

ÉTUDE DE DANGERS

Ferme éolienne les Terres Chaudes

Septembre 2016



Volkswind France SAS
SAS au capital de 250 000 € R.C.S PARIS 439 906 934

Centre Régional de Tours

« Les Granges Galand »

37550 SAINT AVERTIN

Tél : 02.47.54.27.44 / Fax : 02.47.54.67.58

www.volkswind.fr

SOMMAIRE

PREAMBULE	6
I.1. Objectif de l'étude de dangers	6
I.2. Contexte législatif et réglementaire	7
I.3. Nomenclature des installations classées	8
II. INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION	9
II.1. Renseignements administratifs	9
II.2. Localisation du site	9
II.3. Définition de l'aire d'étude.....	11
III. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION	12
III.1. Environnement humain	12
III.1.1. Zones urbanisées	12
III.1.2. Etablissements recevant du public (ERP)	12
III.1.3. Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) et installations nucléaires de base	12
III.1.4. Autres activités	13
III.2. Environnement naturel.....	13
III.2.1. Contexte climatique.....	13
III.2.2. Risques naturels.....	14
III.3. Environnement matériel.....	17
III.3.1. Voies de communication	17
III.3.2. Réseaux publics et privés	17
III.3.3. Autres ouvrages publics.....	17
III.4. Cartographie de synthèse.....	18
IV. DESCRIPTION DE L'INSTALLATION	19
IV.1. Caractéristiques de l'installation	19
IV.1.1. Caractéristiques générales d'un parc éolien.....	19
IV.1.2. Activité de l'installation	21
IV.1.3. Composition de l'installation	21
IV.2. Fonctionnement de l'installation.....	23
IV.3. Fonctionnement des réseaux de l'installation.....	30
IV.3.1. Raccordement électrique.....	30
IV.3.2. Autres réseaux.....	35
V. IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION	36
V.1. Potentiels de dangers liés aux produits.....	36
V.2. Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation	37
V.3. Réduction des potentiels de dangers à la source	38
V.3.1. Principales actions préventives.....	38
V.3.2. Utilisation des meilleures techniques disponibles	40
VI. ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE	41

VI.1.	Inventaire des accidents et incidents en France.....	41
VI.2.	Inventaire des accidents et incidents à l'international.....	42
VI.3.	Inventaire des accidents majeurs survenus sur les sites de l'exploitant	44
VI.4.	Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience	44
VI.4.1.	<i>Analyse de l'évolution des accidents en France.....</i>	44
VI.4.2.	<i>Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents</i>	45
VI.5.	Limites d'utilisation de l'accidentologie	45
VII.	ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES	46
VII.1.	Objectif de l'analyse préliminaire des risques.....	46
VII.2.	Recensement des événements initiateurs exclus de l'analyse des risques.....	46
VII.3.	Recensement des agressions externes potentielles.....	46
VII.3.1.	<i>Agression externes liées aux activités humaines</i>	47
VII.3.2.	<i>Agressions externes liées aux phénomènes naturels.....</i>	49
VII.4.	Scénarios étudiés dans l'analyse préliminaire des risques.....	49
VII.5.	Effets dominos.....	53
VII.6.	Mise en place des mesures de sécurité.....	53
VII.7.	Conclusion de l'analyse préliminaire des risques	60
VIII.	ÉTUDE DÉTAILLÉE DES RISQUES.....	61
VIII.1.	Rappel des définitions	61
VIII.1.1.	<i>Cinétique.....</i>	61
VIII.1.2.	<i>Intensité.....</i>	61
VIII.1.3.	<i>Gravité.....</i>	62
VIII.1.4.	<i>Probabilité</i>	63
VIII.2.	Caractérisation des scénarios retenus.....	64
VIII.2.1.	<i>Effondrement de l'éolienne</i>	64
VIII.2.2.	<i>Chute de glace</i>	70
VIII.2.3.	<i>Chute d'éléments de l'éolienne.....</i>	77
VIII.2.4.	<i>Projection de pales ou de fragments de pales.....</i>	79
VIII.2.5.	<i>Projection de glace</i>	86
VIII.3.	Synthèse de l'étude détaillée des risques	93
VIII.3.1.	<i>Tableaux de synthèse des scénarios étudiés</i>	93
VIII.3.2.	<i>Synthèse de l'acceptabilité des risques.....</i>	94
VIII.3.3.	<i>Cartographie des risques.....</i>	95
IX.	CONCLUSION	99
ANNEXE 1 – METHODE DE COMPTAGE DES PERSONNES POUR LA DETERMINATION DE LA GRAVITE POTENTIELLE D'UN ACCIDENT A PROXIMITE D'UNE EOLIENNE		101
	<i>Terrains non bâtis.....</i>	<i>101</i>
	<i>Voies de circulation</i>	<i>101</i>
	<i>Logements.....</i>	<i>102</i>
	<i>Etablissements recevant du public (ERP)</i>	<i>102</i>
	<i>Zones d'activité.....</i>	<i>103</i>
ANNEXE 2 – TABLEAU DE L'ACCIDENTOLOGIE FRANÇAISE		104

ANNEXE 3 – SCENARIOS GENERIQUES ISSUS DE L’ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES	110
<i>Scénarios relatifs aux risques liés à la glace (G01 et G02)</i>	<i>110</i>
<i>Scénarios relatifs aux risques d’incendie (I01 à I07).....</i>	<i>110</i>
<i>Scénarios relatifs aux risques de fuites (F01 à F02).....</i>	<i>111</i>
<i>Scénarios relatifs aux risques de chute d’éléments (C01 à C03).....</i>	<i>112</i>
<i>Scénarios relatifs aux risques de projection de pales ou de fragments de pales (P01 à P06).....</i>	<i>112</i>
<i>Scénarios relatifs aux risques d’effondrement des éoliennes</i>	<i>113</i>
ANNEXE 4 – PROBABILITE D’ATTEINTE ET RISQUE INDIVIDUEL.....	114
ANNEXE 5 – CARACTERISTIQUES DES CABLES (EXEMPLE DE FICHE TYPE)	115
ANNEXE 6 – GLOSSAIRE	119
ANNEXE 7 – BIBLIOGRAPHIE ET REFERENCES UTILISEES	123
ANNEXE 8 – SCHEMAS UNIFILAIRES DES GROUPES DE RACCORDEMENT « LE GROSEILLER » ET « MONTAIGU »	124

Table des illustrations

Figure 1: Rose des vents pour les relevés de la station météorologique d’Orléans-Bricy entre 2010 et 2015 (Source : Windfinder).....	14
Figure 2: Schéma simplifié d’un aérogénérateur	20
Figure 3: Illustration des emprises au sol d’une éolienne (Les dimensions sont données à titre d’illustration pour une éolienne d’environ 150m de hauteur totale).....	21
Figure 4 : Procédure en cas d’incident.....	28
Figure 5 : Raccordement électrique des installations	30
Figure 6 : Tranchées sous champs labouré.....	31
Figure 7: Coupes des tranchées potentielles	31
Figure 8 : Plan du poste de livraison 12 m x 6 m (éolienne EO4).....	35
Figure 9 : Exemple de balisage	39
Figure 10 : Exemple de panneau d’affichage de prescriptions	40
Figure 11: Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d’aérogénérateur français entre 2000 et 2011	42
Figure 12: Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2011	43
Figure 13: Répartition des causes premières d’effondrement	43
Figure 14: Répartition des causes premières de rupture de pale	44
Figure 15: Répartition des causes premières d’incendie	44
Figure 16: Evolution du nombre d’incidents annuels en France et nombre d’éoliennes installées	45

Table des tableaux

Tableau 1 : Renseignements administratifs pour la ferme éolienne les Terres Chaudes	9
Tableau 2 : Sites ICPE les plus proches du périmètre d’étude.	13
Tableau 3: Températures moyennes (minimales et maximales) entre 1981 et 2010 pour la station Météo-France d’Orléans(Source : Météo-France).....	13
Tableau 4: Nombre moyen de jours ayant une température inférieure ou égale à 0°C, entre 2005 et 2015, pour la station d’Orléans-Bricy (Source : infoclimat).....	13

Tableau 5: Pluviométrie moyenne mensuelle sur la station d'Orléans entre 1981 et 2010. (Source : Météo-France)	14
Tableau 6: Arrêtés de reconnaissance de catastrophe naturelle sur la commune de Lorcy (Source : Prim.net) ..	17
Tableau 7: Coordonnées des éoliennes et PDL du projet	22
Tableau 8 : Caractéristiques de l'éolienne Nordex N117 3600	25
Tableau 9: Tableau R&X du groupe « Le Groseiller », raccordement E01	34
Tableau 10: Tableau R&X du groupe « Le Groseiller », raccordement E03	34
Tableau 11: Tableau R&X du groupe « Montaigu »	34
Tableau 12 : Produits identifiés dans le cadre du parc éolien les Terres Chaudes	37
Tableau 13 : Recensement des dangers potentiels.....	38
Tableau 14 : Principales agressions externes liées aux activités humaines	48
Tableau 15 : Principales agressions externes liées aux phénomènes naturels.....	49
Tableau 16 : Proposition d'analyse générique des risques	52
Tableau 17 : Catégories de scénario exclues de l'étude	60
Tableau 18 : Seuils de gravité et d'intensité	62
Tableau 19 : Classes de probabilité.....	63
Tableau 20 : Risque d'effondrement des éoliennes.....	69

Table des cartes

Carte 1 : Localisation générale du projet (Source : Géoportail)	10
Carte 2 : Vue rapprochée de la localisation du projet (Source : Géoportail)	10
Carte 3 : Aire d'étude pour l'étude de danger	11
Carte 4 : Distances des éoliennes aux habitations les plus proches	12
Carte 5: Carte de France du niveau kéraunique (Source : INERIS).....	15
Carte 6 : Carte du zonage sismique de la France (Source : Planseisme.fr)	15
Carte 7: Identification du risque de remontée de nappes sur la commune de Lorcy (Source : BRGM)	16
Carte 8: Aléa retrait gonflement des argiles sur la piste de projet (Source : BRGM).....	16
Carte 9 : Cartographie de synthèse des différents réseaux	17
Carte 10 : Plan général des groupes de raccordement au poste de livraison	33
Carte 11 : Synthèse des risques de l'éolienne E1.....	95
Carte 12 : Synthèse des risques de l'éolienne E2.....	96
Carte 13 : Synthèse des risques de l'éolienne E3.....	96
Carte 14 : Synthèse des risques de l'éolienne E4.....	97
Carte 15 : Synthèse des risques de l'éolienne E5.....	97
Carte 16 : Synthèse des risques de l'éolienne E6.....	98
Carte 17 : Synthèse des risques de l'éolienne E7.....	98

PRÉAMBULE

I.1. OBJECTIF DE L'ÉTUDE DE DANGERS

La présente étude de dangers a pour objet de rendre compte de l'examen effectué par la *ferme éolienne les Terres Chaudes SAS* pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques de ses installations, 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 au parc éolien.

Cette étude est proportionnée aux risques présentés par la *ferme éolienne les Terres Chaudes SAS*. Le choix de la méthode d'analyse 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 au sein du parc éolien *les Terres Chaudes*, 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.

I.2. CONTEXTE LÉGISLATIF ET RÉGLEMENTAIRE

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

L'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation [10] fournit un cadre méthodologique pour les évaluations des scénarios d'accident majeurs. Il impose une évaluation des accidents majeurs sur les personnes uniquement et non sur la totalité des enjeux identifiés dans l'article L. 511-1. En cohérence avec cette réglementation et dans le but d'adopter une démarche proportionnée, l'évaluation des accidents majeurs dans l'étude de dangers d'un parc d'aérogénérateurs s'intéressera prioritairement aux dommages sur les personnes. Pour les parcs éoliens, les atteintes à l'environnement, l'impact sur le fonctionnement des radars et les problématiques liées à la circulation aérienne feront l'objet d'une évaluation détaillée au sein de l'étude d'impact.

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

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

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

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

Dans la pratique, les principaux risques sont générés au cours de la phase d'exploitation et il est donc normal que l'étude de dangers concerne principalement cette phase d'exploitation.

I.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 :

A. – Nomenclature des installations classées			
N°	DÉSIGNATION DE LA RUBRIQUE	A, E, D, S, C (1)	RAYON (2)
2980	Installation terrestre de production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent et regroupant un ou plusieurs aérogénérateurs :		
	1. Comprenant au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m.....	A	6
	2. Comprenant uniquement des aérogénérateurs dont le mât a une hauteur inférieure à 50 m et au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur maximale supérieure ou égale à 12 m et pour une puissance totale installée :		
	a) Supérieure ou égale à 20 MW.....	A	6
	b) Inférieure à 20 MW.....	D	
(1) A : autorisation, E : enregistrement, D : déclaration, S : servitude d'utilité publique, C : soumis au contrôle périodique prévu par l'article L. 512-11 du code de l'environnement. (2) Rayon d'affichage en kilomètres.			

La ferme éolienne les Terres Chaudes comprend au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m. L'installation est donc soumise à autorisation (A) au titre des installations classées pour la protection de l'environnement, et doit présenter une étude de dangers au sein de sa demande d'autorisation d'exploiter.

Le projet éolien comporte 7 aérogénérateurs de type Nordex N117 3600. La hauteur sommitale de la N117 est de 149 m pour l'éolienne E01 et 164 m pour les éoliennes E02 à E07.

II. INFORMATIONS GÉNÉRALES CONCERNANT L'INSTALLATION

II.1. RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS

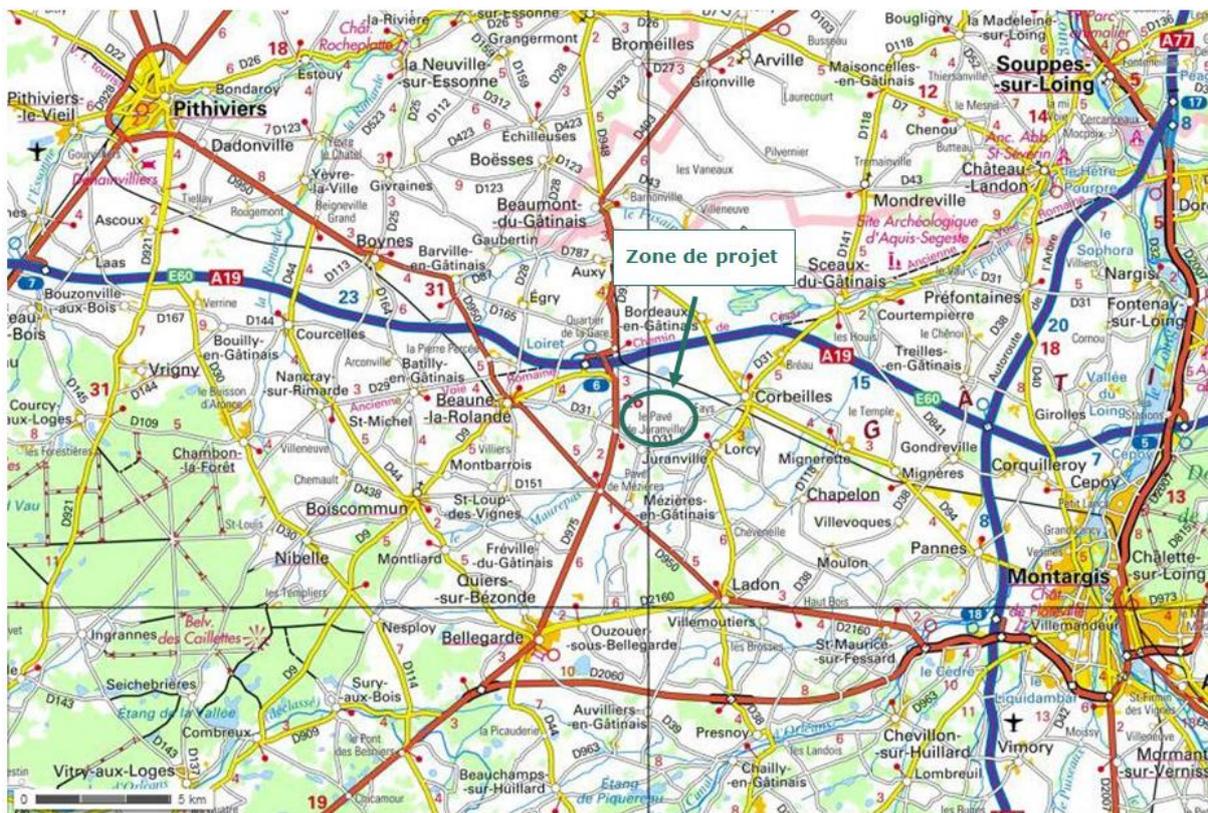
L'exploitant et le propriétaire de l'installation projetée sont la SAS Ferme éolienne les Terres Chaudes. Les statuts ainsi que les principales informations relatives à cette société sont précisés ci-après :

Dénomination	FERME EOLIENNE LES TERRES CHAUDES
Date de création de la société	5 Novembre 2015
Activité	Toutes études et prestations relatives à la conception, la réalisation et l'exploitation du parc d'éoliennes « ferme éolienne les Terres Chaudes »
Forme juridique	Société par actions simplifiée à associé unique
Capital	20 000 EUR (fixe)
N°SIRET	R.C.S. STRASBOURG TI 814 425 203
Adresse du siège social	20, avenue de la Paix 67 000 Strasbourg
Personne chargée de suivre le dossier	Sébastien COLOMB (tel : 02 47 54 27 44)

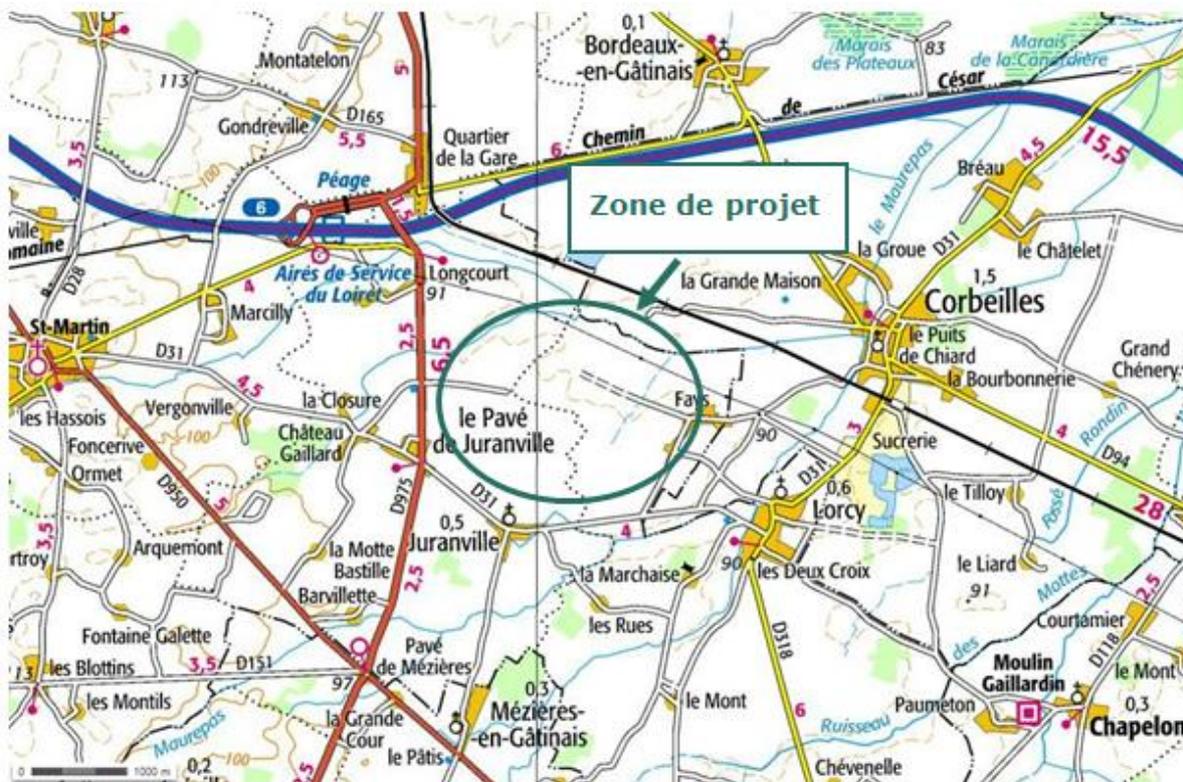
Tableau 1 : Renseignements administratifs pour la ferme éolienne les Terres Chaudes

II.2. LOCALISATION DU SITE

Le parc éolien les Terres Chaudes, composé de 7aérogénérateurs, est localisé sur la commune de Lorcy, dans le département du Loiret en région Centre-Val-de-Loire.



Carte 1 : Localisation générale du projet (Source : Géoportail)



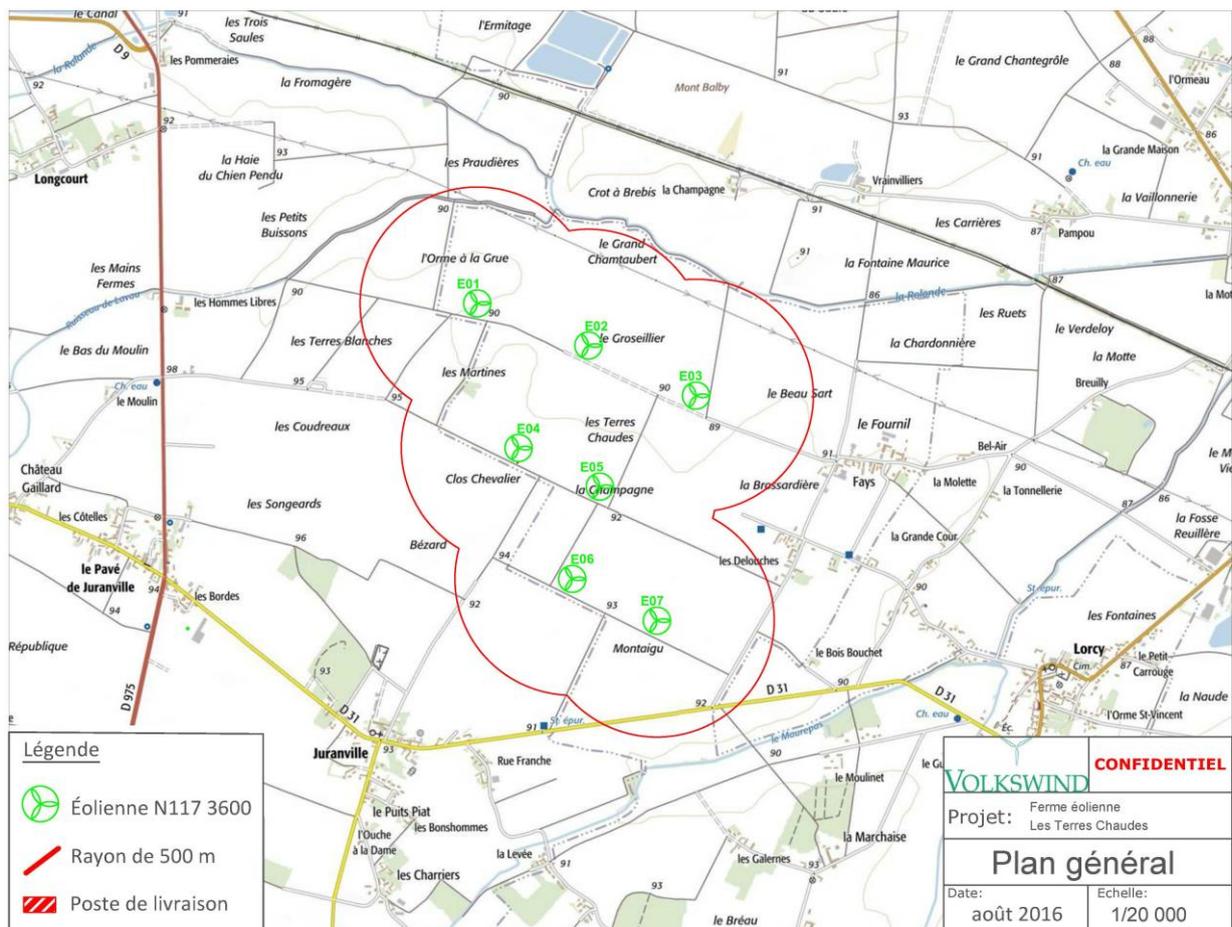
Carte 2 : Vue rapprochée de la localisation du projet (Source : Géoportail)

II.3. DÉFINITION DE L'AIRE D'ÉTUDE

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

Chaque aire d'étude correspond à l'ensemble des points situés à une distance inférieure ou égale à 500 m à partir de l'emprise du mât de l'aérogénérateur. Cette distance équivaut à la distance d'effet retenue pour les phénomènes de projection, telle que définie au paragraphe VIII.2.4.

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



Carte 3 : Aire d'étude pour l'étude de danger

III. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION

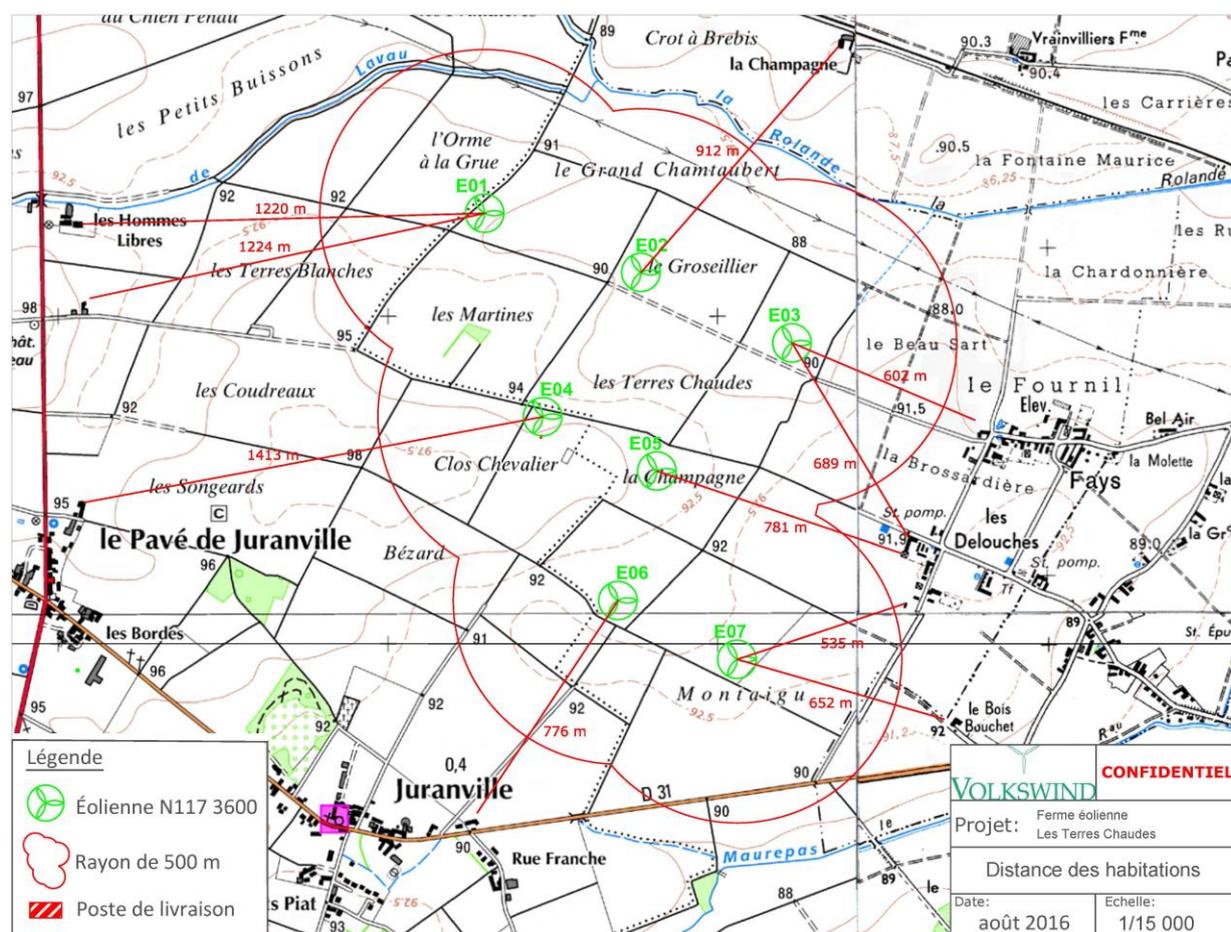
Ce chapitre a pour objectif de décrire l'environnement dans la zone d'étude de l'installation, afin d'identifier les principaux intérêts à protéger (enjeux) et les facteurs de risque que peut représenter l'environnement vis-à-vis de l'installation (agresseurs potentiels).

III.1. ENVIRONNEMENT HUMAIN

III.1.1. ZONES URBANISÉES

La commune de Lorcy comptait 556 habitants en 2012 (Source : INSEE). Il n'y a pas d'habitation dans le périmètre d'étude de 500m, néanmoins la carte ci-dessous indique les habitations les plus proches vis-à-vis des éoliennes.

La commune de Lorcy, possède une carte communale qui a été approuvée en 2008.



Carte 4 : Distances des éoliennes aux habitations les plus proches

III.1.2. ETABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC (ERP)

Aucun ERP ne se trouve dans le périmètre d'étude du projet.

III.1.3. INSTALLATIONS CLASSÉES POUR LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT (ICPE) ET INSTALLATIONS NUCLÉAIRES DE BASE

D'après la base des données des installations classées du ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie, aucune installation SEVESO n'est répertoriée sur la commune de Lorcy.

Une ICPE est répertoriée sur la commune de Lorcy mais distante de plus de 4 kilomètres du parc les Terres Chaudes. Cependant trois sites implantés sur les communes voisines de Corbeilles et Auxy sont plus proche du périmètre d'étude du projet.

Commune	Nom du site	Régime de classement au titre des ICPE	État d'activité	Distance au projet (km)
CORBEILLES	CRISTAL UNION	Autorisée	En exploitation	2,4
AUXY	SOUFFLET AGRICULTURE	Autorisée	En exploitation	3,6
AUXY	MONTATELON (SCEA) AUVRAY Bernard & MIGU	Autorisée	En exploitation	4,0
LORCY	EARL GAUCHER FRANCIS ET DANIELLE	Autorisée	En exploitation	4,1

Tableau 2 : Sites ICPE les plus proches du périmètre d'étude.

Aucune installation nucléaire de base n'est répertoriée sur la commune de Lorcy.

III.1.4. AUTRES ACTIVITÉS

L'activité principale au sein du périmètre d'étude est de nature agricole.

III.2. ENVIRONNEMENT NATUREL

III.2.1. CONTEXTE CLIMATIQUE

La région Centre-Val-de-Loire bénéficie d'un climat océanique dégradé. Les hivers sont frais et les étés sont doux. L'ensoleillement de cette région est assez important (environ 1850 h heures par an). L'amplitude thermique entre le mois le plus chaud est le plus froid peut-être assez importante avec 15,5°C.

