité d'une mesure de maîtrise des risques à remplir la fonction de sécurité qui lui est confiée pendant une durée donnée et dans son contexte d'utilisation. Il s'agit de vérifier qu'une mesure de sécurité est bien dimensionnée pour remplir la fonction qui lui a été assignée.
- **Test (fréquence)** : dans ce champ sont rappelés les tests/essais qui seront réalisés sur les mesures de maîtrise des risques. Conformément à la réglementation, un essai d'arrêt, d'arrêt d'urgence et d'arrêt à partir d'une situation de survitesse seront réalisés avant la mise en service de l'aérogénérateur. Dans tous les cas, les tests effectués sur les mesures de maîtrise des risques seront tenus à la disposition de l'inspection des installations classées pendant l'exploitation de l'installation.
- **Maintenance (fréquence)** : Ce critère porte sur la périodicité des contrôles qui permettront de vérifier la performance de la mesure de maîtrise des risques dans le temps. Pour rappel, la réglementation demande qu'à minima : un contrôle tous les ans soit réalisé sur la performance des mesures de sécurité permettant de mettre à l'arrêt, à l'arrêt d'urgence et à l'arrêt à partir d'une situation de survitesse et sur tous les systèmes instrumentés de sécurité.

Fonction de sécurité	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	N° de la fonction de sécurité	1
Mesures de sécurité	Système de détection du givre et de mise à l'arrêt de la machine et procédure adéquate de redémarrage		
Description	Système de détection redondant du givre (analyse des données de fonctionnement de l'éolienne + système de mesure des oscillations et des vibrations) permettant, en cas de détection de glace, une mise à l'arrêt immédiate de l'aérogénérateur. Application du plan d'urgence (Voir la Notice Hygiène et Sécurité) en cas de détection de glace. Le redémarrage peut ensuite se faire soit automatiquement après disparition des conditions de givre, soit manuellement après inspection visuelle sur site.		
Indépendance	Non Les systèmes traditionnels s'appuient généralement sur des fonctions et des appareils propres à l'exploitation du parc. En cas de danger particulièrement élevé sur site (survol d'une zone fréquentée sur site soumis à des conditions de gel importantes), des systèmes additionnels peuvent être envisagés.		
Temps de réponse	Immédiat		
Efficacité	100%		
Tests	Test des capteurs et du déclenchement de la chaîne de sécurité au moment de la mise en service et à chaque maintenance.		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis vérification des capteurs du système de détection de givre lors des maintenances préventives annuelles.		

Fonction de sécurité	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	N° de la fonction de sécurité	2
Mesures de sécurité	Panneautage en pied de machine.		
Description	Mise en place de panneaux informant de la possible formation de glace en pied de machines.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	(Non applicable)		
Efficacité	100%		
Tests	(Non applicable)		
Maintenance	(Non applicable)		

Fonction de sécurité	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	N° de la fonction de sécurité	3
Mesures de sécurité	Capteurs de température des pièces mécaniques. Définition de seuils critiques de température pour chaque type de composant. Mise à l'arrêt ou bridage jusqu'à refroidissement		
Description	Les capteurs de température se trouvent dans les composants les plus importants: paliers, freins, systèmes hydrauliques, multiplicateur, enroulements d'alternateur, etc.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	< 60 sec		
Efficacité	100%		
Tests	Test des capteurs et du déclenchement de la chaîne de sécurité au moment de la mise en service et à chaque maintenance.		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis maintenance annuelle.		

Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	4
Mesures de sécurité	Détection de survitesse et système de freinage.		
Description	Systèmes de coupure s'enclenchant en cas de dépassement des seuils de vitesse prédéfinis, indépendamment du système de contrôle commande. Protection contre les survitesses grâce à 2 capteurs: - électronique au niveau du générateur - mécanique au niveau du moyeu Le système de freinage est constitué d'un frein aérodynamique principal (mise en drapeau des pales) couplé à un frein mécanique auxiliaire (éoliennes avec multiplicateur).		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Immédiat		
Efficacité	100%		
Tests	Test des capteurs, du déclenchement de la chaîne de sécurité et du système hydraulique de freinage et de mise en drapeau au moment de : - la mise en service - lors de chaque arrêt machine (auto surveillance de la machine) - à chaque maintenance.		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis maintenance annuelle.		

Fonction de sécurité	Prévenir les courts-circuits	N° de la fonction de sécurité	5
Mesures de sécurité	Coupure de la transmission électrique en cas de fonctionnement anormal d'un composant électrique.		
Description	Les organes et armoires électriques de l'éolienne sont équipés d'organes de coupures et de protection adéquats et correctement dimensionnés. Tout fonctionnement anormal des composants électriques est suivi d'une coupure de la transmission électrique et à la transmission d'un signal d'alerte vers l'exploitant qui prend alors les mesures appropriées.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Immédiat		
Efficacité	100%		
Tests	Inspection visuelle des composants électriques, vérification du couple de serrage des connexions de puissance, opérations d'enclenchement et déclenchement du disjoncteur principal lors de la mise en service et lors de chaque maintenance.		
Maintenance	Annuelle.		

Fonction de sécurité	Prévenir les effets de la foudre	N° de la fonction de sécurité	6
Mesures de sécurité	Mise à la terre et protection des éléments de l'aérogénérateur.		
Description	Respect de la norme IEC 61 400 – 24 (juin 2010)		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Immédiat		
Efficacité	100%		
Tests	Inspection et vérification des connexions sur la totalité de la chaîne de protection de la machine (pales, moyeu, nacelle et tour) lors de: - la mise en service - lors de chaque détection de foudre Inspection et vérification des connexions moyeu, nacelle et tour lors de la maintenance.		
Maintenance	Annuelle.		

Fonction de sécurité	Protection et intervention incendie	N° de la fonction de sécurité	7
Mesures de sécurité	Capteurs de fumée et de température (option) sur les principaux composants de l'éolienne pouvant permettre, en cas de dépassement des seuils, la mise à l'arrêt de la machine. + Système de détection incendie relié à une alarme transmise à un poste de contrôle et intervention des services de secours.		
Description	Prévention Active (divers détecteurs) avec arrêt machine en cas de détection. Prévention Passive (anti-propagation). Présence d'équipement de lutte anti-incendie (extincteurs dans tour et nacelle) Application du plan d'urgence (Voir la Notice Hygiène et Sécurité) en cas d'incendie.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	60 min		
Efficacité	100%		
Tests	Test des capteurs et du déclenchement de la chaîne de sécurité au moment de la mise en service et à chaque maintenance.		
Maintenance	Annuelle.		

Fonction de sécurité	Prévention et rétention des fuites	N° de la fonction de sécurité	8
Mesures de sécurité	Nacelle et hub faisant office de bac de rétention. Procédure d'urgence + kit antipollution.		
Description	Application du plan d'urgence (voir la notice d'hygiène et sécurité) en cas de fuite.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	(Non applicable)		
Efficacité	100%		
Tests	Auto surveillance de la machine sur les niveaux et pressions d'huile et de liquides de refroidissement. Tests des capteurs de pression et de température et inspection visuelle des niveaux à chaque défaut détecté par la machine et à chaque maintenance.		
Maintenance	Annuelle		

Fonction de sécurité	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)	N° de la fonction de sécurité	9
Mesures de sécurité	Contrôles réguliers des interfaces tours/fondations et des différentes pièces d'assemblages (brides, joints...) et procédures qualités.		
Description	(Non applicable)		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	(Non applicable)		
Efficacité	100%		
Tests	Contrôle de serrage systématique après la mise en service (500heures). Contrôle de serrage systématique à la fin de la première année. Contrôle de serrage échantillonné lors de la maintenance et systématique tous les 5 ans.		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis maintenance annuelle.		

Fonction de sécurité	Prévenir les erreurs de maintenance	N° de la fonction de sécurité	10
Mesures de sécurité	Procédure maintenance.		
Description	Préconisations du manuel de maintenance.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	(Non applicable)		
Efficacité	100%		
Tests	Formation systématique des techniciens. Niveau 7 requis pour être habilité à effectuer la maintenance.		
Maintenance	(Non applicable)		

Fonction de sécurité	Prévenir la dégradation de l'état des équipements	N° de la fonction de sécurité	11
Mesures de sécurité	Inspection + actions de sécurité associées.		
Description	(Non applicable)		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	(Non applicable)		
Efficacité	100%		
Tests	Dégradation de l'état des équipements surveillée à chaque visite machine.		
Maintenance	Lors de chaque visite sur site.		

Fonction de sécurité	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	N° de la fonction de sécurité	12
Mesures de sécurité	Détection et prévention des vents forts et tempêtes + transmission CPU + arrêt automatique et mise en drapeau des pâles progressivement (diminution de la prise au vent).		
Description	Arrêt machine suite à la détection de vitesses de vent excessifs. Surveillance en continu à l'aide de 2 capteurs.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	de 1s à 10min suivant conditions		
Efficacité	100 %.		
Tests	Test des capteurs au moment de la mise en service et à chaque maintenance.		
Maintenance	Annuelle.		

Fonction de sécurité	Actions de prévention mises en œuvre dans le cadre du plan de prévention	N° de la fonction de sécurité	13
Mesures de sécurité	Elaboration du plan de prévention, mise en œuvre des mesures définies		
Description	Plan de prévention fait annuellement incluant une visite commune pour identifier les risques sur site ainsi que les mesures de prévention et d'urgence.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	(Non applicable)		
Efficacité	100%		
Tests	Visite Sécurité 2/an par le constructeur sur site et vérification de l'application des consignes du plan de prévention.		
Maintenance	Annuelle. - ou à chaque opération non-routinière (intervention d'une grue externe par exemple).		

Tableau 15 - Fonctions de sécurité des éoliennes SIEMENS SWT-3.0-113

7.7. Conclusion de l'analyse préliminaire des risques

Identification des scénarios à retenir dans l'analyse détaillée des risques :

L'analyse préliminaire des risques, permet d'identifier huit catégories de scénarios :

- Projection de tout ou une partie de pale ;
- Effondrement de l'éolienne ;
- Chute d'éléments de l'éolienne ;
- Chute de glace ;
- Projection de glace ;
- Incendie de l'éolienne ;
- Incendie du poste de livraison ;
- Infiltration d'huile dans le sol.

A l'issue de l'analyse préliminaire des risques, l'étude de dangers doit préciser quels scénarios sont retenus en vue de l'analyse détaillée des risques. Ne sont retenus que les séquences accidentelles dont l'intensité est telle que l'accident peut avoir des effets significatifs sur la vie humaine.

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

Nom du scénario exclu	Justification
Incendie de l'éolienne (effets thermiques)	En cas d'incendie de nacelle, et en raison de la hauteur des nacelles, les effets thermiques ressentis au sol seront mineurs. Par exemple, dans le cas d'un incendie de nacelle située à 50 mètres de hauteur, la valeur seuil de 3 kW/m ² n'est pas atteinte. Dans le cas d'un incendie au niveau du mât les effets sont également mineurs et l'arrêté du 26 août 2011 encadre déjà largement la sécurité des installations. Ces effets ne sont donc pas étudiés dans l'étude détaillée des risques. Néanmoins, il peut être redouté que des chutes d'éléments (ou des projections) interviennent lors d'un incendie. Ces effets sont étudiés avec les projections et les chutes d'éléments.
Incendie du poste de livraison ou du transformateur	En cas d'incendie de ces éléments, les effets ressentis à l'extérieur des bâtiments (poste de livraison) seront mineurs ou inexistant du fait notamment de la structure en béton. De plus, la réglementation encadre déjà largement la sécurité de ces installations (l'arrêté du 26 août 2011 [9] et impose le respect des normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200)
Infiltration d'huile dans le sol	En cas d'infiltration d'huiles dans le sol, les volumes de substances libérées dans le sol restent mineurs et ne sont pas de nature à créer un danger pour l'homme. Les risques d'atteinte au milieu naturel sont limités et sont abordés dans l'étude d'impact.

Conclusion :

A l'issue de l'analyse préliminaire des risques, cinq catégories de scénarios sont à étudier dans l'étude détaillée des risques :

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

Rappelons cependant que l'analyse de l'accidentologie a montré que ces accidents n'avaient encore jamais entraîné de décès dans le monde (sur la base des données disponibles).

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

8. Etude détaillée des risques

L'étude détaillée des risques vise à caractériser les scénarios sélectionnés à l'issue de l'analyse préliminaire des risques en termes de probabilité, cinétique, intensité et gravité. Son objectif est donc de préciser le risque généré par l'installation et d'évaluer les mesures de maîtrise des risques mises en œuvre. L'étude détaillée permet de vérifier l'acceptabilité des risques potentiels générés par l'installation. La méthode utilisée se base sur celle proposée par l'INERIS dans le guide de l'étude de dangers éolienne, dans sa version définitive de mai 2012 [19].

8.1. Rappel des définitions

Réglementation :

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

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

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

Cette circulaire précise en son point 1.2.2 qu'à l'exception de certains explosifs pour lesquels les effets de projection présentent un comportement caractéristique à faible distance, les projections et chutes liées à des ruptures ou fragmentations ne sont pas modélisées en intensité et gravité dans les études de dangers. Force est néanmoins de constater que ce sont les seuls phénomènes dangereux susceptibles de se produire sur des éoliennes.

Afin de pouvoir présenter des éléments au sein de cette étude de dangers, il est proposé de recourir à la méthode ad hoc préconisée par le guide technique national relatif à l'étude des dangers dans le cadre d'un parc éolien dans sa version définitive de mai 2012 [19]. 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.

Dans le cas des scénarios d'effondrement, de projection ou de chute d'objets retenus pour l'étude, un accident majeur correspond à l'atteinte d'une cible.

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 « 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. La cinétique est rapide dans le cas contraire. Dans le cadre de l'étude de danger, il est considéré, de façon conservatoire, que tous les accidents étudiés ont une cinétique rapide. Par conséquent, ce paramètre n'est pas réétudié dans la suite de l'étude pour chacun des phénomènes redoutés étudiés.

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 glace ou de tout ou partie de pale), de chute d'éléments (glace ou tout ou partie de pale) ou d'effondrement de machine.

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

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

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

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

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

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

Tableau 16 - Seuils d'intensité

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

8.1.3. Gravité

Par analogie avec les 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.

La gravité correspond au nombre de personnes potentiellement impactées. Les seuils retenus pour l'étude sont liés au degré d'exposition.¹⁷

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

Tableau 17 - Gravité des conséquences des accidents associés aux phénomènes dangereux

Source : guide de l'étude de dangers éolienne mai 2012

¹⁷ Arrêté du 29 septembre 2005

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 :

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

Tableau 18 - Echelle des probabilités

Dans la présente étude, les probabilités ont été majoritairement calculées à partir d'une approche dite « quantitative » basée sur le guide de l'étude de dangers des parcs éoliens de l'INERIS [19] et s'appuyant sur des fréquences génériques d'événements redoutés centraux (voir l'annexe 2 « Probabilité d'atteinte et risque individuel »). En effet, le retour d'expérience est apparu suffisamment fourni pour permettre l'utilisation de cette méthode. La probabilité de chaque événement accidentel identifié pour une éolienne est donc déterminée en fonction :

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

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

Cependant, on pourra rappeler que la probabilité qu'un accident sur une personne ou un bien se produise est très largement inférieure à la probabilité de départ de l'événement redouté. La probabilité d'accident est en effet le produit de plusieurs probabilités :

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

Où :

- P_{ERC} = probabilité que l'événement redouté central (défaillance) se produise = probabilité de départ
- $P_{\text{orientation}}$ = probabilité que l'éolienne soit orientée de manière à projeter un élément lors d'une défaillance dans la direction d'un point donné (en fonction des conditions de vent notamment)
- P_{rotation} = probabilité que l'éolienne soit en rotation au moment où l'événement redouté se produit (en fonction de la vitesse du vent notamment)
- P_{atteinte} = probabilité d'atteinte d'un point donné autour de l'éolienne (sachant que l'éolienne est orientée de manière à projeter un élément en direction de ce point et qu'elle est en rotation)
- $P_{\text{présence}}$ = probabilité de présence d'un enjeu donné au point d'impact sachant que l'élément est projeté en ce point donné

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

8.1.5. Grille de criticité

La circulaire du 10 mai 2010 propose une grille de criticité qui permet la justification par l'exploitant des mesures de maîtrise du risque en termes de couple probabilité-gravité des conséquences sur les personnes physiques correspondant aux intérêts visés par l'article L.511-1 du code de l'Environnement. Cette grille est utilisée pour tout type d'étude de dangers et pour des activités très différentes (carrières, site nucléaire, pétrochimie...). Elle est adaptée aux activités de type industriel mais n'est pas nécessairement un outil idéal pour l'évaluation des risques pour des installations éoliennes. Cette grille est présentée ci-dessous :

Gravité/Probabilité	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux					
Modéré					

Tableau 19 - Grille de criticité

Source : Circulaire du 10/05/10 sur la méthodologie applicable aux études de dangers

Elle définit deux types de zones :

- **Zone en rouge « NON » : zone de risque élevé** ⇔ accidents « **inacceptables** » susceptibles d'engendrer des dommages sévères à l'intérieur et hors des limites du site ; dans ce cas l'exploitant doit mettre en place des mesures de réduction des risques.
- **Zone en vert : zone de risque moindre** ⇔ accidents qui ne nécessitent pas de mesures de réduction du risque supplémentaires.