La station météorologique de d'Orléans-Bricy se situe environ 55 km à l'ouest de la zone d'étude.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T min (°C)	1,1	0,9	3,0	4,8	8,6	11,5	13,3	13,2	10,5	7,9	4,0	1,7
T max (°C)	6,7	7,9	12,1	15,2	19,1	22,6	25,4	25,2	21,3	16,4	10,4	7,0
T moyenne calculée (°C)	3,9	4,4	7,6	10,0	13,9	17,1	19,4	19,2	15,9	12,2	7,2	4,4

Tableau 3: Températures moyennes (minimales et maximales) entre 1981 et 2010 pour la station Météo-France d'Orléans(Source : Météo-France)

Le mois de juillet est le mois le plus chaud avec une température maximale moyenne de 25,4°C. Le mois le plus froid est janvier avec une température minimale moyenne de 6,7°C.*

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Jours	7	7	5	1	0	0	0	0	0	1	2	6

Tableau 4: Nombre moyen de jours ayant une température inférieure ou égale à 0°C, entre 2005 et 2015, pour la station d'Orléans-Bricy (Source : infoclimat)

À Orléans, il est possible d’avoir des températures inférieures ou égales à 0°C sept mois par an. On rencontre également des températures inférieures ou égale à -10°C deux mois par an, en janvier et février. Le nombre moyen de jours ayant une température inférieure à 0°C sur une année est de 29.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Précipitations (mm)	52,3	44,4	46,4	49,4	64,2	44,8	59,9	50,0	50,5	64,4	58,0	58,2

Tableau 5: Pluviométrie moyenne mensuelle sur la station d’Orléans entre 1981 et 2010. (Source : Météo-France)

À Orléans, la pluviométrie moyenne est de 642,5 mm.

La rose des vents ci-dessous, issue des données de la station d’Orléans-Bricy située à environ 55 km à l’ouest du projet, est fournie à titre indicatif. En effet, elle ne peut pas représenter fidèlement les régimes de vent observés au niveau local. Cependant, avec 5 années d’enregistrements, les vents peuvent être considérés majoritairement de secteur nord-est et sud-ouest.

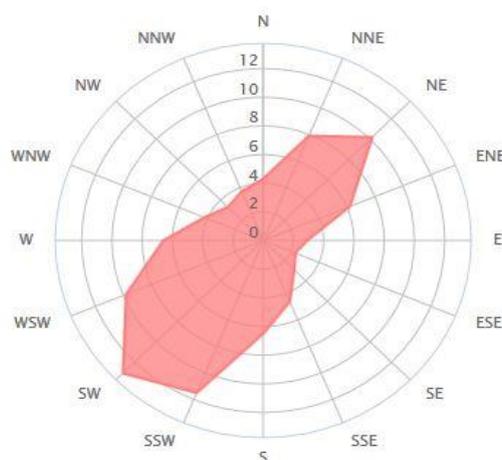


Figure 1: Rose des vents pour les relevés de la station météorologique d’Orléans-Bricy entre 2010 et 2015
(Source : Windfinder)

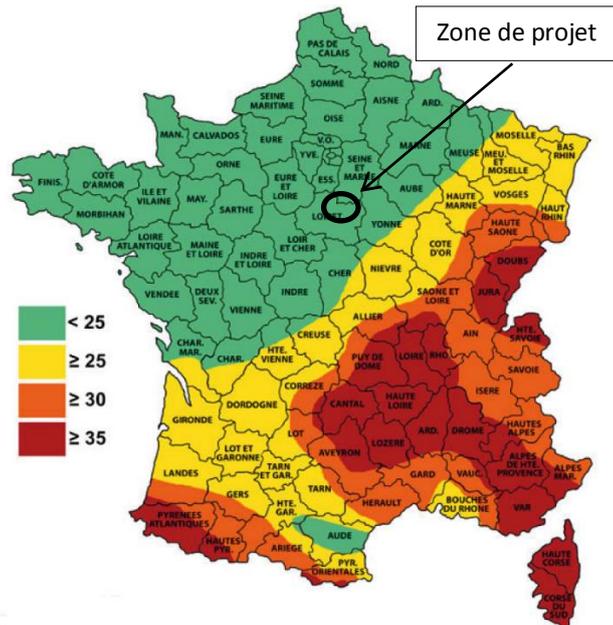
III.2.2. RISQUES NATURELS

Cette partie liste les différents risques naturels identifiés dans le périmètre d’étude. En effet, ces risques naturels sont susceptibles de constituer des agresseurs potentiels pour les éoliennes et devront être pris en compte dans l’évaluation préliminaire des risques.

La foudre :

Les éoliennes sont des projets de grande dimension pour lesquels le risque orageux et notamment la foudre, doit être prise en compte. L’activité orageuse d’une région est définie par le niveau kéraunique (Nk), c’est-à-dire le nombre de jours pendant lesquels on entend gronder le tonnerre.

Le niveau Kéraunique de la zone de projet est inférieur à ou égal à 25 jours par an. Les grands orages sont donc exceptionnels sur cette partie du territoire, la zone d’étude étant dans une région française où le niveau kéraunique est le plus faible (cf. carte ci-dessous).



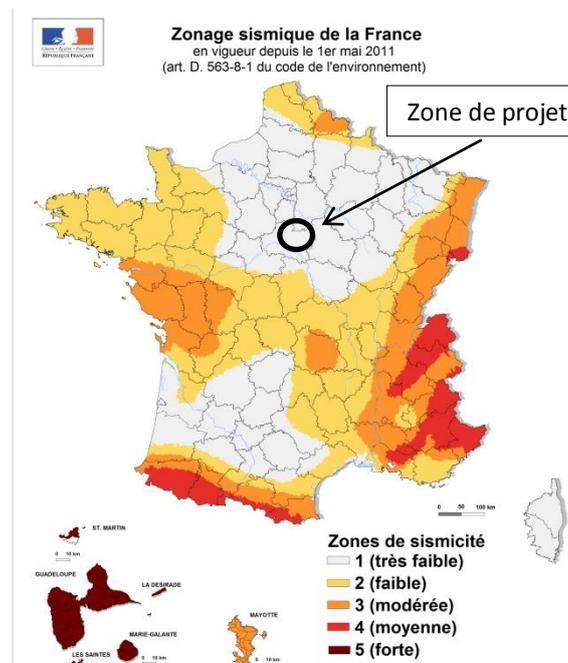
Carte 5 : Carte de France du niveau kéraunique (Source : INERIS)

Sismicité :

Le territoire national est divisé au niveau cantonal en cinq zones de sismicité croissante en fonction de la probabilité d'occurrence des séismes :

- Une zone de sismicité 1 où il n'y a pas de prescription parasismique particulière,
- Quatre zones 2, 3, 4 et 5, où les règles de construction parasismiques sont applicables.

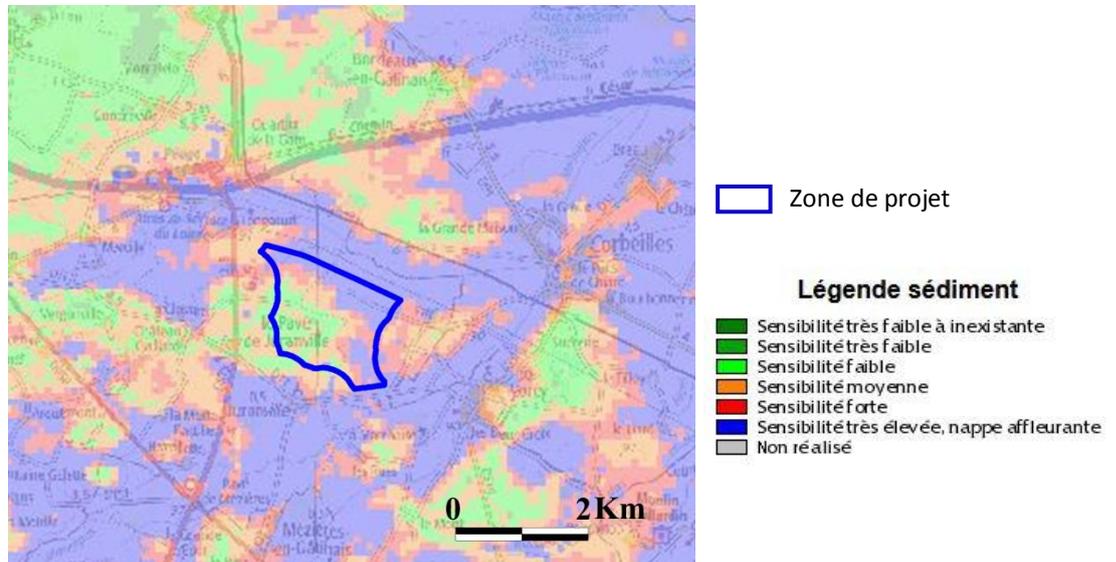
D'après la carte des aléas sismiques sur le territoire national (carte ci-dessous), la zone de projet se trouve dans une zone où la sismicité est très faible (zone de sismicité 1).



Carte 6 : Carte du zonage sismique de la France (Source : Planseisme.fr)

Inondation :

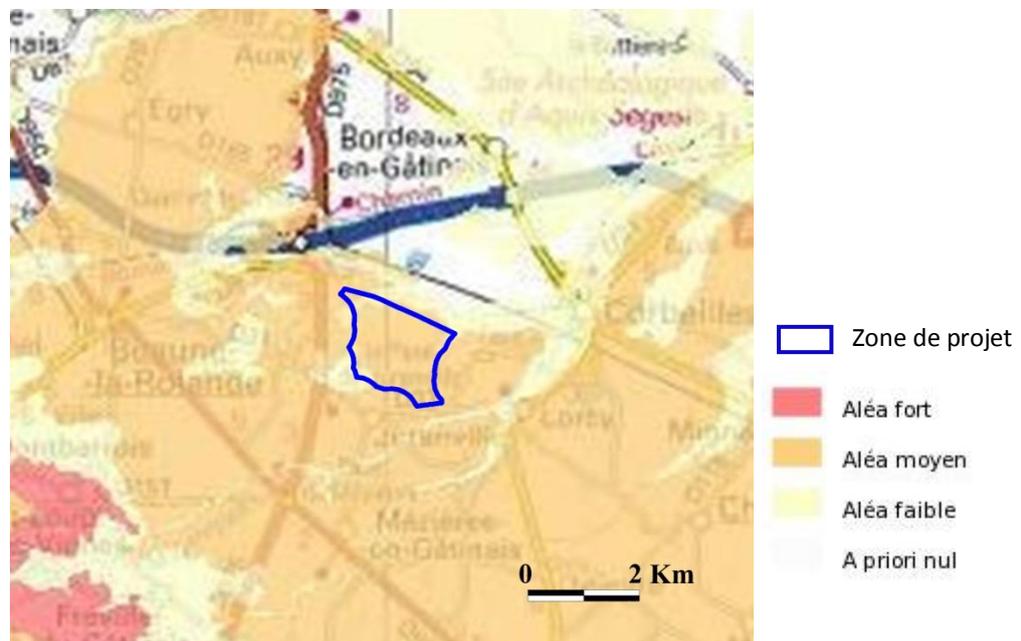
La commune de Lorcy ne possède pas de PPRI sur son territoire. Cependant, un Plan Communal de Sauvegarde (PCS) a été arrêté par le maire de Lorcy le 18 décembre 2015. **L'aléa de remontée des nappes est classé fort à très fort sur la zone d'étude et une nappe sub-affleurante est recensée.**



Carte 7: Identification du risque de remontée de nappes sur la commune de Lorcy (Source : BRGM)

Le risque de retrait ou de gonflement des argiles :

Le risque de retrait ou de gonflement des argiles rendent le sol instable et peuvent occasionner des dégâts importants aux constructions. **Le site d'implantation se situe dans sa majeure partie en aléa moyen.**



Carte 8: Aléa retrait gonflement des argiles sur la piste de projet (Source : BRGM)

Arrêtés de catastrophe naturelle :

Après consultation de la base de données sur le site Prim.net, la commune de Lorcy est concernée par les arrêtés de catastrophe naturelle suivant :

Type de catastrophe	Début le	Fin le	Arrêté du	Paru au J.O. du
Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999
Inondations et coulées de boue	29/04/2014	30/04/2014	07/08/2014	10/08/2014

Tableau 6: Arrêtés de reconnaissance de catastrophe naturelle sur la commune de Lorcy (Source : Prim.net)

III.3. ENVIRONNEMENT MATÉRIEL

III.3.1. VOIES DE COMMUNICATION

Aucune route communale ne traverse la zone de projet, le secteur d'étude est uniquement traversé par des chemins ruraux et d'exploitation. La route départementale D31 traverse le périmètre des 500 m de l'éolienne n°7 (cf carte 3 page 11).

III.3.2. RÉSEAUX PUBLICS ET PRIVÉS

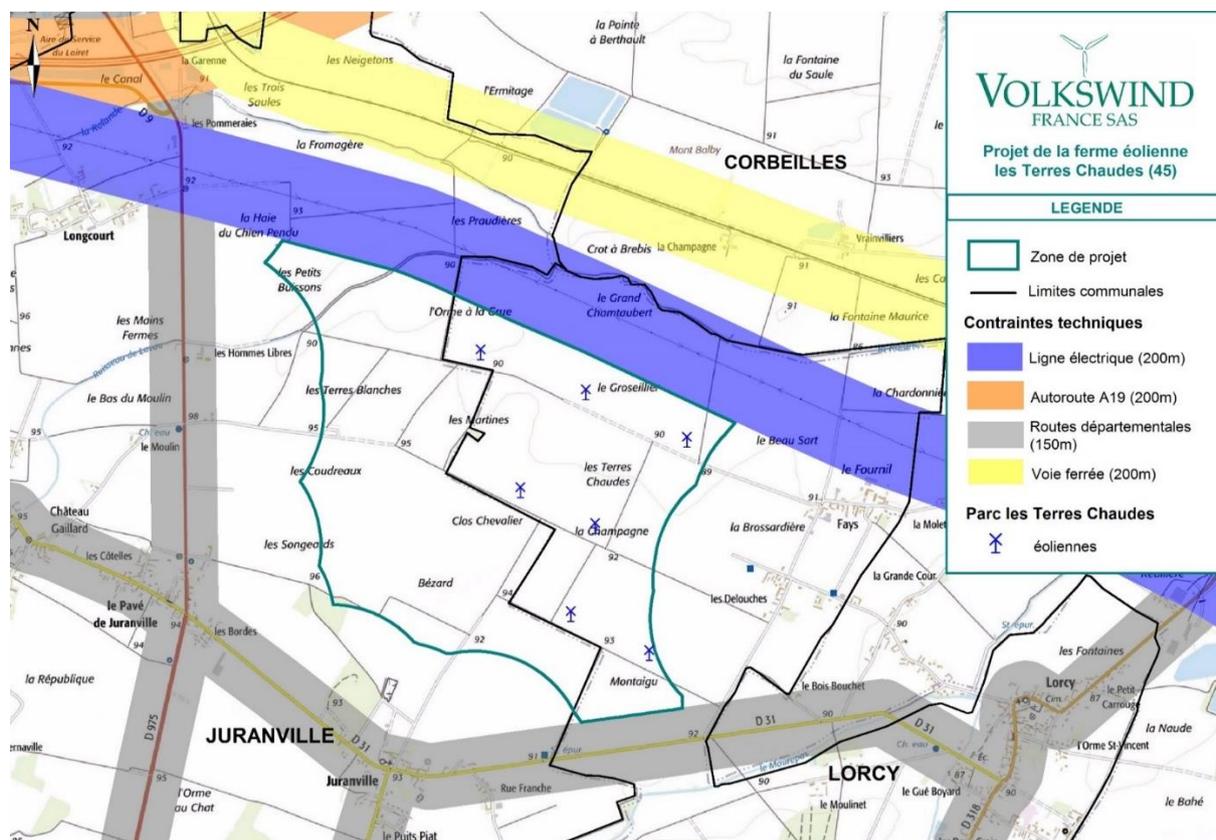
La ligne haute tension de Beaune-Villemandeur passe au nord de la zone d'étude. L'éolienne la plus proche de cet ouvrage est à plus de 350 m. Ainsi les prescriptions de retrait soumises par ERDF sont respectées.

La ligne de chemin de fer la plus proche est une ligne de Fret au Nord de la zone du projet, à environ 650 mètres. La SNCF (société nationale des chemins de fer français) recommande une zone tampon de 300m.

III.3.3. AUTRES OUVRAGES PUBLICS

Il n'existe pas d'autres ouvrages publics sur la zone d'étude.

Une cartographie de synthèse des différents réseaux est présente ci-après.



Carte 9 : Cartographie de synthèse des différents réseaux

III.4. CARTOGRAPHIE DE SYNTHÈSE

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

Dans cette étude, les chemins existants utilisés pour accéder aux éoliennes ont été pris en compte en tant que terrain aménagé mais peu fréquenté, a contrario des champs agricoles qui sont considérés en temps que terrain non aménagés et très peu fréquentés.

Voir plans du paragraphe VIII.2.4

IV. DESCRIPTION DE L'INSTALLATION

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

IV.1. CARACTÉRISTIQUES DE L'INSTALLATION

IV.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 (cf. schéma du raccordement électrique au paragraphe IV.3.1) :

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

❖ Éléments constitutifs d'un aérogénérateur

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

Les aérogénérateurs se composent de trois principaux éléments :

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

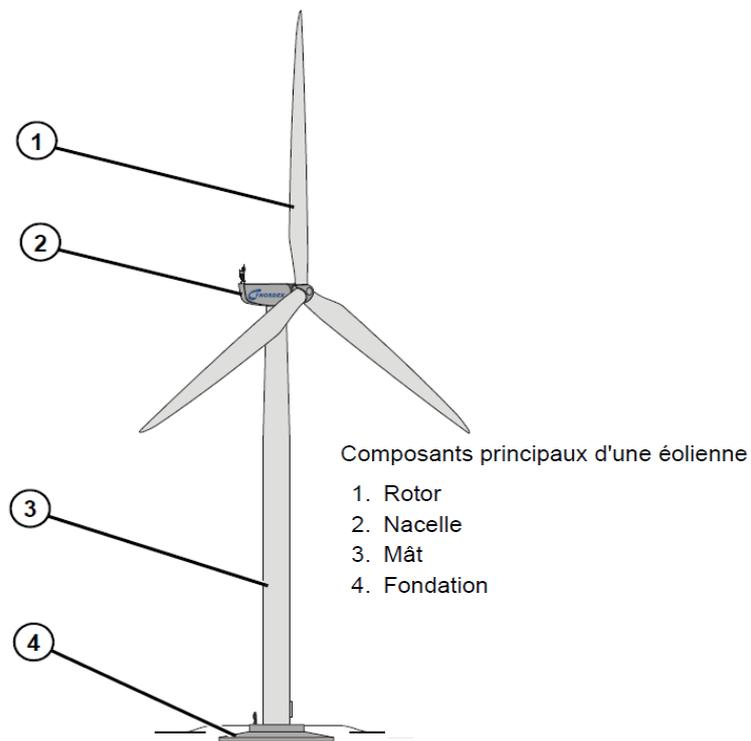


Figure 2: Schéma simplifié d'un aérogénérateur

❖ Emprise au sol

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

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

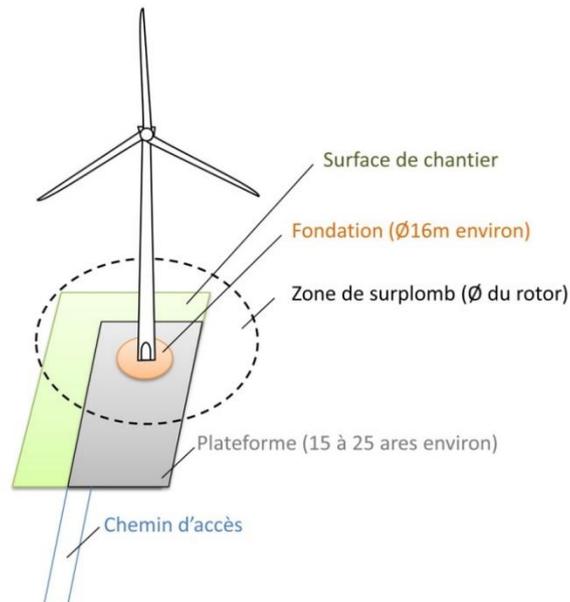


Figure 3: Illustration des emprises au sol d'une éolienne

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

❖ Chemins d'accès

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

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

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

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

❖ Autres installations

Aucune autre installation n'est prévue (parking, etc.)

IV.1.2. ACTIVITÉ DE L'INSTALLATION

L'activité principale du parc éolien les Terres chaudes est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent. Les aérogénérateurs N117 ont une hauteur de moyeu de 106 m, à l'exception de l'aérogénérateur n°1 dont le moyeu est à 91 m. Cette installation est donc soumise à la rubrique 2980 des installations classées pour la protection de l'environnement.

IV.1.3. COMPOSITION DE L'INSTALLATION

Le parc éolien les Terres chaudes est composé de 7 aérogénérateurs et d'un poste de livraison double (un seul bâtiment mais deux compartiments interne). Six aérogénérateurs ont une hauteur de moyeu de 106 mètres et un diamètre de rotor de 117 mètres, soit une hauteur totale en bout de pale de 164 mètres. L'aérogénérateur E01 a une hauteur de moyeu de 91 mètres et un diamètre de rotor de 117 mètres, soit une hauteur totale en bout de pale de 149 mètres.

Le poste de livraison double représente au total une surface au sol de 5x10 m².

Le tableau suivant indique les coordonnées géographiques des aérogénérateurs et du (des) poste(s) de livraison :

Numéro de l'éolienne	Hauteur de moyeu (m)	Diamètre du rotor (m)	Lambert 93 (m)		WGS 84 (dd°mm'ss,s'')		Altitude au sol en mètres NGF
			X	Y	Longitude (E)	Latitude (N)	
E01	91	117	612292	2341312	2°30'05"	48°04'15"	89,7
E02	106	117	612767	2341131	2°30'28"	48°04'09"	88
E03	106	117	613225	2340916	2°30'50"	48°04'02"	88,3
E04	106	117	612469	2340690	2°30'14"	48°03'55"	92,3
E05	106	117	612815	2340525	2°30'30"	48°03'50"	93,3
E06	106	117	612697	2340130	2°30'25"	48°03'37"	91,3
E07	106	117	613058	2339950	2°30'42"	48°03'31"	94,7
Centre du PDL			612465	2340631	2°30'13"	48°03'53"	93,4

Tableau 7: Coordonnées des éoliennes et PDL du projet

IV.2. FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

IV.2.1. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UN AÉROGÉNÉRATEUR

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

Les pales se mettent en mouvement lorsque l'**anémomètre** (positionné sur la nacelle) indique une vitesse de vent d'environ 10 km/h et c'est seulement à partir de 12 km/h que l'éolienne peut être couplée au réseau électrique. Le rotor et l'arbre dit «lent» transmettent alors l'énergie mécanique à basse vitesse (entre 5 et 20 tr/min) aux engrenages du multiplicateur, dont l'arbre dit «rapide» tourne environ 100 fois plus vite que l'arbre lent. Certaines éoliennes sont dépourvues de multiplicateur et la génératrice est entraînée directement par l'arbre «lent» lié au rotor. La génératrice transforme l'énergie mécanique captée par les pales en énergie électrique.

La puissance électrique produite varie en fonction de la vitesse de rotation du rotor. Dès que le vent atteint 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 production électrique atteint 2 500 kWh dès que le vent atteint environ 50 km/h. L'électricité produite par la génératrice correspond à un courant alternatif de fréquence 50 Hz avec une tension de 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'éoliennes), l'éolienne cesse de fonctionner pour des raisons de sécurité. Deux systèmes de freinage permettront d'assurer la sécurité de l'éolienne :

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

Eolienne Nordex N117 3600		
Conditions climatiques	Température ambiante de survie	-20 °C à +50 °C
	Puissance nominale	-20 °C à +40 °C
	Arrêter	-20 °C, redémarrage à -18 °C
	Certificat	Classe 2 selon IEC 61400-1
Conception technique	Puissance nominale	3600 kW
	Régulation de puissance	Variation active de pale individuelle
	Diamètre du rotor	116,8 m
	Hauteur du moyeu	91 m pour l'éolienne EO1 / 106 m pour les éoliennes EO2 à EO7.
	Concept de l'installation	Boite de vitesse, vitesse de rotation variable
	Plage de vitesse de rotation du rotor	7,9 à 14,1 tours par minute
Rotor	Type	Orientation active des pales face au vent
	Sens de rotation	Sens horaire

Eolienne Nordex N117 3600		
<i>Capte l'énergie mécanique du vent et la transmette à la génératrice</i>	Nombre de pales	3
	Surface balayée	10 715 m ²
	Contrôle de vitesse	Variable via microprocesseur
	Contrôle de survitesse	Pitch électromotorisé indépendant sur chaque pale
	Matériau des pales	Plastique renforcé à la fibre de verre (GFK), protection contre la foudre intégrée en accord complet avec la norme IEC 61 - 400-24 (Juin 2010)
Nacelle <i>Supporte le rotor et abrite le dispositif de conversion de l'énergie mécanique en électricité (génératrice, etc.) ainsi que les dispositifs de contrôle et de sécurité</i>	Arbre de rotor <i>Transmet le mouvement de rotation des pales</i>	Entraîné par les pales
	Multiplicateur <i>Augmente le nombre de rotation de l'arbre</i>	Engrenage planétaire à plusieurs étages + étage à roue dentée droite ou entraînement différentiel Tension nulle
	Génératrice <i>Produit l'électricité</i>	Asynchrone à double alimentation Tension de 660 V
Système de freinage	Frein principal aérodynamique	Orientation individuelle des pales par activation électromécanique avec alimentation de secours
	Frein auxiliaire mécanique	Frein à disque à actionnement actif sur l'arbre rapide
Mât <i>Supporte le rotor et la nacelle</i>	Type	Tubulaire en acier
	Nombre de sections	3 pour l'éolienne EO1 / 4 pour les éoliennes EO2 à EO7
	Protection contre la corrosion	Revêtement multicouche résine époxy
	Fixation du pied du mât	Cage d'ancrage noyée dans le béton de fondation
Transformateur <i>Elève la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau</i>	Caractéristiques	A l'intérieur du mât Tension de 20 kV à la sortie
Fondation <i>Ancre et stabilise le mât dans le sol</i>	Type	En béton armé, de forme octogonale
	Dimensions	Design adapté en fonction des études géotechnique et hydrogéologique réalisées avant la construction
Contrôle commande	Type matériel logiciel	Remote Field Controller/PLC, Nordex Control 2
	Démarrage automatique après coupure de réseau	Oui
	Démarrage automatique après vent de coupure	Oui

Eolienne Nordex N117 3600		
Périodes de fonctionnement	1,1 à 3 m/s	Un automate, informé par une girouette, commande aux moteurs d'orientation de placer l'éolienne face au vent
	Environ 3 m/s	Le vent est suffisant pour générer de l'électricité. L'éolienne peut être couplée au réseau électrique
	> 3 m/s	La génératrice délivre un courant électrique alternatif, dont l'intensité varie en fonction de la vitesse du vent
	12 à 25 m/s	L'éolienne fournit sa puissance nominale. Cette dernière est maintenue constante grâce à une réduction progressive de la portance des pales
Poste de livraison <i>Adapte les caractéristiques du courant électrique à l'interface entre le réseau privé et le réseau public</i>	Caractéristiques	Equipé de différentes cellules électriques et automates qui permettent la connexion et la déconnexion du parc éolien au réseau 20 kV

Tableau 8 : Caractéristiques de l'éolienne Nordex N117 3600

IV.2.2. SÉCURITÉ DE L'INSTALLATION

IV.2.2.1. RÈGLES DE CONCEPTION ET SYSTÈME QUALITÉ

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

Les aérogénérateurs de type N117/3600 font l'objet d'évaluations de conformité (tant lors de la conception que lors de la construction), de certifications de type (certifications CE) par un organisme agréé et de déclarations de conformité aux standards et directives applicables. Les équipements projetés répondront aux normes internationales de la Commission électrotechnique internationale (CEI) et Normes françaises (NF) homologuées relatives à la sécurité des éoliennes, et notamment :

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

D'autres normes de sécurité sont applicables :

- la génératrice est construite suivant le standard IEC60034 et les équipements mécaniques répondent aux règles fixées par la norme ISO81400-4.
- la protection foudre de l'éolienne répond au standard IEC61400-24 et aux standards non spécifiques aux éoliennes comme IEC62305-1, IEC62305-3 et IEC62305-4.
- la Directive 2004/108/EC du 15 décembre 2004 relative aux réglementations qui concernent les ondes électromagnétiques.
- le traitement anticorrosion des éoliennes répond à la norme ISO 9223.

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

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

IV.2.2.2. CONFORMITÉ AUX PRESCRIPTIONS DE L'ARRÊTÉ MINISTÉRIEL

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

Cela concerne notamment :

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

La description détaillée des différents systèmes de sécurité de l'installation sera quant à elle effectuée au stade de l'analyse préliminaire des risques, dans la partie VII.6.

IV.2.2.3. GESTION À DISTANCE DU FONCTIONNEMENT DES ÉOLIENNES

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

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

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

De plus, les éoliennes N117/3600 sont équipées d'un système de contrôle à distance des données. La supervision peut s'effectuer à distance depuis un PC équipé d'un navigateur Internet et d'une connexion ADSL ou RNIS. Le logiciel de supervision (SCADA – Supervising Control And Data Acquisition) utilisé est le Nordex Control 2.

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

IV.2.2.4. MÉTHODES ET MOYENS D'INTERVENTION

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

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

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

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

IV.2.3. OPÉRATIONS DE MAINTENANCE DE L'INSTALLATION

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

- type 1 : vérification après 300 à 500 heures de fonctionnement (contrôle visuel du mât, des fixations fondation/tour, tour/nacelle, rotor...et test du système de déclenchement de la mise en sécurité de l'éolienne),
- type 2 : vérification semestrielle des équipements mécaniques et hydrauliques,
- type 3 : vérification annuelle des matériaux (soudures, corrosions), de l'électrotechnique et des éléments de raccordement électrique,
- type 4 : vérification quinquennale de forte ampleur pouvant inclure le remplacement de pièces.

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

Pour la maintenance, une équipe de techniciens spécialisés est implantée à proximité du parc. En cas de déviance sur la production ou d'avarie technique, l'équipe de maintenance interviendra sur le site.

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

IV.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 éolien les Terres Chaudes.

IV.2.5. PROCÉDURE EN CAS D'INCIDENT

PROCEDURE EN CAS D'INCIDENCE / VOLKSWIND Opération & Maintenance



Volkswind All right reserved

Figure 4 : Procédure en cas d'incident

Description

- Capteurs :

Les éoliennes exploitées par la société Volkswind sont équipées des capteurs/détecteurs nécessaires répondant aux demandes d'ICPE (voir chapitre VII.6 sur les fonctions de sécurité).

Ces dispositifs sont implantés dans les machines selon les normes EN et NF et subissent des tests périodiques et fonctionnels particuliers et adaptés.

Leurs rôles sont de détecter des anomalies survenues au cours de l'exploitation d'une éolienne. En cas d'entrée en fonctionnement anormal de l'éolienne, l'automate de l'éolienne génère une alarme spécifiant le type d'événement : incendie (détecteur de fumée), survitesse (rotor ou génératrice s'emballe), risque de glace/givre (dédecteur ou calculateur différentiel).

Enfin, l'alarme est transmise aux opérateurs (constructeur et exploitant) via la voie internet (Email) ou SMS/Appel téléphonique.

- La télésurveillance : système SCADA

C'est le système informatique qui permet de visualiser les paramètres techniques dans une éolienne. Plusieurs capteurs/sondes de température y sont reliés ce qui permet à l'opérateur de contrôler l'état d'une éolienne à distance et d'interagir avec elle (arrêt/mise en pause ou redémarrage si besoin de la machine).

- Centre Monitoring

Ce service est proposé par le constructeur de l'éolienne. Les opérateurs surveillent 24/7 les éoliennes du constructeur à l'échelle mondiale. En cas d'événement anormal, une vérification des paramètres techniques est réalisée afin de lever le doute. Si nécessaire, une équipe peut être envoyée sur site pour lever visuellement le doute.

En cas d'alerte (feu ou survitesse), l'opérateur arrête immédiatement la machine pour la mettre en sécurité et enclenche la procédure d'information à l'exploitant et/ou aux secours si nécessaire.

- VOLKSWIND Opération & Maintenance

La Ferme Eolienne les Terres Chaudes délègue le service Opération & Maintenance à VOLKSWIND.

Une équipe qualifiée est d'astreinte 24/7. Elle est chargée de gérer l'exploitation technique des éoliennes.

Le personnel, basé en France et en Allemagne, est en mesure de se connecter en permanence au SCADA des parcs éoliens et réalise la surveillance à distance en redondance avec les constructeurs.

Cette équipe est joignable en permanence sur un numéro générique d'exploitation qui figure sur les panneaux d'avertissement à proximité de chaque éolienne en exploitation ce qui permet à un tiers, témoin d'un problème de fonctionnement, de contacter directement l'exploitant.

Ce numéro est également communiqué à tous les acteurs principaux du site en exploitation tel que : les constructeurs, sous-traitants électriques, ERDF, SDIS, etc. Tous les appels téléphoniques seront transférés à une personne en charge qui traitera la demande en fonction de la nature de l'événement survenu et sera responsable de prévenir les services de secours dans les 15mn suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'éolienne.

- Service Départemental d'Incendie et de Secours (SDIS)

C'est le service compétent à qui l'alerte doit être transmise en cas de nécessité. Ce service va mobiliser les moyens humains et techniques nécessaires en cas d'intervention selon ses propres procédures.

Un travail en amont sera réalisé avec le SDIS concerné par le projet afin d'identifier les informations pratiques du site éolien tel que : identification du parc, nombre et type d'éolienne, localisation de l'installation, des accès possibles, numéro de l'exploitant et des intervenants possibles, etc. afin de garantir les meilleures conditions possibles pour l'intervention des secours (rapidité, mobilisation des bons moyens d'intervention, etc.).

Le SDIS est informé des moyens déjà à disposition dans les éoliennes en cas d'intervention :

- Les extincteurs portatifs à disposition dans la nacelle et en bas de la tour.
- Kit d'évacuation en hauteur par la trappe et palan dans la nacelle.
- La disposition des boutons d'Arrêt d'Urgence dans l'éolienne.
- Numéro du centre de conduite ERDF (couper l'alimentation du Poste de Livraison à distance).

En accord avec le SDIS, des consignes types sont indiquées sur site permettant d'identifier clairement les éléments d'information à donner aux secours lors d'un appel d'urgence, via le numéro 18 (type d'incidence, accident avec personne ou non, incendie, etc). Ainsi le SDIS sera en mesure de mobiliser les moyens adéquates : pompiers, GRIMP, évacuation en hélicoptère ou tout simplement mise en sécurité du périmètre s'il n'y a pas de possibilité /nécessité d'intervenir dans les éoliennes.

- Procédure d'urgence

C'est un document rédigé par le SDIS, en collaboration avec l'exploitant au moment de la mise en service du site, comportant les recommandations d'intervention en fonction du type d'incident. Il s'agit d'un document propre à chaque SDIS.

Les consignes de sécurité aux personnels du SDIS et du site y sont identifiées.

IV.3. FONCTIONNEMENT DES RÉSEAUX DE L'INSTALLATION

IV.3.1. RACCORDEMENT ÉLECTRIQUE

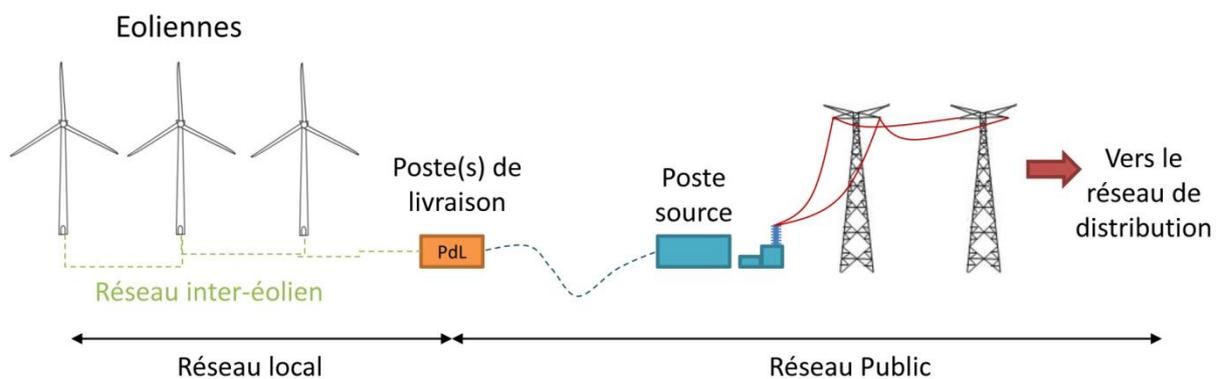


Figure 5 : Raccordement électrique des installations

L'énergie produite dans la génératrice a une tension de 0,660 kV. À l'intérieur même de chaque éolienne se trouvent un transformateur qui augmente la tension jusqu'à 20 000 volts. Le cheminement passe ensuite par le poste de livraison puis par le poste source où la tension reste la même (20 kV). Enfin, dans le poste source, la tension est augmentée de 20 kV à la tension du réseau (90 kV dans l'exemple présenté ici) pour être évacuée dans le réseau de distribution.

On notera que dans le cas de poste source relativement ancien, le niveau de tension du poste source est de 15 kV au lieu de 20 kV. Dans ce cas, la tension en sortie de poste de livraison jusqu'au poste source sera de 15 kV.

❖ Réseau inter-éolien

Conformément au décret du 2 mai 2014 et plus particulièrement à l'article 6, les éléments suivants attestent de l'entière conformité des liaisons électriques intérieures avec la réglementation technique en vigueur.

Ces éléments viennent argumenter la demande **d'approbation le projet d'ouvrage privé au titre de l'article L. 323-11 du code de l'énergie**.

Le réseau inter-éolien permet de relier le transformateur, intégré ou non dans le mât de chaque éolienne¹, au point de raccordement avec le réseau public. Ce réseau comporte également une liaison de télécommunication qui relie chaque éolienne au terminal de télésurveillance. Ces câbles constituent le réseau interne de la centrale éolienne, ils sont tous enfouis à une profondeur minimale de 80 cm.

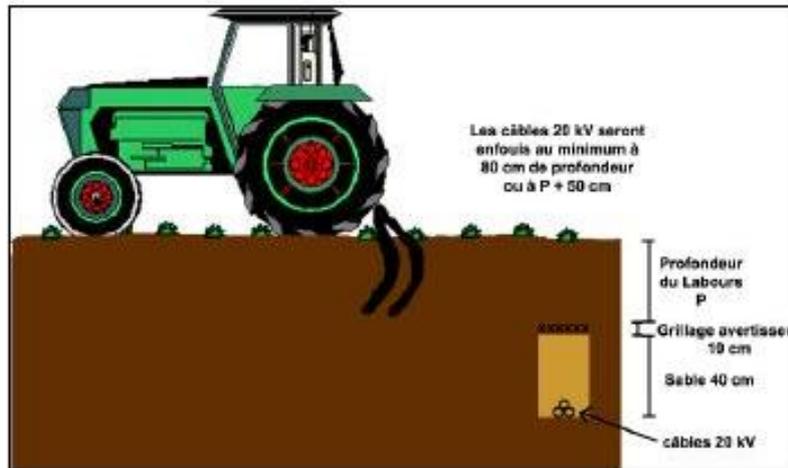


Figure 6 : Tranchées sous champs labourés

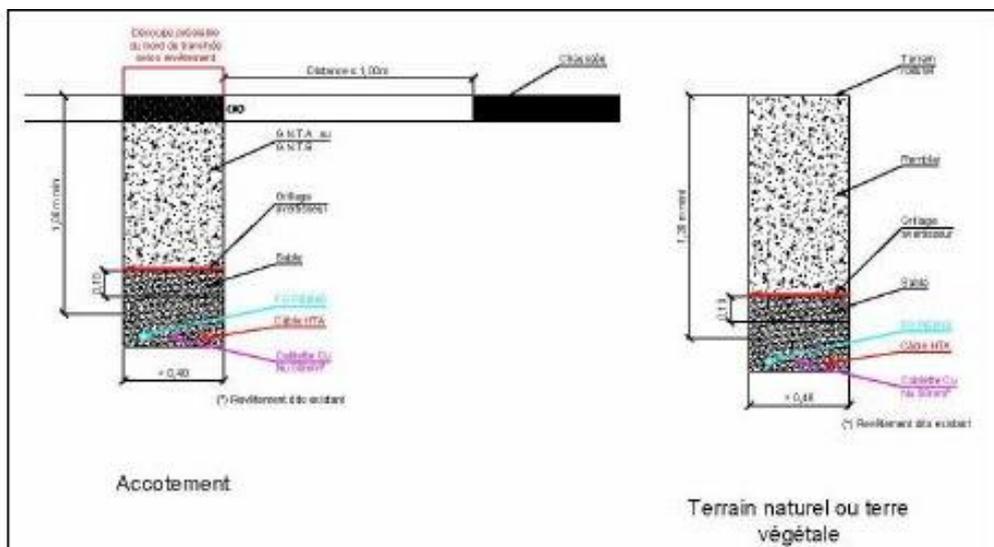


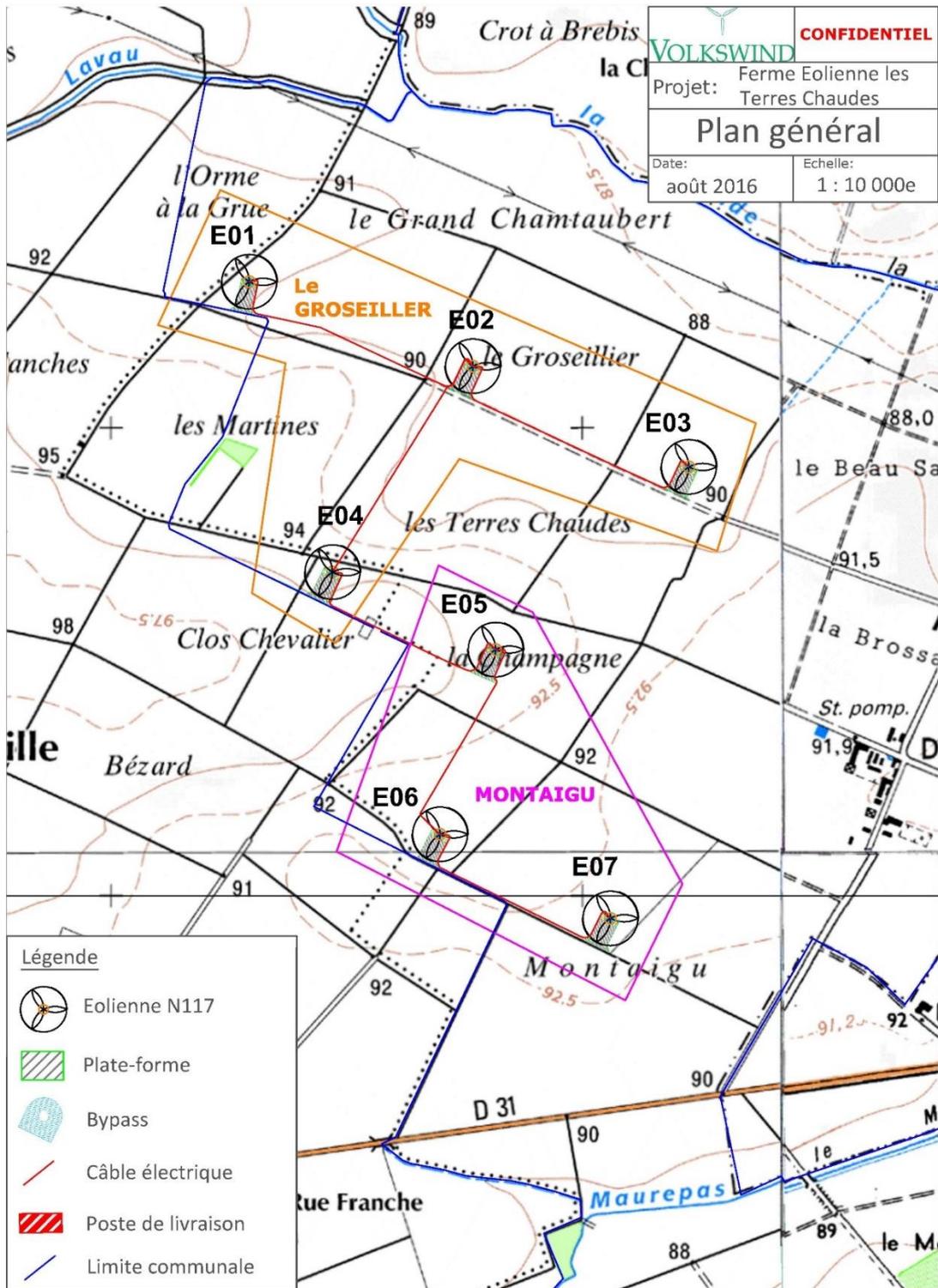
Figure 7: Coupes des tranchées potentielles

La figure représentée ci-dessus illustre deux types de tranchées potentielles qui pourraient concerner le projet du parc éolien les Terres chaudes, à savoir une tranchée à proximité d'une chaussée et une seconde en terrain naturel. Ces tranchées peuvent contenir plusieurs types de câbles dont un exemple de fiche type se trouve en Annexe 5 – Caractéristiques des câbles (exemple de fiche type) page 115.

Pour le projet du parc éolien les Terres chaudes, un plan du réseau intra-parc est défini ainsi que deux groupes de raccordement. Le premier groupe « le Groseiller » est constitué des éoliennes E01, E02, E03 et E04. Le

¹ Si le transformateur n'est pas intégré au mât de l'éolienne, il est situé à l'extérieur du mât, à proximité immédiate, dans un local fermé.

second, « Montaigu », est composé des éoliennes E05, E06 et E07. Les deux groupes sont reliés au même poste de livraison qui se trouve à proximité de l'éolienne E04.



Carte 10 : Plan général des groupes de raccordement au poste de livraison

Pour plus de précision, le câblage intra-parc est également visible sur les plans ICPE à l'échelle 1/1000. Le détail des deux groupes précédemment cités, comme la section et la longueur du câble nécessaire, est disponible dans les tableaux de données présentés ci-dessous.

Commune de Lorcy E01 - E02 - E04 - PdL											
Type de Câble	Longueur (mètres)	De Eol à Eol	Commune	Parcelle traversée (distance)	type de raccordement	MW dans le câble	R' résistance câble	R	X' résistance câble	X	
1	150 mm ²	626	E01 – E02	Lorcy	ZS 5 (114 m)	plein champ	3,6	0,206	0,128956	0,11	0,06886
				Lorcy	ZS 6 (512 m)	plein champ					
2	240 mm ²	560	E02 – E04	Lorcy	ZS 6 (96 m)	plein champ	10,8	0,125	0,07	0,1	0,056
				Lorcy	Chemin (6 m)	sous chemin d'exploitation					
3	400 mm ²	78	E04 - PdL	Lorcy	ZS 19 (458)	plein champ	14,4	0,0778	0,0060684	0,098	0,007644
Sous-total								0,2050244		0,132504	
La section la plus impédante est :								0,2050244		0,132504	

Tableau 9: Tableau R&X du groupe « Le Groseiller », raccordement E01

Commune de Lorcy E03 – E02 - E04 - PdL											
Type de Câble	Longueur (mètres)	De Eol à Eol	Commune	Parcelle traversée (distance)	type de raccordement	MW ds le câble	R' résistance câble	R	X' résistance câble	X	
1	150 mm ²	634	E03 – E02	Lorcy	ZS 9 (318 m)	plein champ	3,6	0,206	0,130604	0,11	0,06974
				Lorcy	ZS 8 (94 m)	plein champ					
				Lorcy	ZS 6 (222 m)	plein champ					
2	240 mm ²	560	E02 – E04	Lorcy	ZS 6 (96 m)	plein champ	10,8	0,125	0,07	0,1	0,056
				Lorcy	Chemin (6 m)	sous chemin d'exploitation					
3	400 mm ²	78	E04 - PdL	Lorcy	ZS 19 (458)	plein champ	14,4	0,0778	0,0060684	0,098	0,007644
Sous-total								0,2066724		0,133384	
La section la plus impédante est :								0,2066724		0,133384	

Tableau 10: Tableau R&X du groupe « Le Groseiller », raccordement E03

Commune de Lorcy E07 - E06 - E05 – PdL											
Type de Câble	Longueur (mètres)	De Eol à Eol	Commune	Parcelle traversée (distance)	type de raccordement	MW dans le câble	R' résistance câble	R	X' résistance câble	X	
1	150 mm ²	530	E07 – E06	Lorcy	ZV 7 (127 m)	plein champ	3,6	0,206	0,10918	0,11	0,0583
				Lorcy	ZV 5 (129 m)	plein champ					
				Lorcy	ZV 4 (274 m)	plein champ					
2	150 mm ²	480	E06 – E05	Lorcy	ZV 4 (377 m)	plein champ	7,2	0,206	0,09888	0,11	0,0528
				Lorcy	Chemin (6 m)	sous chemin d'exploitation					
				Lorcy	ZS 16 (97 m)	plein champ					
3	240 mm ²	428	E05 – PdL	Lorcy	ZS 16 (172 m)	plein champ	10,8	0,125	0,0535	0,1	0,0428
				Lorcy	ZS 17 (33 m)	plein champ					
				Lorcy	ZS 18 (139 m)	plein champ					
				Lorcy	ZS 19 (84 m)	plein champ					
Sous-total								0,26156		0,1539	
La section la plus impédante est :								0,26156		0,1539	

Tableau 11: Tableau R&X du groupe « Montaigu »

Les schémas unifilaires qui illustrent ces tableaux sont disponibles en annexe 08.

❖ Poste de livraison

Le poste de livraison est le nœud de raccordement de toutes les éoliennes avant que l'électricité ne soit injectée dans le réseau public. Certains parcs éoliens, par leur taille, peuvent posséder plusieurs postes de livraison, voire se raccorder directement sur un poste source, qui assure la liaison avec le réseau de transport d'électricité (lignes haute tension).

La localisation exacte des emplacements des postes de livraison est fonction de la proximité du réseau inter-éolien et de la localisation du poste source vers lequel l'électricité est ensuite acheminée.

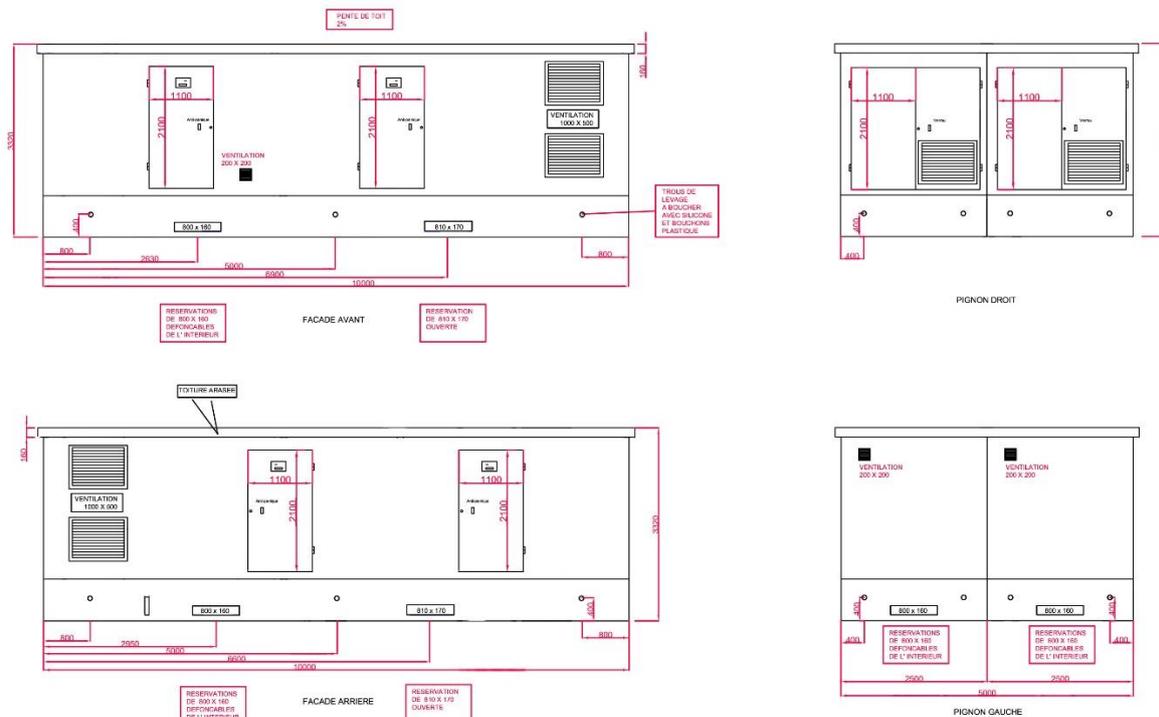


Figure 8 : Plan du poste de livraison 12 m x 6 m (éolienne EO4)

S'agissant du plan de façade du poste de livraison, et plus particulièrement de l'emplacement et du nombre des portes, il est à noter que les attentes du gestionnaire du réseau pourront contraindre la société à modifier le présent plan. En effet, la présence d'un filtre actif ou passif, l'évolution de certaines normes ou des attentes particulières du gestionnaire de réseau par exemple peuvent contraindre à modifier l'agencement intérieur des postes et donc à modifier l'emplacement et le nombre des portes d'accès. Néanmoins, le plan de façade présenté permet de représenter la philosophie générale du traitement visuel des ouvrants d'un poste de livraison. Quel que soit le nombre et l'emplacement de ces derniers, le traitement visuel sera réalisé de la même manière.

❖ Réseau électrique externe

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

IV.3.2. AUTRES RÉSEAUX

Le parc éolien les Terres Chaudes 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.

V. IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION

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

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

V.1. POTENTIELS DE DANGERS LIÉS AUX PRODUITS

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

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

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

La liste est fournie dans le tableau suivant :

Lieu de lubrification	Désignation	Lubrifiant	Quantité	Classe de matière dangereuse
Système de refroidissement /Génératrice, /Convertisseur	Varidos FSK 45	Liquide de refroidissement	env. 70 L	Xn
Roulements de la génératrice	Klüberplex BEM 41-132	Graisse	env. 9,4 kg	-
Multiplicateurs, circuits de refroidissement inclus	Mobilgear XMP 320 Pour CCV : Optigear Synthetic / A320Optigear Synthetic X320Mobilgear SHC XMP 320	Huile minérale Huile synthétique	450L ou 550 L ou 650 L	-
Système Hydraulique	Shell Tellus S4 VX 32	Huile minérale	env. 25 L	-
Palier de rotor	Mobil SHC Graisse 460 WT	Graisse	env. 30 kg	-

Roulement d'orientation de pale /Voie de roulement	Mobil SHC Graisse 460 WT	Graisse	3 x 4,9 kg	-
Engrenage	Ceplattyn BL gleitmo 585 K pour CCV	Graisse Graisse	env. 0,5 kg	-
Engrenage (orientation de pale)	Mobil SHC 629	Huile synthétique	3 x 11 L	-
Engrenage de système d'orientation	Mobil SHC 629	Huile synthétique	3/4 x 21 L	-
Roulements de système d'orientation /Voie de roulement	Mobil SHC Graisse 460 WT	Graisse	3,8 kg	-
/ Engrenage	Ceplattyn BL gleitmo 585 K pour CCV	Graisse Graisse	env. 0,5 kg	-
Transformateur	-	-	-	-

Nota : Graisse = lubrifiant solide ; huile = lubrifiant liquide

Tableau 12 : Produits identifiés dans le cadre du parc éolien les Terres Chaudes

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(s) poste(s) de livraison.

Les risques associés aux différents produits concernant le site du parc éolien les Terres Chaudes sont :

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

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

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

V.2. POTENTIELS DE DANGERS LIÉS AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

Les dangers liés au fonctionnement du parc éolien les Terres Chaudes sont de cinq types :

- Chute d'éléments de l'aérogénérateur (boulons, morceaux d'équipements, etc.) ;
- Projection d'éléments (morceaux de pale, brides de fixation, etc.) ;
- Effondrement de tout ou partie de l'aérogénérateur ;
- Echauffement de pièces mécaniques ;
- Courts-circuits électriques (aérogénérateur 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 13 : Recensement des dangers potentiels

V.3. RÉDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS À LA SOURCE

V.3.1. PRINCIPALES ACTIONS PRÉVENTIVES

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

❖ Les habitations

La distance minimale imposée par la loi est de 500m, l'habitation existante la plus proche se trouve à environ 540m de l'éolienne E07.

❖ Les voies de communications

Le règlement impose une servitude de recul de 75 m des routes à grande circulation (article L.11-1-4 du code de l'urbanisme) et de 100m concernant les autoroutes.

Sur le projet de la ferme éolienne les Terres Chaudes, l'axe le plus important est l'autoroute A19/E60 située environ à 1800 m de l'éolienne E01. Les départementales D31, D975, D318, D94 sont respectivement à environ 390 m, 1 330 m, 1 600 m et 2 400 m de l'éolienne la plus proche du parc les Terres Chaudes.

Ces distances au réseau viaire permettent de réduire les potentiels de danger.

❖ Les réseaux

Une ligne haute tension passe au nord de la zone de projet, cependant l'éolienne la plus proche de cet ouvrage est à environ 350 mètres. Ainsi, les préconisations de retrait soumises par ERDF sont respectées.

Aucun oléoduc ni aucun réseau de gaz n'est présent sur la zone d'étude.

Aucun captage d'eau n'est présent sur la commune de Lorcy.

Un réseau d'irrigation et un réseau de drainage sont en place sur la zone de projet.

Aucun autre réseau n'est présent dans la zone de projet.

❖ **Choix du constructeur NORDEX**

NORDEX, fournisseur des éoliennes et assurant leur maintenance, dispose d'un système de management HSE respecté par tous ses salariés.

Le respect des règles de conduite et la limitation de la vitesse de circulation des engins et véhicules seront imposés. Un plan de circulation sera établi pour l'accès depuis les routes les plus proches.

Les interventions se font par du personnel possédant l'habilitation électrique et la législation du travail dans les installations en hauteur, après visite de conformité par un organisme de contrôle agréé. Les techniciens de NORDEX sont formés, entraînés et autorisés. Ils sont équipés de leurs EPI.

Des procédures d'installation et de maintenance claires et détaillées seront disponibles pour chacun des équipements.

Le design et l'assemblage des équipements respectent les normes en vigueur et normes constructeur.

❖ **Le balisage aéronautique**

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.

L'arrêté du 13 novembre 2009 (relatif à la réalisation du balisage des éoliennes situées en dehors des zones grevées de servitudes aéronautiques) fixe les exigences de réalisation du balisage des éoliennes qui constituent un obstacle à la navigation aérienne.

Le balisage lumineux d'obstacle sera :

- Installé sur toutes les éoliennes ;
- Assuré de jour par des feux à éclats blancs ;
- Assuré de nuit par des feux à éclats rouges ;
- Assure la visibilité de l'éolienne dans tous les azimuts (360°) ;
- Des feux de basse intensité de type B seront installés sur le mât à 45m de hauteur ;
- Synchronisé de jour comme de nuit.



Figure 9 : Exemple de balisage

❖ **Le balisage des prescriptions**

Conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux éoliennes, un balisage d'information des prescriptions à observer par les tiers sont affichées sur le chemin d'accès de chaque aérogénérateur et sur le poste de livraison.

Les prescriptions figurant sur les panneaux sont :

- Les consignes de sécurité à suivre en cas de situation anormale ;
- Interdiction de pénétrer dans l'aérogénérateur ;

- Mise en garde face aux risques d'électrocution ;
- Mise en garde face au risque de chute de glace.



Figure 10 : Exemple de panneau d'affichage de prescriptions

❖ Réduction des dangers liés aux produits

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

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

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

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

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

V.3.2. UTILISATION DES MEILLEURES TECHNIQUES DISPONIBLES

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

La directive IPPC a été remplacée par la directive 2010/75/UE relative aux émissions industrielles, appelée directive IED. Cette nouvelle directive réunit en un seul texte sept directives distinctes relatives aux émissions industrielles. Elle regroupe en particulier la directive IPPC, la directive 2001/80/CE relative aux grandes installations de combustion, la directive 2000/76/CE relative à l'incinération de déchets et la directive 1999/13/CE relative aux émissions de solvants.

Ce texte renforce tous les grands principes de la directive IPPC et élargit légèrement le champ d'application.

Le bureau européen IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control) a élaboré des documents guides, les BREF (Best REferences), pour un certain nombre de branches industrielles ou de types d'installations

techniques, faisant l'état des Meilleures Technologies Disponibles. La Directive IED est entrée en vigueur le 6 janvier 2011. Les BREF deviennent la référence obligatoire pour la détermination des conditions d'autorisation.

Les éoliennes n'entrent pas dans le champ d'application de l'annexe I de la directive IED ou rubrique 3000 et suivantes de la nomenclature des ICPE. Elles ne consomment pas de matières premières et ne rejettent aucune émission dans l'atmosphère. Elles ne sont pas soumises aux prescriptions de cette directive.

VI. 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 spécialisées, etc.). Ces bases de données sont cependant très différentes tant en termes de structuration des données qu'en termes de détail de l'information.

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

VI.1. INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS EN FRANCE

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

Plusieurs sources ont été utilisées pour effectuer 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 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). Ce tableau de travail a été validé par les membres du groupe de travail précédemment mentionné.

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

Le graphique suivant montre la répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateur français entre 2000 et 2011. Cette synthèse exclut les accidents du travail (maintenance, chantier de construction, etc.) et les événements qui n'ont pas conduit à des effets sur les zones autour des aérogénérateurs. Dans ce graphique sont présentés :

- La répartition des événements effondrement, rupture de pale, chute de pale, chute d'éléments et incendie, par rapport à la totalité des accidents observés en France. Elles sont représentées par des histogrammes de couleur foncée ;
- La répartition des causes premières pour chacun des événements décrits ci-dessus. Celle-ci est donnée par rapport à la totalité des accidents observés en France. Elles sont représentées par des histogrammes de couleur claire.

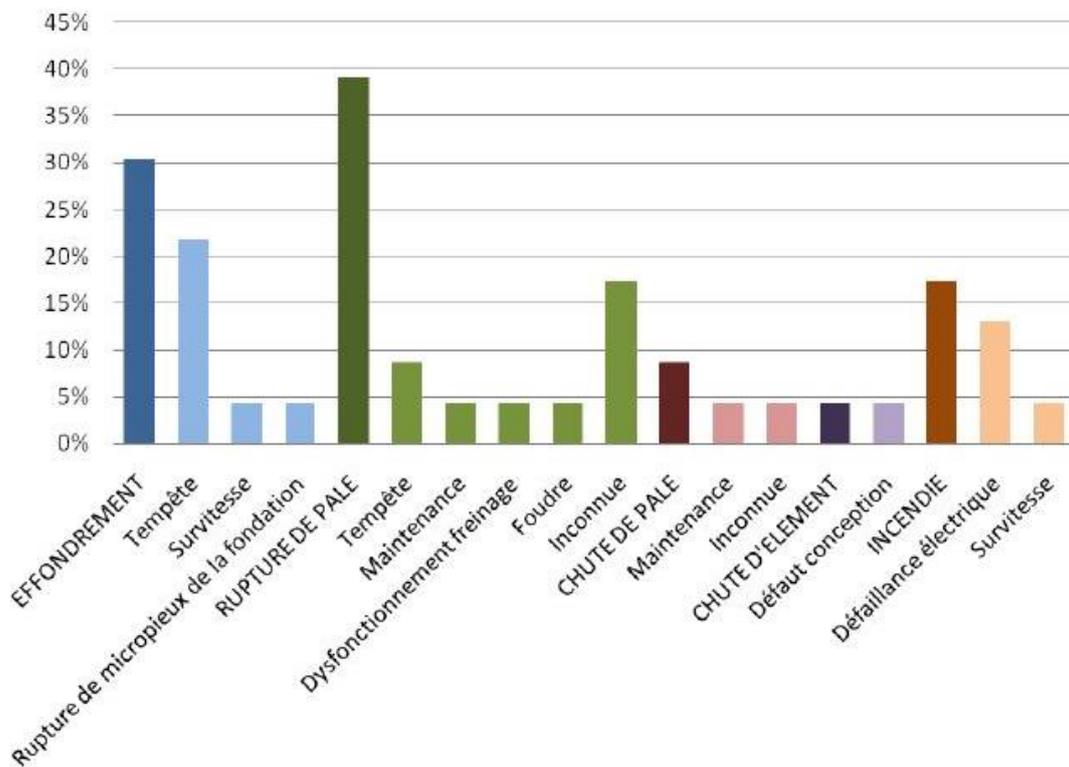


Figure 11: Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateur français entre 2000 et 2011

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

VI.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.