Dans le guide de l'étude de dangers de mai 2012 [19], l'INERIS propose une grille légèrement adaptée. Dans cette grille (cf. ci-dessous), les cases en jaune correspondent comme les cases en vert à des risques faibles. Cependant, des mesures de sécurité ont été mises en place dans ces cas là. Ces mesures ont été présentées au paragraphe 7.6 Mise en place des mesures de sécurité.

Gravité/Probabilité	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux					
Modéré					

Légende de la matrice :

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

Tableau 20 - Grille de criticité adaptée par l'INERIS

Source : guide de l'étude de dangers éolienne mai 2012

Le positionnement des phénomènes dangereux identifiés et des accidents correspondants dans cette grille de criticité permet de les hiérarchiser et d'identifier les **accidents majeurs**.

8.2. Caractérisation des scénarios retenus

8.2.1. Effondrement de l'éolienne

8.2.1.1. Zone d'effet

La zone d'effet de l'effondrement d'une éolienne correspond à une surface circulaire de rayon égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale, soit 156 m dans le cas des éoliennes du parc éolien du Plateau de Pardines. 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.

La zone d'effet est un cercle de **156 m** de rayon. Les enjeux concernés sont les suivants:

- Personnes non abritées (promeneurs, cyclistes, agriculteurs) présentes dans un rayon de 156 m des éoliennes (toutes les éoliennes).
- Véhicules susceptibles d'emprunter les petites routes et chemins d'exploitation du périmètre d'étude (toutes les éoliennes).

8.2.1.2. Intensité

Pour le phénomène d'effondrement de l'éolienne, le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface d'impact et la superficie de la zone d'effet du phénomène.

La zone d'impact correspondra à la surface totale de l'éolienne couchée au sol, soit la surface du mât et surface des 3 pales.

La surface du mât est considérée égale à un rectangle dont la hauteur est celle du mât (H), et la largeur celle de la base du mât (L) (en réalité le mât est conique et la largeur diminue depuis la base vers le sommet).

La pale est assimilée à un triangle dont la longueur est celle de la pale (R) et dont la base correspond à la largeur maximale de la pale (LB).

Dans le cas du parc éolien du Plateau de Pardines :

- R (rayon du rotor) = 57 m
- H (hauteur du moyeu) = 100 m
- L (largeur de la base du mât) = 4,22 m
- LB (largeur maximale de la pale) = 4,20m.

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne)			
Zone d'impact en m ² (Zi)	Zone d'effet du phénomène étudié en m ² (Ze)	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$(H) \times L + 3 \times R \times LB/2$ La zone d'impact est de 781 m ²	$=\pi \times (H+R)^2$ La zone d'effet est de 77437m ²	$Zi/Ze = 1,01\%$ ($1\% \leq x < 5\%$)	exposition forte

Tableau 21 - Intensité du scénario d'effondrement

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

8.2.1.3. Gravité

Pour une exposition forte, et selon les 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 d'effondrement, dans le rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne :

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

Tableau 22 - Gravité des conséquences en cas d'effondrement de l'éolienne

La détermination du nombre de personnes (enjeu humain en *epp* : équivalent personnes permanentes) exposées dans chacune des zones d'effet est basée sur la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de danger (fiche n°1 de la circulaire en annexe 3). Ont été distingués (dans un périmètre de 156 m autour des éoliennes):

- Les terrains non aménagés, hypothèse : 1 personne permanente pour 100 ha.
- Les voies à faible circulation et chemins d'exploitation (largeur: 6 m) : hypothèse : 1 personne permanente pour 10 ha.
- Les chemins de randonnée (piétonne et VTT) : hypothèse : 2 personnes permanentes par km (pour une fréquentation inférieure à 100 personnes par jour).

Pour chaque éolienne, par application des hypothèses de comptage ci-dessus et par analogie avec les niveaux de gravité retenus dans l'annexe III de l'arrêté du 29 septembre 2005, la détermination du niveau de gravité de l'évènement « effondrement » est le suivant :

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon de 156 m)									
Eolienne	(enjeu : personnes non abritées)				(enjeu: véhicules)			Total epp	Gravité
	Terrains non aménagés		Chemins de randonnée / VTT		Voies peu fréquentées				
	(ha)	epp	L (m)	epp	L (m)	(ha)	epp		
E1	7.6	0.08	300	0.60	430	0.3	0.03	0.70	Sérieux
E2	7.6	0.08	320	0.64	320	0.2	0.02	0.74	Sérieux
E3	7.6	0.08	410	0.82	870	0.5	0.05	0.95	Sérieux
E4	7.6	0.08	240	0.48	490	0.3	0.03	0.59	Sérieux

epp : équivalent personnes permanentes

Tableau 23 - Niveaux de gravité de l'évènement « effondrement »

8.2.1.4. Probabilité

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

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

Tableau 24 - Références quant à la probabilité d'effondrement de l'éolienne

Ces valeurs correspondent à une classe de probabilité « C » selon l'arrêté du 29 septembre 2005. Le retour d'expérience français montre également une classe de probabilité « C ». En effet, il a été recensé seulement 7 événements pour 15 667 années d'expérience¹⁸, soit une probabilité de $4,47 \times 10^{-4}$ par éolienne et par an.

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

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

- respect intégral des dispositions de la norme IEC 61 400-1
- contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages

¹⁸ Une année d'expérience correspond à une éolienne observée pendant une année. Ainsi, si on a observé une éolienne pendant 5 ans et une autre pendant 7 ans, on aura au total 12 années d'expérience.

- système de détection des survitesses et un système redondant de freinage
- système de détection des vents forts et un système redondant de freinage et de mise en sécurité des installations – un système adapté est installé en cas de risque cyclonique

On note d'ailleurs, dans le retour d'expérience français, qu'aucun effondrement n'a eu lieu sur les éoliennes mises en service après 2005. De manière générale, le respect des prescriptions de l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation permet de s'assurer que les éoliennes font l'objet de mesures réduisant significativement la probabilité d'effondrement.

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

8.2.1.5. Acceptabilité

Pour conclure à l'acceptabilité du risque lié à l'évènement « **effondrement** », les paramètres de niveau de gravité (sérieux) et de probabilité (D : rare) retenus ont été croisés dans la grille de criticité adaptée de la circulaire du 29 septembre 2005 reprise dans la circulaire du 10 mai 2010. Le risque est jugé « très faible » et de niveau « acceptable » pour toutes les éoliennes.

8.2.2. Chute de glace

8.2.2.1. Généralités

Les périodes de gel et l'humidité de l'air peuvent entraîner, dans des conditions de température et d'humidité de l'air bien particulières, une formation de givre ou de glace sur l'éolienne, ce qui induit des risques potentiels de chute de glace. Lors des périodes de dégel qui suivent les périodes de grand froid, des chutes de glace peuvent se produire depuis la structure de l'éolienne (nacelle, pales). Ce type de chute de glace est similaire à ce qu'on observe sur d'autres bâtiments et infrastructures.

8.2.2.2. Zone d'effet

Le risque de chute de glace est cantonné à la zone de survol des pales, soit un disque de rayon égal à un demi diamètre de rotor autour du mât de l'éolienne. La zone d'effet est un cercle de **57 m** de rayon (zone de survol). Les enjeux concernés sont les suivants:

- Personnes non abritées (promeneurs, cyclistes, agriculteurs) présentes dans un rayon de 57 m des éoliennes (toutes les éoliennes).
- Véhicules susceptibles d'emprunter les petites routes et chemins d'exploitation du périmètre d'étude (éoliennes 1,3, 4 et 5).

8.2.2.3. Intensité

Pour le phénomène de chute de glace, le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface d'un morceau de glace et la superficie de la zone d'effet du phénomène (zone de survol). La surface maximale d'un morceau de glace est estimée à 1m².

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute de glace dans le cas du parc éolien du Plateau de Pardines. Z_I est la zone d'impact, Z_E est la zone d'effet, R est le rayon du rotor ($R= 57$ m), SG est la surface du morceau de glace majorant ($SG= 1$ m²).

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à 57 m = zone de survol)			
Zone d'impact	Zone d'effet du phénomène étudié	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = SG$	$Z_E = \pi \times R^2$	$d = Z_I / Z_E$	exposition modérée
1 m ²	10 207 m ²	0,01% < 1%	

Tableau 25 - Intensité du scénario de chute de glace

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

8.2.2.4. Gravité

Pour une exposition modérée, et selon les définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 8.1.3.), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute de glace, dans le rayon inférieur ou égal au rayon du rotor :

Intensité / Gravité	Exposition modérée
« Désastreux »	Plus de 1000 personnes exposées
« Catastrophique »	Entre 100 et 1000 personnes exposées
« Important »	Entre 10 et 100 personnes exposées
« Sérieux »	Moins de 10 personnes exposées
« Modéré »	Présence humaine exposée inférieure à « une personne »

Tableau 26 - Gravité des conséquences en cas de chute de glace

La détermination du nombre de personnes (enjeu humain en *epp* : équivalent personnes permanentes) exposées dans chacune des zones d'effet est basée sur la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de danger (fiche n°1 de la circulaire en annexe 3). Ont été distingués (dans un périmètre de 57 m autour des éoliennes) :

- Les terrains non aménagés, hypothèse : 1 personne permanente pour 100 ha.
- Les voies à faible circulation et chemins d'exploitation (largeur : 6 m) : hypothèse : 1 personne permanente pour 10 ha.
- Les chemins de randonnée (piétonne et VTT) : hypothèse : 2 personnes permanentes par km (pour une fréquentation inférieure à 100 personnes par jour).

Pour chaque éolienne, par application des hypothèses de comptage ci-dessus et par analogie avec les niveaux de gravité retenus dans l'annexe III de l'arrêté du 29 septembre 2005, la détermination du niveau de gravité de l'évènement « chute de glace » est le suivant :

Chute de glace (dans un rayon de 57 m)									
Eolienne	(enjeu : personnes non abritées)				(enjeu : véhicules)			Total epp	Gravité
	Terrains non aménagés		Chemins de randonnée / VTT		Voies peu fréquentées				
	(ha)	epp	L (m)	epp	L (m)	(ha)	epp		
E1	1.0	0.01	100	0.20	100	0.1	0.01	0.22	Modéré
E2	1.0	0.01	0	0.00	0	0.0	0.00	0.01	Modéré
E3	1.0	0.01	110	0.22	120	0.1	0.01	0.24	Modéré
E4	1.0	0.01	0	0.00	100	0.1	0.01	0.02	Modéré

epp : équivalent personnes permanentes

Tableau 27 - Niveaux de gravité de l'évènement « chute de glace »

8.2.2.5. Probabilité

Le projet européen Wind Energy production in COld climates (WECO)¹⁹, piloté par l'institut météorologique de Finlande, a établi une carte européenne des zones les plus exposées au givre. La région d'Issoire est localisée en zone de risque léger (entre 2 et 7 jours par an). De façon conservatrice, il est considéré que pour chaque jour où les conditions sont réunies pour la formation de glace sur un aérogénérateur, une chute de morceau de glace est possible. Cette hypothèse est simplificatrice dans la mesure où lors de ce type d'épisode, le cas de plusieurs chutes de glace et d'aucune chute de glace peut se présenter. On obtient donc une probabilité de $2 \cdot 10^{-2}$.

La classe de probabilité retenue est maximale, soit une **probabilité de classe « A »**, c'est-à-dire une probabilité supérieure à 10^{-2} .

8.2.2.6. Acceptabilité

Pour conclure à l'acceptabilité du risque lié à l'évènement « chute de glace », les paramètres de niveau de gravité (modéré) et de probabilité (A : courant) retenus ont été croisés dans la grille de criticité adaptée de la circulaire du 29 septembre 2005 reprise dans la circulaire du 10 mai 2010. Le risque est jugé « faible » et de niveau « acceptable » pour toutes les éoliennes.

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

¹⁹ Source : Finnish meteorological institute, http://www.fmi.fi/research_meteorology/meteorology_9.html

8.2.3. Chute d'éléments de l'éolienne

8.2.3.1. Généralités

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.

8.2.3.2. Zone d'effet

Le risque de chute d'éléments est cantonné à la zone de survol des pales, c'est-à-dire une zone d'effet correspondant à un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor (soit 57 m).

La zone d'effet est un cercle de **57 m** de rayon (zone de survol). Les enjeux concernés sont les suivants :

- Personnes non abritées (promeneurs, cyclistes, agriculteurs) présentes dans un rayon de 57 m des éoliennes (toutes les éoliennes).
- Véhicules susceptibles d'emprunter les petites routes et chemins d'exploitation du périmètre d'étude (éoliennes 1,3, 4 et 5).

8.2.3.3. 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).

La zone d'impact Z_i correspondra à la surface d'une pale (événement majorant). La pale est assimilée à un triangle dont la longueur est celle de la pale (R) et dont la base correspond à la largeur maximale de la pale (LB).

Dans le cas du parc éolien du Plateau de Pardines.

- R (longueur de pale, prise de façon majorante comme le rayon du rotor arrondi au mètre supérieur) = 57 m
- LB (largeur maximale de la pale) = 4,20 m.

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à $D/2$ = zone de survol)			
Zone d'impact en m^2	Zone d'effet du phénomène étudié en m^2	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_i = R \cdot LB / 2$	$Z_E = \pi \times R^2$	$d = Z_i / Z_E$	
120 m^2	10 207 m^2	1,2% (1 % < x < 5 %)	exposition forte

Tableau 28 - Intensité du scénario de chute d'éléments

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

8.2.3.4. Gravité

Pour une exposition forte, et selon les définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 8.1.3.), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute de pale, dans le rayon inférieur ou égal au rayon du rotor de l'éolienne :

Gravité \ Intensité	Exposition forte
	« Désastreux »
« Catastrophique »	Entre 10 et 100 personnes exposées
« Important »	Entre 1 et 10 personnes exposées
« Sérieux »	Au plus 1 personne exposée
« Modéré »	Pas de zone de létalité en dehors de l'établissement

Tableau 29 - Gravité des conséquences en cas de chute d'éléments

La détermination du nombre de personnes (enjeu humain en *epp* : équivalent personnes permanentes) exposées dans chacune des zones d'effet est basée sur la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de danger (fiche n°1 de la circulaire en annexe 3). Ont été distingués (dans un périmètre de 57 m autour des éoliennes):

- Les terrains non aménagés, hypothèse : 1 personne permanente pour 100 ha.
- Les voies à faible circulation et chemins d'exploitation (largeur: 6 m) : hypothèse : 1 personne permanente pour 10 ha.
- Les chemins de randonnée (piétonne et VTT) : hypothèse : 2 personnes permanentes par km (pour une fréquentation inférieure à 100 personnes par jour).

Pour chaque éolienne, par application des hypothèses de comptage ci-dessus et par analogie avec les niveaux de gravité retenus dans l'annexe III de l'arrêté du 29 septembre 2005, la détermination du niveau de gravité de l'évènement « chute d'éléments » est le suivant :

Chute d'éléments (dans un rayon de 57 m)									
Eolienne	(enjeu : personnes non abritées)				(enjeu: véhicules)			Total epp	Gravité
	Terrains non aménagés		Chemins de randonnée / VTT		Voies peu fréquentées				
	(ha)	epp	L (m)	epp	L (m)	(ha)	epp		
E1	1.0	0.01	100	0.20	100	0.1	0.01	0.22	Sérieux
E2	1.0	0.01	0	0.00	0	0.0	0.00	0.01	Sérieux
E3	1.0	0.01	110	0.22	120	0.1	0.01	0.24	Sérieux
E4	1.0	0.01	0	0.00	100	0.1	0.01	0.02	Sérieux

epp : équivalent personnes permanentes

Tableau 30 - Niveaux de gravité de l'évènement « chute d'éléments »

8.2.3.5. Probabilité

Peu d'éléments sont disponibles dans la littérature pour évaluer la fréquence des événements de chute de pales ou d'éléments d'éoliennes. Le retour d'expérience connu en France montre que ces événements ont une classe de probabilité « C » (2 chutes et 5 incendies pour 15 667 années d'expérience, soit 4.47×10^{-4} événement par éolienne et par an).

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

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

8.2.3.6. Acceptabilité

Pour conclure à l'acceptabilité du risque lié à l'évènement « chute d'éléments », les paramètres de niveau de gravité (sérieux) et de probabilité (C : improbable) retenus ont été croisés dans la grille de criticité adaptée de la circulaire du 29 septembre 2005 reprise dans la circulaire du 10 mai 2010. Le risque est jugé « faible » et de niveau « acceptable » pour toutes les éoliennes.

8.2.4. Projection de pales ou de fragments de pales

8.2.4.1. Zone d'effet

Dans l'accidentologie française rappelée en annexe 4, 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].

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

La zone d'effet retenue est donc un cercle de **500 m** de rayon (correspondant au périmètre de l'étude de dangers). Les enjeux concernés sont les suivants:

- Personnes non abritées (promeneurs, cyclistes, agriculteurs) présentes dans un rayon de 500 m des éoliennes (toutes les éoliennes).
- Véhicules susceptibles d'emprunter les petites routes et chemins d'exploitation du périmètre d'étude (toutes les éoliennes).

8.2.4.2. 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 ($RC=500$ m). Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du parc éolien du Plateau de Pardines. d est le degré d'exposition, Z_I la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, R la longueur de pale (prise de façon majorante comme le rayon du rotor, arrondi au mètre supérieur : $R= 57$ m) et LB la largeur de la base de la pale ($LB= 4,20$ m).

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)			
Zone d'impact	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I=R*LB/2$	$Z_E= \pi \times RC^2$	$d=Z_I/Z_E$	
120 m ²	785398	0,02% (< 1 %)	Exposition modérée

Tableau 31 - Intensité des scénarios de projection de pale

8.2.4.3. Gravité

Pour une exposition modérée, et selon les 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 projection d'éléments, dans un rayon de 500 m :

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

Tableau 32 - Gravité des conséquences en cas de projection d'éléments

La détermination du nombre de personnes (enjeu humain en *epp* : équivalent personnes permanentes) exposées dans chacune des zones d'effet est basée sur la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de danger (fiche n°1 de la circulaire en annexe 3). Ont été distingués (dans un périmètre de 500 m autour des éoliennes):

- Les terrains non aménagés, hypothèse : 1 personne permanente pour 100 ha.
- Les terrains aménagés potentiellement fréquentés (l'aire de pique-nique) avec l'hypothèse ici conservatoire de 10 personne permanente par ha.
- Les voies à faible circulation et chemins d'exploitation (largeur: 6 m) : hypothèse : 1 personne permanente pour 10 ha.
- Les chemins de randonnée (piétonne et VTT) : hypothèse : 2 personnes permanentes par km (pour une fréquentation inférieure à 100 personnes par jour).

Pour chaque éolienne, par application des hypothèses de comptage ci-dessus et par analogie avec les niveaux de gravité retenus dans l'annexe III de l'arrêté du 29 septembre 2005, la détermination du niveau de gravité de l'évènement « projection d'éléments » est le suivant :

Projection de pale ou de fragment de pale (dans un rayon de 500 m)											
Eolienne	(Enjeu : personnes non abritées)						(Enjeu: véhicules)			Total epp	Niveau de gravité
	Terrains non aménagés		Terrains aménagés potentiellement fréquentés		Chemins de randonnée / VTT (<100/jour)		Voies peu fréquentées				
	(ha)	epp	(ha)	epp	L (m)	epp	L (m)	(ha)	epp		
E1	78.5	0.79	0.57	5.70	2350	4.70	4200	2.5	0.25	11.4	Important
E2	78.5	0.79	0.00	0.00	2700	5.40	4100	2.5	0.25	6.4	Sérieux
E3	78.5	0.79	0.00	0.00	2270	4.54	3800	2.3	0.23	5.6	Sérieux
E4	78.5	0.79	0.00	0.00	940	1.88	4700	2.8	0.28	2.9	Sérieux

Tableau 33 - Niveaux de gravité de l'évènement « projection d'éléments »

8.2.4.4. Probabilité

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

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

Tableau 34 - Références pour l'évaluation d'une projection de pale ou de fragment

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* ».

8.2.4.5. Acceptabilité

Pour conclure à l'acceptabilité du risque lié à l'évènement « projection d'élément », les paramètres de niveau de gravité (important pour l'éolienne 1 et sérieux pour les autres éoliennes) et de probabilité (D : rare) retenus ont été croisés dans la grille de criticité adaptée de la circulaire du 29 septembre 2005 reprise dans la circulaire du 10 mai 2010. Le risque est jugé « faible » pour l'éolienne 1 et « très faible » pour les autres éoliennes et de niveau « acceptable » pour toutes les éoliennes.

8.2.5. Projection de glace

8.2.5.1. Zone d'effet

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

En ce qui concerne la distance maximale atteinte par ce type de projectiles, il n'existe pas d'information dans l'accidentologie. Plusieurs études ont été menées afin d'étudier ce phénomène de givrage. La projection de glace a fait l'objet de développement de plusieurs modèles théoriques et de collecte de données expérimentales.

L'étude WECO²⁰ recommande, au regard des modèles théoriques développés et des données expérimentales recueillies, de maintenir une distance de sécurité entre l'éolienne et les cibles fonction de la hauteur et du diamètre de l'éolienne, dans les cas où le nombre de jours de glace est important et où l'éolienne n'est pas équipée de système d'arrêt en cas de givre ou de glace :

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

Pour les éoliennes du parc éolien du Plateau de Pardines, l'utilisation de cette formule pour le calcul de la distance d'effet pour les projections de glace donne une distance d'effet de **320 m**.

Les enjeux concernés sont les suivants:

- Personnes non abritées (promeneurs, cyclistes, agriculteurs ou exploitants forestiers) présentes dans un rayon de 320 m des éoliennes (toutes les éoliennes).

En effet, il a été observé dans la littérature disponible qu'en cas de projection, les morceaux de glace se cassent en petits fragments dès qu'ils se détachent de la pale. La possibilité de l'impact de glace sur des personnes abritées par un bâtiment ou un véhicule est donc négligeable et ces personnes ne doivent pas être comptabilisées (source : guide de l'étude de dangers éolienne, INERIS [19])

8.2.5.2. Intensité

Pour le phénomène de projection de glace, le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface d'un morceau de glace (cas majorant de 1 m²) et la superficie de la zone d'effet du phénomène (de rayon Re=320 m). Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de glace dans le cas du parc éolien du Plateau de Pardines..

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de 320 m autour de l'éolienne)			
<i>Zone d'impact</i>	<i>Zone d'effet du phénomène étudié en m²</i>	<i>Degré d'exposition du phénomène étudié en %</i>	<i>Intensité</i>
1 m ²	$Z_E = \pi \times Re^2$ 321 700	$d = 1/Z_E$ 0,0003% (< 1 %)	Exposition modérée

Tableau 35 - Intensité du scénario de projection de glace

²⁰ Source : Finnish meteorological institute, http://www.fmi.fi/research_meteorology/meteorology_9.html

8.2.5.3. Gravité

Pour une exposition modérée, et selon les 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 projection de glace, dans un rayon de 320 m :

Intensité / Gravité	Exposition modérée
« Désastreux »	Plus de 1000 personnes exposées
« Catastrophique »	Entre 100 et 1000 personnes exposées
« Important »	Entre 10 et 100 personnes exposées
« Sérieux »	Moins de 10 personnes exposées
« Modéré »	Présence humaine exposée inférieure à « une personne »

Tableau 36 - Gravité des conséquences en cas de projection de glace

La détermination du nombre de personnes (enjeu humain en *epp* : équivalent personnes permanentes) exposées dans chacune des zones d'effet est basée sur la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de danger (fiche n°1 de la circulaire en annexe 3). Ont été distingués (dans un périmètre de 320 m autour des éoliennes):

- Les terrains non aménagés, hypothèse: 1 personne permanente pour 100 ha.
- Les terrains aménagés potentiellement fréquentés (l'aire de pique-nique) avec l'hypothèse ici conservatoire de 10 personne permanente par ha.
- Les chemins de randonnée (piétonne et VTT): hypothèse: 2 personnes permanentes par km (pour une fréquentation inférieure à 100 personnes par jour).

Pour chaque éolienne, par application des hypothèses de comptage ci-dessus et par analogie avec les niveaux de gravité retenus dans l'annexe III de l'arrêté du 29 septembre 2005, la détermination du niveau de gravité de l'évènement « projection de glace » est le suivant :

Projection de glace (dans un rayon de 320 m)								
(enjeu : personnes non abritées)								
Eolienne	Terrains non aménagés		Terrains aménagés potentiellement fréquentés		Chemins de randonnée / VTT (<100/jour)		Total epp	Niveau de gravité
	(ha)	epp	(ha)	epp	L (m)	epp		
E1	32.2	0.32	0.46	4.60	1300	2.60	7.5	Sérieux
E2	32.2	0.32	0.00	0.00	1100	2.20	2.5	Sérieux
E3	32.2	0.32	0.00	0.00	1200	2.40	2.7	Sérieux
E4	32.2	0.32	0.00	0.00	630	1.26	1.6	Sérieux

epp : équivalent personnes permanentes

Tableau 37 - Niveaux de gravité de l'évènement « projection de glace »

Rappel : Les enjeux concernés sont les personnes non abritées (promeneurs, cyclistes, agriculteurs). En effet, il a été observé dans la littérature disponible qu'en cas de projection, les morceaux de glace se cassent en petits fragments dès qu'ils se détachent de la pale. La possibilité de l'impact de glace sur des personnes abritées par un bâtiment ou un véhicule est donc négligeable et ces personnes ne doivent pas être comptabilisées (source : guide de l'étude de dangers éolienne, INERIS [19])

8.2.5.4. Probabilité

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

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

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

8.2.5.5. Acceptabilité

Pour conclure à l'acceptabilité du risque lié à l'évènement « projection de glace », les paramètres de niveau de gravité (sérieux pour toutes les éoliennes) et de probabilité (B : probable) retenus ont été croisés dans la grille de criticité adaptée de la circulaire du 29 septembre 2005 reprise dans la circulaire du 10 mai 2010. Le risque est jugé « faible » et de niveau « acceptable » pour toutes les éoliennes.

8.3. Synthèse de l'étude détaillée des risques

8.3.1. Tableaux de synthèse des scénarios étudiés

Le tableau ci-dessous récapitule, pour chaque événement retenu, les paramètres de risques : portée, intensité (exposition), probabilité et le niveau de gravité :

Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité d'exposition	Probabilité	Niveau de gravité des conséquences (fonction de l'intensité d'exposition et du nombre de personnes)
Effondrement de l'éolienne	156 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition forte	D rare	Sérieux (pour toutes les éoliennes)
Chute d'éléments de l'éolienne	Zone de survol 57 m	Rapide	Exposition forte	C improbable	Sérieux (pour toutes les éoliennes)
Chute de glace	Zone de survol 57 m	Rapide	Exposition modérée	A Courant	Modéré (pour toutes les éoliennes)
Projection de glace	320 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	B probable	Sérieux pour les éoliennes 1 à 4
Projection d'éléments de pale	500 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	D rare	Important pour l'éolienne 1 Sérieux pour les éoliennes 2 à 4

Tableau 38 - Synthèse de l'étude détaillée des risques

8.3.2. Synthèse de l'acceptabilité des risques

Enfin, la dernière étape de l'étude détaillée des risques consiste à rappeler l'acceptabilité des accidents potentiels pour chacun des phénomènes dangereux étudiés. Pour conclure à l'acceptabilité, la grille de criticité ci-dessous, adaptée de la circulaire du 29 septembre 2005 reprise dans la circulaire du 10 mai 2010 sera utilisée :

La grille de criticité permet de croiser les probabilités de survenue d'un accident (en colonne) avec la gravité potentielle de ces accidents (en ligne). La zone rouge de cette matrice correspond à des accidents non acceptables, pour lesquels des mesures de réduction des risques doivent être mises en œuvre. Dans les zones verte et jaune, aucune mesure de réduction des risques n'est nécessaire.

Projet éolien du Plateau de Pardines					
Matrice des risques		D (rare)	C (improbable)	B (probable)	A (courant)
		Niveau de gravité des conséquences	Désastreux		
Catastrophique					
Important	Projection d'éléments (500 m) Eolienne 1				
Sérieux	Effondrement (156 m) Toutes les éoliennes Projection d'éléments (500 m) Les éoliennes 2 à 4		Chute d'éléments (57 m) Toutes les éoliennes	Projection de glace (320 m) Eoliennes 1 à 4	
	Modéré				Chute de glace (57 m) Toutes les éoliennes

Tableau 39 - Grille de criticité

Légende de la matrice:

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

Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée qu'aucun accident n'apparaît dans les cases rouges de la matrice. Certains 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. L'ensemble des accidents retenus présente un risque acceptable (faible à très faible), c'est-à-dire qu'ils ne nécessitent pas de mesures supplémentaires de réduction des risques autres que celles déjà prises.

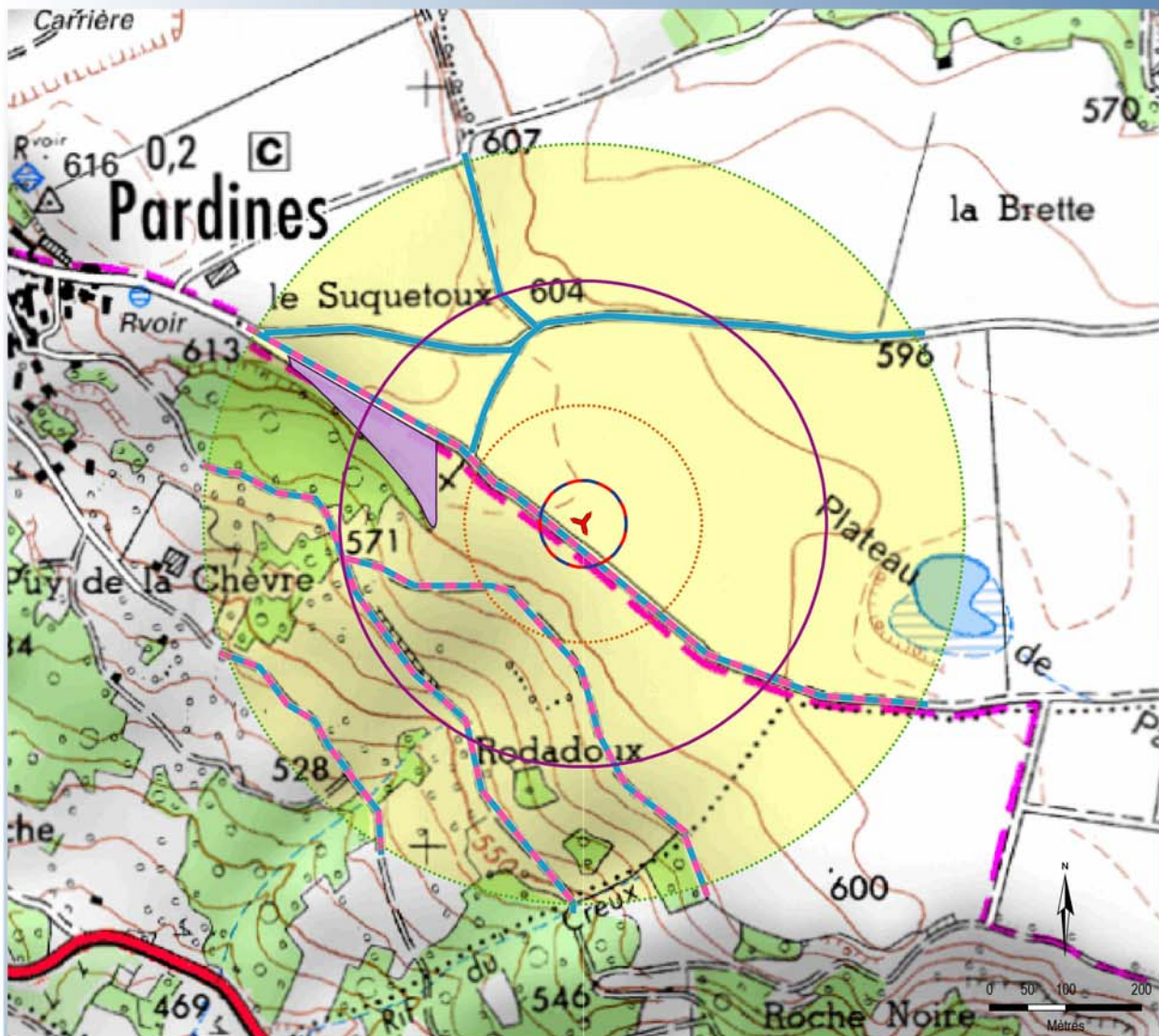
8.3.3. Cartographie des risques

Les cartes de synthèse des risques qui figurent en pages suivantes font apparaître pour chaque éolienne et pour chacun des phénomènes dangereux retenus :

- les **enjeux** étudiés dans l'étude détaillée des risques ;
- Le niveau de **gravité** des conséquences d'un accident, fonction de :
 - o **l'intensité** de l'exposition aux différents phénomènes dangereux dans les zones d'effet de ces phénomènes ;
 - o du **nombre de personnes** permanentes (ou équivalent personnes permanentes) exposées par zone d'effet.
- Le niveau de **risque**, évalué selon la grille de criticité adaptée de la circulaire du 29 septembre 2005

SYNTHESE DES RISQUES : EOLIENNE 1

Etude de dangers - Projet éolien du Plateau de Pardines



	Niveau de gravité IMPORTANT	Niveau de gravité SERIEUX	Niveau de gravité MODERE
Risque FAIBLE	Projection d'éléments (500m)	Chute d'éléments (57m) Projection de glace (320m)	Chute de glace (57m)
Risque TRES FAIBLE		Effondrement de l'éolienne (156m)	

Enjeux

- Terrains agricoles, forestiers ou non aménagés
- Terrain aménagé (aire de pique-nique)
- Route communale ou chemin d'exploitation
- Sentier de randonnée