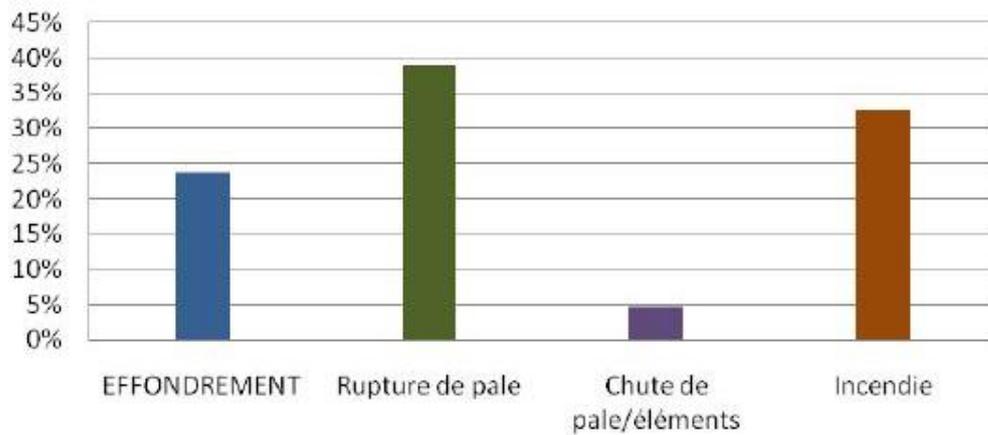


Figure 12: Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2011

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

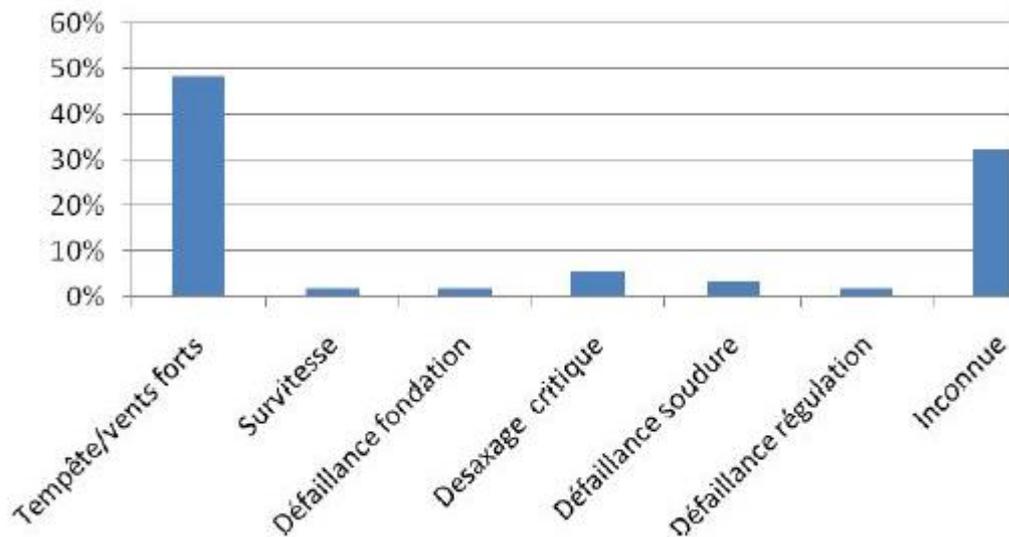


Figure 13: Répartition des causes premières d'effondrement

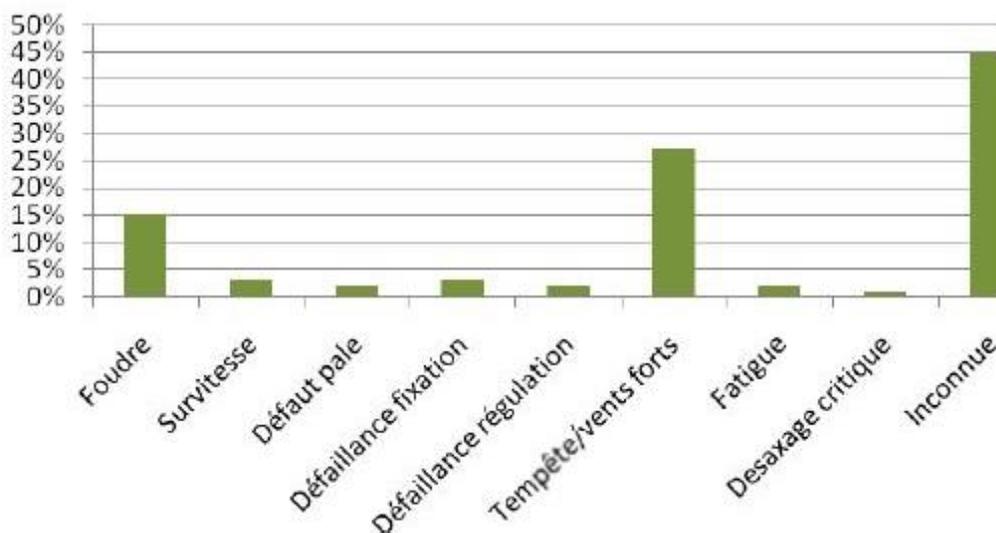


Figure 14: Répartition des causes premières de rupture de pale

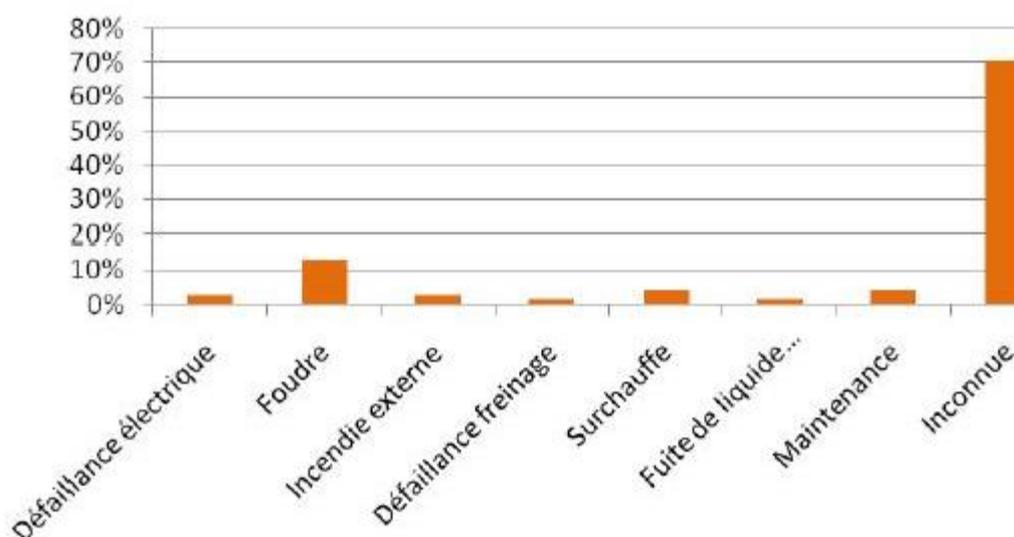


Figure 15: Répartition des causes premières d'incendie

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

VI.3. INVENTAIRE DES ACCIDENTS MAJEURS SURVENUS SUR LES SITES DE L'EXPLOITANT

Le groupe VOLKSWIND n'a jamais connu d'accident majeur sur l'un de ses parcs éoliens.

VI.4. SYNTHÈSE DES PHÉNOMÈNES DANGEREUX REDOUTÉS ISSUS DU RETOUR D'EXPÉRIENCE

VI.4.1. ANALYSE DE L'ÉVOLUTION DES ACCIDENTS EN FRANCE

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

La figure ci-dessous montre cette évolution et il apparaît clairement que le nombre d'incidents n'augmente pas proportionnellement au nombre d'éoliennes installées. Depuis 2005, l'énergie éolienne s'est en effet fortement développée en France, mais le nombre d'incidents par an reste relativement constant.

Cette tendance s'explique principalement par un parc éolien français assez récent, qui utilise majoritairement des éoliennes de nouvelle génération, équipées de technologies plus fiables et plus sûres.

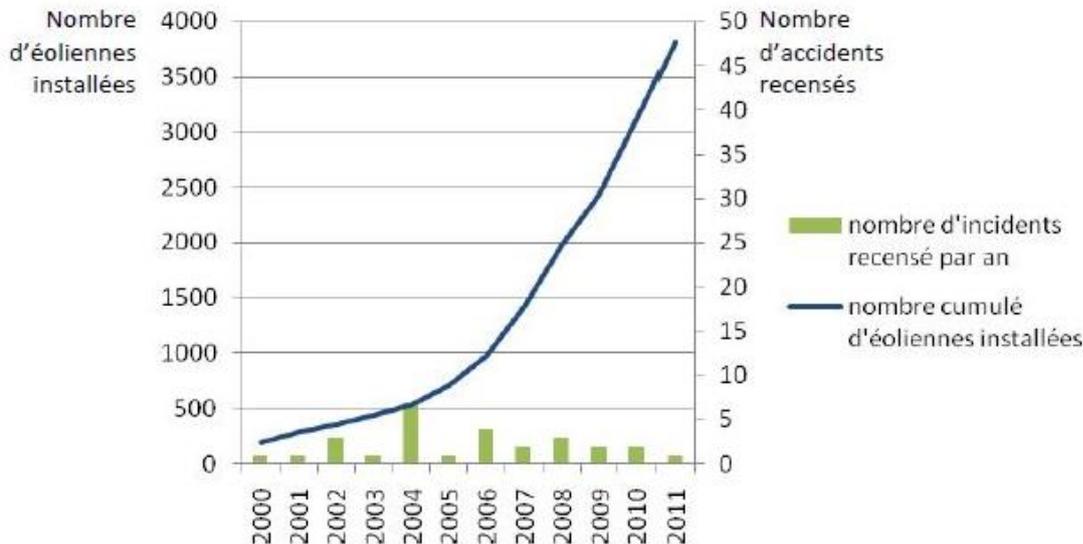


Figure 16: Evolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées

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

VI.4.2. ANALYSE DES TYPOLOGIES D'ACCIDENTS LES PLUS FRÉQUENTS

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

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

VI.5. LIMITES D'UTILISATION DE L'ACCIDENTOLOGIE

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

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

- Les importantes incertitudes sur les causes et sur la séquence qui a mené à un accident : de nombreuses informations sont manquantes ou incertaines sur la séquence exacte des accidents ;

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

VII. ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES

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

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

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

VII.2. RECENSEMENT DES ÉVÉNEMENTS INITIATEURS EXCLUS DE L'ANALYSE DES RISQUES

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

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

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

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

VII.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.

VII.3.1. AGRESSION EXTERNES LIÉES AUX ACTIVITÉS HUMAINES

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

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.

Infrastructure	Fonction	Événement redouté	Danger potentiel	Périmètre	Distance approximative par rapport au mât des éoliennes (m)						
					E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07
Voies de circulation	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Energie cinétique des véhicules et flux thermiques	D31	1 860	1 600	1 330	1 200	1000	630	400
				D975	1 330	1 800	2 260	1 500	1 850	1 730	2 090
				A19 / E60	1 760	2 110	2 410	2 390	2 700	3 000	3 310
Aérodrome	Transport aérien	Chute d'aéronef	Energie cinétique de l'aéronef, flux thermique	Aérodrome 2000 m	Pas d'aérodrome dans un périmètre de 2km (Aérodrome de Montargis-Vimory à environ 16 km et aérodrome de Pithiviers à environ 25 km)						
Ligne THT	Transport d'électricité	Rupture de câble	Arc électrique, surtensions	Ligne ERDF HTA 200 m	Aucun réseau électrique dans les 200 m. Le réseau le proche se trouve à près de 400 m de l'éolienne E01.						
Autres aérogénérateurs	Production d'électricité	Accident générant des projections d'éléments	Energie cinétique des éléments projetés	Autres aérogénérateurs 500 m	Aucun aérogénérateur d'un autre projet éolien à moins de 500 m (l'éolienne la plus proche du parc éolien du Gâtinais se situe à plus de 8 000m)						
Conduite de gaz	Transport de gaz	Explosion générant des projections d'éléments	Flux thermique, Energie cinétique des éléments projetés	150 m	Aucune conduite de gaz dans les 500 m.						
Agriculture	Exploitation agricole	Engin agricole percutant le poste de livraison	Engin cinétique des véhicules	NA*							
Chasse	Loisirs	Balle perdu sur les parois du mât ou sur les pales	Énergie cinétique de la balle	NA*							

*Non Applicable

Tableau 14 : Principales agressions externes liées aux activités humaines

VII.3.2. AGRSSIONS EXTERNES LIÉES AUX PHÉNOMÈNES NATURELS

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

Agression externe	Intensité
Séisme	Aléa « très faible »
Vents et tempête	La rafale maximale de vent enregistrée à Orléans atteint 151 km/h le 26 décembre 1999.
Remontée de nappes	Le site présente une sensibilité forte à très forte, ainsi qu'une nappe sub-affleurante.
Foudre	Le niveau kéraunique du Loiret est inférieur à 25 jours par an. Respect de la norme IEC 61 400-24 (Juin 2010) ou EN 62 305 – 3 (Décembre 2006).
Glissement de sols/ affaissement miniers	Aléa de retrait-gonflement d'argile « moyen » (sur la majorité de la zone de projet) à « faible ».

Tableau 15 : Principales agressions externes liées aux phénomènes naturels

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

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

VII.4. SCÉNARIOS ÉTUDIÉS DANS L'ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES

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

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

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

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

Les différents scénarios listés dans le tableau générique de l'APR sont regroupés et numérotés par thématique, en fonction des typologies d'événement redoutés centraux identifiés grâce au retour d'expérience groupe de travail précédemment cité (« G » pour les scénarios concernant la glace, « I » pour ceux concernant l'incendie, « F » pour ceux concernant les fuites, « C » pour ceux concernant la chute d'éléments de l'éolienne, « P » pour ceux concernant les risques de projection, « E » pour ceux concernant les risques d'effondrement).

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
G01	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales, le mât et la nacelle	Chute de glace lorsque les éoliennes sont arrêtées	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace (N°2)	Impact de glace sur les enjeux	1
G02	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales	Projection de glace lorsque les éoliennes sont en mouvement	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de la glace (N°1)	Impact de glace sur les enjeux	2
I01	Humidité / Gel	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (N°5)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I02	Dysfonctionnement électrique	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (N°5)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I03	Survitesse	Echauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3) Prévenir la survitesse (N°4)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I04	Désaxage de la génératrice / Pièce défectueuse / Défaut de lubrification	Echauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I05	Conditions climatiques humides	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2
I06	Rongeur	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2
I07	Défaut d'étanchéité	Perte de confinement	Fuites d'huile isolante	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Incendie au poste de transformation Propagation de l'incendie	2

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
F01	Fuite système de lubrification Fuite convertisseur Fuite transformateur	Ecoulement hors de la nacelle et le long du mât, puis sur le sol avec infiltration	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
F02	Renversement de fluides lors des opérations de maintenance	Ecoulement	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
C01	Défaut de fixation	Chute de trappe	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Impact sur cible	1
C02	Défaillance fixation anémomètre	Chute anémomètre	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	1
C3	Défaut fixation nacelle – pivot central – mât	Chute nacelle	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	1
P01	Survitesse	Contraintes trop importante sur les pales	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la survitesse (N°4)	Impact sur cible	2
P02	Fatigue Corrosion	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	Impact sur cible	2
P03	Serrage inapproprié Erreur maintenance – desserrage	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	2
E01	Effets dominos autres installations	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E02	Glissement de sol	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
E05	Crash d'aéronef	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E07	Effondrement engin de levage travaux	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Actions de prévention mises en œuvre dans le cadre du plan de prévention (N°13)	Chute fragments et chute mât	2
E08	Vents forts	Défaillance fondation	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9) Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort (N°12) Dans les zones cycloniques, mettre en place un système de prévision cyclonique et équiper les éoliennes d'un dispositif d'abattage et d'arrimage au sol (N°13)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E09	Fatigue	Défaillance mât	Effondrement éolienne	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E10	Désaxage critique du rotor	Impact pale – mât	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9) Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Projection/chute fragments et chute mât	2

Tableau 16 : Proposition d'analyse générique des risques

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.

Des précisions sur les différents scénarios décrits dans ce tableau sont disponibles en Annexe 3 – Scénarios génériques issus de l'analyse préliminaire des risques page 110 du présent guide.

VII.5. EFFETS DOMINOS

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

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

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

Dans le cadre des études de dangers éoliennes, il est proposé de limiter l'évaluation de la probabilité d'impact d'un élément de l'aérogénérateur sur une autre installation ICPE que lorsque celle-ci se situe dans un rayon de 100 mètres.

Aucune infrastructure à risque (canalisation de gaz, ligne électrique HTB...) ou installation ICPE n'est présente à moins de 100 mètres des éoliennes du parc éolien les Terres Chaudes. C'est la raison pour laquelle il est proposé de négliger les conséquences des effets dominos dans le cas de la présente étude.

VII.6. MISE EN PLACE DES MESURES DE SÉCURITÉ

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

- **Fonction de sécurité** : il est proposé ci-dessous un tableau par fonction de sécurité. Cet intitulé décrit l'objectif de la ou des mesure(s) de sécurité : il s'agira principalement d'« empêcher, éviter, détecter, contrôler ou limiter » et sera en relation avec un ou plusieurs événements conduisant à un accident majeur identifié dans l'analyse des risques. Plusieurs mesures de sécurité peuvent assurer une même fonction de sécurité.
- **Numéro de la fonction de sécurité** : ce numéro vise à simplifier la lecture de l'étude de dangers en permettant des renvois à l'analyse de risque par exemple.
- **Mesures de sécurité** : cette ligne permet d'identifier les mesures assurant la fonction concernée. Dans le cas de systèmes instrumentés de sécurité, tous les éléments de la chaîne de sécurité sont présentés (détection + traitement de l'information + action).
- **Description** : cette ligne permet de préciser la description de la mesure de maîtrise des risques, lorsque des détails supplémentaires sont nécessaires.
- **Indépendance** (« oui » ou « non ») : cette caractéristique décrit le niveau d'indépendance d'une mesure de maîtrise des risques vis-à-vis des autres systèmes de sécurité et des scénarios d'accident. Cette condition peut être considérée comme remplie (renseigner « oui ») ou non (renseigner « non »).
- **Temps de réponse** (en secondes ou en minutes) : cette caractéristique mesure le temps requis entre la sollicitation et l'exécution de la fonction de sécurité.
- **Efficacité** (100% ou 0%) : l'efficacité mesure la capacité d'une mesure de maîtrise des risques à remplir la fonction de sécurité qui lui est confiée pendant une durée donnée et dans son contexte d'utilisation.

- **Test (fréquence)** : dans ce champ sont rappelés les tests/essais qui seront réalisés sur les mesures de maîtrise des risques. conformément à la réglementation, un essai d'arrêt, d'arrêt d'urgence et d'arrêt à partir d'une situation de survitesse seront réalisés avant la mise en service de l'aérogénérateur. Dans tous les cas, les tests effectués sur les mesures de maîtrise des risques seront tenus à la disposition de l'inspection des installations classées pendant l'exploitation de l'installation.
- **Maintenance (fréquence)** : ce critère porte sur la périodicité des contrôles qui permettront de vérifier la performance de la mesure de maîtrise des risques dans le temps. Pour rappel, la réglementation demande qu'à minima : un contrôle tous les ans soit réalisé sur la performance des mesures de sécurité permettant de mettre à l'arrêt, à l'arrêt d'urgence et à l'arrêt à partir d'une situation de survitesse et sur tous les systèmes instrumentés de sécurité.

Note 1 : Pour certaines mesures de maîtrise des risques, certains de ces critères peuvent ne pas être applicables. Il convient alors de renseigner le critère correspondant avec l'acronyme « NA » (Non Applicable).

Note 2 : Certaines mesures de maîtrise des risques ne remplissent pas les critères « efficacité » ou « indépendance » : elles ont une fiabilité plus faible que d'autres mesures de maîtrise des risques. Celles-ci peuvent néanmoins être décrites dans le tableau ci-dessous dans la mesure où elles concourent à une meilleure sécurité sur le site d'exploitation.

Fonction de sécurité	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	N° de la fonction de sécurité	1
Mesures de sécurité	Système de détection ou de déduction de la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. Procédure adéquate de redémarrage.		
Description	Système de détection redondant du givre permettant, en cas de détection de glace, une mise à l'arrêt rapide de l'aérogénérateur. Le redémarrage peut ensuite se faire soit automatiquement après disparition des conditions de givre, soit manuellement après inspection visuelle sur site.		
Indépendance	Non. Les systèmes traditionnels s'appuient généralement sur des fonctions et des appareils propres à l'exploitation du parc. En cas de danger particulièrement élevé sur site (survol d'une zone fréquentée sur site soumis à des conditions de gel importantes), des systèmes additionnels peuvent être envisagés.		
Temps de réponse	Immédiat (L'alarme est déclenchée dès que le capteur est gelé ou détecte de la neige.)		
Efficacité	100 %		
Tests	Tests menés par le concepteur au moment de la construction de l'éolienne		
Maintenance	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. Eloignement des zones habitées et fréquentées.		
Description	Mise en place de panneaux informant de la possible formation de glace en pied de machines (conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011).		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %. Nous considérerons que compte tenu de l'implantation des panneaux et de l'entretien prévu, l'information des promeneurs sera systématique.		
Tests	NA		
Maintenance	Vérification de l'état général du panneau, de l'absence de détérioration, entretien de la		

	végétation afin que le panneau reste visible.
--	---

Fonction de sécurité	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	N° de la fonction de sécurité	3
Mesures de sécurité	Capteurs de température des pièces mécaniques. Définition de seuils critiques de température pour chaque type de composant avec alarme. Mise à l'arrêt ou bridage jusqu'à refroidissement. Systèmes de refroidissement indépendants pour le multiplicateur et la génératrice.		
Description	/		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %		
Tests	À préciser si possible.		
Maintenance	Maintenance préventive semestrielle de la génératrice et de son système de refroidissement, ainsi que du multiplicateur (y compris le système de refroidissement de l'huile du multiplicateur). Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	4
Mesures de sécurité	Détection de survitesse et système de freinage. Eléments du système de protection contre la survitesse conformes aux normes IEC 61508 (SIL 2) et EN 954-1		
Description	Systèmes de coupure s'enclenchant en cas de dépassement des seuils de vitesse prédéfinis, indépendamment du système de contrôle commande. NB : Le système de freinage est constitué d'un frein aérodynamique principal (mise en drapeau des pales) et / ou d'un frein mécanique auxiliaire.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	15 à 60s (arrêt de l'éolienne selon le programme de freinage adapté) L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur conformément aux dispositions de l'arrêté du 26 août 2011.		
Efficacité	100 %		
Tests	Test d'arrêt simple, d'arrêt d'urgence et de la procédure d'arrêt en cas de survitesse avant la mise en service des aérogénérateurs conformément à l'article 15 de l'arrêté du 26 août 2011.		
Maintenance	Maintenance préventive annuelle de l'éolienne avec notamment contrôle de l'usure du frein et de pression du circuit de freinage d'urgence. Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

Fonction de sécurité	Prévenir les courts-circuits	N° de la fonction de sécurité	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	De l'ordre de la seconde		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	Des vérifications de tous les composants électriques ainsi que des mesures d'isolement et de serrage des câbles sont intégrées dans la plupart des mesures de maintenance préventive mises en œuvre. Les installations électriques sont contrôlées avant la mise en service du parc puis à une fréquence annuelle, conformément à l'article 10 de l'arrêté du 26 août 2011.		

Fonction de sécurité	Prévenir les effets de la foudre	N° de la fonction de sécurité	6
Mesures de sécurité	Mise à la terre et protection des éléments de l'aérogénérateur.		
Description	Respect de la norme IEC 61 400 – 24 (juin 2010) Parafoudres sur la nacelle + récepteurs de foudre sur les 2 faces des pales Mise à la terre (nacelle/mât, sections de mât, mât/fondation) Parasurtenseurs sur les circuits électriques		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Immédiat dispositif passif		
Efficacité	100 %		
Tests	Mesure de terre lors des vérifications réglementaires des installations électriques		
Maintenance	Contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre inclus dans les opérations de maintenance, conformément à l'article 9 de l'arrêté du 26 août 2011. Contrôle de l'état de l'installation de mise à la terre dans le mât à chaque maintenance préventive.		

Fonction de sécurité	Protection et intervention incendie	N° de la fonction de sécurité	7
Mesures de sécurité	Capteurs de températures sur les principaux composants de l'éolienne pouvant permettre, en cas de dépassement des seuils, la mise à l'arrêt de la machine Système de détection incendie relié à une alarme transmise à un poste de contrôle Intervention des services de secours		
Description	DéTECTEURS de fumée qui lors de leur déclenchement conduisent à la mise en arrêt de la machine et au découplage du réseau électrique. De manière concomitante, un message d'alarme est envoyé au centre de télésurveillance. L'éolienne est également équipée d'extincteurs qui peuvent être utilisés par les personnels d'intervention (cas d'un incendie se produisant en période de maintenance).		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	< 1 minute pour les détecteurs et l'enclenchement de l'alarme L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur. Le temps d'intervention des services de secours est, quant à lui, dépendant de la zone géographique.		
Efficacité	100 %		
Tests	Vérification de la plausibilité des mesures de température		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011. Le matériel incendie (type extincteurs) est contrôlé périodiquement par le fabricant du matériel ou un organisme extérieur. Maintenance curative suite à une défaillance du matériel.		

Fonction de sécurité	Prévention et rétention des fuites	N° de la fonction de sécurité	8
Mesures de sécurité	DéTECTEURS de niveau d'huiles Systèmes d'étanchéité et dispositifs de collecte / récupération Procédure d'urgence Kit antipollution		
Description	Nombreux détecteurs de niveau d'huile permettant de détecter les éventuelles fuites d'huile et d'arrêter l'éolienne en cas d'urgence. Présence de plusieurs bacs collecteurs au niveau des principaux composants. Les opérations de vidange font l'objet de procédures spécifiques. Dans tous les cas, le transfert des huiles s'effectue de manière sécurisée via un système de tuyauterie et de pompes directement entre l'élément à vidanger et le camion de vidange. Des kits de dépollution d'urgence composés de grandes feuilles de textile absorbant pourront être utilisés afin : - de contenir et arrêter la propagation de la pollution ; - d'absorber jusqu'à 20 litres de déversements accidentels de liquides (huile, eau, alcools ...) et produits chimiques (acides, bases, solvants ...) ; - de récupérer les déchets absorbés. Si ces kits de dépollution s'avèrent insuffisants, une société spécialisée récupérera et traitera le gravier souillé via les filières adéquates, puis le remplacera par un nouveau revêtement.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Dépendant du débit de fuite		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	Inspection des niveaux d'huile plusieurs fois par an		

Fonction de sécurité	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)	N° de la fonction de sécurité	9
Mesures de sécurité	Surveillance des vibrations Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints, etc.) Procédures qualités Attestation du contrôle technique (procédure permis de construire)		
Description	La norme IEC 61 400-1 « Exigence pour la conception des aérogénérateurs » fixe les prescriptions propres à fournir « un niveau approprié de protection contre les dommages résultant de tout risque durant la durée de vie » de l'éolienne. Ainsi la nacelle, le nez, les fondations et la tour répondent au standard IEC 61 400-1. Les pales respectent le standard IEC 61 400-1 ; 12 ; 23. Les éoliennes sont équipées de capteurs de vibration, qui entraînent l'arrêt en cas de dépassement des seuils définis. Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223 (peinture et revêtement anti-corrosion).		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	15 à 60s (arrêt de l'éolienne selon le programme de freinage adapté)		
Efficacité	100 %		
Tests	Déclenchement manuel des capteurs de vibration et vérification de la réponse du système		
Maintenance	Les couples de serrage (brides sur les diverses sections de la tour, bride de raccordement des pales au moyeu, bride de raccordement du moyeu à l'arbre lent, éléments du châssis, éléments du pitch system, couronne du Yam Gear, boulons de fixation de la nacelle...) sont vérifiés au bout de 3 mois de fonctionnement puis tous les 3 ans, conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011. Inspection visuelle du mât et, si besoin, nettoyage lors des maintenances préventives annuelles.		

Fonction de sécurité	Prévenir les erreurs de maintenance	N° de la fonction de sécurité	10
Mesures de sécurité	Procédure de maintenance		
Description	Préconisations du manuel de maintenance Formation du personnel		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	NA		

Fonction de sécurité	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	N° de la fonction de sécurité	11
Mesures de sécurité	Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents. Détection et prévention des vents forts et tempêtes Arrêt automatique et diminution de la prise au vent de l'éolienne (mise en drapeau progressive des pâles) par le système de conduite		
Description	L'éolienne est mise à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale pour laquelle elle a été conçue.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	15 à 60 s suivant le programme de freinage		
Efficacité	100 %. NB : En fonction de l'intensité attendue des vents, d'autres dispositifs de diminution de la prise au vent de l'éolienne peuvent être envisagés.		
Tests	Test des programmes de freinage lors de la mise en service de l'éolienne. Test automatique du système de freinage mécanique et du fonctionnement de chaque système pitch (freinage aérodynamique) lors de la séquence de démarrage de l'éolienne.		
Maintenance	Maintenance préventive du système pitch (les points contrôlés varient suivant le type de maintenance – T1 / T2 / T3 / T4), notamment vérification du câblage et du système de lubrification automatique, graissage des roulements de pitch. Maintenance préventive du frein mécanique (les points contrôlés varient suivant le type de maintenance – T1 / T2 / T3 / T4), notamment inspection visuelle, vérification de l'épaisseur des plaquettes de frein et des capteurs du frein mécanique.		

Fonction de sécurité	Empêcher la perte de contrôle de l'éolienne en cas de défaillance réseau	N° de la fonction de sécurité	12
Mesures de sécurité	Détection des défaillances du réseau électrique Batteries pour chaque système pitch Système d'alimentation sans coupure (UPS)		
Description	Surveillance du réseau + surveillance des défaillances réseau par le convertisseur principal qui entraîne la déconnexion de l'éolienne du réseau électrique. Commande de l'éolienne et communication externe assurées pendant environ 10 min, permettant l'arrêt automatique de l'éolienne.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	150 ms pour identifier une défaillance réseau 15 à 60 s pour l'arrêt de l'éolienne selon le programme de freinage		
Efficacité	100%		
Tests	Vérification de la charge des batteries d'alimentation de secours des systèmes pitch lors de la séquence de démarrage de l'éolienne		
Maintenance	Remplacement des batteries du système pitch au cours de la maintenance quinquennal. Maintenance curative suite à une défaillance du matériel.		