⚡ Eolienne

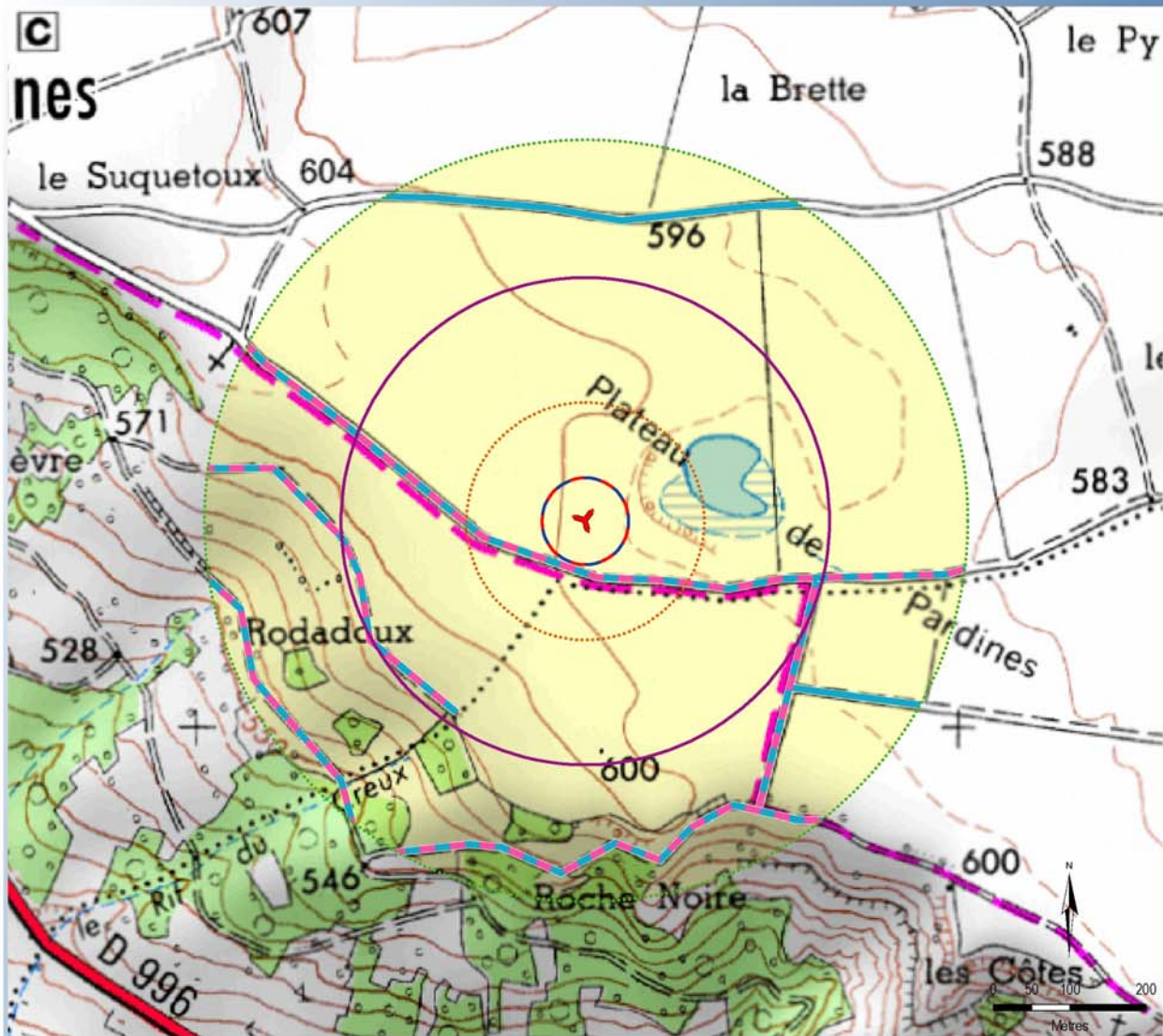


Sources : ETD, Scan25 ©IGN, 2013.

Carte 17 - Carte de synthèse des risques : éolienne E1

SYNTHESE DES RISQUES : EOLIENNE 2

Etude de dangers - Projet éolien du Plateau de Pardines



Eolienne

Enjeux

- Terrains agricoles, forestiers ou non aménagés
- Route communale ou chemin d'exploitation
- Sentier de randonnée

	Niveau de gravité SERIEUX	Niveau de gravité MODERE
Risque FAIBLE	Chute d'éléments (57m) Projection de glace (320m)	Chute de glace (57m)
Risque TRES FAIBLE	Effondrement de l'éolienne (156m) Projection d'éléments (500m)	

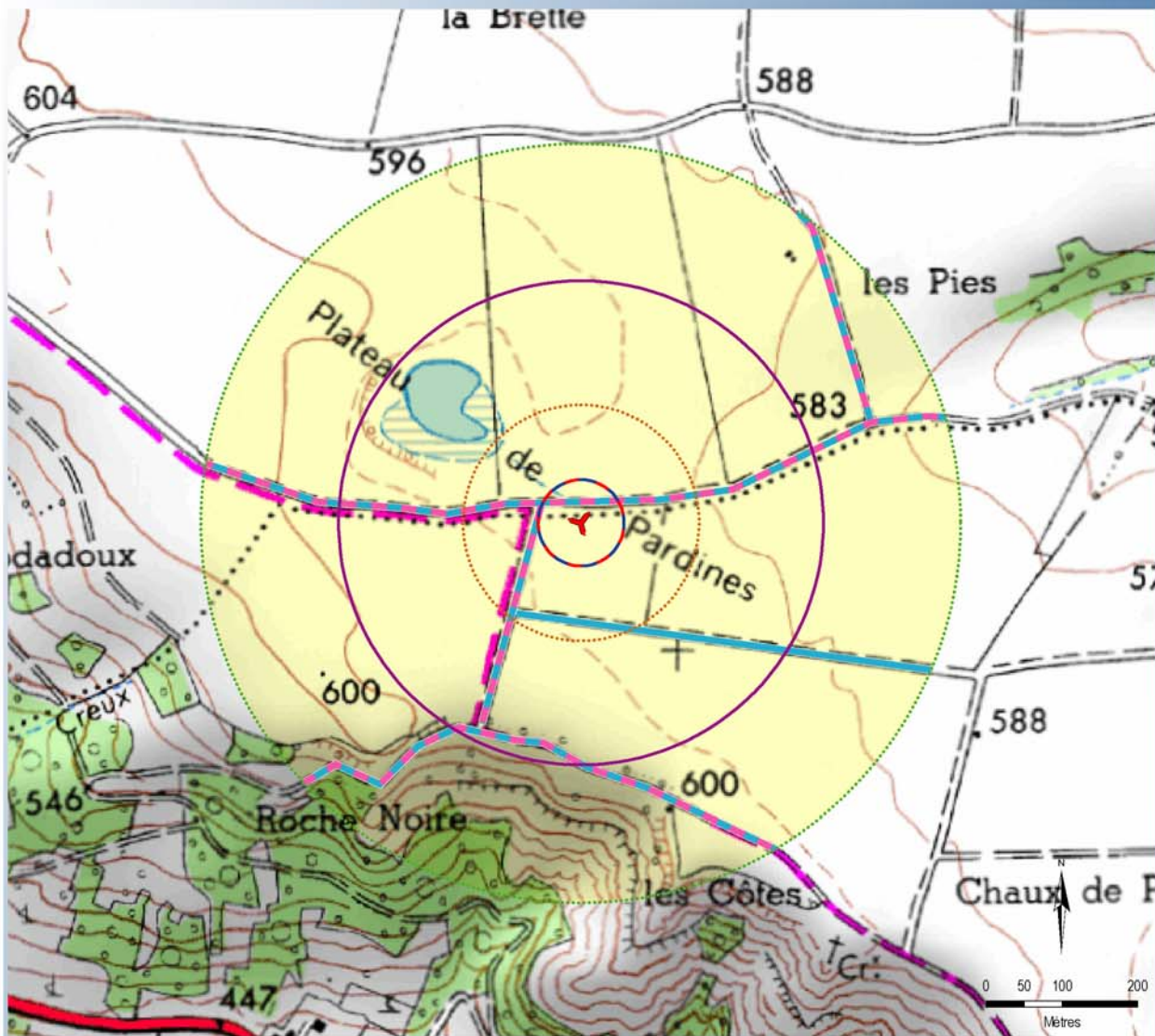
Sources : ETD, Scan25 ©IGN, 2013.



Carte 18 - Carte de synthèse des risques : éolienne E2




SYNTHESE DES RISQUES : EOLIENNE 3






Etude de dangers - Projet éolien du Plateau de Pardines



 Eolienne

Enjeux

-  Terrains agricoles, forestiers ou non aménagés
-  Route communale ou chemin d'exploitation
-  Sentier de randonnée

	Niveau de gravité SERIEUX	Niveau de gravité MODERE
Risque FAIBLE	 Chute d'éléments (57m)  Projection de glace (320m)	 Chute de glace (57m)
Risque TRES FAIBLE	 Effondrement de l'éolienne (156m)  Projection d'éléments (500m)	

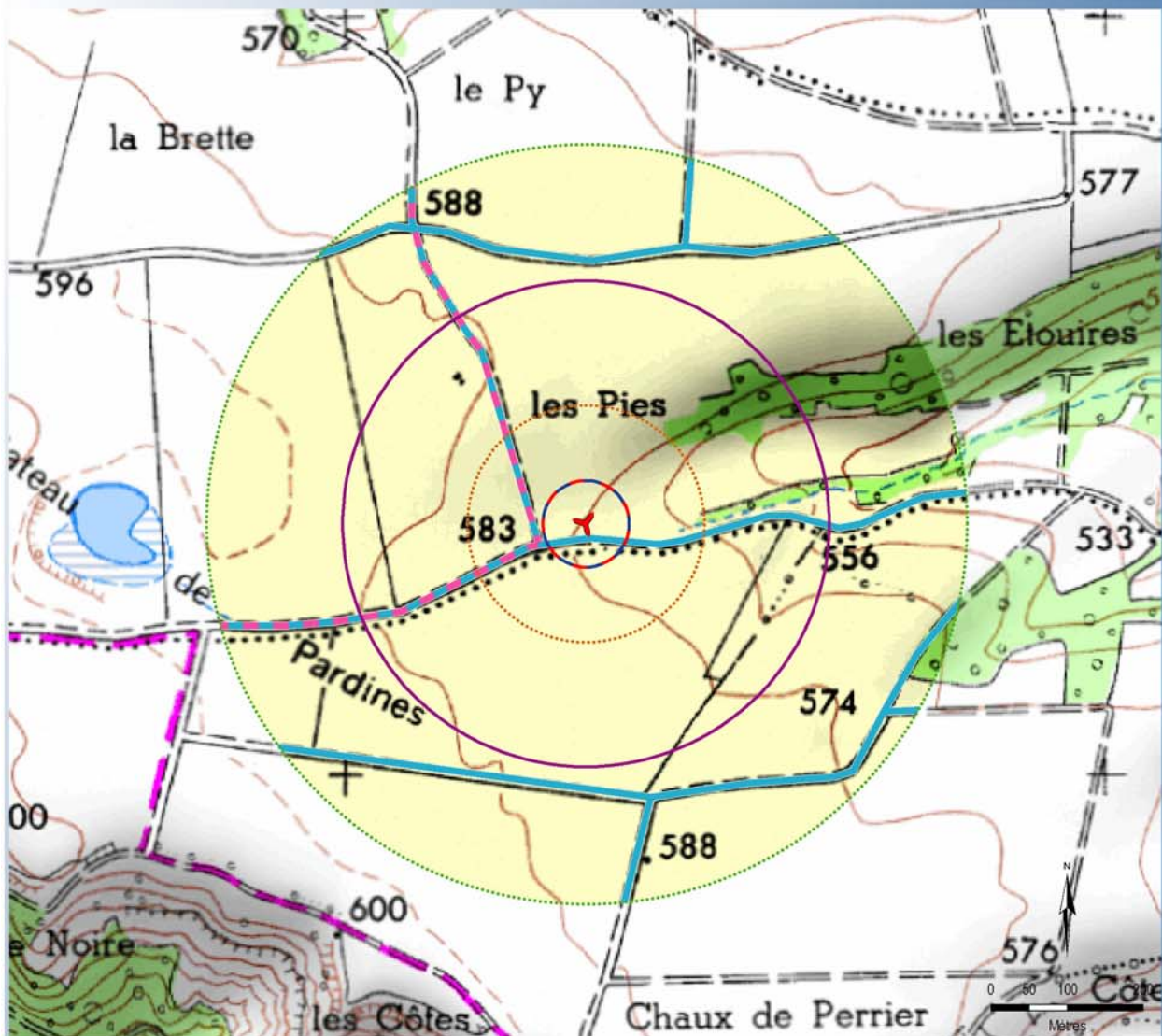
Sources : ETD, Scan25 ©IGN, 2013.



Carte 19 - Carte de synthèse des risques : éolienne E3




SYNTHESE DES RISQUES : EOLIENNE 4






Etude de dangers - Projet éolien du Plateau de Pardines



 Eolienne

Enjeux

-  Terrains agricoles, forestiers ou non aménagés
-  Route communale ou chemin d'exploitation
-  Sentier de randonnée

	Niveau de gravité SERIEUX	Niveau de gravité MODERE
Risque FAIBLE	 Chute d'éléments (57m)  Projection de glace (320m)	 Chute de glace (57m)
Risque TRES FAIBLE	 Effondrement de l'éolienne (156m)  Projection d'éléments (500m)	

Sources : ETD, Scan25 ©IGN, 2013.



Carte 20- Carte de synthèse des risques : éolienne E4

9. Conclusion

La présente étude de dangers du projet éolien du Plateau de Pardines, réalisée dans le cadre réglementaire des projets d'installations classées pour la protection de l'environnement et selon la méthodologie décrite par le « Guide technique pour l'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens »²¹, a retenu les 5 événements suivants susceptibles de générer un risque pour les enjeux humains présents dans le périmètre de l'étude (soit 500 m autour de chaque éolienne) :

- Effondrement de l'éolienne (portée 156 m, rare)
- Chute d'éléments de l'éolienne (portée 57 m, improbable)
- Chute de glace (portée 57 m, courant)
- Projection de glace (portée 320 m, probable)
- Projection d'éléments de pale (portée 500 m, rare)

Les enjeux humains considérés sont ceux liés à la fréquentation des différents périmètres concernés: terrains non aménagés, terrains aménagés potentiellement fréquentés (aire de pique-nique de Pardines), voies à faible circulation, chemins d'exploitation et chemins de randonnée.

Compte tenu de la probabilité des événements retenus et des enjeux humains répertoriés, les risques ont pu être classés de « très faible » à « faible » pour toutes les éoliennes. L'ensemble des risques étudiés se situe dans la zone d'acceptabilité de la grille de criticité applicable, c'est-à-dire qu'ils ne nécessitent pas de mesures supplémentaires de réduction des risques autres que celles déjà prises.

L'ensemble des mesures de prévention et de protection ont été détaillées dans l'étude de dangers. Les principales mesures préventives intégrées aux éoliennes sont :

- des dispositifs de protection contre la foudre ;
- le système de régulation et de freinage par rotation des pales ;
- la détection de givre ;
- les rétentions d'huile sous le multiplicateur et en tête de mât.

Les différents paramètres de fonctionnement et de sécurité sont gérés par un système de contrôle et de commande informatisé.

Par ailleurs, les éoliennes font l'objet d'une maintenance préventive régulière (tous les 3 à 6 mois) et corrective par un personnel compétent et spécialisé. La maintenance porte sur le fonctionnement mécanique et électrique ainsi que l'état des composants et des structures de la machine. Une inspection visuelle de la machine et des pales est réalisée lors des maintenances préventives afin de détecter des éventuelles fissures ou défauts.

Le niveau de prévention et de protection au regard de l'environnement est considéré comme acceptable. En effet, les accidents répertoriés par l'accidentologie ont dès à présent fait l'objet de mesures intégrées dans la structure des éoliennes « nouvelle génération ». Enfin le respect des prescriptions du 26 août 2011 relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation permet de s'assurer que l'ensemble des accidents majeurs identifiés lors de cette étude de dangers constitue un risque acceptable pour les personnes.

²¹ [19] - SER, FEE, INERIS – Mai 2012.

10. Résumé non technique

Note : Le résumé non technique a été renvoyé en début de document.

Bibliographie

- [1] L'évaluation des fréquences et des probabilités à partir des données de retour d'expérience (ref DRA-11-117406-04648A), INERIS, 2011
- [2] NF EN 61400-1 Eoliennes – Partie 1 : Exigences de conception, Juin 2006
- [3] Wind Turbine Accident data to 31 March 2011, Caithness Windfarm Information Forum
- [4] Site Specific Hazard Assessment for a wind farm project – Case study – Germanischer Lloyd, Windtest Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH, 2010/08/24
- [5] Guide for Risk-Based Zoning of wind Turbines, Energy research centre of the Netherlands (ECN), H. Braam, G.J. van Mulekom, R.W. Smit, 2005
- [6] Specification of minimum distances, Dr-ing. Veenker ingenieurgeselschaft, 2004
- [7] Permitting setback requirements for wind turbine in California, California Energy Commission – Public Interest Energy Research Program, 2006
- [8] Oméga 10: Evaluation des barrières techniques de sécurité, INERIS, 2005
- [9] Arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement
- [10] Arrêté du 29 Septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation
- [11] Circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 Juillet 2003
- [12] Bilan des déplacements en Val-de-Marne, édition 2009, Conseil Général du Val-de-Marne
- [13] Arrêté du 29 Septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation
- [14] Alpine test site Gütisch : 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] INERIS, SER, FEE, « Elaboration de l'étude de dangers dans le cadre de parcs éoliens – Guide Technique », mai 2012

Normes, arrêtés et circulaires

- 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
- 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
- Circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, 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
- NF EN 61400-1 Eoliennes – Partie 1 : Exigences de conception, Juin 2006

Annexe 1 : Glossaire

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Attention aux confusions possibles :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
SER : Syndicat des Energies Renouvelables
FEE : France Energie Eolienne (branche éolienne du SER)
INERIS : Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques
EDD : Etude de dangers
APR : Analyse Préliminaire des Risques
ERP : Etablissement Recevant du Public
BRGM : Bureau de recherches géologiques et minières
DDRM : Dossier départemental des risques majeurs
ERC : Evènement redouté central
SCADA : *Supervisory control and data acquisition.*
DGAC : Direction générale de l'aviation civile

Annexe 2 : Probabilité d'atteinte et risque individuel

Le risque individuel encouru par un nouvel arrivant dans la zone d'effet d'un phénomène de projection ou de chute est appréhendé en utilisant la probabilité de l'atteinte par l'élément chutant ou projeté de la zone fréquentée par le nouvel arrivant. Cette probabilité est appelée probabilité d'accident. Cette probabilité d'accident est le produit de plusieurs probabilités :

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

P_{ERC} = probabilité que l'événement redouté central (défaillance) se produise = probabilité de départ;
 $P_{\text{orientation}}$ = probabilité que l'éolienne soit orientée de manière à projeter un élément lors d'une défaillance dans la direction d'un point donné (en fonction des conditions de vent notamment);
 P_{rotation} = probabilité que l'éolienne soit en rotation au moment où l'événement redouté se produit (en fonction de la vitesse du vent notamment);
 P_{atteinte} = probabilité d'atteinte d'un point donné autour de l'éolienne (sachant que l'éolienne est orientée de manière à projeter un élément en direction de ce point et qu'elle est en rotation);
 $P_{\text{présence}}$ = probabilité de présence d'un enjeu donné au point d'impact sachant que l'élément est projeté en ce point donné.

Par souci de simplification, la probabilité d'accident sera calculée en multipliant la borne supérieure de la classe de probabilité de l'événement redouté central par le degré d'exposition. Celui-ci est défini comme le ratio entre la surface de l'objet chutant ou projeté et la zone d'effet du phénomène.

Le tableau ci-dessous récapitule les probabilités d'atteinte en fonction de l'événement redouté central :

Evènement redouté central	Borne supérieure de la classe de probabilité de l'ERC (pour les éoliennes récentes)	Degré d'exposition	Probabilité d'atteinte
Effondrement	10^{-4}	10^{-2}	10^{-6} (E)
Chute de glace	1	$5 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-2}$ (A)
Chute d'éléments	10^{-3}	$1,8 \cdot 10^{-2}$	$1,8 \cdot 10^{-5}$ (D)
Projection de tout ou partie de pale	10^{-4}	10^{-2}	10^{-6} (E)
Projection de morceaux de glace	10^{-2}	$1,8 \cdot 10^{-6}$	$1,8 \cdot 10^{-8}$ (E)

Les seuls ERC pour lesquels la probabilité d'atteinte n'est pas de classe E sont ceux qui concernent les phénomènes de chutes de glace ou d'éléments dont la zone d'effet est limitée à la zone de survol des pales et où des panneaux sont mis en place pour alerter le public de ces risques.

De plus, les zones de survol sont comprises dans l'emprise des baux signés par l'exploitant avec le propriétaire du terrain ou à défaut dans l'emprise des autorisations de survol si la zone de survol s'étend sur plusieurs parcelles. La zone de survol ne peut donc pas faire l'objet de constructions nouvelles pendant l'exploitation de l'éolienne.

Annexe 3 : Méthode de comptage des personnes

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

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

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

Terrains non bâtis

- Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, forêts, friches, marais...) : compter 1 personne par tranche de 100 ha.
- Terrains aménagés mais peu fréquentés (voies de circulation non structurantes, chemins agricoles, plateformes de stockage, vignes, jardins et zones horticoles, gares de triage...) : compter 1 personne par tranche de 10 hectares.
- Terrains aménagés et potentiellement fréquentés ou très fréquentés (parkings, parcs et jardins publics, zones de baignades surveillées, terrains de sport (sans gradin néanmoins...)) : compter la capacité du terrain et a minima 10 personnes à l'hectare.

Voies de circulation

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

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

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

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

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

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

Chemins et voies piétonnes : Les chemins et voies piétonnes ne sont pas à prendre en compte, sauf pour les chemins de randonnée, car les personnes les fréquentant sont généralement déjà comptées comme habitants ou salariés exposés. Pour les chemins de promenade, de randonnée : compter 2 personnes pour 1 km par tranche de 100 promeneurs/jour en moyenne.

Logements

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

Etablissements recevant du public (ERP)

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

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

– compter 10 personnes par magasin de détail de proximité (boulangerie et autre alimentation, presse et coiffeur) ;

– compter 15 personnes pour les tabacs, cafés, restaurants, supérettes et bureaux de poste.

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

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

Zones d'activité

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

Annexe 4 : Accidentologie française

Données de la Base Aria

Au 8 octobre 2013, la base Aria du Bureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industriels recense 15 accidents majeurs en France. Les textes en italique ci-dessous sont issus du rapport de la base Aria.

➤ **Accident N°43228 - 05/11/2012 - FRANCE - 11 - SIGEAN**

Un feu se déclare vers 17 h sur une éolienne de 660 kW au sein d'un parc éolien ; un voisin donne l'alerte à 17h30. Des projections incandescentes enflamment 80 m² de garrigue environnante. Les pompiers éteignent l'incendie vers 21h30. L'exploitant met en place un balisage de sécurité à l'aube le lendemain. A la suite de la chute d'une pale à 15h20, un gardiennage 24 h / 24 est mis en place. Le 08/11, la municipalité interdit par arrêté l'accès au chemin menant à l'éolienne. Le feu s'est déclaré en partie basse de l'éolienne (transformateur ou armoire basse tension). Les flammes ont ensuite atteint la nacelle, sans doute en se propageant le long des câbles électriques (non résistants au feu) à l'intérieur du mât. Un dysfonctionnement du frein de l'éolienne à la suite de la perte des dispositifs de pilotage résultant de l'incendie en pied pourrait avoir agi comme circonstance aggravante. Cet accident met en lumière la nécessaire tenue au feu des câbles, les possibilités de sur accident (propagation de l'incendie à la végétation environnante, chute de pale) et des pistes d'amélioration dans la détection et la localisation des incendies d'éoliennes, ainsi que dans la réduction des délais d'intervention.

Eoliennes concernées : **Vestas V47 660 kW**
 Encore en fabrication : **NON**
 Opération de maintenance en cours : **NON**
 Victimes humaines : **NON**

➤ **Accident N°43120 - 01/11/2012 - FRANCE - 15 - VIEILLESPESE**

Un élément de 400 g constitutif d'une pale d'éolienne est projeté à 70 m du mât, à l'intérieur de la parcelle clôturée du parc de 4 aérogénérateurs de 2,5 MW mis en service en 2011.

Eoliennes concernées : **Nordex N90 2,5 MW**
 Encore en fabrication : **OUI**
 Opération de maintenance en cours : **NON**
 Victimes humaines : **NON**

➤ **Accident N°43110 - 30/05/2012 - FRANCE - 11 - PORT-LA-NOUVELLE**

Un promeneur signale à 7h30 la chute d'une éolienne. Les rafales de vent à 130 km/h observées durant la nuit ont provoqué l'effondrement de la tour en treillis de 30 m de haut. Construit en 1991, l'aérogénérateur de 200 kW faisait partie des premières installations de ce type en France. Il était à l'arrêt pour réparations au moment des faits. Le site, ouvert au public, est sécurisé.

Eoliennes concernées : **Vestas V25 200 kW**
 Encore en fabrication : **NON**
 Opération de maintenance en cours : **NON**
 Victimes humaines : **NON**

➤ **Accident N°42919 - 18/05/2012 - FRANCE - 28 - FRESNAY-L'EVEQUE**

Dans un parc de 26 éoliennes de 2 MW mis en service en 4 ans plus tôt, la détection vers 3 h par le système de supervision d'une oscillation anormale d'un aérogénérateur provoque sa mise à l'arrêt. L'équipe de maintenance d'astreinte constate à 8 h la chute d'une pale (9 t, 46 m) au pied de l'installation et la rupture du roulement qui raccordait la pale au hub. Le pied de mat se situe à 190 m de la D389 et à 400 m de l'A10. L'inspection des installations classées se rend sur place le 23/08. L'analyse des relevés des capteurs et des compte-rendus d'entretien ne révèle aucune anomalie ni signe précurseur (contraintes anormales qui auraient pu endommager le roulement, vibration suspecte avant la rupture, différence d'orientation des pales, défaut d'aspect visuel lors des contrôles...). Des traces de corrosion sont détectées dans les trous d'alésages traversant une des bagues du roulement reliant pale et hub. Selon le fabricant, cette corrosion proviendrait des conditions de production et de stockage des pièces constitutives du roulement. L'installation est remise en service fin octobre après remplacement de la pale endommagée et mise en place de nouveaux roulements possédant une protection contre la corrosion. L'exploitant met en place une détection visuelle de la corrosion dans les alésages, qu'il prévoit de remplacer à terme par un procédé instrumenté conçu spécifiquement.

Eoliennes concernées : **Repower MM92 2 MW**
 Encore en fabrication : **OUI**
 Opération de maintenance en cours : **NON**
 Victimes humaines : **NON**

➤ **Accident N°41628 - 06/02/2012 - FRANCE - 02 - LEHAUCOURT**

Vers 11 h au cours d'une opération de maintenance dans la nacelle d'une éolienne de 100 m de hauteur, un arc électrique (690 V) blesse deux sous-traitants, l'un gravement (brûlures aux mains et au visage) et l'autre légèrement (brûlures aux mains). Les 2 victimes descendent par leurs propres moyens. Les pompiers hospitalisent l'employé le plus gravement atteint et s'assurent qu'il n'y a plus de risque dans la nacelle. Le maire s'est rendu sur place. La gendarmerie et l'inspection du travail effectuent des enquêtes. Les victimes portaient leurs EPI lors des faits. Un accident similaire s'était produit en 2009 (ARIA 35814).

Eoliennes concernées : **Vestas V80 2 MW**
 Encore en fabrication : **OUI**
 Opération de maintenance en cours : **OUI**
 Victimes humaines : **OUI**

➤ **Accident N°41578 - 04/01/2012 - FRANCE - 62 - WIDEHEM**

Alors que le vent souffle en rafales à plus de 100 km/h, les 6 éoliennes d'un parc se mettent en arrêt de sécurité vers 20h50. Sur l'une d'elles, une pale se disloque, percute le mât puis une seconde pale. Des débris sont projetés à 160° jusqu'à 380 m sur 4,3 ha. Des usagers de l'A16 voisine signalent l'accident

à l'aube. Sur place à 8h30, la force publique met en place un périmètre de sécurité. La vitesse sur l'autoroute est localement réduite à 90 km/h. La dépose des pales endommagées débute le 09/01. Les 5,4 t de déchets industriels banals, soit 35 m³, sont éliminées par la filière adaptée.

Un arrêté préfectoral impose le maintien à l'arrêt des installations dans l'attente d'une réparation et d'essais confirmant leur sécurité. Les pertes matérielles sont estimées à 800 kEuros. Le manque à gagner se monte à 20 kEuros par semaine d'arrêt. Juste avant l'accident, une perte d'alimentation sur le réseau 20 kV pendant 300 ms a provoqué l'indisponibilité prolongée du poste source alimentant le site. Cette coupure électrique a déclenché la mise en sécurité passive des éoliennes (ouverture des électrovannes commandant le circuit hydraulique de freinage). Selon l'exploitant, les violentes rafales instantanées (150 km/h) enregistrées le 3/01 ont pu endommager la pale en générant des efforts excédant les valeurs admissibles. Les fortes contraintes mécaniques lors de l'arrêt brutal de la rotation auraient alors déclenché sa dislocation. L'intrados de la pale se serait séparé de l'extrados avant de percuter le mat puis l'autre pale. L'éolienne détruite était également la seule du parc dépourvue de dispositif de ralentissement aérodynamique en bout de pale actionné par la force centrifuge. Elle en sera désormais équipée. Ce système protège mécaniquement les pales en réduisant la vitesse de rotation avant l'activation du frein hydraulique. Suite à l'accident, la vitesse de bridage des éoliennes est par ailleurs temporairement abaissée de 25 à 19 m/s. Ce modèle d'éolienne installé au début des années 2000 est impliqué dans au moins 2 autres accidents (ARIA 29385 et 38999).

Eoliennes concernées : **Jeumont (Françaises)**
 Encore en fabrication : **NON**
 Opération de maintenance en cours : **NON**
 Victimes humaines : **NON**

➤ **Accident N° 39464 – 15/12/2010 à POUILLE-LES-COTEAUX (44)**

« A 10 h, un employé chargé de la maintenance d'une éolienne fait une chute de 3 m à l'intérieur de la nacelle, située à 98 m du sol. Le technicien est gravement blessé au dos mais ne présente ni fracture ni atteinte de la moelle épinière. Une équipe du GRIMP l'évacue par l'extérieur de l'éolienne et le transfère dans un hôpital à Nantes »

Eoliennes concernées : **Enercon E70/2300**
 Encore en fabrication : **OUI**
 Opération de maintenance en cours : **OUI**
 Victimes humaines : **OUI**

➤ **Accident N° 38999 – 19/09/2010 à Rochefort en Valdaire (26).**

Vers 10 h un feu se déclare simultanément sur 2 éoliennes hautes de 45 m et distantes de 3 km. L'une se disloque et projette des débris entraînant 2 incendies de végétation sur 3 500 et 1 500 m². Les pompiers établissent un périmètre de sécurité et éteignent les flammes vers 11 h. Des techniciens de maintenance se rendent sur place. Selon les secours qui ont constaté de forts coups de vent ce jour-là, le dysfonctionnement des freins hydrauliques automatiques sur 2 éoliennes aurait conduit à leur emballement et à l'incendie. Ce dispositif de sécurité a fonctionné correctement sur les 23 autres appareils du parc. La presse rapporte un incident avec projection de débris sur le même site le 22/12/04. Les pompiers font état d'un éloignement important des points d'eau (8km), de l'inadéquation de leurs moyens urbains ne permettant pas l'accès aux principaux éléments situés en hauteur et de la nécessité de procédures et de consignes opérationnelles adaptées à ce type d'installations

Les deux éoliennes se seraient emballées en raison de forts vents et suite à un dysfonctionnement du système de freinage, ce qui aurait entraîné une surchauffe à l'intérieur de la nacelle puis un départ de feu. Cet incident n'a engendré aucun dommage matériel (en dehors des éoliennes) ni humain. Les deux éoliennes endommagées, hautes de 45 mètres et distantes l'une de l'autre d'environ 3 km font partie du parc de Montjoyer-Rochefort équipé

de 23 éoliennes de type J48/750 (Jeumont, 750 kW). Ce parc a été mis en service fin 2004. Un incident similaire s'était déjà produit sur ce parc en décembre 2004 (cf. ci-dessous accident de Montjoyer).

Les éoliennes J48 ont été construites par Jeumont-Framatome (filiale d'AREVA). Il s'agit de machines d'ancienne génération de type *Stall* (freinage par décrochage aérodynamique) de technologie française. La production des J48/750 est aujourd'hui arrêtée.

Eoliennes concernées : **Jeumont (Françaises)**
 Encore en fabrication : **NON**
 Opération de maintenance en cours : **NON**
 Victimes humaines : **NON**

➤ **Accident N°37601 - 30/10/2009 à FREYSSENET (07)**

« Un feu se déclare vers 18h20 au sommet du rotor d'une éolienne de 70 m de haut, mise en service en 2005. Les secours n'engagent pas de moyens d'extinction mais mettent en place un périmètre de sécurité de 250 m et surveillent l'évolution du sinistre. Le matériel, en fibre de carbone et de verre, fond sous l'effet de la chaleur en dégageant de la fumée et en générant des nuisances olfactives perceptibles dans la vallée de l'Ouvèze. Devant le risque de détachement des pales, le lieu est sécurisé et la circulation interrompue sur la route proche pendant une semaine. Le réseau électrique de l'ensemble du parc éolien (5 aérogénérateurs) est coupé, empêchant le fonctionnement des signaux lumineux préventifs pour les aéronefs. Selon l'exploitant, un court-circuit faisant suite à une opération de maintenance serait à l'origine du sinistre. »

Eoliennes concernées : **VESTAS**
 Encore en fabrication : **OUI**
 Opération de maintenance en cours : **OUI**
 Victimes humaines : **NON**

➤ **Accident N°35814 - 26/01/2009 à CLASTRES (02)**

« Deux techniciens sont électrisés vers 19 h lors de la maintenance de compteurs électriques implantés au 1er niveau d'une éolienne. Gravement brûlés au 3ème degré et sur plus de 50 % du corps, ils sont transportés à l'hôpital en ambulance escortée par la gendarmerie, l'hélicoptère des secours ne pouvant décoller en raison des conditions météorologiques. Les 2 employés portaient leur harnais de sécurité et les compteurs étaient accessibles par un escalier extérieur. Une enquête est effectuée pour déterminer les conditions de l'accident. »

Eoliennes concernées : **NEG MICON**
 Encore en fabrication : **OUI**
 Opération de maintenance en cours : **OUI**
 Victimes humaines : **OUI**

➤ **Accident N°34340 - 10/03/2008 à DINEAULT (29)**

« L'une des 4 éoliennes installées depuis les années 2000 sur les hauteurs de Dinéault devient incontrôlable. Des coupures de courant dues à des vents de tempête soufflant à plus 100 km/h ont effectivement endommagé le dispositif d'arrêt automatique des pales prévu en cas de vents trop violents. Un bruit assourdissant est relevé, mais toute intervention humaine se révèle trop risquée tant que la tempête ne s'est pas calmée. En accord avec les services préfectoraux et la gendarmerie, la municipalité prend un arrêté pour établir un large périmètre de sécurité autour de l'installation et

interdire les accès piéton et la circulation, aucune habitation n'étant implantée à proximité immédiate de ce site de production d'électricité. Chaque pale mesure 12,50 m, le risque redouté étant que l'une d'entre elles se détache et soit projetée au loin sous les bourrasques de vent. L'une de ces pales avait d'ailleurs commencé à se plier, risquant de froter contre le mât. »

Eoliennes concernées : **WINDMASTER** (28 m de diamètre)
Opération de maintenance en cours : **NON**
Victimes humaines : **NON**

➤ **Accident N°29385 - 22/12/2004 à MONTJOYER (26)**

« A la suite d'un dysfonctionnement du dispositif de freinage d'une éolienne, de la fumée et un bruit inhabituel sont perceptibles. Les pompiers envoient 2 fourgons pompes sur les lieux et installent un périmètre de sécurité. Ils constatent que les 3 pâles de l'éolienne se sont brisées, 2 sont tombées au sol désintégrées et la 3ème qui est cassée pend. La mise en sécurité est effective après l'arrêt de toutes les éoliennes par l'exploitant ; il n'y a aucune victime sur les lieux. En matière de sécurité une règle locale prévoit de respecter une distance de sécurité entre les voies de circulation et les installations d'éoliennes. Chaque éolienne développe 750 kW et est connectée au réseau 20 000 V. »
Ce parc de Montjoyer-Rochefort est équipé de 23 éoliennes de type J48/750 (cf. ci-dessus).