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

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

VII.7. CONCLUSION DE L'ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES

Dans le cadre de l'analyse préliminaire des risques génériques des parcs éoliens, trois catégories de scénarios sont à 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. Ce scénario peut ne pas être détaillé dans le chapitre de l'étude détaillée des risques sauf en cas d'implantation dans un périmètre de protection rapprochée d'une nappe phréatique.

Tableau 17 : Catégories de scénario exclues de l'étude

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

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

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

VIII. ÉTUDE DÉTAILLÉE DES RISQUES

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

VIII.1. RAPPEL DES DÉFINITIONS

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

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

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

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

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

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

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

VIII.1.1. CINÉTIQUE

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

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

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

VIII.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 [13]).

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

Or, les seuils d'effets proposés dans l'arrêté du 29 septembre 2005 [13] caractérisent des phénomènes dangereux dont l'intensité s'exerce dans toutes les directions autour de l'origine du phénomène, pour des

effets de surpression, toxiques ou thermiques). Ces seuils ne sont donc pas adaptés aux accidents générés par les aérogénérateurs.

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

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

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

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

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

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

VIII.1.3. GRAVITÉ

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

Intensité / Gravité	Zone d'effet d'un événement accidentel engendrant une exposition très forte	Zone d'effet d'un événement accidentel engendrant une exposition forte	Zone d'effet d'un événement accidentel engendrant une exposition modérée
« 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 18 : Seuils de gravité et d'intensité

La méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne est présentée en

Annexe 1 – Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne. Le calcul du nombre de personnes exposées par éolienne et par scénario sera détaillé dans la suite du document.

VIII.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 Événement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité.	$10^{-4} < P \leq 10^{-3}$
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 19 : Classes de probabilité

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

VIII.2. CARACTÉRISATION DES SCÉNARIOS RETENUS

VIII.2.1. EFFONDREMENT DE L'ÉOLIENNE

❖ Zone d'effet

La zone d'effet de l'effondrement d'une éolienne correspond à une surface circulaire de rayon égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale, soit 164,4 m dans le cas des éoliennes du parc les Terres Chaudes (149,4 m pour l'éolienne E01).

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

❖ Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène d'effondrement de l'éolienne dans le cas du parc éolien les Terres Chaudes. R est la longueur de pale (R=57,3 m), H la hauteur du mât (H1 = 91 m pour l'éolienne E01, et H = 106 m pour les 6 autres éoliennes du parc), L la largeur du mât à la base (L=4,3 m) et LB la largeur de la base de la pale (LB=2,4 m).

Effondrement de l'éolienne				
(dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)				
<i>Éolienne</i>	<i>Zone d'impact en m²</i> $Z_i = (H) \times L + 3 \times R \times LB / 2$	<i>Zone d'effet du phénomène étudié en m²</i> $Z_e = \pi \times (H+R)^2$	<i>Degré d'exposition du phénomène étudié en %</i> $D = Z_i / Z_e$	<i>Intensité</i>
E01	La zone d'impact est de 598 m ²	La zone d'effet est de 69 093 m ²	Le degré d'exposition est de 0,86 % (< 1 %)	exposition modérée

E02, E03, E04, E05, E06, E07	La zone d'impact est de 662 m ²	La zone d'effet est de 83 777 m ²	0,79 %	exposition modérée
---------------------------------	---	---	---------------	-------------------------------

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

❖ Gravité

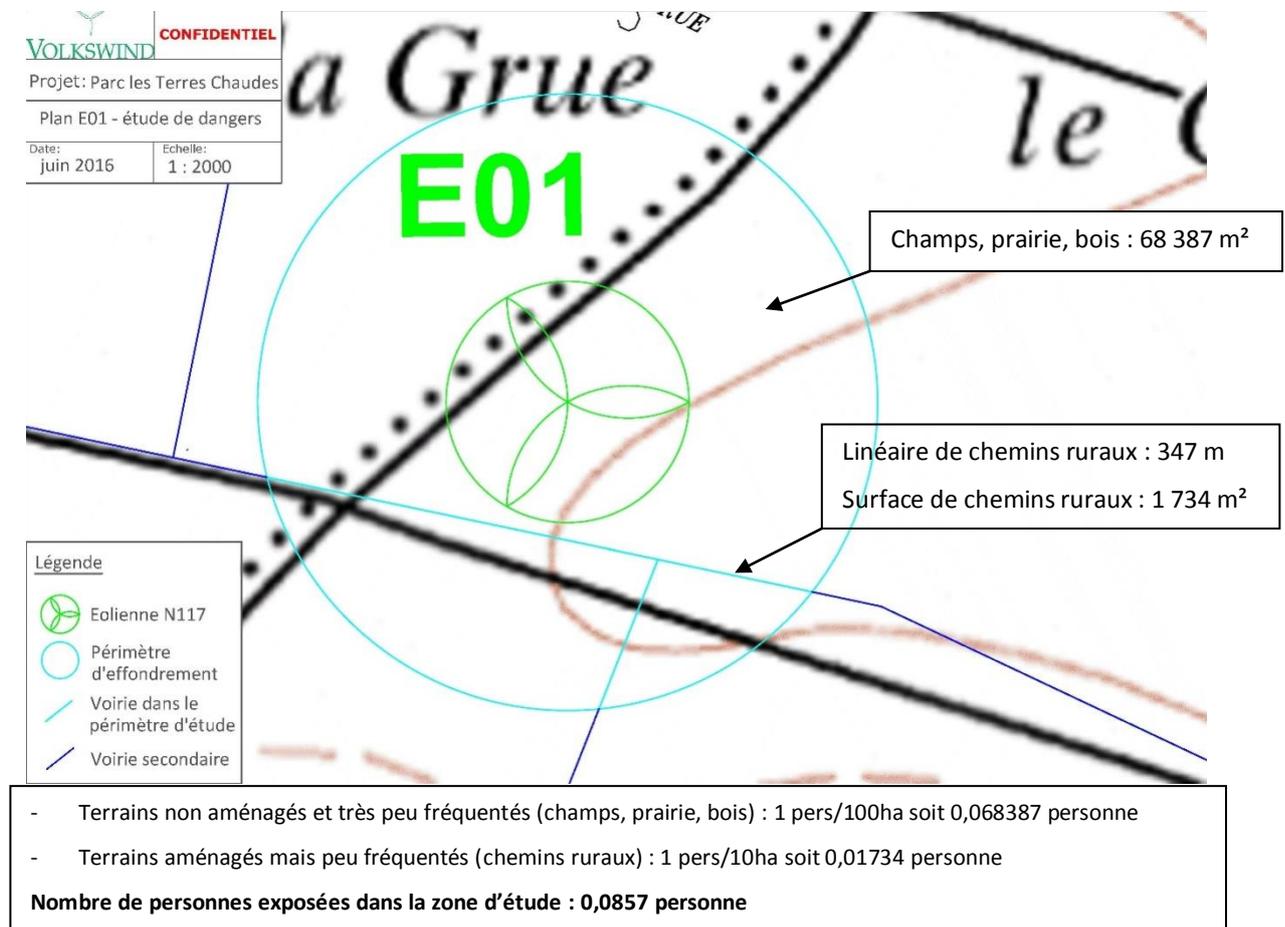
En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe VIII.1.3.), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène d'effondrement, dans le rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne :

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

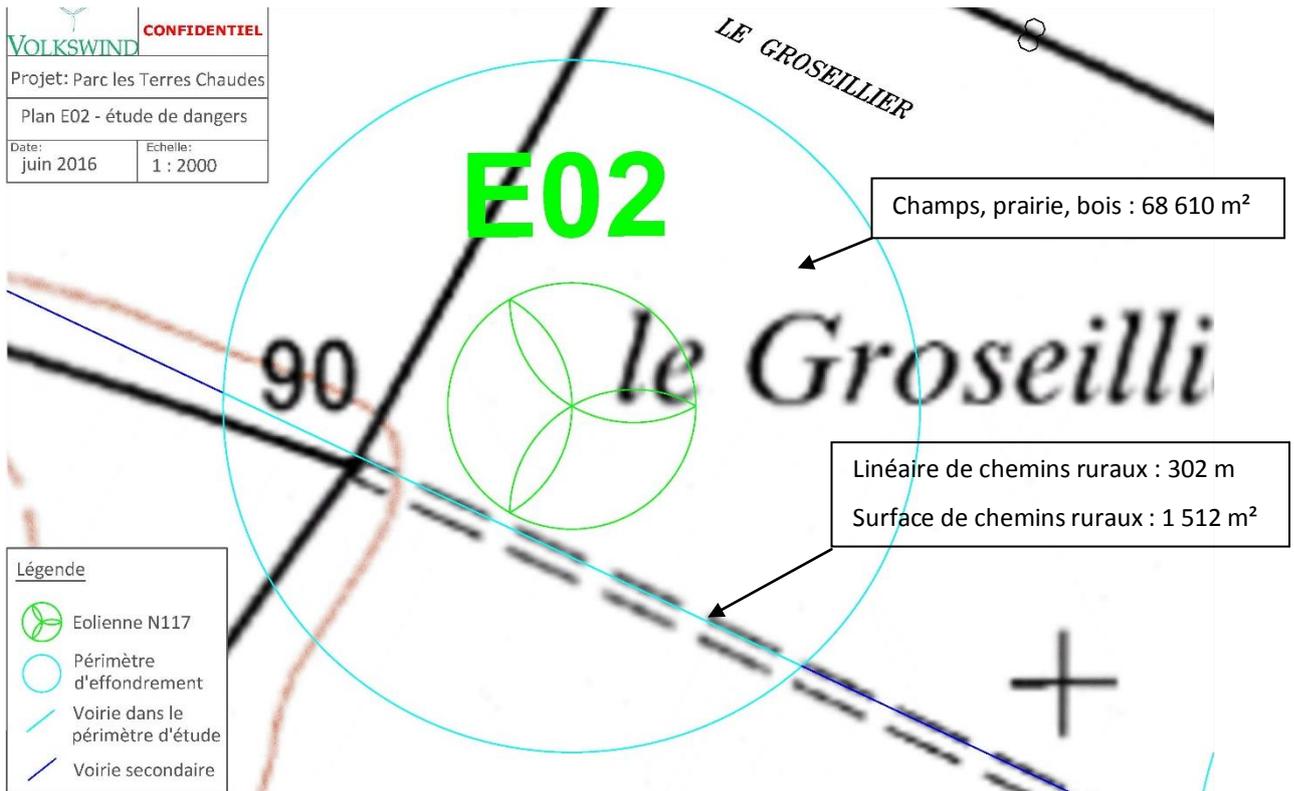
Le Tableau 20 suivant indique, pour chaque aérogénérateur, le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène d'effondrement et la gravité associée.

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

Il est à noter que pour la plupart des parcs éoliens, dans le périmètre délimité par la hauteur de chute de l'éolienne, le terrain est non aménagé et très peu fréquenté. Pour une éolienne d'une hauteur en bout de pale de 150 m, le nombre de personnes exposées sera donc inférieur à 1 (0,1 personne). La gravité sera donc considérée comme « Sérieuse ». Un calcul précis doit être fait si le périmètre présente d'autres caractéristiques (présence de routes structurantes, de terrains fréquentés, etc.).



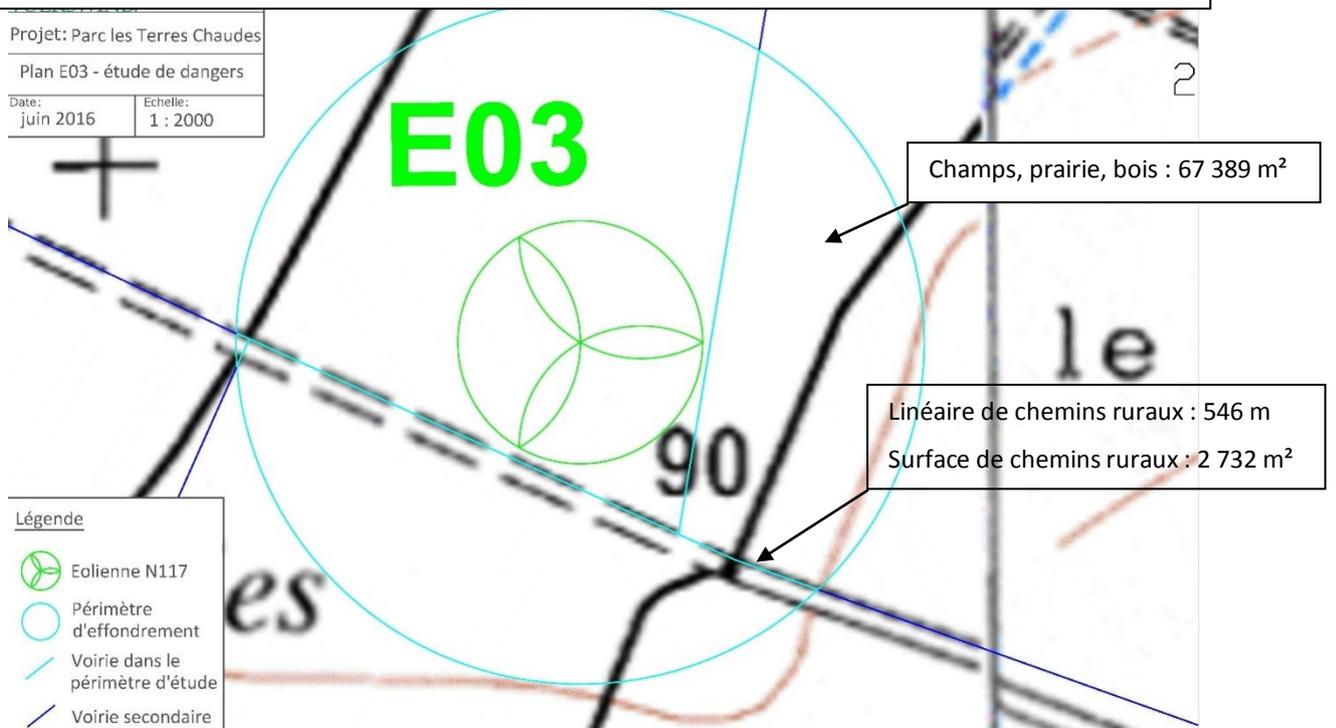
VOLKSWIND		CONFIDENTIEL
Projet: Parc les Terres Chaudes		
Plan E02 - étude de dangers		
Date:	Echelle:	
juin 2016	1 : 2000	



- Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairie, bois) : 1 pers/100ha soit 0,068610 personne
- Terrains aménagés mais peu fréquentés (chemins ruraux) : 1 pers/10ha soit 0,01512 personne

Nombre de personnes exposées dans la zone d'étude : 0,0837 personne

Projet: Parc les Terres Chaudes	
Plan E03 - étude de dangers	
Date:	Echelle:
juin 2016	1 : 2000



- Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairie, bois) : 1 pers/100ha soit 0,067389 personne
- Terrains aménagés mais peu fréquentés (chemins ruraux) : 1 pers/10ha soit 0,02732 personne

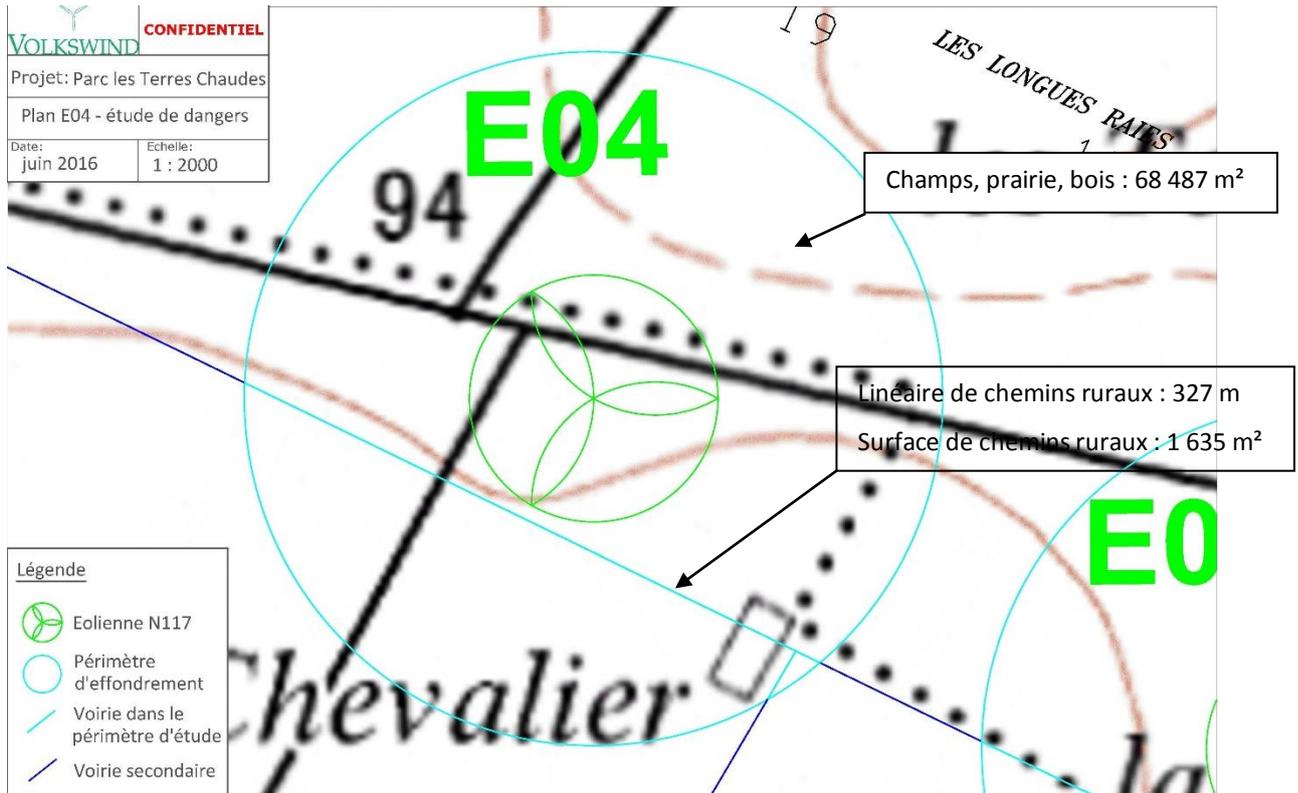
Nombre de personnes exposées dans la zone d'étude : 0,0947 personne

VOLKSWIND CONFIDENTIEL

Projet: Parc les Terres chaudes

Plan E04 - étude de dangers

Date: juin 2016 Echelle: 1 : 2000



- Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairie, bois) : 1 pers/100ha soit 0,068487 personne
 - Terrains aménagés mais peu fréquentés (chemins ruraux) : 1 pers/10ha soit 0,01635 personne
- Nombre de personnes exposées dans la zone d'étude : 0,0848 personne**

Projet: Parc les Terres chaudes

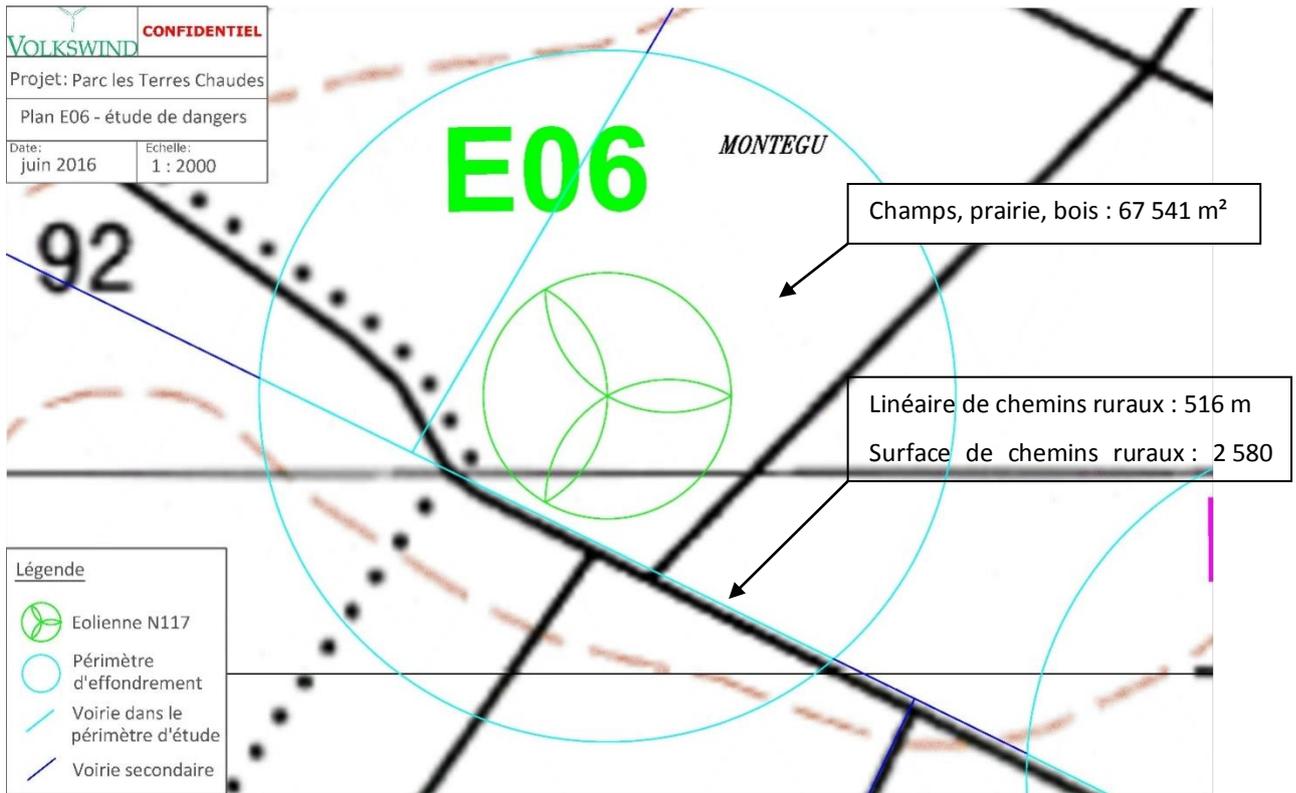
Plan E05 - étude de dangers

Date: juin 2016 Echelle: 1 : 2000



- Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairie, bois) : 1 pers/100ha soit 0,067110 personne
 - Terrains aménagés mais peu fréquentés (chemins ruraux) : 1 pers/10ha soit 0,03012 personne
- Nombre de personnes exposées dans la zone d'étude : 0,0972 personne**

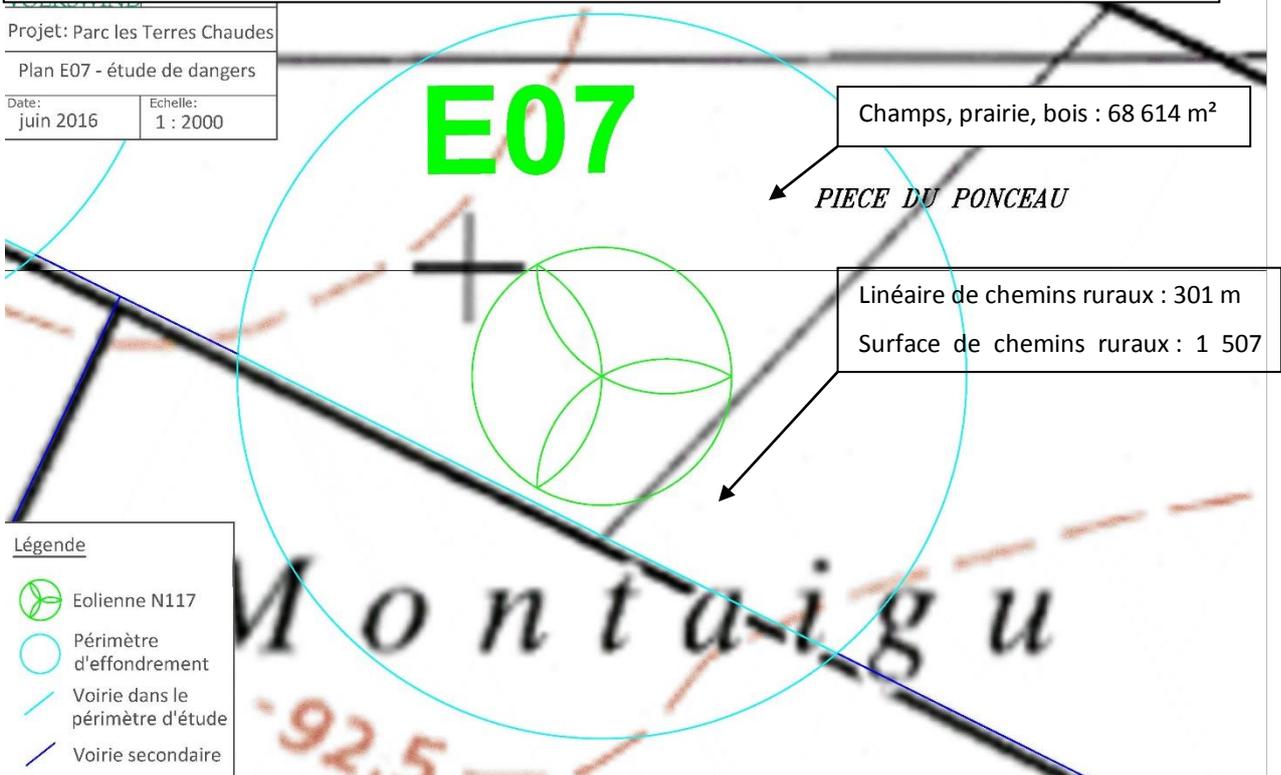
VOLKSWIND CONFIDENTIEL	
Projet: Parc les Terres Chaudes	
Plan E06 - étude de dangers	
Date: juin 2016	Echelle: 1 : 2000



- Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairie, bois) : 1 pers/100ha soit 0,067541 personne
- Terrains aménagés mais peu fréquentés (chemins ruraux) : 1 pers/10ha soit 0,02580 personne

Nombre de personnes exposées dans la zone d'étude : 0,0933 personne

Projet: Parc les Terres Chaudes	
Plan E07 - étude de dangers	
Date: juin 2016	Echelle: 1 : 2000



- Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairie, bois) : 1 pers/100ha soit 0,068614 personne
- Terrains aménagés mais peu fréquentés (chemins ruraux) : 1 pers/10ha soit 0,01507 personne

Nombre de personnes exposées dans la zone d'étude : 0,0837 personne

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)			
<i>Eolienne</i>	<i>Intensité</i>	<i>Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)</i>	<i>Gravité</i>
E01	exposition modérée	0,0857	Sérieuse
E02	exposition modérée	0,0837	Sérieuse
E03	exposition modérée	0,0947	Sérieuse
E04	exposition modérée	0,0848	Sérieuse
E05	exposition modérée	0,0972	Sérieuse
E06	exposition modérée	0,0933	Sérieuse
E07	exposition modérée	0,0837	Sérieuse

Tableau 20 : Risque d'effondrement des éoliennes

Les 7 éoliennes de la ferme éolienne les terres chaudes ont une gravité qualifiée de « sérieuse ».

❖ Probabilité

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

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

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

Le retour d'expérience français montre également une classe de probabilité « C ». En effet, il a été recensé seulement 7 événements pour 15 667 années d'expérience², soit une probabilité de $4,47 \times 10^{-4}$ par éolienne et par an.

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

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

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

- Respect intégral des dispositions de la norme IEC 61 400-1 ;
- Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages ;

² Une année d'expérience correspond à une éolienne observée pendant une année. Ainsi, si on a observé une éolienne pendant 5 ans et une autre pendant 7 ans, on aura au total 12 années d'expérience.

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

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

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

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

❖ Acceptabilité

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

Conséquence	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux	Yellow	Red	Red	Red	Red
Catastrophique	Yellow	Yellow	Red	Red	Red
Important	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red
Sérieux	Green	E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7	Yellow	Yellow	Red
Modéré	Green	Green	Green	Green	Yellow

Légende de la matrice

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

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

VIII.2.2. CHUTE DE GLACE

❖ Considérations générales

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

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

Lors des périodes de dégel qui suivent les périodes de grand froid, des chutes de glace peuvent se produire depuis la structure de l'éolienne (nacelle, pales). Normalement, le givre qui se forme en fine pellicule sur les pales de l'éolienne fond avec le soleil. En cas de vents forts, des morceaux de glace peuvent se détacher. Ils se désagrègent généralement avant d'arriver au sol. Ce type de chute de glace est similaire à ce qu'on observe sur d'autres bâtiments et infrastructures.

❖ Zone d'effet

Le risque de chute de glace est cantonné à la zone de survol des pales, soit un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor autour du mât de l'éolienne. Pour le parc éolien les Terres Chaudes, la zone d'effet a donc un rayon de 58,4 mètres. Cependant, il convient de noter que, lorsque l'éolienne est à l'arrêt, les pales n'occupent qu'une faible partie de cette zone.

❖ Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute de glace dans le cas du parc éolien les Terres Chaudes. Z_I est la zone d'impact, Z_E est la zone d'effet, D le diamètre du rotor ($D= 116,8$ m), SG est la surface du morceau de glace majorant, soit 1 m².

Chute de glace			
(dans un rayon inférieur ou égal à $R = D/2 = 58,4$ m = zone de survol)			
<i>Zone d'impact</i>	<i>Zone d'effet du phénomène étudié</i>	<i>Degré d'exposition du phénomène étudié</i>	<i>Intensité</i>
$Z_I = SG$ 1 m ²	$Z_E = \pi \times R^2$ 11 085 m ²	$d = Z_I / Z_E$ 0,009 % (< 1 %)	exposition modérée

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

❖ Gravité

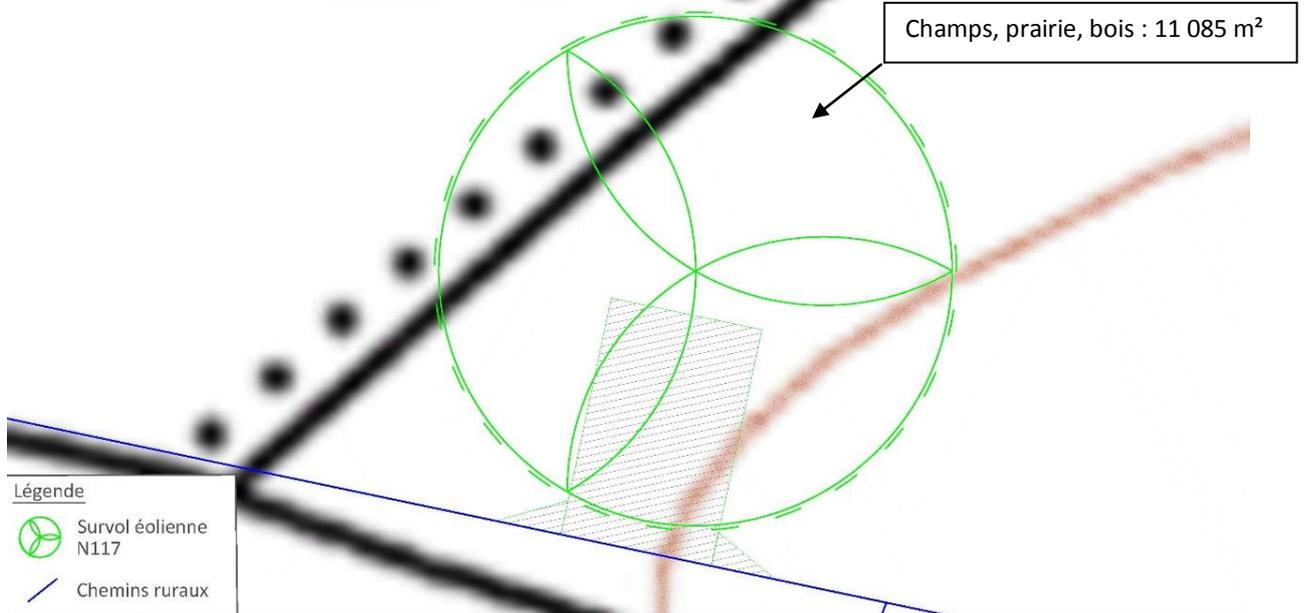
En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe VIII.1.3), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute de glace, dans la zone de survol de l'éolienne :

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

Les plans ci-dessous détaillent par éolienne la nature des terrains. Ceci nous permettant de définir les personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène de chute de glace et la gravité associée.