Eoliennes concernées : **Jeumont (Françaises)**
Encore en fabrication : **NON**
Opération de maintenance en cours : **NON**
Victimes humaines : **NON**

➤ **Accident N°29388 - 20/03/2004 à DUNKERQUE (59)**

« Le vent abat une des 9 éoliennes en service. »

Ce 20 mars, la vitesse du vent est de 20 m/s, avec des rafales à 30 m/s. Les éoliennes de la digue du Braek sont arrêtées et les pales mises en drapeau, conformément aux règles techniques. L'éolienne n°5 s'effondre vers 17h, sans créer de victimes. Ce sont les fondations qui ont lâché. Dans les jours qui suivent, les 8 autres éoliennes du parc sont démontées. Après enquête, il s'avère que la fragilisation est due à une erreur de calcul d'un facteur 10 dans le dimensionnement des fondations

Eoliennes concernées : **GE WINDENERGY**
Encore en fabrication : **NON**
Opération de maintenance en cours : **NON**
Victimes humaines : **NON**



➤ **Accident N°26119 - 01/01/2004 au PORTEL (62)**

« Une éolienne, parmi les 4 aérogénératrices hautes de 60 m de la ferme éolienne du Portel inaugurée en mai 2002, se brise durant la nuit en entraînant la chute de sa génératrice et des pales du rotor. » Les aérogénératrices représentent en tout une puissance de 3 mégawatts. « Les 3 hélices de 25 m sont retrouvées sur la plage. Un défaut de serrage des boulons servant à relier 2 tronçons du mât (défaillance d'entretien) est sans doute à l'origine de l'incident. Selon le concepteur et gérant de cette ferme éolienne, le montant des dommages s'élèverait à plus de 450 000 euros. » D'après l'exploitant, les éoliennes concernées étaient équipées de pales ATV de conception française (fabrication abandonnée), dont le système de fixation au rotor s'est avéré défectueux.

<p>Eoliennes concernées : LAGERWEY mais pales françaises Encore en fabrication : NON Opération de maintenance en cours : NON Victimes humaines : NON</p>

➤ **Accident N°24274 - 19/03/2003 à CAMBAYRAC (46)**

« Un incendie se déclare dans le bâtiment de 1 200 m² d'une entreprise de fabrication de pales d'éoliennes. Les produits chimiques et résines présents attisent le sinistre que 45 pompiers maîtrisent en 2 h. Les outils et moules de fabrication sont détruits. »

<p>Victimes humaines : NON</p>

Autres accidents recensés

D'autres incidents, certains plus récents, ne sont pas recensés dans la base Aria. Le Syndicat des énergies renouvelables a recensé 32 accidents sur l'ensemble des parcs éoliens français depuis le début des années 2000. Dans le cadre de ce recensement, il n'a pas été réalisé d'enquête exhaustive directe auprès des exploitants de parcs éoliens français. Cette démarche pourrait augmenter le nombre d'incidents recensés notamment pour les incidents les moins graves.

Dans l'état actuel, la base de données du groupe de travail réuni par le SER-FEE apparaît comme représentative des incidents majeurs ayant affecté le parc éolien français depuis l'année 2000. L'ensemble de ces sources permet d'arriver à un inventaire aussi complet que possible des incidents survenus en France. Il apparaît dans ce recensement que les aérogénérateurs accidentés sont principalement des modèles anciens ne bénéficiant généralement pas des dernières avancées technologiques.

Citons par exemple :

➤ **Rupture d'une pale d'éolienne le 5 janvier 2012 A Widehem**

Lors de la nuit du 4 au 5 janvier 2012, les vents soufflent en tempête avec des rafales à 130 km/h. Le parc éolien est victime d'une panne de courant à 2 h du matin. Puis une pale d'une éolienne se casse et est projetée à 200m. Le parc éolien est situé en bordure de l'autoroute, mais la pale atterrit en plein champ.

Les éoliennes étant des J48, on peut supposer que le problème de freinage s'est avéré défectueux comme dans les cas cités précédemment.

<p>Eoliennes concernées : Jeumont (Françaises)</p>

Encore en fabrication : **NON**
 Opération de maintenance en cours : **NON**
 Victimes humaines : **NON**

- **Incendie le 28 août 2008** au niveau de la nacelle d'une éolienne à **Vauvillers (Somme)**.
 "Ce sont des éléments électroniques qui alimentent un convertisseur de puissance qui ont brûlé", d'après le CODIS²². Par manque de combustible, le feu a pris fin à l'arrivée des secours.

Eoliennes concernées : **VESTAS V80**
 Encore en fabrication : **OUI**
 Opération de maintenance en cours : **NON**
 Victimes humaines : **NON**

- **Chute d'une éolienne dans la zone industrielle de Bondoues (62)**

Il s'agit des mêmes éoliennes que celles du Portel présenté plus haut.

Eoliennes concernées : **LAGERWEY**
 Encore en fabrication : **NON**
 Opération de maintenance en cours : **NON**
 Victimes humaines : **NON**

- **Incendie criminel sur le parc de Roquetaillade (Aude)** dans la nuit du **18 au 19 novembre 2006** : les deux machines les plus au nord du site ont été victimes d'un incendie criminel. Les malfaiteurs ont forcé la porte des deux machines et y ont mis le feu, les détruisant en quasi totalité. Aucune revendication, ni aucune explication n'ont été apportées.

Eoliennes concernées : **Gamesa G47/660**
 Opération de maintenance en cours : **NON**
 Victimes humaines : **NON**

- **Chute d'une pale d'éolienne le 7 octobre 2006 à Pleyber-Christ (29)**

L'accident se traduit par la chute d'une pale de 20m pesant 3 tonnes. Outre la tempête, il semble que des systèmes de sécurité aient été désactivés. L'exploitant avait de plus rallongé lui-même les pales. Plusieurs incidents avaient déjà eu lieu sur le même parc.

Eoliennes concernées : **éoliennes achetées d'occasion - WINDMASTER WM28/ 300 (300 kW)**
 Opération de maintenance en cours : **NON**

²² CODIS : Centre Opérationnel Départemental d'Incendie et de Secours

Victimes humaines : **NON**

Le Conseil Général des Mines cite aussi dans son rapport le mât d'une éolienne plié lors d'une tempête en 2000 à Port-la-Nouvelle (Aude), et l'effondrement d'une éolienne en cours de construction à Nevian en 2002 (Aude).

Notons que si on excepte les opérations de maintenance, tous ces accidents français n'ont jamais entraîné de victime.

Le Conseil Général des Mines ajoute à ces données deux décès fin 2003 en France: un opérateur lors d'opération de maintenance, et un visiteur qui aurait eu une attaque cardiaque occasionnée par les efforts pour accéder à la nacelle.

En 2010, un technicien de maintenance a succombé à une crise cardiaque en haut d'une éolienne (21 avril). Les deux techniciens vérifiaient le bon fonctionnement d'une éolienne de la zone industrielle de Roubaix-Est, à une hauteur de 50 m, lorsque l'un des deux s'est effondré, victime d'une crise cardiaque. L'intervention des pompiers et du SAMU n'a pu le ranimer. On peut supposer que cet arrêt cardiaque est lié aux efforts fournis pour accéder à la nacelle.

Liste des accidents et incidents connus en France concernant la filière éolienne entre 2000 et fin 2011, en complément de ceux présentés dans l'étude de dangers. (Source : SER-FEE)

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information
Effondrement	Novembre 2000	Port la Nouvelle	Aude	0,5	1993	Non	Le mât d'une éolienne s'est plié lors d'une tempête suite à la perte d'une pale (coupure courant prolongée pendant 4 jours suite à la tempête)	Tempête avec foudre répétée	Rapport du CGM Site Vent de Colère
Rupture de pale	2001	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pales en bois (avec inserts)	?	Site Vent de Colère
Effondrement	01/02/2002	Wormhout	Nord	0,4	1997	Non	Bris d'hélice et mât plié	Tempête	Rapport du CGM Site Vent du Bocage
Maintenance	01/07/2002	Port la Nouvelle - Sigean	Aude	0,66	2000	Oui	Grave électrisation avec brûlures d'un technicien	Lors de mesures pour caractériser la partie haute d'un transformateur 690V/20kV en tension. Le mètre utilisé par la victime, déroulé sur 1,46m, s'est soudainement plié et est entré dans la zone du transformateur, créant un arc électrique.	Rapport du CGM

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information
Effondrement	28/12/2002	Névian - Grande Garrigue	Aude	0,85	2002	Oui	Effondrement d'une éolienne suite au dysfonctionnement du système de freinage	Tempête + dysfonctionnement du système de freinage	Rapport du CGM Site Vent de Colère Article de presse (Midi Libre)
Rupture de pale	25/02/2002	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pale en bois (avec inserts) sur une éolienne bipale	Tempête	Article de presse (La Dépêche du 26/03/2003)
Rupture de pale	05/11/2003	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pales en bois (avec inserts) sur trois éoliennes. Morceaux de pales disséminés sur 100m.	Dysfonctionnement du système de freinage	Rapport du CGM Article de presse (Midi Libre du 15/11/2003)
Rupture de pale	22/06/2004 et 08/07/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2001	Non	Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5m à 50m, mâât intact	Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage)	Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004)
Rupture de pale	2004	Escalles-Conilhac	Aude	0,75	2003	Non	Bris de trois pales		Site Vent de Colère
Rupture de pale	2005	Wormhout	Nord	0,4	?	Non	Bris de pale		Site Vent de Colère
Rupture de pale	31/12/2006	Ally	Haute-Loire	1,5	2005	Oui	Chute de pale lors d'un chantier de maintenance visant à remplacer les rotors	Accident faisant suite à une opération de maintenance	Site Vent de Colère
Rupture de pale	03/2007	Clitourps	Manche	0,66	2005	Oui	Rupture d'un morceau de pale de 4m et éjection à plus de 200m de distance dans un champ	Cause pas éclaircie	Site FED
Chute d'élément	11/10/2007	Plouvin	Finistère	1,3	2007	Non	Chute d'un élément de la nacelle (trappe de visite de 50 cm de diamètre)	Défaut au niveau des charnières de la trappe de visite. Correctif appliqué et retrofit des boulons de charnières effectué sur toutes les machines en exploitation.	Article de presse (Le Télégramme)
Collision avion	04/2008	Plouguin	Finistère	2	2004	Non	Léger choc entre l'aile d'un moteur Beechcraftch (liaison Ouessant-Brest) et une pale d'éolienne à l'arrêt. Perte d'une pièce de protection au bout d'aile. Mise à l'arrêt de la machine pour inspection.	Mauvaise météo, conditions de vol difficiles (sous le plafond des 1000m imposé par le survol de la zone) et faute de pilotage (altitude trop basse)	Articles de presse (Le Télégramme, Le Post)

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information
Rupture de pale	19/07/2008	Erize-la-Brûlée - Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Oui	Chute de pale et projection de morceaux de pale suite à un coup de foudre	Foudre + défaut de pale	Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain 22/07/2008)
Rupture de pale	26/12/2008	Raival - Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Oui	Chute de pale		Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain)
Rupture de pale	08/06/2009	Bollène	Vaucluse	2,3	2009	Oui	Bout de pale d'une éolienne ouvert	Coup de foudre sur la pale	Interne exploitant
Incendie	21/10/2009	Froidfond - Espinassière	Vendée	2	2006	Oui	Incendie de la nacelle	Court-circuit dans transformateur sec embarqué en nacelle ?	Article de presse (Ouest-France) Communiqué de presse exploitant Site FED
Maintenance	20/04/2010	Touffiers	Nord	0,15	1993	Non	Décès d'un technicien au cours d'une opération de maintenance	Crise cardiaque	Article de presse (La Voix du Nord 20/04/2010)
Transport	31/05/2011	Mesvres	Saône-et-Loire	-	-	-	Collision entre un train régional et un convoi exceptionnel transportant une pale d'éolienne, au niveau d'un passage à niveau Aucun blessé		Article de presse (Le Bien Public 01/06/2011)

Annexe 5 : Scénarios génériques de l'analyse préliminaire des risques

Cette partie apporte un certain nombre de précisions par rapport à chacun des scénarios étudiés par le groupe de travail technique dans le cadre de l'analyse préliminaire des risques. Le tableau générique issu de l'analyse préliminaire des risques est présenté dans la partie VII.4. de la trame type de l'étude de dangers. Il peut être considéré comme représentatif des scénarios d'accident pouvant potentiellement se produire sur les éoliennes et pourra par conséquent être repris à l'identique dans les études de dangers.

La numérotation des scénarios ci-dessous reprend celle utilisée dans le tableau de l'analyse préliminaire des risques, avec un regroupement des scénarios par thématique, en fonction des typologies d'événement redoutés centraux identifiés grâce au retour d'expérience par le groupe de travail (« G » pour les scénarios concernant la glace, « I » pour ceux concernant l'incendie, « F » pour ceux concernant les fuites, « C » pour ceux concernant la chute d'éléments de l'éolienne, « P » pour ceux concernant les risques de projection, « E » pour ceux concernant les risques d'effondrement).

Scénarios relatifs aux risques liés à la glace (G01 et G02)

Scénario G01

En cas de formation de glace, les systèmes de préventions intégrés stopperont le rotor. La chute de ces éléments interviendra donc dans l'aire surplombée par le rotor, le déport induit par le vent étant négligeable.

Plusieurs procédures/systèmes permettront de détecter la formation de glace :

- Système de détection de glace
- Arrêt préventif en cas de déséquilibre du rotor
- Arrêt préventif en cas de givrage de l'anémomètre.

Note : Si les enjeux principaux seront principalement humains, il conviendra d'évoquer les enjeux matériels, avec la présence éventuelle d'éléments internes au parc éolien (poste de livraisons, sous-stations), ou extérieurs sous le surplomb de la machine.

Scénario G02

La projection de glace depuis une éolienne en mouvement interviendra lors d'éventuels redémarrages de la machine encore « glacée », ou en cas de formation de glace sur le rotor en mouvement simultanément à une défaillance des systèmes de détection de givre et de balourd.

Aux faibles vitesses de vents (vitesse de démarrage ou « cut in »), les projections resteront limitées au surplomb de l'éolienne. A vitesse de rotation nominale, les éventuelles projections seront susceptibles d'atteindre des distances supérieures au surplomb de la machine.

Scénarios relatifs aux risques d'incendie (I01 à I07)

Les éventuels incendies interviendront dans le cas où plusieurs conditions seraient réunies (Ex : Foudre + défaillance du système parafoudre = Incendie).

Le moyen de prévention des incendies consiste en un contrôle périodique des installations.

Dans l'analyse préliminaire des risques seulement quelques exemples vous sont fournis. La méthodologie suivante pourra aider à déterminer l'ensemble des scénarios devant être regardé :

- Découper l'installation en plusieurs parties : rotor, nacelle, mât, fondation et poste de livraison ;
- Déterminer à l'aide de mot clé les différentes causes (cause 1, cause 2) d'incendie possibles.

L'incendie peut aussi être provoqué par l'échauffement des pièces mécaniques en cas d'emballement du rotor (survitesse). Plusieurs moyens sont mis en place en matière de prévention :

- Concernant le défaut de conception et fabrication : Contrôle qualité
- Concernant le non-respect des instructions de montage et/ou de maintenance : Formation du personnel intervenant, Contrôle qualité (inspections)
- Concernant les causes externes dues à l'environnement : Mise en place de solutions techniques visant à réduire l'impact. Suivant les constructeurs, certains dispositifs sont de série ou en option. Le choix des options est effectué par l'exploitant en fonction des caractéristiques du site.

L'emballlement peut notamment intervenir lors de pertes d'utilités. Ces pertes d'utilités peuvent être la conséquence de deux phénomènes :

- Perte de réseau électrique : l'alimentation électrique de l'installation est nécessaire pour assurer le fonctionnement des éoliennes (orientation, appareils de mesures et de contrôle, balisage, ...) ;
- Perte de communication : le système de communication entre le parc éolien et le superviseur à distance du parc peut être interrompu pendant une certaine durée.

Concernant la perte du réseau électrique, celle-ci peut être la conséquence d'un défaut sur le réseau d'alimentation du parc éolien au niveau du poste source. En fonction de leurs caractéristiques techniques, le comportement des éoliennes face à une perte d'utilité peut être différent (fonction du constructeur). Cependant, deux systèmes sont couramment rencontrés :

- Déclenchement au niveau du rotor du code de freinage d'urgence, entraînant l'arrêt des éoliennes ;
- Basculement automatique de l'alimentation principale sur l'alimentation de secours (batteries) pour arrêter les aérogénérateurs et assurer la communication vers le superviseur.