	CONFIDENTIEL
Projet: Parc les Terres Chaudes	
Plan E07 - étude de dangers	
Date: juin 2016	Echelle: 1 : 1000

E01

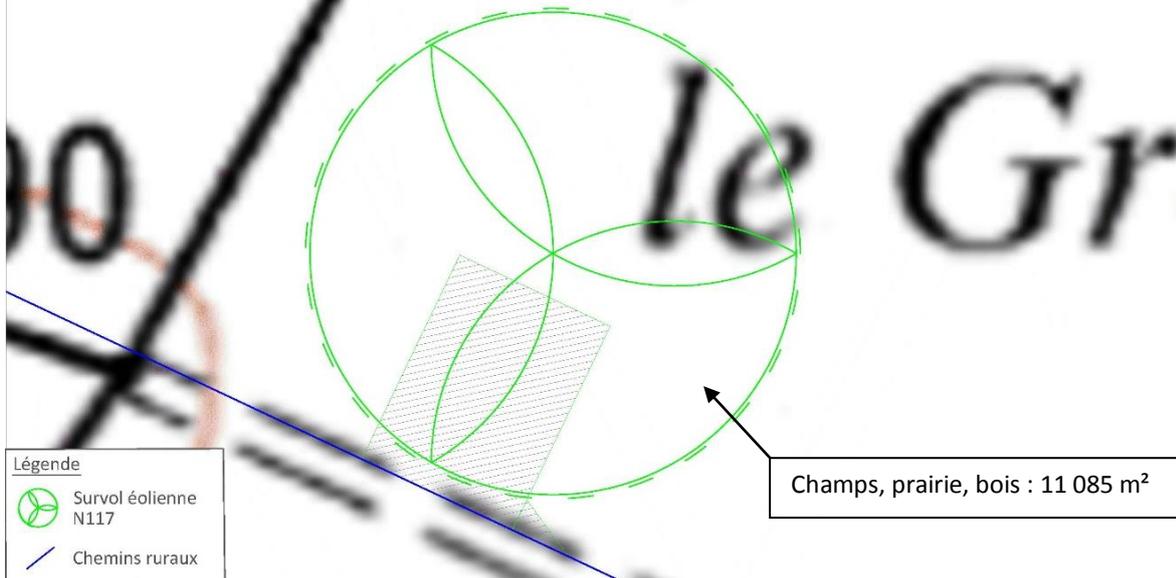


- Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairie, bois) : 0,011085 personne (1 pers/100ha)
- Terrains aménagés mais peu fréquentés (chemins ruraux) : 0 personne (1 pers/10ha)

Nombre de personnes exposées dans la zone d'étude : 0,011 personne

VOLKSWIND		CONFIDENTIEL
Projet: Parc les Terres Chaudes		
Plan E07 - étude de dangers		
Date: juin 2016	Echelle: 1 : 1000	

E02

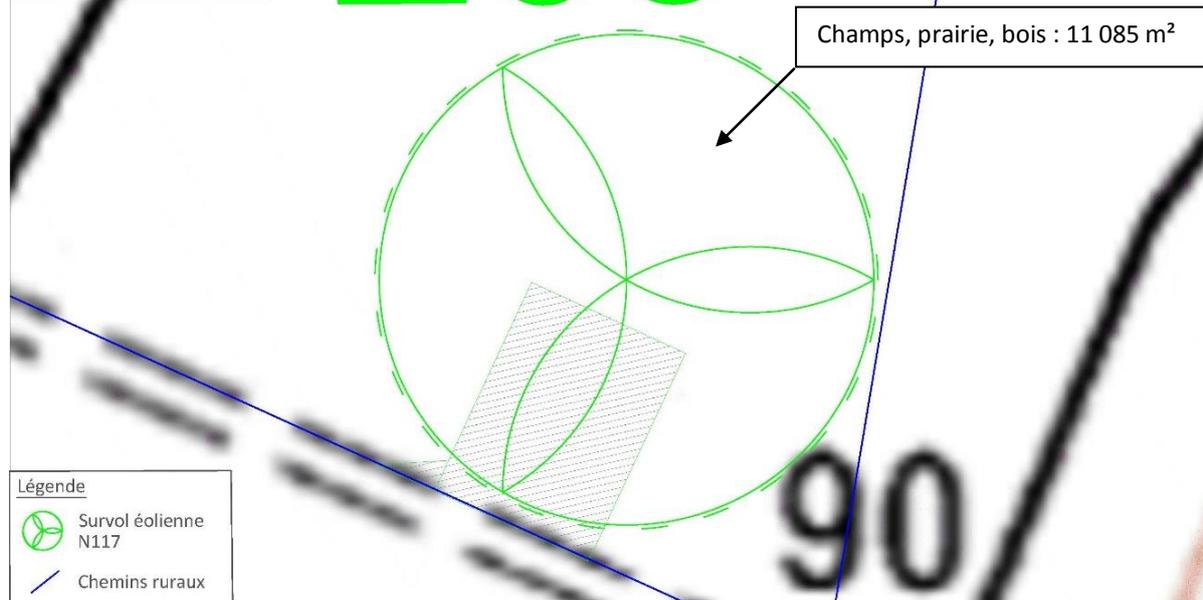


- Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairie, bois) : 0,011085 personne (1 pers/100ha)
- Terrains aménagés mais peu fréquentés (chemins ruraux) : 0 personne (1 pers/10ha)

Nombre de personnes exposées dans la zone d'étude : 0,011 personne

VOLKSWIND		CONFIDENTIEL
Projet: Parc les Terres Chaudes		
Plan E07 - étude de dangers		
Date: juin 2016	Echelle: 1 : 1000	

E03

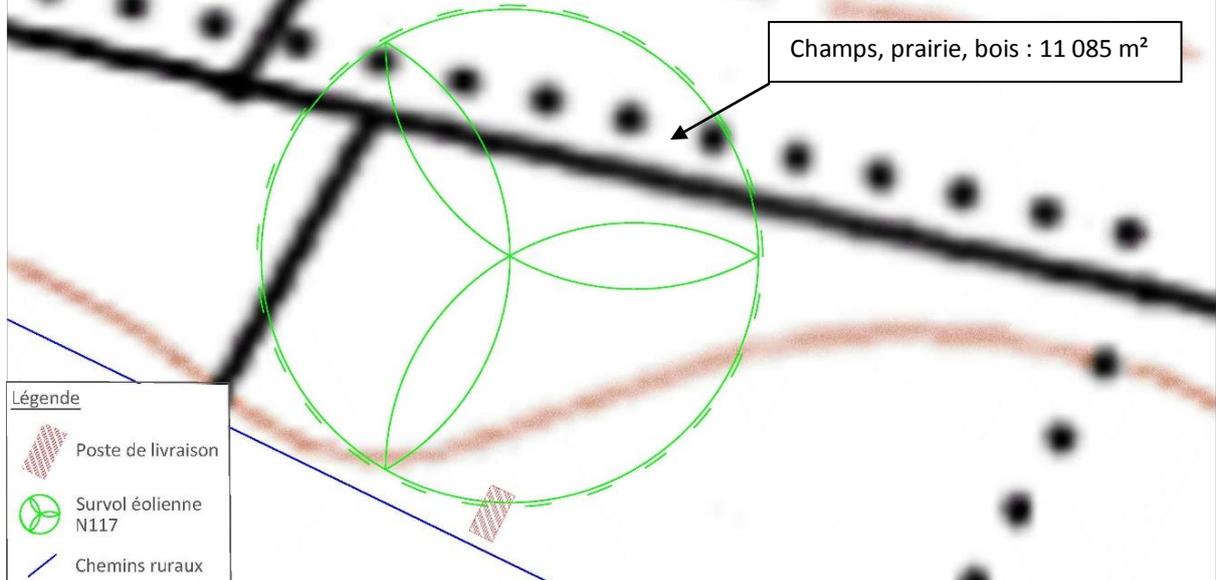


- Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairie, bois) : 0,011085 personne (1 pers/100ha)
- Terrains aménagés mais peu fréquentés (chemins ruraux) : 0 personne (1 pers/10ha)

Nombre de personnes exposées dans la zone d'étude : 0,011 personne

VOLKSWIND		CONFIDENTIEL
Projet: Parc les Terres Chaudes		
Plan E07 - étude de dangers		
Date:	Echelle:	
juin 2016	1 : 1000	

E04

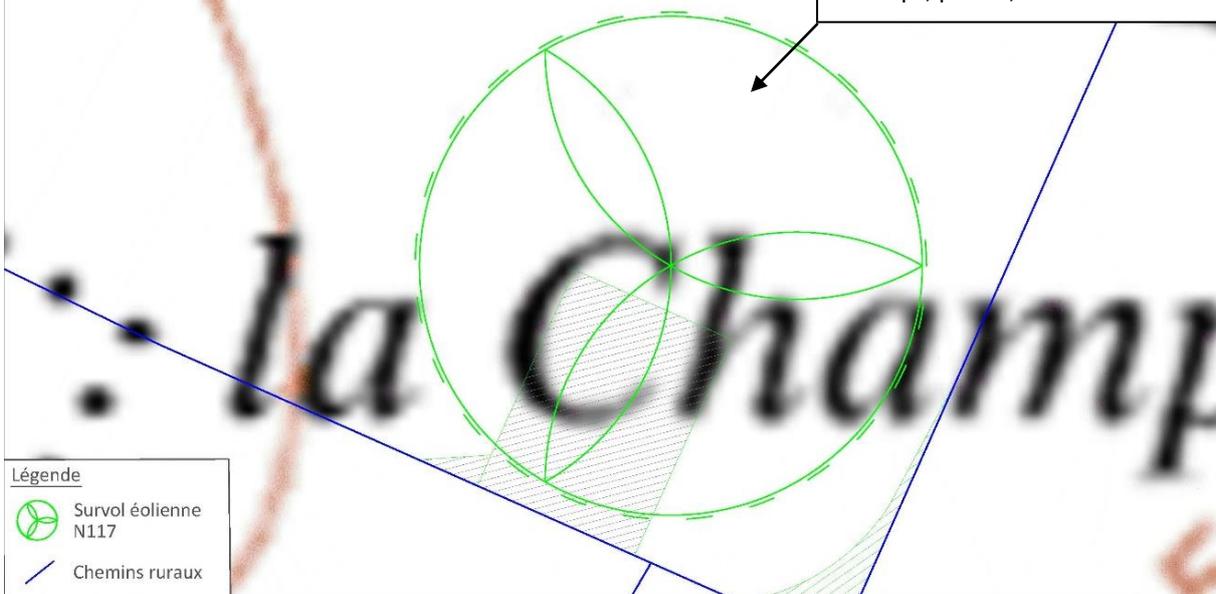


- Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairie, bois) : 0,011085 personne (1 pers/100ha)
- Terrains aménagés mais peu fréquentés (chemins ruraux) : 0 personne (1 pers/10ha)

Nombre de personnes exposées dans la zone d'étude : 0,011 personne

VOLKSWIND		CONFIDENTIEL
Projet: Parc les Terres Chaudes		
Plan E07 - étude de dangers		
Date:	Echelle:	
juin 2016	1 : 1000	

E05

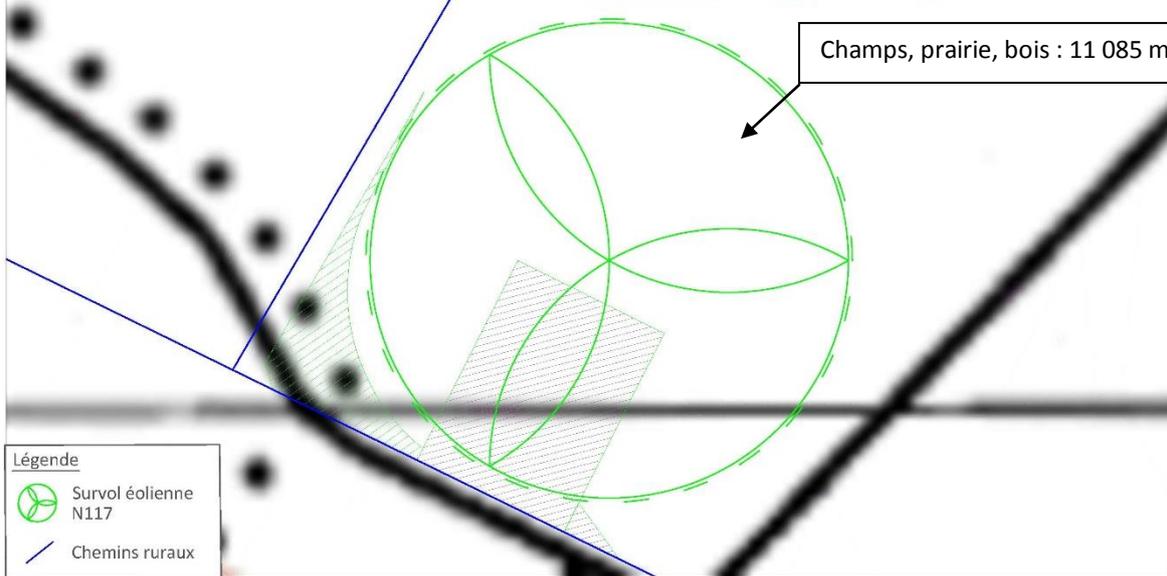


- Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairie, bois) : 0,011085 personne (1 pers/100ha)
- Terrains aménagés mais peu fréquentés (chemins ruraux) : 0 personne (1 pers/10ha)

Nombre de personnes exposées dans la zone d'étude : 0,011 personne

VOLKSWIND		CONFIDENTIEL
Projet: Parc les Terres Chaudes		
Plan E07 - étude de dangers		
Date:	Echelle:	
juin 2016	1 : 1000	

E06



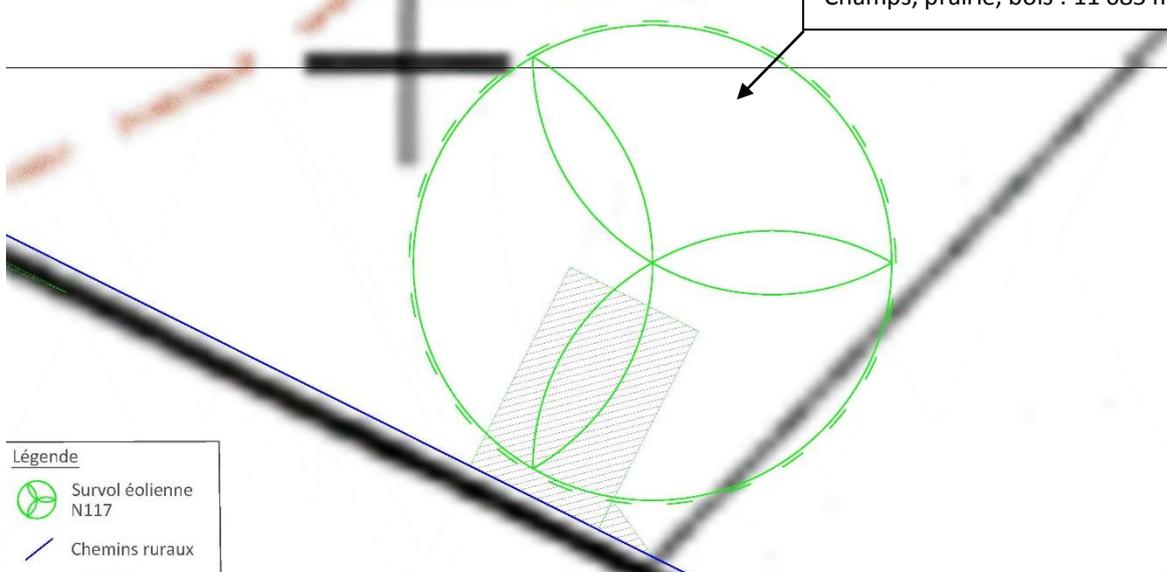
Légende	
	Survol éolienne N117
	Chemins ruraux

- Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairie, bois) : 0,011085 personne (1 pers/100ha)
- Terrains aménagés mais peu fréquentés (chemins ruraux) : 0 personne (1 pers/10ha)

Nombre de personnes exposées dans la zone d'étude : 0,011 personne

VOLKSWIND		CONFIDENTIEL
Projet: Parc les Terres Chaudes		
Plan E07 - étude de dangers		
Date:	Echelle:	
juin 2016	1 : 1000	

E07



Légende	
	Survol éolienne N117
	Chemins ruraux

- Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairie, bois) : 0,011085 personne (1 pers/100ha)
- Terrains aménagés mais peu fréquentés (chemins ruraux) : 0 personne (1 pers/10ha)

Nombre de personnes exposées dans la zone d'étude : 0,011 personne

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

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à $R = D/2 = 58,4 \text{ m}$ = zone de survol)			
<i>Eolienne</i>	<i>Intensité</i>	<i>Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)</i>	<i>Gravité</i>
E01	Exposition modérée	0,011	Modérée
E02	Exposition modérée	0,011	Modérée
E03	Exposition modérée	0,011	Modérée
E04	Exposition modérée	0,011	Modérée
E05	Exposition modérée	0,011	Modérée
E06	Exposition modérée	0,011	Modérée
E07	Exposition modérée	0,011	Modérée

Il est à noter que pour la plupart des parcs éoliens, la zone de survol de l'éolienne est un terrain non aménagé et très peu fréquenté (1 personne pour 100 ha d'après la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010).

Les sept éoliennes de la ferme éolienne les Terres Chaudes ont une gravité qualifiée de « modérée ».

❖ Probabilité

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

❖ Acceptabilité

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

Conséquence	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux					
Modéré					E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7

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

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

VIII.2.3. CHUTE D'ÉLÉMENTS DE L'ÉOLIENNE

❖ Zone d'effet

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

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

❖ Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du parc éolien les Terres Chaudes. d est le degré d'exposition, Z_I la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, D le diamètre du rotor ($D=116,8$ m) et LB la largeur de la base de la pale ($LB=2,4$ m).

Chute d'éléments de l'éolienne N117			
(dans un rayon inférieur ou égal à $R = D/2 = 58,4$ m = zone de survol)			
<i>Zone d'impact</i>	<i>Zone d'effet du phénomène étudié</i>	<i>Degré d'exposition du phénomène étudié</i>	<i>Intensité</i>
$Z_I = R * LB / 2$ 71,3 m²	$Z_E = \pi * R^2$ 11 084,7 m²	$d = Z_I / Z_E$ 0,64 % (< 1 %)	exposition modérée

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

❖ Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe VIII.1.3), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute de glace, dans la zone de survol de l'éolienne.

- Plus de 1000 personnes exposées → « Désastreux »
- Entre 100 et 1000 personnes exposées → « Catastrophique »
- Entre 10 et 100 personnes exposées → « Important »
- Moins de 10 personnes exposées → « Sérieux »

- Présence humaine exposée inférieure à « une personne » → « Modéré »

Le tableau suivant indique, pour chaque aérogénérateur, le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène de chute d'éléments et la gravité associée. Les plans détaillant la nature des terrains de la zone de survol pour chaque éolienne sont les mêmes que précédemment (VIII.2.2).

Chute d'éléments			
(dans un rayon inférieur ou égal à $R = D/2 = 58,4 \text{ m} = \text{zone de survol}$)			
<i>Eolienne</i>	<i>Intensité</i>	<i>Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)</i>	<i>Gravité</i>
E01	Exposition modérée	0,011	Modérée
E02	Exposition modérée	0,011	Modérée
E03	Exposition modérée	0,011	Modérée
E04	Exposition modérée	0,011	Modérée
E05	Exposition modérée	0,011	Modérée
E06	Exposition modérée	0,011	Modérée
E07	Exposition modérée	0,011	Modérée

❖ 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.

❖ Acceptabilité

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc les Terres Chaudes, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable).

Conséquence	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux	Yellow	Red	Red	Red	Red
Catastrophique	Yellow	Yellow	Red	Red	Red
Important	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red
Sérieux	Green	Green	Yellow	Yellow	Red
Modéré	Green	Green	E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7	Green	Yellow

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

VIII.2.4. PROJECTION DE PALES OU DE FRAGMENTS DE PALES

❖ Zone d'effet

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

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

L'analyse de ce recueil d'accidents indique une distance maximale de projection de l'ordre de 500 mètres à deux exceptions près :

- 1300 m rapporté pour un accident à Hundhammerfjellet en Norvège le 20/01/2006 ;
- 1000 m rapporté pour un accident à Burgos en Espagne le 09/12/2000.

Toutefois, pour ces deux accidents, les sources citées ont été vérifiées par le SER-FEE et aucune distance de projection n'y était mentionnée. Les distances ont ensuite été vérifiées auprès des constructeurs concernés et dans les deux cas elles n'excédaient pas 300 m.

Ensuite, pour l'ensemble des accidents pour lesquels une distance supérieure à 400 m était indiquée, les sources mentionnées dans le recueil ont été vérifiées de manière exhaustive (articles de journal par exemple), mais aucune d'elles ne mentionnait ces mêmes distances de projection. Quand une distance était écrite dans la source, il pouvait s'agir par exemple de la distance entre la maison la plus proche et l'éolienne, ou du périmètre de sécurité mis en place par les forces de l'ordre après l'accident, mais en aucun cas de la distance de projection réelle.

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

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

❖ Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du parc éolien les Terres Chaudes. d est le degré d'exposition, Z_i la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, D le diamètre du rotor ($D = 2 * R = 116,8 \text{ m}$) et LB la largeur de la base de la pale ($LB = 2,4 \text{ m}$).

Projection de pale ou de fragment de pale de N117 (zone de 500 m autour de chaque éolienne)			
Zone d'impact	Zone d'effet du phénomène étudié	Degré d'exposition du phénomène étudié	Intensité
$Z_i = R * LB / 2$ 71 m ²	$Z_E = \pi * P^2$ 785 398 m ²	$d = Z_i / Z_E$ 0,01 % (< 1 %)	Exposition modérée

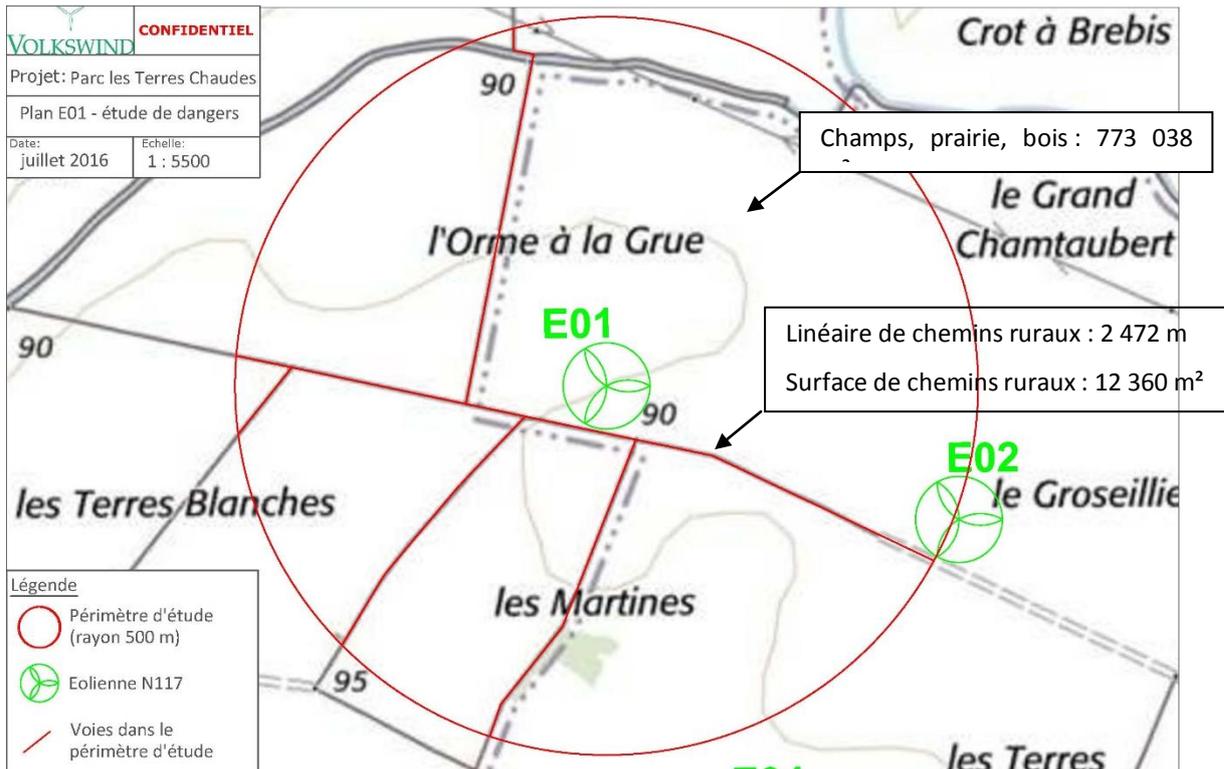
❖ Gravité

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

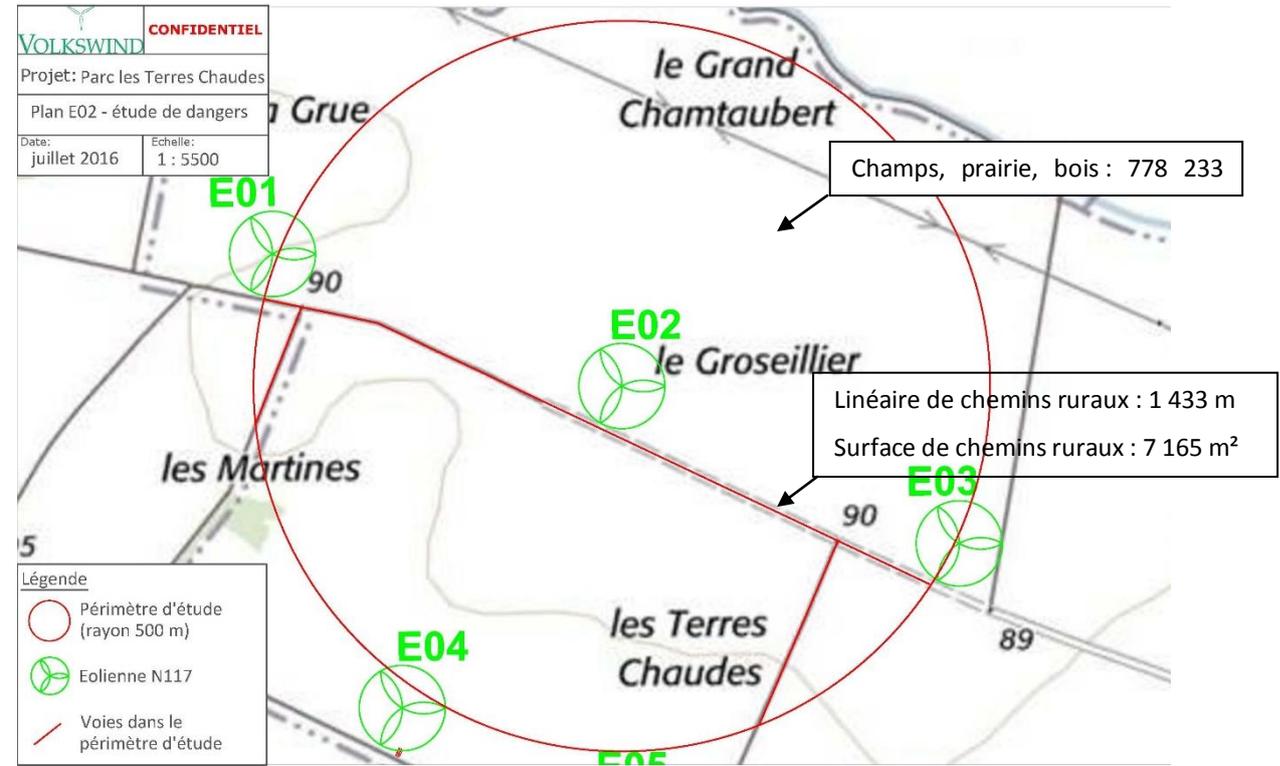
- Plus de 1000 personnes exposées → « Désastreux »
- Entre 100 et 1000 personnes exposées → « Catastrophique »
- Entre 10 et 100 personnes exposées → « Important »
- Moins de 10 personnes exposées → « Sérieux »
- Présence humaine exposée inférieure à « une personne » → « Modéré »

Les plans ci-dessous détaillent par éolienne la nature des terrains. Ceci nous permettant de définir les personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène de projection de pales et la gravité associée.

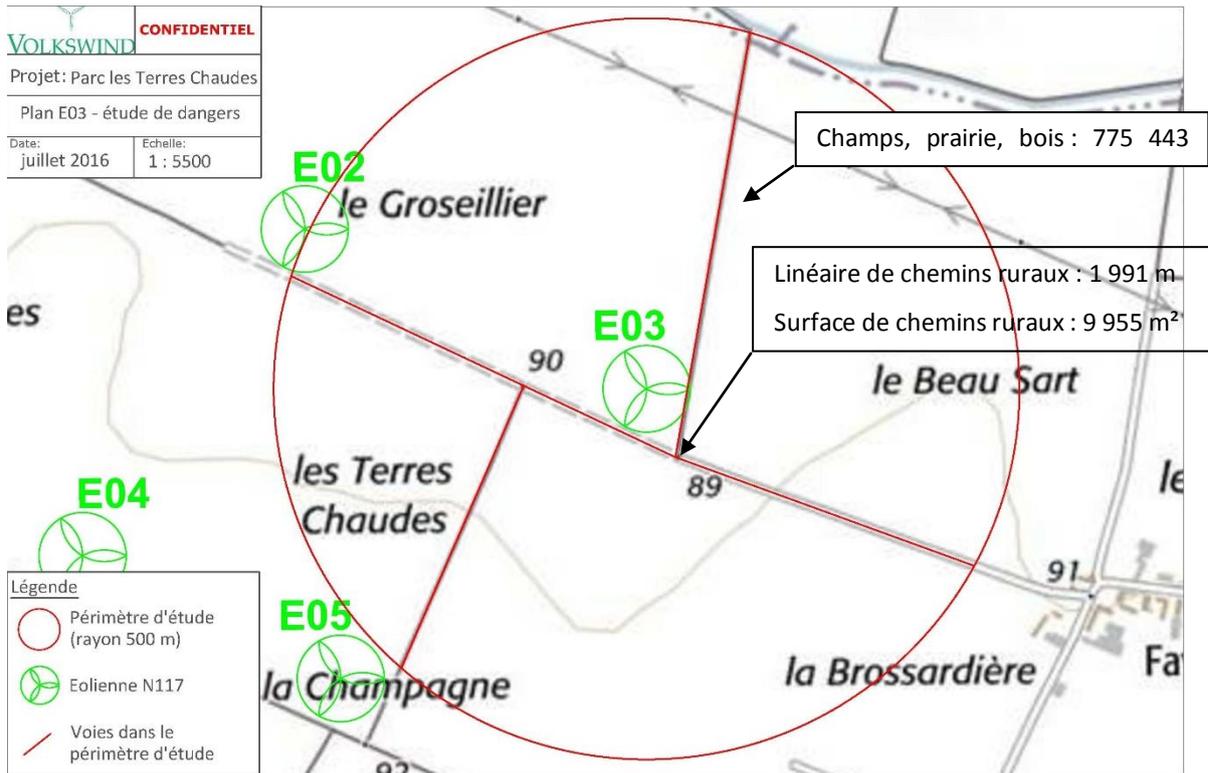
Le périmètre d'étude autour de l'éolienne E07 englobe un tronçon de la départementale D31. Celle-ci est considérée comme une voie de circulation non structurante, soit un terrain aménagé mais peu fréquenté, avec 1810 véhicules par jour en 2014, soit moins de 2000 par jour (cf. annexe 1 page 101).



- Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairie, bois) : 1 pers/100ha soit 0,773038 personne
 - Terrains aménagés mais peu fréquentés (chemins ruraux) : 1 pers/10ha soit 0,12360 personne
- Nombre de personnes exposées dans la zone d'étude : 0,897 personne**

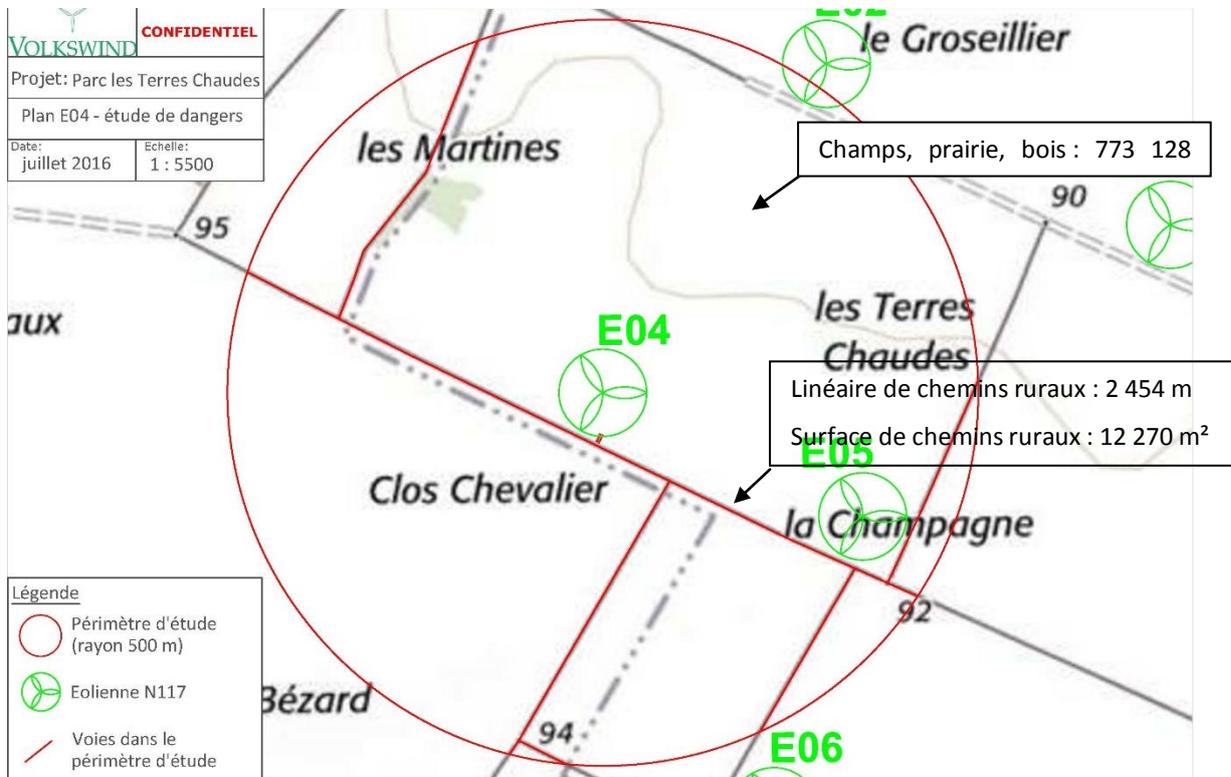


- Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairie, bois) : 1 pers/100ha soit 0,778233 personne
 - Terrains aménagés mais peu fréquentés (chemins ruraux) : 1 pers/10ha soit 0,07165 personne
- Nombre de personnes exposées dans la zone d'étude : 0,850 personne**



- Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairie, bois) : 1 pers/100ha soit 0,775443 personne
- Terrains aménagés mais peu fréquentés (chemins ruraux) : 1 pers/10ha soit 0,09955 personne

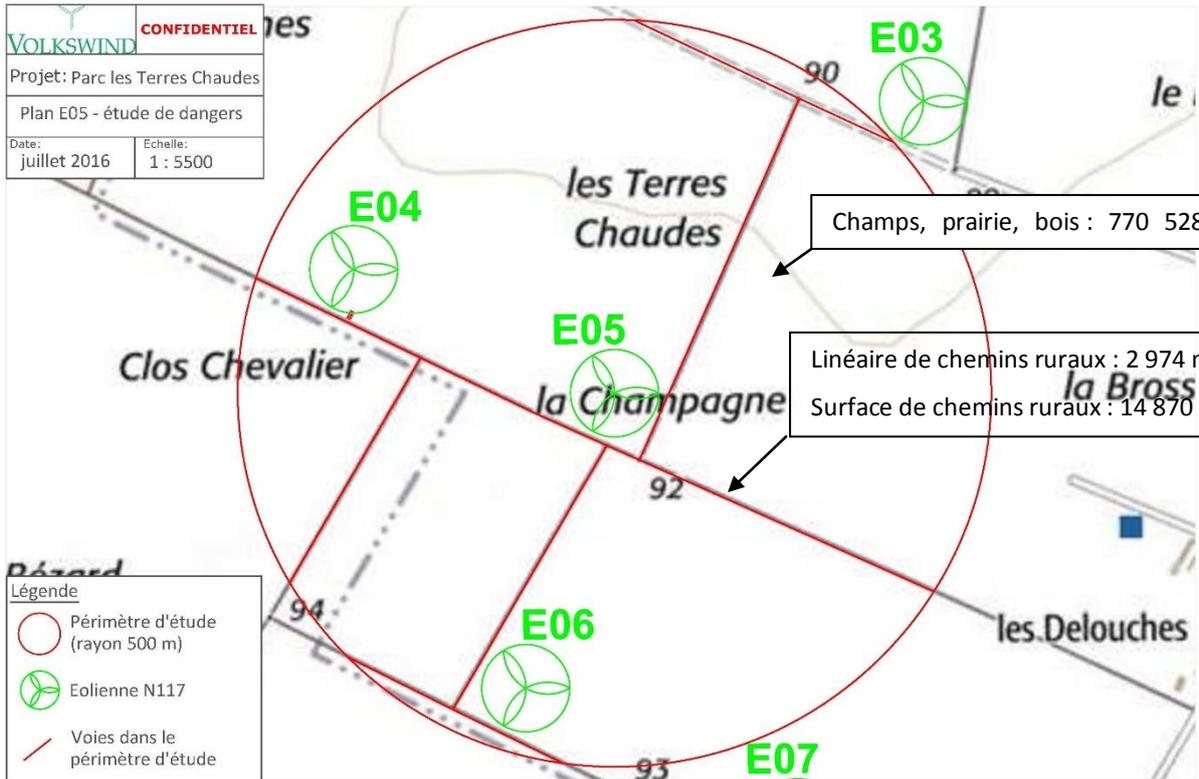
Nombre de personnes exposées dans la zone d'étude : 0,875 personne



- Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairie, bois) : 1 pers/100ha soit 0,773128 personne
- Terrains aménagés mais peu fréquentés (chemins ruraux) : 1 pers/10ha soit 0,12270 personne

Nombre de personnes exposées dans la zone d'étude : 0,896 personne

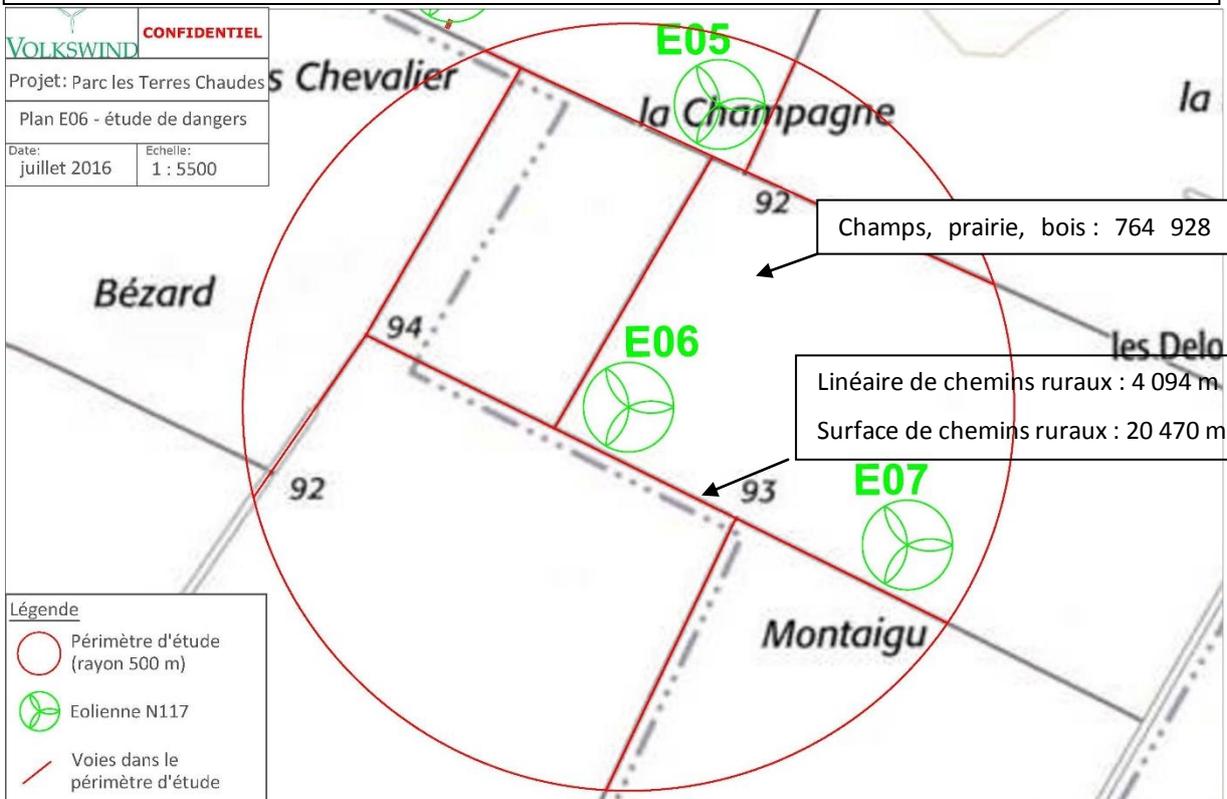
VOLKSWIND		CONFIDENTIEL
Projet: Parc les Terres Chaudes		
Plan E05 - étude de dangers		
Date:	Echelle:	
juillet 2016	1 : 5500	



- Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairie, bois) : 1 pers/100ha soit 0,770528 personne
- Terrains aménagés mais peu fréquentés (chemins ruraux) : 1 pers/10ha soit 0,14870 personne

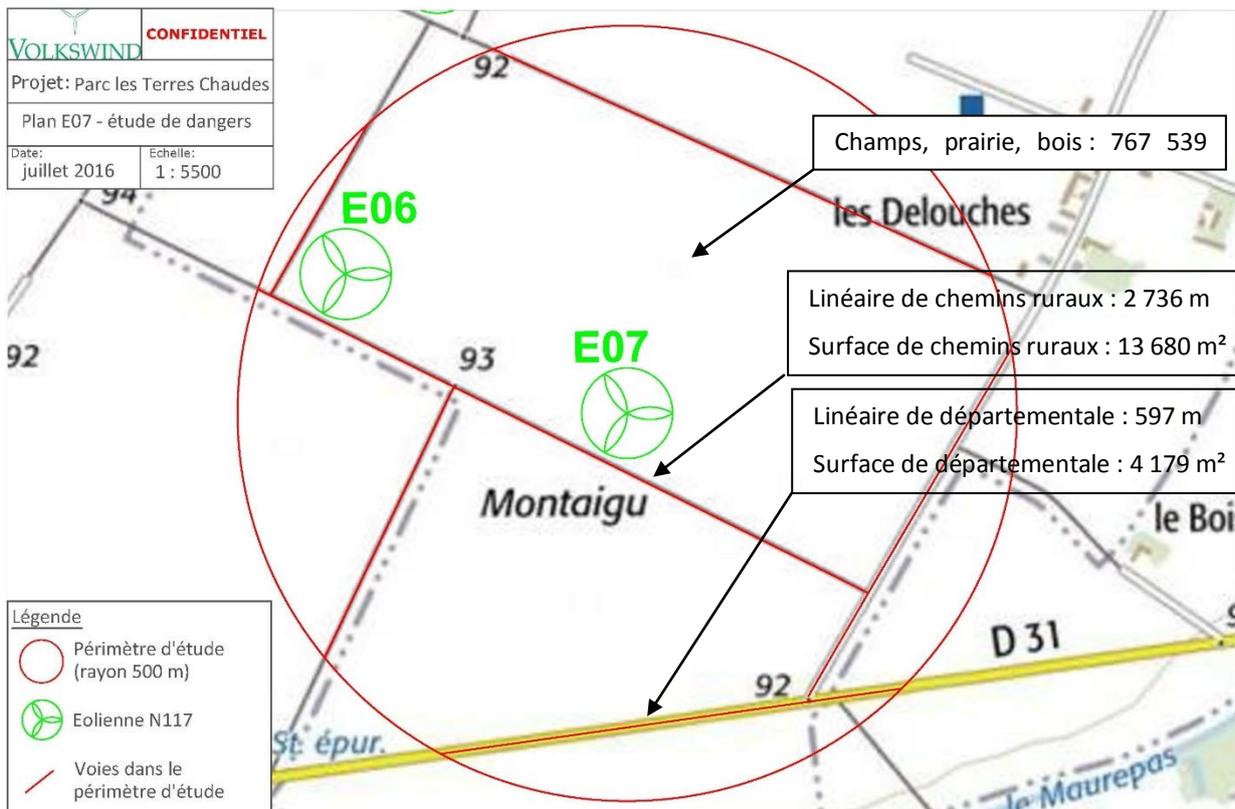
Nombre de personnes exposées dans la zone d'étude : 0,919 personne

VOLKSWIND		CONFIDENTIEL
Projet: Parc les Terres Chaudes		
Plan E06 - étude de dangers		
Date:	Echelle:	
juillet 2016	1 : 5500	



- Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairie, bois) : 1 pers/100ha soit 0,764928 personne
- Terrains aménagés mais peu fréquentés (chemins ruraux) : 1 pers/10ha soit 0,20470 personne

Nombre de personnes exposées dans la zone d'étude : 0,970 personne



- Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairie, bois) : 1 pers/100ha soit 0,767539 personne
- Terrains aménagés mais peu fréquentés (chemins ruraux) : 1 pers/10ha soit 0,17859 personne

Nombre de personnes exposées dans la zone d'étude : 0,946 personne

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

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)		
<i>Eolienne</i>	<i>Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)</i>	<i>Gravité</i>
E01	0,897	Modérée
E02	0,850	Modérée
E03	0,875	Modérée
E04	0,896	Modérée
E05	0,919	Modérée
E06	0,970	Modérée
E07	0,946	Modérée

Les sept éoliennes du parc les Terres Chaudes ont une gravité qualifiée de « modérée ».

❖ Probabilité

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

❖ Acceptabilité

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc les Terres Chaudes, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable).

Conséquence	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux	Yellow	Red	Red	Red	Red
Catastrophique	Yellow	Yellow	Red	Red	Red
Important	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red
Sérieux	Green	Green	Yellow	Yellow	Red
Modéré	Green	E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7	Green	Green	Yellow

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

VIII.2.5. PROJECTION DE GLACE

❖ Zone d'effet

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

En ce qui concerne la distance maximale atteinte par ce type de projectiles, il n'existe pas d'information dans l'accidentologie. La référence [15] propose une distance d'effet fonction de la hauteur et du diamètre de l'éolienne, dans les cas où le nombre de jours de glace est important et où l'éolienne n'est pas équipée de système d'arrêt des éoliennes en cas de givre ou de glace :

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

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

❖ Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de glace dans le cas du parc éolien les Terres Chaudes. d est le degré d'exposition, Z_i la zone d'impact, Z_e la zone d'effet, R la longueur de pale D le diamètre du rotor ($D = 2 \cdot R = 116,8$ m), H la hauteur au moyeu ($H_1 = 91$ m pour l'éolienne E01, et $H = 106$ m pour les 6 autres éoliennes du parc), et SG est la surface du morceau de glace majorant (1 m²).

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de $R_{PG} = 1,5 \times (H+D)$ autour de l'éolienne)				
<i>Eolienne du parc les Terres Chaudes</i>	<i>Zone d'impact</i> $Z_i = SG$	<i>Zone d'effet du phénomène étudié</i> $Z_E = \pi \times (1,5 \times (H+D))^2$	<i>Degré d'exposition du phénomène étudié en %</i> $d = Z_i / Z_E$	<i>Intensité</i>
E01	1 m ²	305 227 m ²	$3,27 \times 10^{-4}$ (< 1 %)	Exposition modérée
E02, E03, E04, E05, E06, E07	1 m ²	350 883 m ²	$2,85 \times 10^{-4}$ (< 1 %)	Exposition modérée

❖ Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues du paragraphe VIII.1.3., il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de projection de glace, dans la zone d'effet de ce phénomène :

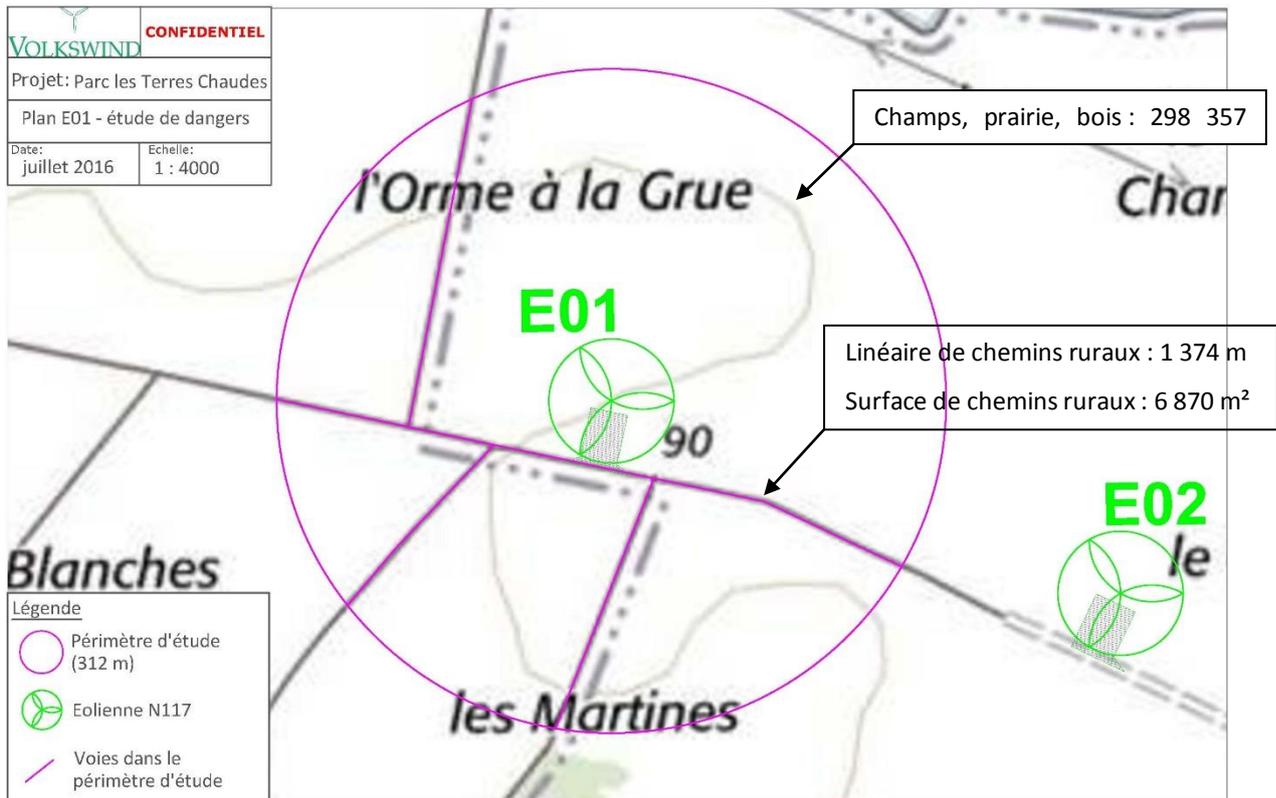
- Plus de 1000 personnes exposées → « Désastreux »
- Entre 100 et 1000 personnes exposées → « Catastrophique »
- Entre 10 et 100 personnes exposées → « Important »
- Moins de 10 personnes exposées → « Sérieux »
- Présence humaine exposée inférieure à « une personne » → « Modéré »

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

Le périmètre d'étude R_{PG} est égal à 312 m pour l'éolienne E01 et 334 m pour les six autres machines.

Les plans ci-dessous détaillent par éolienne la nature des terrains. Ceci nous permettant de définir les personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène de projection de glace et la gravité associée.

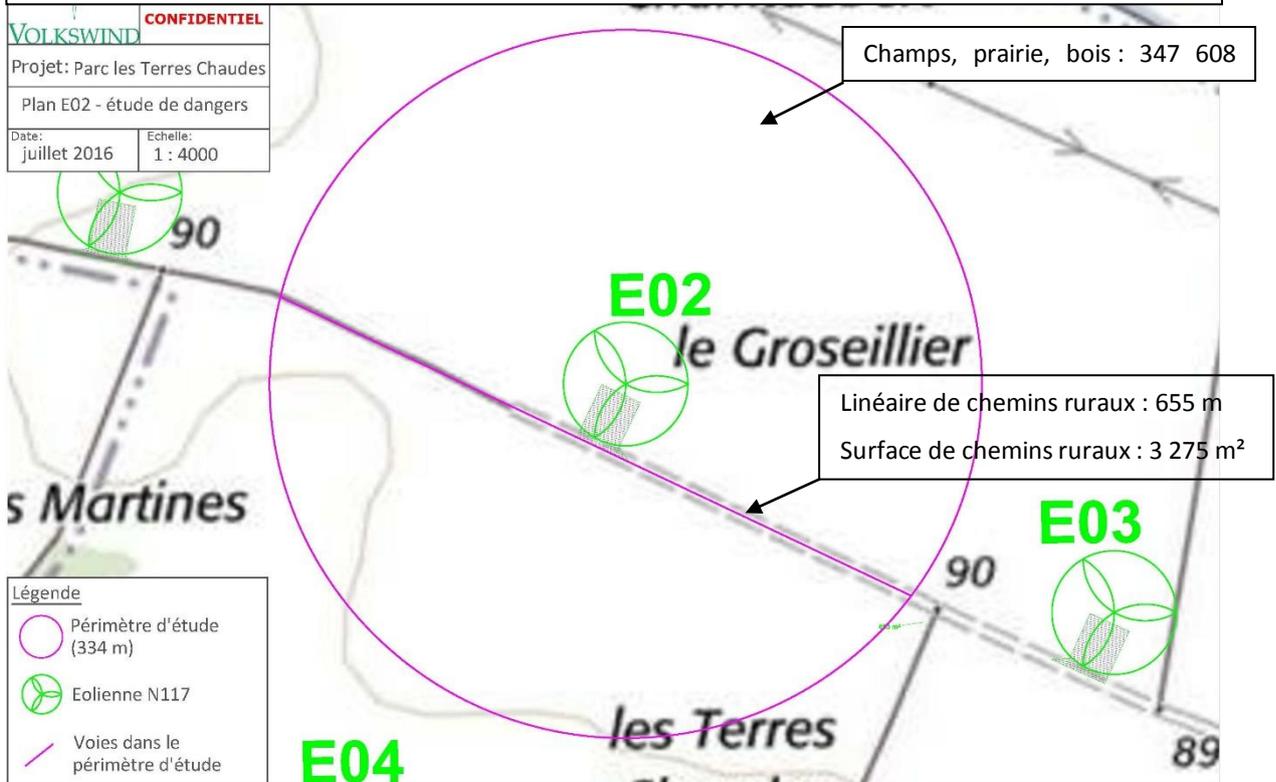
VOLKSWIND		CONFIDENTIEL
Projet: Parc les Terres Chaudes		
Plan E01 - étude de dangers		
Date: juillet 2016	Echelle: 1 : 4000	



- Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairie, bois) : 1 pers/100ha soit 0,298357 personne
- Terrains aménagés mais peu fréquentés (chemins ruraux) : 1 pers/10ha soit 0,06870 personne

Nombre de personnes exposées dans la zone d'étude : 0,367 personne

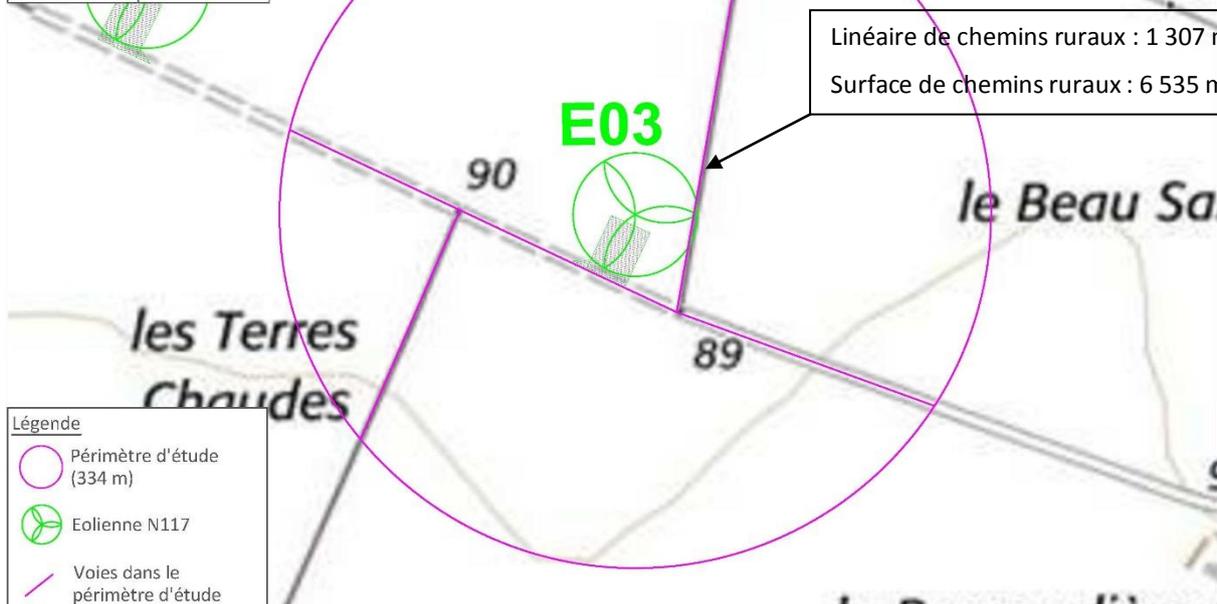
VOLKSWIND		CONFIDENTIEL
Projet: Parc les Terres Chaudes		
Plan E02 - étude de dangers		
Date: juillet 2016	Echelle: 1 : 4000	



- Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairie, bois) : 1 pers/100ha soit 0,347608 personne
- Terrains aménagés mais peu fréquentés (chemins ruraux) : 1 pers/10ha soit 0,03275 personne

Nombre de personnes exposées dans la zone d'étude : 0,380 personne

VOLKSWIND		CONFIDENTIEL
Projet: Parc les Terres Chaudes		
Plan E03 - étude de dangers		
Date: juillet 2016	Echelle: 1 : 4000	

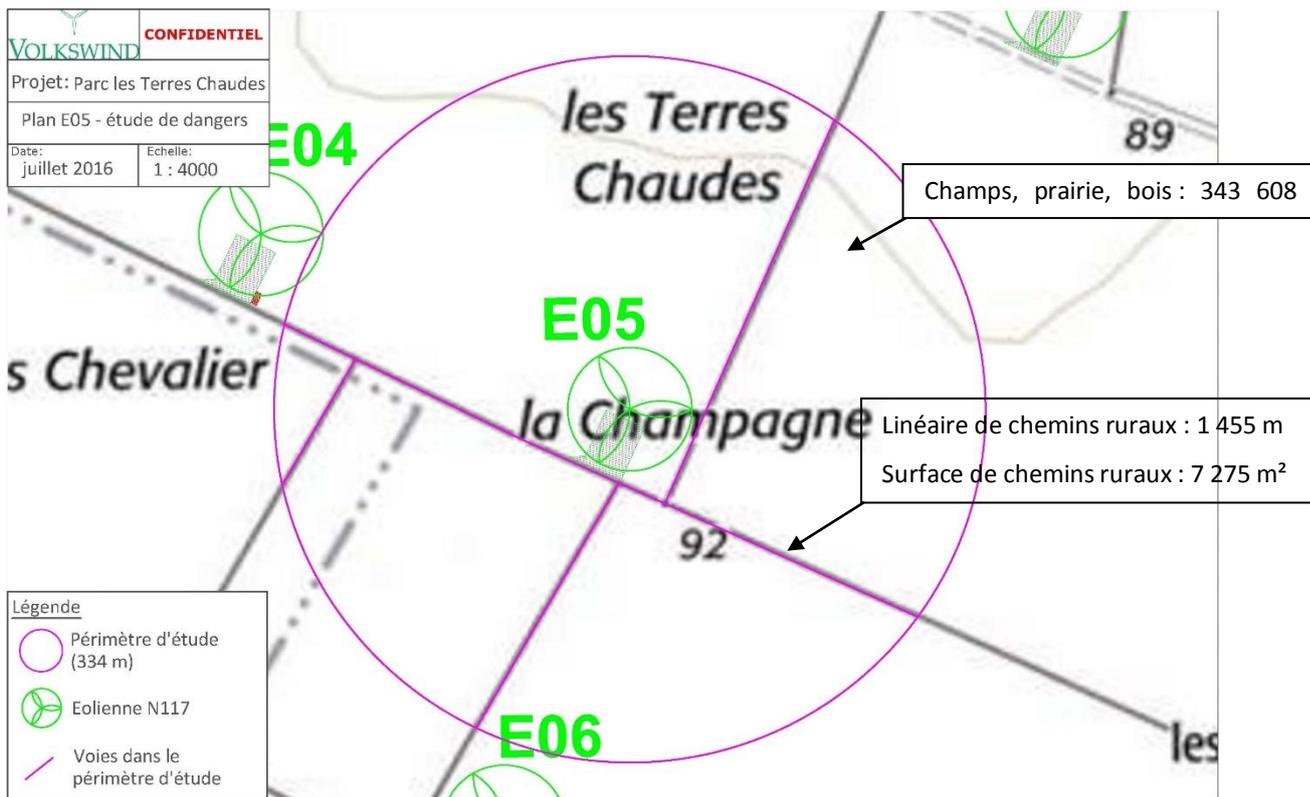


- Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairie, bois) : 1 pers/100ha soit 0,344348 personne
 - Terrains aménagés mais peu fréquentés (chemins ruraux) : 1 pers/10ha soit 0,06535 personne
- Nombre de personnes exposées dans la zone d'étude : 0,410 personne**

VOLKSWIND		CONFIDENTIEL
Projet: Parc les Terres Chaudes		
Plan E04 - étude de dangers		
Date: juillet 2016	Echelle: 1 : 4000	