Concernant la perte de communication entre le parc éolien et le superviseur à distance, celle-ci n'entraîne pas d'action particulière en cas de perte de la communication pendant une courte durée.

En revanche, en cas de perte de communication pendant une longue durée, le superviseur du parc éolien concerné dispose de plusieurs alternatives dont deux principales :

- Mise en place d'un réseau de communication alternatif temporaire (faisceau hertzien, agent technique local...);
- Mise en place d'un système autonome d'arrêt à distance du parc par le superviseur.

Les solutions aux pertes d'utilités étant diverses, les porteurs de projets pourront apporter dans leur étude de dangers une description des protocoles qui seront mis en place en cas de pertes d'utilités.

Scénarios relatifs aux risques de fuites (F01 à F02)

Les fuites éventuelles interviendront en cas d'erreur humaine ou de défaillance matérielle.

Une attention particulière est à porter aux mesures préventives des parcs présents dans des zones protégées au niveau environnemental, notamment en cas de présence de périmètres de protection de captages d'eau potable (identifiés comme enjeux dans le descriptif de l'environnement de l'installation). Dans ce dernier cas, un hydrogéologue agréé devra se prononcer sur les mesures à prendre en compte pour préserver la ressource en eau, tant au niveau de l'étude d'impact que de l'étude de dangers. Plusieurs mesures pourront être mises en place (photographie du fond de fouille des fondations pour montrer que la nappe phréatique n'a pas été atteinte, comblement des failles karstiques par des billes d'argile, utilisation de graisses végétales pour les engins, ...).

Scénario F01

En cas de rupture de flexible, perçage d'un contenant ..., il peut y avoir une fuite d'huile ou de graisse ... alors que l'éolienne est en fonctionnement. Les produits peuvent alors s'écouler hors de la nacelle, couler le long du mât et s'infiltrer dans le sol environnant l'éolienne. Plusieurs procédures/actions permettront d'empêcher l'écoulement de ces produits dangereux :

- Vérification des niveaux d'huile lors des opérations de maintenance
- Détection des fuites potentielles par les opérateurs lors des maintenances
- Procédure de gestion des situations d'urgence

Deux événements peuvent être aggravants :

- Ecoulement de ces produits le long des pales de l'éolienne, surtout si celle-ci est en fonctionnement. Les produits seront alors projetés aux alentours.
- Présence d'une forte pluie qui dispersa rapidement les produits dans le sol.

Scénario F02

Lors d'une maintenance, les opérateurs peuvent accidentellement renverser un bidon d'huile, une bouteille de solvant, un sac de graisse ... Ces produits dangereux pour l'environnement peuvent s'échapper de l'éolienne ou être renversés hors de cette dernière et infiltrer les sols environnants.

Plusieurs procédures/actions permettront d'empêcher le renversement et l'écoulement de ces produits :

- Kits anti-pollution associés à une procédure de gestion des situations d'urgence
- Sensibilisation des opérateurs aux bons gestes d'utilisation des produits

Ce scénario est à adapter en fonction des produits utilisés.

Événement aggravant : fortes pluies qui disperseront rapidement les produits dans le sol.

Scénarios relatifs aux risques de chute d'éléments (C01 à C03)

Les scénarios de chutes concernent les éléments d'assemblage des aérogénérateurs : ces chutes sont déclenchées par la dégradation d'éléments (corrosion, fissures, ...) ou des défauts de maintenance (erreur humaine).

Les chutes sont limitées à un périmètre correspondant à l'aire de survol.

Scénarios relatifs aux risques de projection de pales ou de fragments de pales (P01 à P06)

Les événements principaux susceptibles de conduire à la rupture totale ou partielle de la pale sont liés à 3 types de facteurs pouvant intervenir indépendamment ou conjointement :

- Défaut de conception et de fabrication
- Non-respect des instructions de montage et/ou de maintenance
- Causes externes dues à l'environnement : glace, tempête, foudre...

Si la rupture totale ou partielle de la pale intervient lorsque l'éolienne est à l'arrêt on considère que la zone d'effet sera limitée au surplomb de l'éolienne

Si l'éolienne est en fonctionnement la zone d'effet sera déterminée en fonction de l'étude balistique et du site.

L'emballlement de l'éolienne constitue un facteur aggravant en cas de projection de tout ou partie d'une pale. Cet emballlement peut notamment être provoqué par la perte d'utilité décrite au 2.2 de la présente partie C (scénarios incendies).

Scénario P01

En cas de défaillance du système d'arrêt automatique de l'éolienne en cas de survitesse, les contraintes importantes exercées sur la pale (vent trop fort) pourraient engendrer la casse de la pale et sa projection.

Scénario P02

Les contraintes exercées sur les pales - contraintes mécaniques (vents violents, variation de la répartition de la masse due à la formation de givre...), conditions climatiques (averses violentes de grêle, foudre...) - peuvent entraîner la dégradation de l'état de surface et à terme l'apparition de fissures sur la pale.

Prévention : Maintenance préventive (inspections régulières des pales, réparations si nécessaire)

Facteur aggravant : Infiltration d'eau et formation de glace dans une fissure, vents violents, emballlement de l'éolienne

Scénarios P03

Un mauvais serrage de base ou le desserrage avec le temps des goujons des pales pourrait amener au décrochage total ou partiel de la pale, dans le cas de pale en plusieurs tronçons.

Scénarios relatifs aux risques d'effondrement des éoliennes (E01 à E10)

Les événements pouvant conduire à l'effondrement de l'éolienne sont liés à 3 types de facteurs pouvant intervenir indépendamment ou conjointement :

- Erreur de dimensionnement de la fondation : Contrôle qualité, respect des spécifications techniques du constructeur de l'éolienne, étude de sol, contrôle technique de construction ;

Non-respect des instructions de montage et/ou de maintenance : Formation du personnel intervenant

- Causes externes dues à l'environnement : séisme, ...

Annexe 6 : Avis favorables de l'armée et de l'aviation civile



MINISTÈRE DE LA DÉFENSE
ET DES ANCIENS COMBATTANTS



Paris, le **02 février 2011**

N°**48320**/DEF/CDAOA/GATN

COMMANDEMENT DE LA DEFENSE AERIENNE
ET DES OPERATIONS AERIENNES

Zone aérienne de défense Sud

Section environnement aéronautique

Dossier suivi par :
Adjudant-chef Laurent Lopez

Le général de division aérienne
Patrick Charaix
commandant en second du CDAOA
et général adjoint territoire national
au général commandant la défense
aérienne et les opérations aériennes
75509 Paris Cedex 15

à

Monsieur Simon Besnard
ERELIA Groupe GDF SUEZ
17, rue du pont de Lattes
CS 91146

34008 Montpellier

OBJET : projet éolien dans le Puy de Dôme.

REFERENCES : 1) votre lettre du 15 novembre 2010 ;
2) arrêté du 25 juillet 1990 relatif aux installations dont
l'établissement à l'extérieur des zones grevées de servitudes
aéronautiques de dégagement est soumis à autorisation
NOR : EQUA9000474A ;
3) arrêté du 13 novembre 2009 relatif à la réalisation du balisage des
éoliennes
NOR : DEVA0917931A ;
4) décret du 26 avril 2010 portant délégation de signature
NOR : DEFD1010803D.



Monsieur,

Par lettre de première référence, vous sollicitez un avis concernant l'implantation d'un parc éolien comprenant des éoliennes d'une hauteur hors tout, pales comprises, de 150 mètres sur le territoire des communes de Perrier et Pardines (63).

Après consultation des différents organismes concernés de la Défense, il ressort que votre projet, qui se situe en dehors de toute zone grevée de servitudes aéronautiques, radioélectriques ou domaniales gérées par le ministère, n'est pas de nature à remettre en cause la mission des forces.

En conséquence, au titre de l'article R.244-1 du code de l'aviation civile, j'ai l'honneur de vous informer que la Défense émet un avis favorable à sa réalisation.

Dans l'éventualité d'une finalisation de ce dossier, je vous informe de la nécessité de fournir lors du dépôt du permis de construire, pour chacune des éoliennes, les coordonnées (sous la norme WGS 84) et l'altitude NGF¹ du point d'implantation ainsi que leur hauteur hors tout (pales comprises).

De plus, afin de rendre compatible la réalisation de votre projet avec l'exécution en toute sécurité des missions opérationnelles des forces, je serai amené, en application de l'arrêté de deuxième référence, à demander le balisage des éoliennes du fait de leur hauteur, à réaliser selon les spécifications de l'arrêté de troisième référence.

Etabli sur la base des informations recueillies à ce stade de la préconsultation, le présent avis reste valable dès lors que le projet ne subit aucune modification substantielle ou qu'aucune évolution, notamment d'ordre réglementaire ou aéronautique, ne modifie l'environnement ou l'utilisation de l'espace aérien dans la zone d'étude transmise.

Je vous prie de croire, Monsieur, en l'assurance de ma considération distinguée.

Pour le Ministre de la Défense et par délégation,



¹ NGF : nivellement géographique de la France ; référence d'altitude du sol par rapport au niveau moyen des mers



COPIES :

- Monsieur le directeur
de la sécurité de l'aviation civile Centre-Est
Aéroport de Lyon Saint-Exupéry
B.P. 601
69125 Aéroport de Lyon Saint-Exupéry

- Monsieur le délégué militaire départemental
du Puy de Dôme
31, cours Sablons
63035 Clermont-Ferrand Cedex

- Monsieur le commandant
de la Zone aérienne de défense Sud
Base aérienne 701
13661 Salon-de-Provence Air





Liberté • Égalité • Fraternité

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE,
DES TRANSPORTS ET DU LOGEMENT

Direction générale de l'aviation civile

AULNAT, le 12 avril 2011

Direction de l'aviation civile Centre-Est

Délégation Auvergne

Surveillance et régulation

ERELIA

A l'attention de M. Simon BESNARD

17 Rue du Pont de Lattes – CS 91146
34008 MONTPELLIER Cedex 01

Référence : 000 33711 /AUV-SR-IP – BOA 8903 du 05-04-11

Vos réf. :

Affaire suivie par : Bernard CAHIER

bernard.cahier@aviation-civile.gouv.fr

Tél. 04 73.62.72.16 – Fax : 04 73.62.72.00

Objet : Projet éolien de Pardines (63)

Madame, Monsieur,

Par lettre en date du 28 octobre dernier, complétée par courriel du 16 décembre, vous nous avez transmis un dossier concernant un projet éolien sur le territoire de la commune de Pardines, dans le département du Puy-de-Dôme, pour des machines d'une hauteur maximale de 150 mètres (pale comprise).

Après analyse du dossier, tel qu'il est présenté, et étude de circulation aérienne, la Délégation de l'Aviation civile pour l'Auvergne n'a aucune objection à formuler à l'encontre de ce projet.

Au moment de leur installation, les éoliennes devront être inscrites au répertoire des obstacles à la navigation aérienne. Pour cela, il sera nécessaire de nous communiquer les éléments suivants :

- date de début et de fin du chantier d'installation ;
- date de mise en service ;
- nature de l'obstacle ;
- coordonnées géographiques exactes de l'obstacle (en WGS 84) ;
- altitude au pied (cote NGF) ;
- hauteur hors sol (ou cote NGF au sommet de l'obstacle), pale levée à la verticale.

Présent
pour
l'avenir

PJ :

Copie à : SNA CE (SE/EE)

Par ailleurs, les règles de balisage diurne et nocturnes applicables aux éoliennes sont celles définies par l'arrêté du 13 novembre 2009 *relatif à la réalisation du balisage des éoliennes situées en dehors des zones grevées de servitudes aéronautiques*. Le balisage lumineux devra fonctionner en continu (365 jours par an et 24 heures sur 24).

Cet avis ne concerne que l'aviation civile. Pour l'aéronautique militaire, vous voudrez bien contacter :

Zone aérienne de défense Sud
Division environnement aéronautique
Base aérienne 701
13661 SALON-DE-PROVENCE.

Veuillez agréer, Madame, Monsieur, mes salutations distinguées.

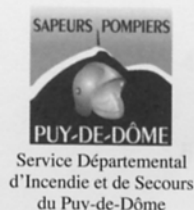
Le Délégué Régional de l'Aviation
civile pour l'Auvergne

Jean-François LEDOUX

Annexe 7 : Recommandations du SDIS 63 relatives au projet.

PREFECTURE DU PUY-DE-DÔME

Clermont-Ferrand, le 2 novembre 2012



Le Directeur Départemental
des Services d'Incendie et de Secours

à

ENERGIES ET TERRITOIRES
DEVELOPPEMENT
A l'attention de Madame PAILLER
Chargée d'Etude
Pôle d'Innovation de Mescoat
29800 LANDERNEAU

Groupement de Services
Prévention des Risques

Réf. : FL/MJB/12100728
Affaire suivie par :
Commandant François
LECLERCQ
☎ : 04 73 98 65 50
☎ : 04 73 98 65 59
✉ : ERP@sdis63.fr

Objet : Commune de PARDINES
Projet éolien du Plateau de Pardines sur les communes de
Pardines et Perrier

Référence : Votre dossier transmis en date du 29 octobre 2012

I - IDENTIFICATION DU DOSSIER

CODE : I26800007-000- 0
ETABLISSEMENT : PROJET EOLIEN - STE ERELIA
ADRESSE : Plateau de Pardines - PARDINES

II - DESCRIPTION SOMMAIRE

Le présent dossier concerne l'étude de la possibilité d'implantation d'aérogénérateurs dont les dimensions ne sont pas décrites sur le courrier de E.T.D.

Le dossier est présenté par la Société ERELIA.

III - REGLEMENTATION APPLICABLE :

Cette installation terrestre regroupera plusieurs aérogénérateurs . Elle constitue une installation classée soumise à Autorisation assujettie à la rubrique n° 2980.

IV- LES OBSERVATIONS GENERALES DU SDIS SONT :

1. Dans le cadre de la mise en place de l'infrastructure nationale partagée des transmissions (INPT), des projets de faisceaux hertziens sont mis en œuvre sous l'égide du ministère de l'intérieur. Aussi, je vous demanderai de bien vouloir consulter à la préfecture du Rhône, le service zonal du système d'information et de communication au n° 106, Rue Pierre Corneille - 69419 Lyon Cedex 03.
2. L'installation sera mise à la terre, pour limiter le « risque foudre ».

3. Les sites devront disposer en permanence d'une voie carrossable au moins pour permettre l'intervention des services de secours. Cet accès sera entretenu, les abords de l'installation placés sous le contrôle de l'exploitant sont maintenus en bon état de propreté. Ces voies auront les caractéristiques des voies engins. Toute voie en cul-de-sac sera pourvue d'un point de retournement sur dimensionné. Si la voie est longue, elle sera également équipée de zone de croisement tous les 60 m.
4. Dès le début des travaux, le pétitionnaire prendra contact avec le groupement de service de mise en œuvre opérationnelle (tél. : 04.73.98.69.70).
5. La base de la sécurité civile (base hélicoptère d'Aulnat) devra être informée de ce projet.
6. Durant toute la période des travaux, un moyen fiable et secouru de transmission de l'alerte doit être mis en place. Il est important de signaler les différentes restrictions d'accès ou autre, au fur et à mesure de l'avancement des travaux.
7. Dès l'ouverture du chantier, le personnel présent sur le site doit pouvoir consulter les fiches réflexes et les Conduites à Tenir en cas d'accident. Celles-ci doivent être affichées sur zone.
8. L'accès par les équipes d'intervention et leurs engins doit être permanent, carrossable et balisé. Un Point de Rassemblement des Moyens engagés doit être réalisé et identifié pour la zone.
9. Pendant les heures de présence des ouvriers, l'accueil des moyens sapeurs-pompiers doit être réalisé au point de rassemblement des moyens.
10. Un plan du site avec les cheminements, voies de communication et zones d'assemblage doit être apposé au point de rassemblement des moyens.
11. Chaque aérogénérateur sera doté d'un système de détection qui permet à tout moment d'alerter l'exploitant ou un opérateur en cas d'incendie ou de survitesse.
12. Chaque aérogénérateur sera muni d'au moins 2 extincteurs situés à l'intérieur, au sommet et au pied de celui-ci (tout dispositif automatique pourra être étudié).
13. Chaque aérogénérateur sera équipé d'un système permettant de détecter ou de déduire la formation de glaces sur les pales, avec mise à l'arrêt envisageable dans un délai maximum de 60 min.
14. Chacun des sites devra posséder au moins une réserve d'eau (DFCI) de 60 m³ à disposition des secours. Ces réserves seront prévues pour permettre aux secours de combattre tous sinistre sur la zone.
15. La neutralisation électrique des aérogénérateurs doit être facilement accessible, courant produit et alimentation EDF en un même endroit.

Le Directeur,

Pour le DDSIS et par délégation
Le Colonel J.J. BODELLE
Directeur départemental adjoint

Annexe 8 : Certificats de conformité de l'éolienne SIEMENS SWT-3.0-113

**Certificat de conformité à la norme IEC 61 400-1
concernant l'éolienne SIEMENS SWT 113 3 MW hub 99,5 m**

Ce document doit être fourni par le constructeur SIEMENS. Il est actuellement en cours de finalisation (Mars 2014).

Conformité à l'Arrêté du 26 août 2011 - Régime des ICPE -

Suite à l'entrée en vigueur de « l'Arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement », nous vous informons la stricte conformité de nos aérogénérateurs, de nos procédures de maintenance et de Service après-vente, ainsi que de nos procédures Environnement, Santé et Sécurité à l'ensemble des dispositions contenues audit Arrêté.

Cette conformité que nous sommes en mesure de vous garantir concerne l'ensemble de la gamme de nos aérogénérateurs (Direct Drive et à multiplicateur).

Les informations techniques détaillées ci-après reprennent les différentes dispositions contenues à l'Arrêté du 26 août 2011 et indiquent les réponses de Siemens Wind Power. Ce document pourra par ailleurs être utile dans le cadre d'une procédure administrative qui pourrait être menée.

NOR: DEVP1119348A					
Article	Contenu de l'article	Réponse SIEMENS	Conception	Service après-vente	Environnement, Santé et Sécurité
Art. 5	Afin de limiter l'impact sanitaire lié aux effets stroboscopiques, lorsqu'un aérogénérateur est implanté à moins de 250 mètres d'un bâtiment à usage de bureaux, l'exploitant réalise une étude démontrant que l'ombre projetée de l'aérogénérateur n'impacte pas plus de trente heures par an et une demi-heure par jour le bâtiment.	Aérogénérateurs pouvant être équipés de dispositifs limitant l'impact des ombres projetées	✓		
Art. 6	L'installation est implantée de telle sorte que les habitations ne sont pas exposées à un champ magnétique émanant des aérogénérateurs supérieur à 100 micro teslas à 50-60 Hz.	Caractéristiques des aérogénérateurs permettant la mise en conformité de l'installation	✓		

NOR: DEVP1119348A					
Article	Contenu de l'article	Réponse SIEMENS	Conception	Service après-vente	Environnement, Santé et Sécurité
Art. 8	L'aérogénérateur est conforme aux dispositions de la norme NF EN 61 400-1 dans sa version de juin 2006 ou CEI 61 400-1 dans sa version de 2005 ou toute norme équivalente en vigueur dans l'Union européenne, à l'exception des dispositions contraires aux prescriptions du présent arrêté.	Aérogénérateurs conforme à l'article et normes en référence	✓		
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.	Aérogénérateurs conforme aux normes en vigueur. Opérations de maintenance Siemens Conformes à l'article "A"	✓	✓	
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.	Installation électriques conformes à la directive	✓		
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.	Balisage approprié permettant une conformité aux dispositions de l'article	✓		
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.	Procédures d'exploitation conformes et/ou permettant la conformité à l'article "A"		✓	✓
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: – 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.	Préconisation pour la Signalétique (responsabilité du client) Rédaction de Notice Santé, Sécurité et Environnement conformes aux dispositions de l'article "A"			✓
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 : – un arrêt ; – un arrêt d'urgence ; – un arrêt depuis un régime de survitesse ou une simulation de ce régime. 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.	Procédures d'installation et d'exploitation "A" conformes à l'article	✓	✓	
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.	Procédures d'exploitation conformes aux dispositions de l'article "A" Notices Santé, Sécurité et Environnement conformes aux		✓	✓

NOR: DEVP1119348A					
Article	Contenu de l'article	Réponse SIEMENS	Conception	Service après-vente	Environnement, Santé et Sécurité
		dispositions de l'article "A"			
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.	Procédures d'exploitation conformes aux dispositions de l'article "A" Notices Santé, Sécurité et Environnement reprennent ces dispositions		✓	✓
Art. 18	Trois mois, puis un an après la mise en service industrielle, puis suivant une périodicité qui ne peut excéder trois ans, l'exploitant procède à un contrôle de l'aérogénérateur consistant en un contrôle des brides de fixations, des brides de mât, de la fixation des pales et un contrôle visuel du mât. Selon une périodicité qui ne peut excéder un an, l'exploitant procède à un contrôle des systèmes instrumentés de sécurité.	Procédures d'exploitation conformes aux dispositions de l'article "A"		✓	
Art. 19	L'exploitant dispose d'un manuel d'entretien de l'installation dans lequel sont précisées la nature et les fréquences des opérations d'entretien afin d'assurer le bon fonctionnement de l'installation. L'exploitant tient à jour pour chaque installation un registre dans lequel sont consignées les opérations de maintenance ou d'entretien et leur nature, les défaillances constatées et les opérations correctives engagées.	Procédures d'exploitation conformes aux dispositions de l'article "A"		✓	
Art. 20	L'exploitant élimine ou fait éliminer les déchets produits dans des conditions propres à garantir les intérêts mentionnés à l'article L. 511-1 du code de l'environnement. Il s'assure que les installations utilisées pour cette élimination sont régulièrement autorisées à cet effet. Le brûlage des déchets à l'air libre est interdit.	Procédures d'exploitation conformes aux dispositions de l'article "A" Notices Santé, Sécurité et Environnement conformes aux dispositions de l'article "A"			✓
Art. 21	Les déchets non dangereux (par exemple bois, papier, verre, textile, plastique, caoutchouc) et non souillés par des produits toxiques ou polluants sont récupérés, valorisés ou éliminés dans des installations autorisées				
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 : – 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.	Aérogénérateurs équipés de dispositifs appropriés et Notices Santé, Sécurité et Environnement conformes aux dispositions de l'article "A"	✓		✓
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	Aérogénérateurs équipés de dispositif de détection appropriés et dispositifs d'alerte et d'entretien "A" conformes à	✓	✓	✓

NOR: DEVP1119348A										
Article	Contenu de l'article	Réponse SIEMENS	Conception	Service après-vente	Environnement, Santé et Sécurité					
	fonctionnalité et détermine les opérations d'entretien destinées à maintenir leur efficacité dans le temps.	l'article								
Art. 24	Chaque aérogénérateur est doté de moyens de lutte contre l'incendie appropriés aux risques et conformes aux normes en vigueur, notamment : – 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 facilement accessible. 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.	Aérogénérateurs équipés de dispositif de détection appropriés et dispositifs d'alerte et d'entretien "*" conformes à l'article	✓	✓	✓					
Art. 25	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.	Aérogénérateurs équipés de dispositif de détection appropriés et procédures d'exploitation "*" conformes à l'article	✓	✓						
Art. 26	L'installation est construite, équipée et exploitée de façon telle que son fonctionnement ne puisse être à l'origine de bruits transmis par voie aérienne ou solidienne susceptibles de compromettre la santé ou la sécurité du voisinage. Les émissions sonores émises par l'installation ne sont pas à l'origine, dans les zones à émergence réglementée, d'une émergence supérieure aux valeurs admissibles définies dans le tableau suivant : <table border="1" data-bbox="279 1198 869 1265"> <thead> <tr> <th>NIVEAU DE BRUIT AVEANT EXISTANT dans les zones à émergence réglementée pendant le bruit de fondation</th> <th>EMERGENCE ADMISSIBLE POUR LA PERIODE allant de 7 heures à 22 heures</th> <th>EMERGENCE ADMISSIBLE POUR LA PERIODE allant de 22 heures à 7 heures</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5 → 15 dB (A)</td> <td>5 dB (A)</td> <td>3 dB (A)</td> </tr> </tbody> </table> Les valeurs d'émergence mentionnées ci-dessus peuvent être augmentées d'un terme correctif en dB (A), fonction de la durée cumulée d'apparition du bruit de l'installation égal à : Trois pour une durée supérieure à vingt minutes et inférieure ou égale à deux heures ; Deux pour une durée supérieure à deux heures et inférieure ou égale à quatre heures ; Un pour une durée supérieure à quatre heures et inférieure ou égale à huit heures ; Zéro pour une durée supérieure à huit heures. En outre, le niveau de bruit maximal est fixé à 70 dB (A) pour la période jour et de 60 dB (A) pour la période nuit. Ce niveau de bruit est mesuré en n'importe quel point du périmètre de mesure du bruit défini à l'article 2. Lorsqu'une zone à émergence réglementée se situe à l'intérieur du périmètre de mesure du bruit, le niveau de bruit maximal est alors contrôlé pour chaque aérogénérateur de l'installation à la distance R définie à l'article 2. Cette disposition n'est pas applicable si le bruit résiduel pour la période considérée est supérieur à cette limite. Dans le cas où le bruit particulier de l'établissement est à tonalité marquée au sens du point 1.9 de l'annexe à l'arrêté du 23 janvier 1997 susvisé, de manière établie ou cyclique, sa durée d'apparition ne peut excéder 30 % de la durée de fonctionnement de l'établissement dans chacune	NIVEAU DE BRUIT AVEANT EXISTANT dans les zones à émergence réglementée pendant le bruit de fondation	EMERGENCE ADMISSIBLE POUR LA PERIODE allant de 7 heures à 22 heures	EMERGENCE ADMISSIBLE POUR LA PERIODE allant de 22 heures à 7 heures	5 → 15 dB (A)	5 dB (A)	3 dB (A)	Les caractéristiques techniques des aérogénérateurs ainsi que les dispositifs disponibles donnent la possibilité à l'exploitant de se conformer aux dispositions de cet article	✓	
NIVEAU DE BRUIT AVEANT EXISTANT dans les zones à émergence réglementée pendant le bruit de fondation	EMERGENCE ADMISSIBLE POUR LA PERIODE allant de 7 heures à 22 heures	EMERGENCE ADMISSIBLE POUR LA PERIODE allant de 22 heures à 7 heures								
5 → 15 dB (A)	5 dB (A)	3 dB (A)								

NOR: DEVP1119348A					
Article	Contenu de l'article	Réponse SIEMENS	Conception	Service après-vente	Environnement, Santé et Sécurité
	des périodes diurne ou nocturne définies dans le tableau ci-dessus. Lorsque plusieurs installations classées, soumises à autorisation au titre de rubriques différentes, sont exploitées par un même exploitant sur un même site, le niveau de bruit global émis par ces installations respecte les valeurs limites ci-dessus.				
Art. 27	Les véhicules de transport, les matériels de manutention et les engins de chantier utilisés à l'intérieur de l'installation sont conformes aux dispositions en vigueur en matière de limitation de leurs émissions sonores. En particulier, les engins de chantier sont conformes à un type homologué. L'usage de tous appareils de communication par voie acoustique (par exemple sirènes, avertisseurs, hautparleurs), gênant pour le voisinage, est interdit, sauf si leur emploi est exceptionnel et réservé à la prévention et au signalement d'incidents graves ou d'accidents.	Procédures d'exploitation Siemens Conforme aux dispositions de l'article		✓	✓
Art. 28	Lorsque des mesures sont effectuées pour vérifier le respect des présentes dispositions, elles sont effectuées selon les dispositions de la norme NF 31-114 dans sa version en vigueur six mois après la publication du présent arrêté ou à défaut selon les dispositions de la norme NFS 31-114 dans sa version de juillet 2011.	Dispositions de l'article en cours de finalisation à date		✓	

REMARQUE : "*" couvert dans le cas d'une souscription à un contrat de service de type LTP ou SAA Siemens Wind Power.

SIEMENS S.A.S.		
Place, Date: Brande (DK), 08/11/2011 Peder Riis NICKELSEN Head of E W EN PLM Signature: 	Place, Date: Saint-Denis, 08/11/2011 Raymond COULOIGNER Head ES SR WP France Signature: 	Place, Date: Saint-Denis, 08/11/2011 Sébastien DUVERGER Q-EHS Coordinator E France Signature: 

Annexe 9 : Caractéristiques techniques de l'éolienne SWT-3.0-113

Document constructeur en anglais.

Ce document doit être fourni par le constructeur SIEMENS. Il est actuellement en cours de traduction (Mars 2014).



SWT-3.0-113 Technical Description

General

The following is a brief technical description of the main components of the SWT-3.0-113 wind turbine.

Rotor

The SWT-3.0-113 rotor is a three-bladed cantilevered construction, mounted upwind of the tower. The power output is controlled by pitch regulation. The rotor speed is variable and is designed to maximize the aerodynamic efficiency.

Blades

The B55 blades are made of fiberglass-reinforced epoxy in Siemens' proprietary IntegralBlade® manufacturing process. In this process the blades are cast in one piece to eliminate weaker areas at glue joints. The blades are mounted on pitch bearings and can be feathered 80 degrees for shutdown purposes. Each blade has its own independent pitching mechanism capable of feathering the blade under any operating condition. The blade pitch arrangement allows for optimization of the power output throughout the operating range, and the blades are feathered during standstill to minimize wind loads.

Rotor Hub

The rotor hub is cast in nodular cast iron and is fitted to the generator rotor with a flange connection. The hub is sufficiently large to provide a comfortable working environment for service technicians during maintenance of blade roots and pitch bearings from inside the structure.

Main Shaft

A cast, hollow and fixed main shaft ensures a comfortable internal access from the canopy to the hub.

Main Bearing

The rotating parts of the wind turbine are supported by a single, double-tapered roller bearing. The bearing is grease lubricated.

Generator

The generator is a fully enclosed synchronous generator with permanent magnet excitation. The generator rotor construction and stator winding are designed for high efficiency at partial loads. The generator is positioned between the tower and the hub producing a comfortably lean arrangement of the internals in the nacelle.

Mechanical Brake

The mechanical brake is fitted to the non-drive end of the generator rotor and has three hydraulic calipers.

Yaw System

A cast bed frame connects the shaft to the tower. The yaw bearing is an externally geared ring with a friction bearing. A series of electric planetary gear motors drives the yawing.

Canopy

The weather screen and housing around the machinery in the nacelle is made of fiberglass-reinforced laminated panels with multiple fire-protecting properties. The design implies fully integrated lightning and EMC protection.

Tower

The SWT-3.0-113 wind turbine is mounted on a tapered tubular steel tower. The tower has internal ascent and direct access to the yaw system and nacelle. It is equipped with platforms and internal electric lighting.



Technical Description, SWT-3.0-113
Document ID: E W EN-10-0000-0314-02
HST / 2012.01.16
Restricted release

Controller

The wind turbine controller is a microprocessor-based industrial controller. The controller is complete with switchgear and protection devices. It is self-diagnosing and has a keyboard and display for easy readout of status and for adjustment of settings.

The NetConverter® power conversion system allows generator operation at variable speed, frequency and voltage while supplying power at constant frequency and voltage to the MV transformer. The power conversion system is a modular arrangement for easy maintenance and is water cooled.

SCADA

The SWT-3.0-113 wind turbine is equipped with the Siemens WebWPS SCADA system. This system offers remote control and a variety of status views and useful reports from a standard internet web browser. The status views present information including electrical and mechanical data, operation and fault status, meteorological data and grid station data.

Turbine Condition Monitoring

In addition to the Siemens WebWPS SCADA system, the SWT-3.0-113 wind turbine is equipped with the unique Siemens TCM condition monitoring system. This system monitors the vibration level of the main components and compares the actual vibration spectra with a set of established reference spectra. Result review, detailed analysis and reprogramming can all be carried out using a standard web browser.

Operation Systems

The wind turbine operates automatically. It is self-starting when the wind speed reaches an average about 3 to 5 m/s. The output increases approximately linearly with the wind speed until the wind speed reaches 12 to 13 m/s. At this point, the power is regulated at rated power.

If the average wind speed exceeds the maximum operational limit of 25 m/s, the wind turbine is shut down by feathering of the blades. When the average wind speed drops back below the restart average wind speed, the systems reset automatically.

Siemens Wind Power A/S reserves the right to change the above specifications without previous notice.

SIEMENS

Technical Specifications, SWT-3.0-113
 Document ID: E W EN-10-0000-0553-02
 2012.11.05
 Conveyed confidentially as trade secret

Technical Specifications SWT-3.0-113

Rotor		Generator	
Type	3-bladed, horizontal axis	Type	Synchronous, PMG
Position	Upwind	Nominal power	3000 kW
Diameter	113 m	Grid Terminals (LV)	
Swept area	10.000 m ²	Nominal power	3000 kW
Speed range	6-15.5 rpm	Voltage	690 V
Power regulation	Pitch regulation with variable speed	Frequency	50 Hz or 60 Hz
Rotor tilt	6 degrees	Yaw System	
Blade		Type	Active
Type	Self-supporting	Yaw bearing	Externally geared
Blade length	55 m	Yaw drive	8 (optional 10) electric gear motors
Tip chord	0.63 m	Yaw brake	Passive friction brake
Root chord	4.2 m	Controller	
Aerodynamic profile	Siemens proprietary airfoils, FFA-W3-XXX	Type	Microprocessor
Material	GRE	SCADA system	WPS
Surface gloss	Semi-gloss, < 30 / ISO2813	Controller designation	SWTC, STC-1, SCS-1
Surface color	Light grey, RAL 7035	Tower	
Aerodynamic Brake		Type	Tubular steel tower or bolted steel shell tower
Type	Full span pitching	Hub height	79.5, 92.5, 99.5, 122 and 142 m
Activation	Active, hydraulic	Corrosion protection	Painted
Load-Supporting Parts		Surface gloss	Semi-gloss, 25-45 / ISO2813
Hub	Nodular cast iron	Color	Light grey, RAL 7035
Fixed shaft	Nodular cast iron	Operational Data	
Nacelle bed frame	Nodular cast iron	Cut-in wind speed	3-5 m/s
Mechanical Brake		Nominal power at	12-13 m/s
Type	Hydraulic disc brake	Cut-out wind speed	25 m/s
Position	Generator rear end	Maximum 3 s gust	59.5 m/s (IEC version)
Number of callipers	3	Weights (approximately)	
Canopy		Rotor	67 t
Type	Totally enclosed	Nacelle	78 t
Surface gloss	Semi-gloss, 25-45 / ISO-2813	Nacelle, transport	75 t
Color	Light grey, RAL 7035		

Siemens Wind Power A/S reserves the right to change the above specifications without prior notice.