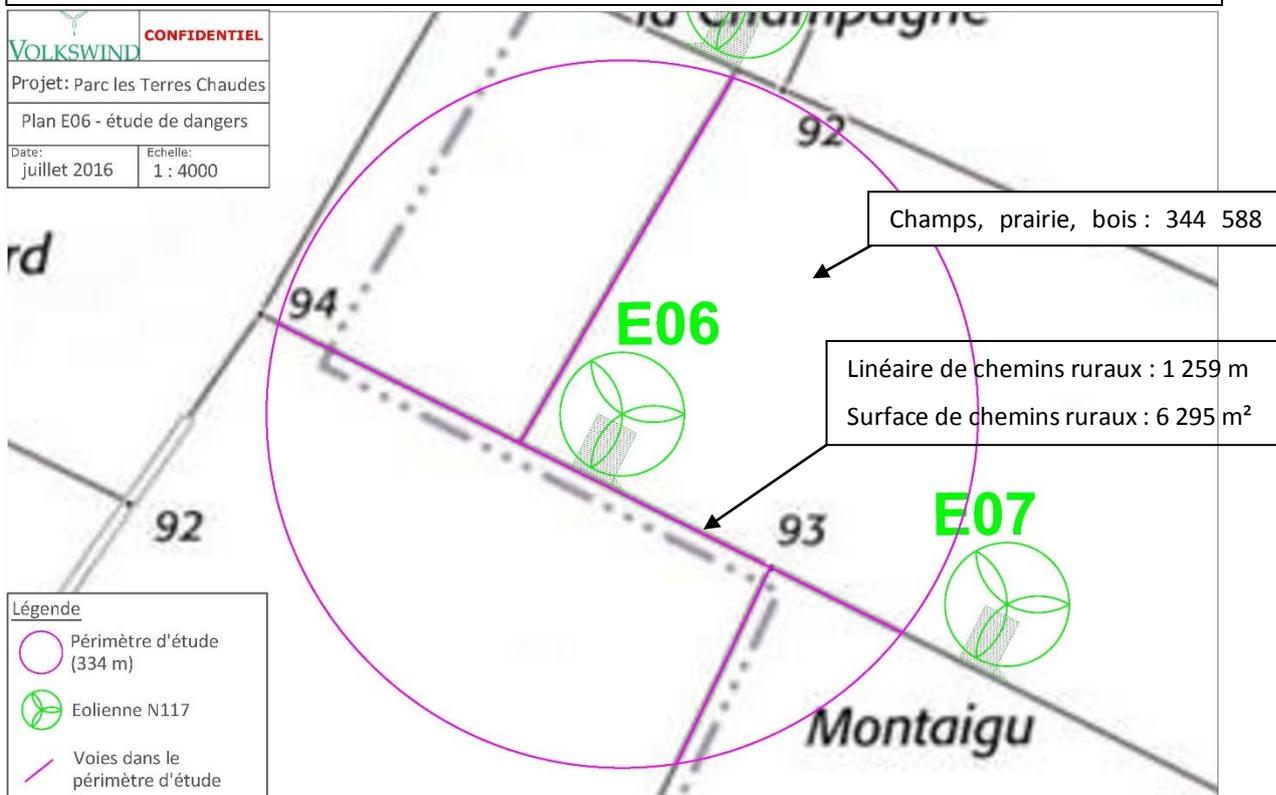


- Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairie, bois) : 1 pers/100ha soit 0,346373 personne
 - Terrains aménagés mais peu fréquentés (chemins ruraux) : 1 pers/10ha soit 0,04510 personne
- Nombre de personnes exposées dans la zone d'étude : 0,391 personne**



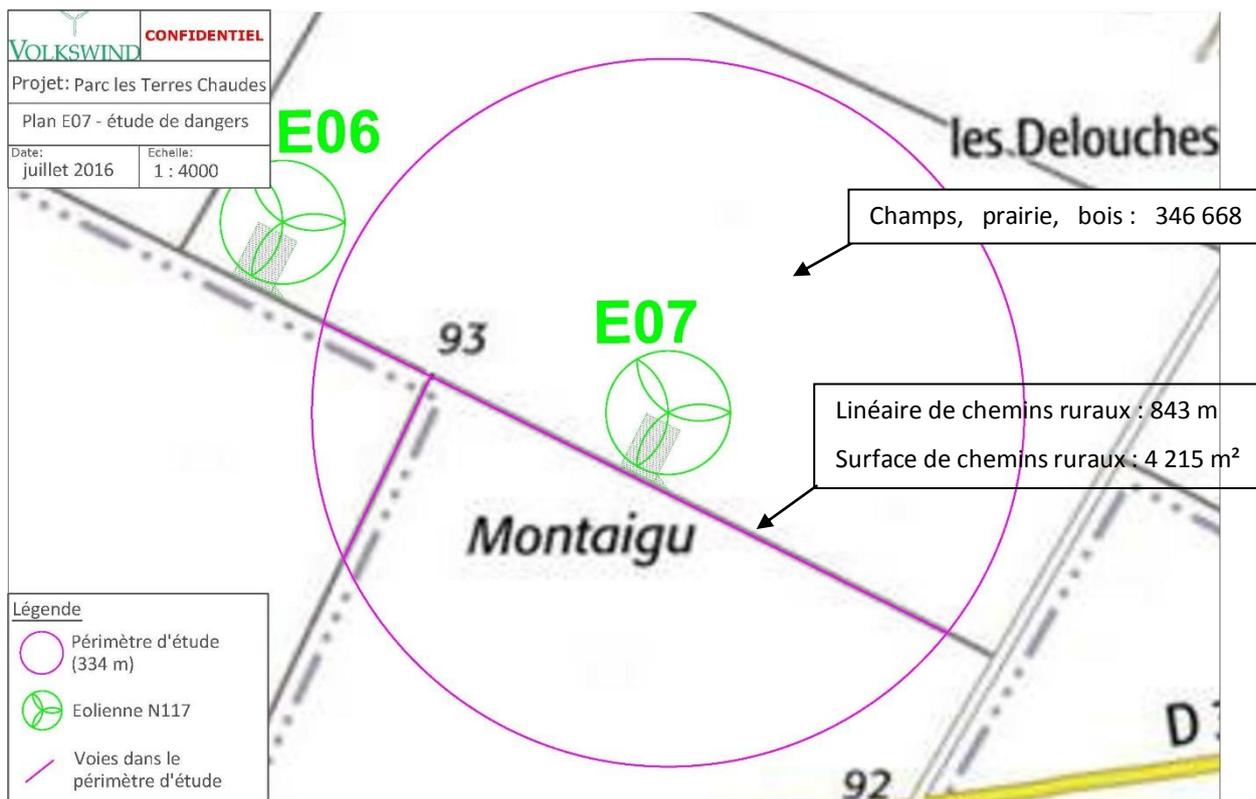
- Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairie, bois) : 1 pers/100ha soit 0,343608 personne
- Terrains aménagés mais peu fréquentés (chemins ruraux) : 1 pers/10ha soit 0,07275 personne

Nombre de personnes exposées dans la zone d'étude : 0,416 personne



- Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairie, bois) : 1 pers/100ha soit 0,344588 personne
- Terrains aménagés mais peu fréquentés (chemins ruraux) : 1 pers/10ha soit 0,06295 personne

Nombre de personnes exposées dans la zone d'étude : 0,408 personne



- Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairie, bois) : 1 pers/100ha soit 0,346668 personne
- Terrains aménagés mais peu fréquentés (chemins ruraux) : 1 pers/10ha soit 0,04215 personne

Nombre de personnes exposées dans la zone d'étude : 0,389 personne

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

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de $R_{PG} = 1,5 \times (H+2R)$ autour de l'éolienne)		
<i>Eolienne</i>	<i>Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)</i>	<i>Gravité</i>
E01	0,367	Modérée
E02	0,380	Modérée
E03	0,410	Modérée
E04	0,391	Modérée
E05	0,416	Modérée
E06	0,408	Modérée
E07	0,389	Modérée

❖ 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.

❖ Acceptabilité

Le risque de projection pour chaque aérogénérateur est évalué comme acceptable dans le cas d'un niveau de gravité « sérieux ». Cela correspond pour cet événement à un nombre équivalent de personnes permanentes inférieures à 10 dans la zone d'effet.

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc les Terres Chaudes, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable).

Conséquence	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux	Yellow	Red	Red	Red	Red
Catastrophique	Yellow	Yellow	Red	Red	Red
Important	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red
Sérieux	Green	Green	Yellow	Yellow	Red
Modéré	Green	Green	Green	E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7	Yellow

Ainsi, pour le parc éolien les Terres Chaudes, le phénomène de projection de glace constitue un risque acceptable pour les personnes.

VIII.3. SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE DÉTAILLÉE DES RISQUES

VIII.3.1. TABLEAUX DE SYNTHÈSE DES SCÉNARIOS ÉTUDIÉS

Le tableau suivant récapitule, pour chaque événement redouté central retenu, les paramètres de risques : la cinétique, l'intensité, la gravité et la probabilité. Le tableau regroupe les éoliennes qui ont le même profil de risque.

SYNTHESE					
Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité
Effondrement de l'éolienne	Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale Soit un rayon de 164m (149m pour l'éolienne E01)	Rapide	Exposition modérée	D (pour des éoliennes récentes) ³	Sérieuse pour l'ensemble des éoliennes
Chute de glace	Zone de survol Soit un rayon de 58,4m ⁴	Rapide	Exposition modérée	A Sauf si les températures hivernales sont supérieures à 0°C	Modérée pour l'ensemble des éoliennes
Chute d'éléments de l'éolienne	Zone de survol Soit un rayon de 58,4m ⁵	Rapide	Exposition modérée	C	Modérée pour l'ensemble des éoliennes
Projection de pales ou fragments de pales	500 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	D (pour des éoliennes récentes) ⁶	Modérée pour l'ensemble des éoliennes
Projection de glace	1,5 x (H + D) autour de l'éolienne Soit un rayon de 334m (312m pour l'éolienne E01)	Rapide	Exposition modérée	B Sauf si les températures hivernales sont supérieures à 0°C	Modérée pour l'ensemble des éoliennes

³ Voir paragraphe VIII.2.1

⁴ Voir paragraphe VIII.2.2

⁵ Voir paragraphe VIII.2.3

⁶ Voir paragraphe VIII.2.4

VIII.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 quant à l'acceptabilité, la matrice de criticité ci-dessous, adaptée de la circulaire du 29 septembre 2005 et reprise dans la circulaire du 10 mai 2010 sera utilisée.

Conséquence	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux		<i>Effondrement</i>			
Modéré		<i>Projection d'éléments</i>	<i>Chute d'éléments</i>	<i>Projection de glace</i>	<i>Chute de glace</i>

Légende de la matrice

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

Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée que :

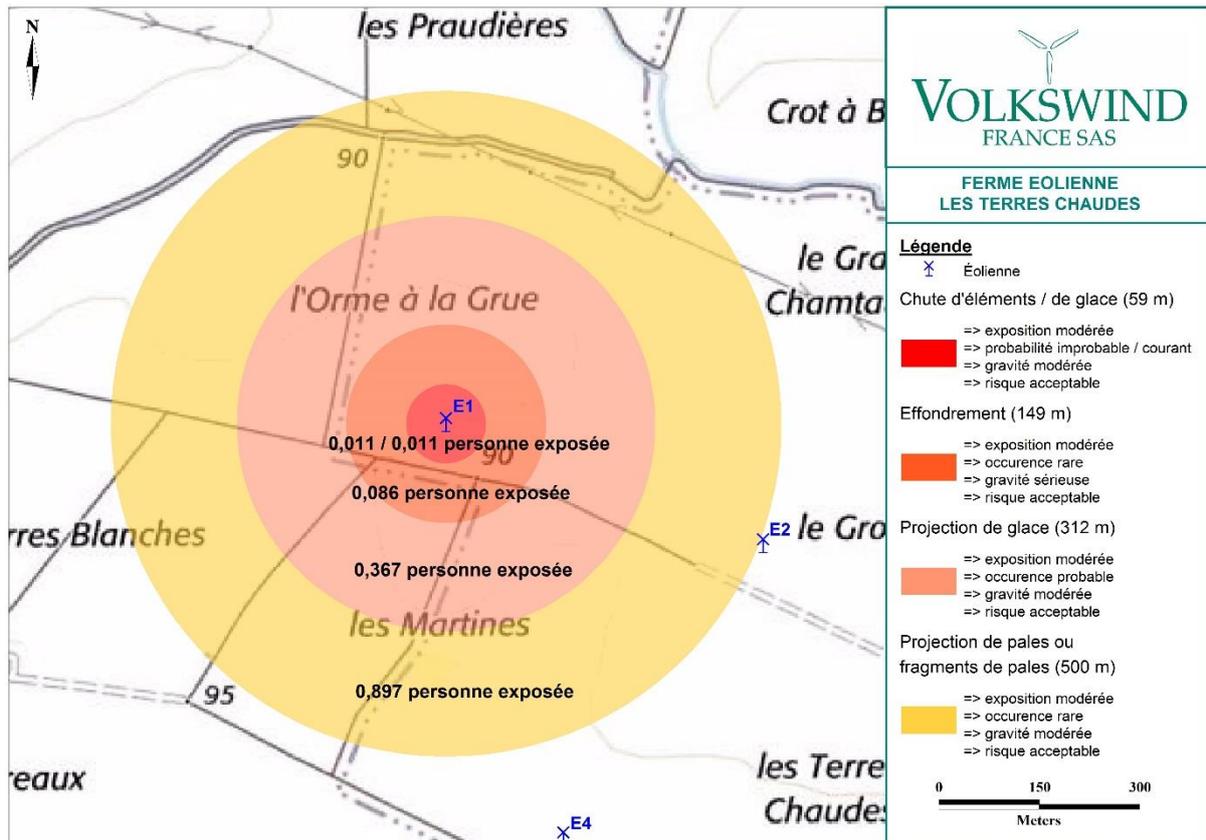
- aucun accident n'apparaît dans les cases rouges de la matrice ;
- un accident figure en case jaune. Pour cet accident, il est rappelé dans le tableau ci-dessous les fonctions de sécurité prévues pour ce parc détaillées dans la partie VII.6.

Événement	Nombre de personnes exposées	Mesures de sécurité	Niveau de risque
Chute de glace	0,011 pour chaque éolienne	<p>Système de détection ou de déduction de la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. Procédure adéquate de redémarrage.</p> <p>Panneautage en pied de machine. Eloignement des zones habitées et fréquentées.</p>	Acceptable

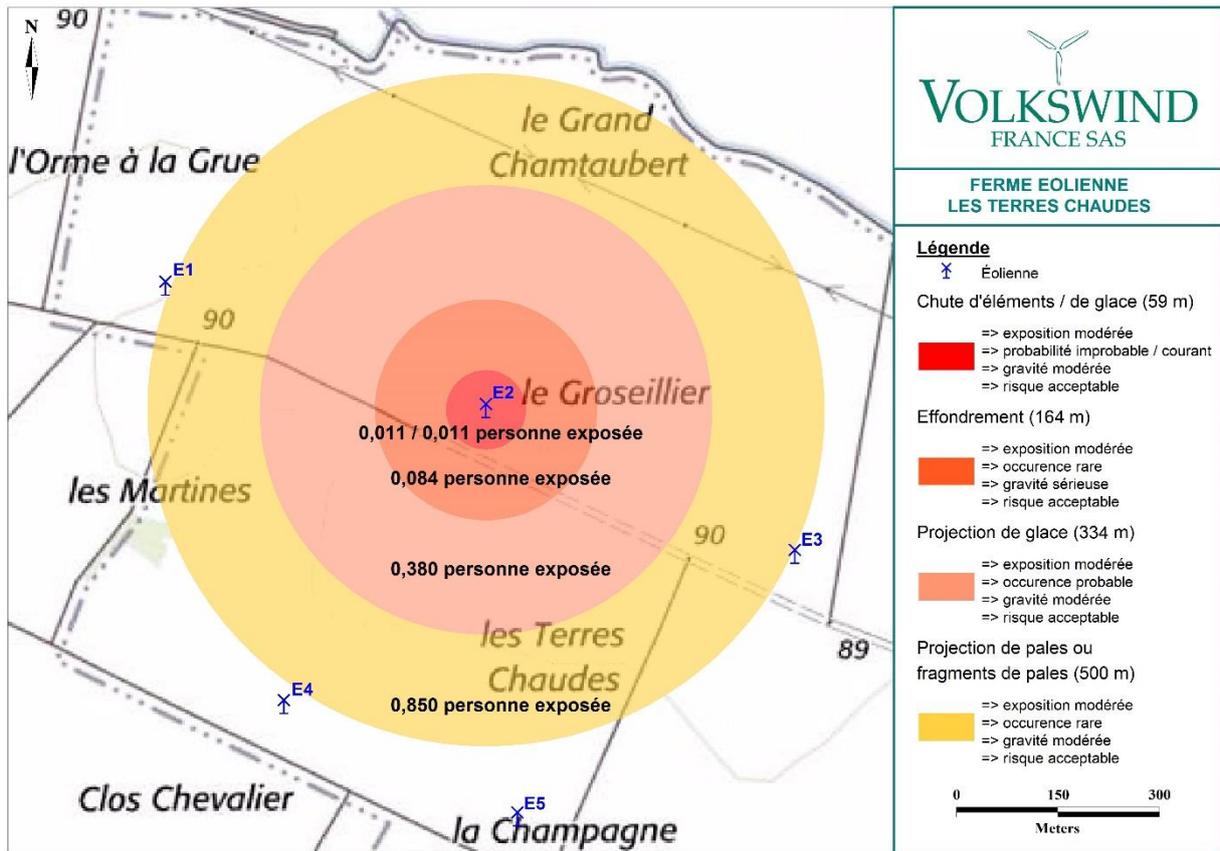
VIII.3.3. CARTOGRAPHIE DES RISQUES

Les cartes de synthèse ci-dessous sont proposées pour chacun des aérogénérateurs. Elles font apparaître, pour les scénarios détaillés dans le tableau de synthèse.

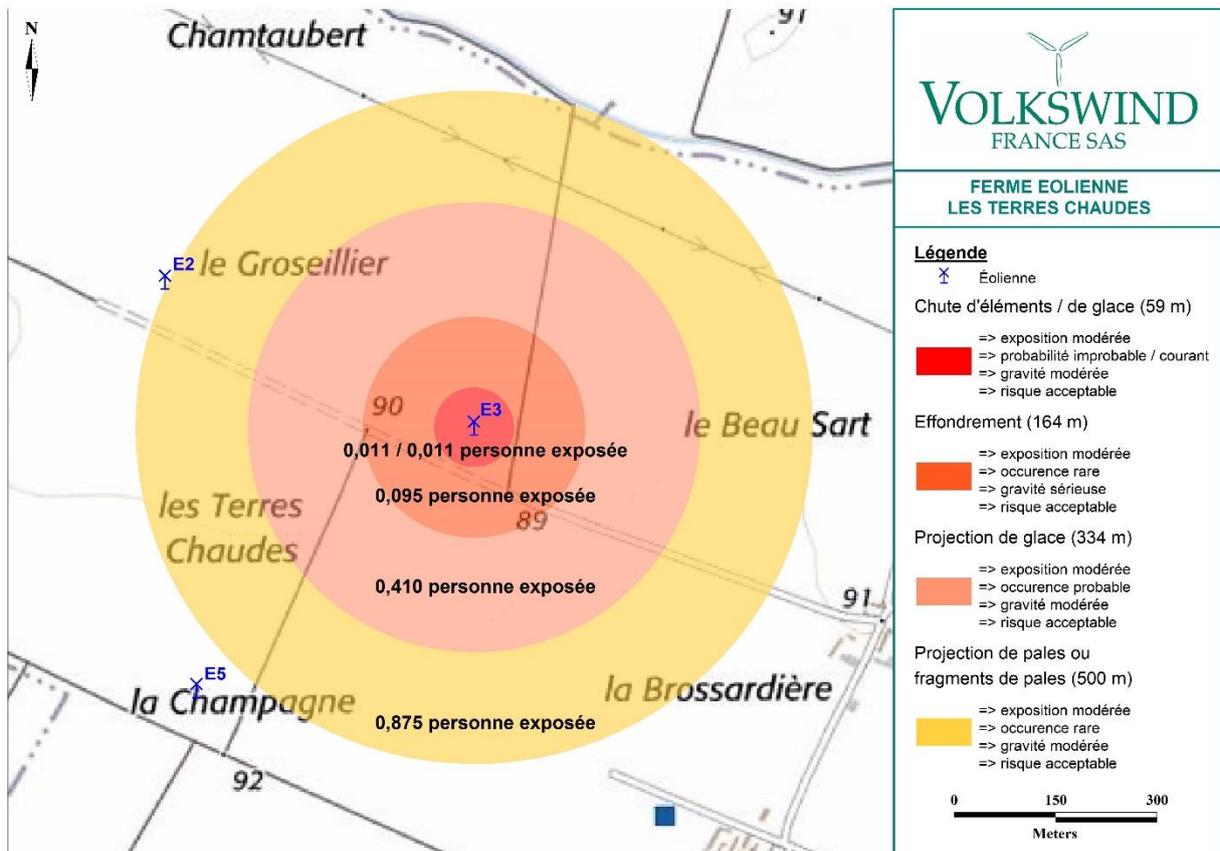
- les enjeux étudiés dans l'étude détaillée des risques,
- l'intensité des différents phénomènes dangereux dans les zones d'effet de chaque phénomène dangereux
- le nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) exposées par zone d'effet



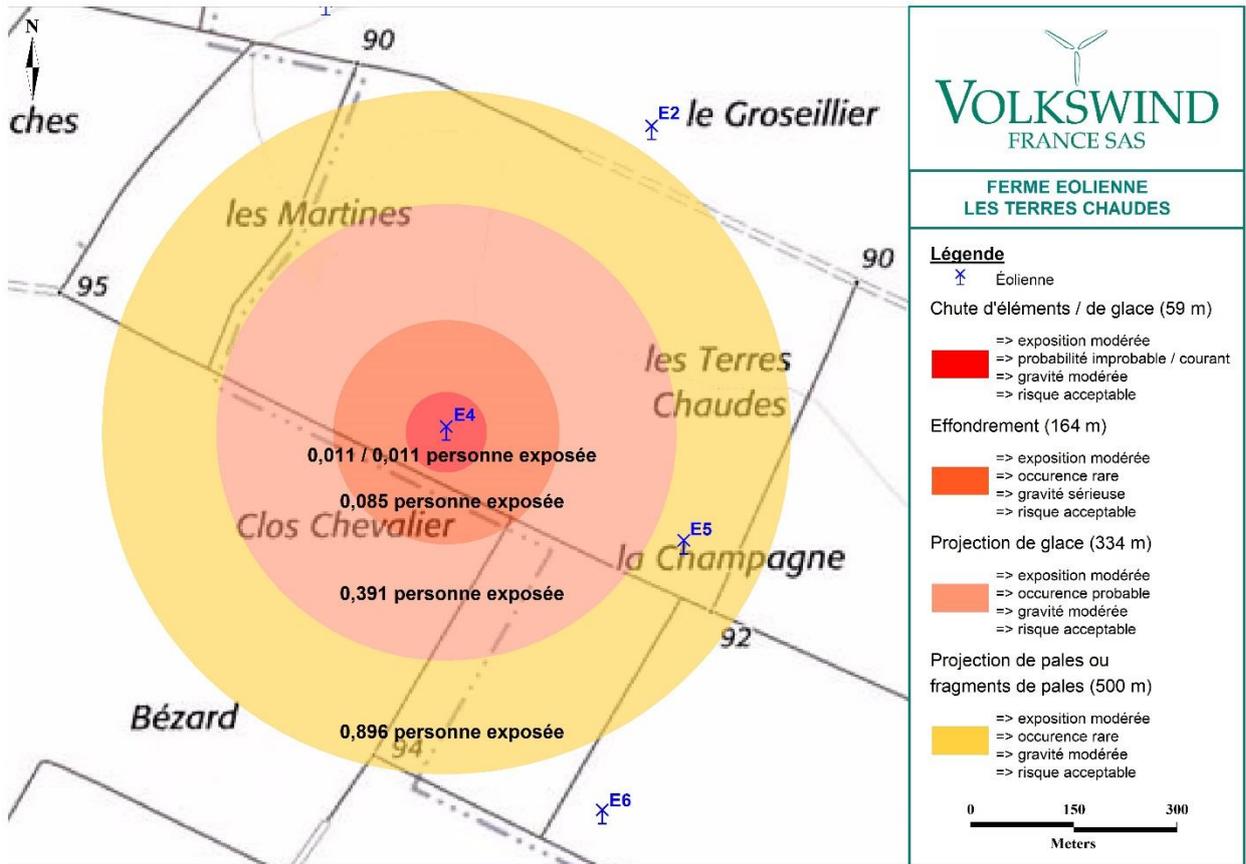
Carte 11 : Synthèse des risques de l'éolienne E1



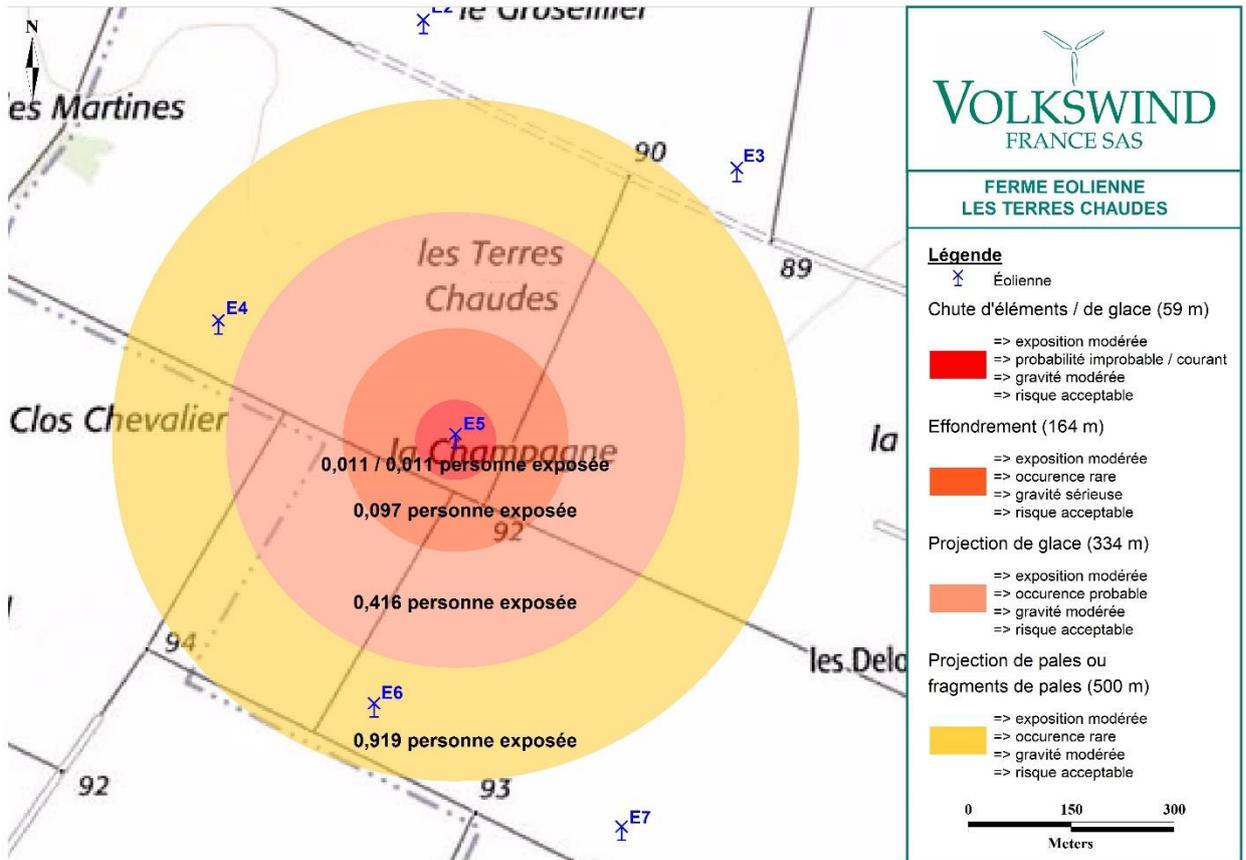
Carte 12 : Synthèse des risques de l'éolienne E2



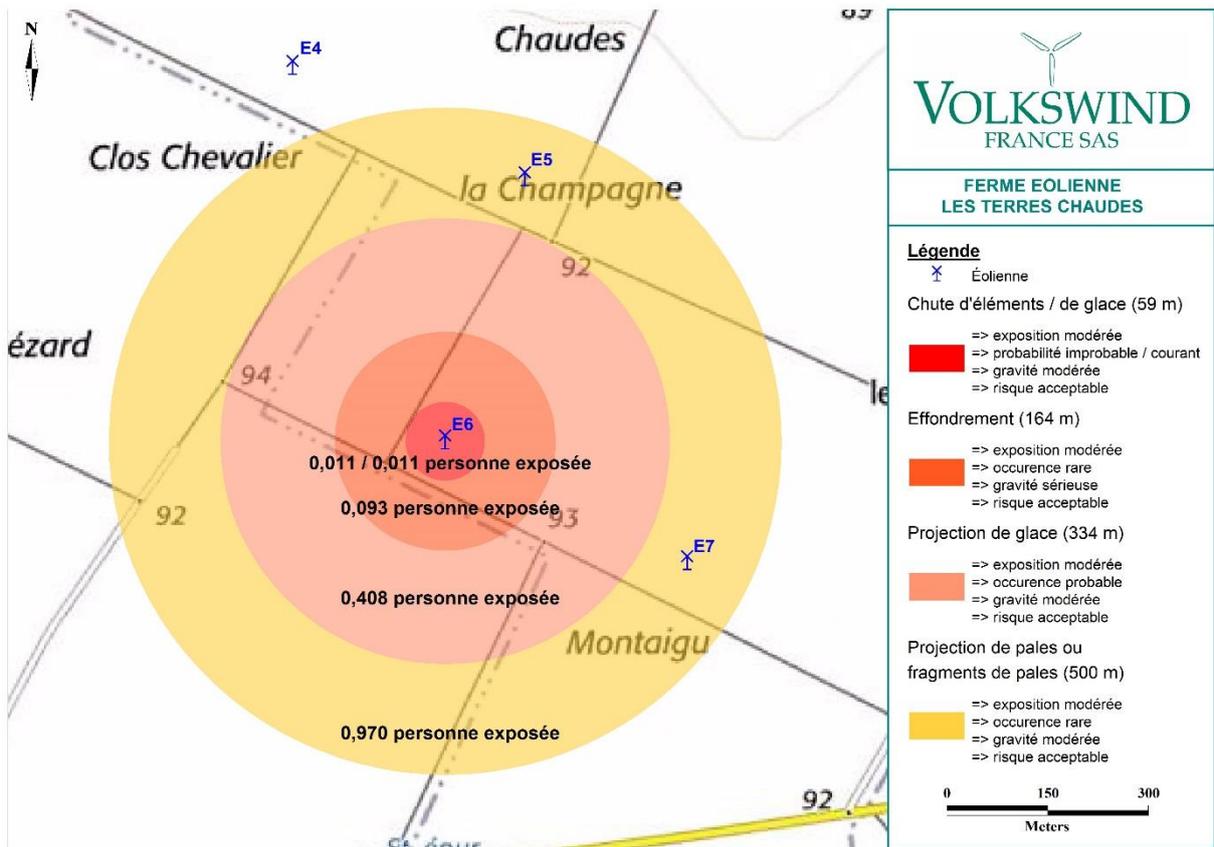
Carte 13 : Synthèse des risques de l'éolienne E3



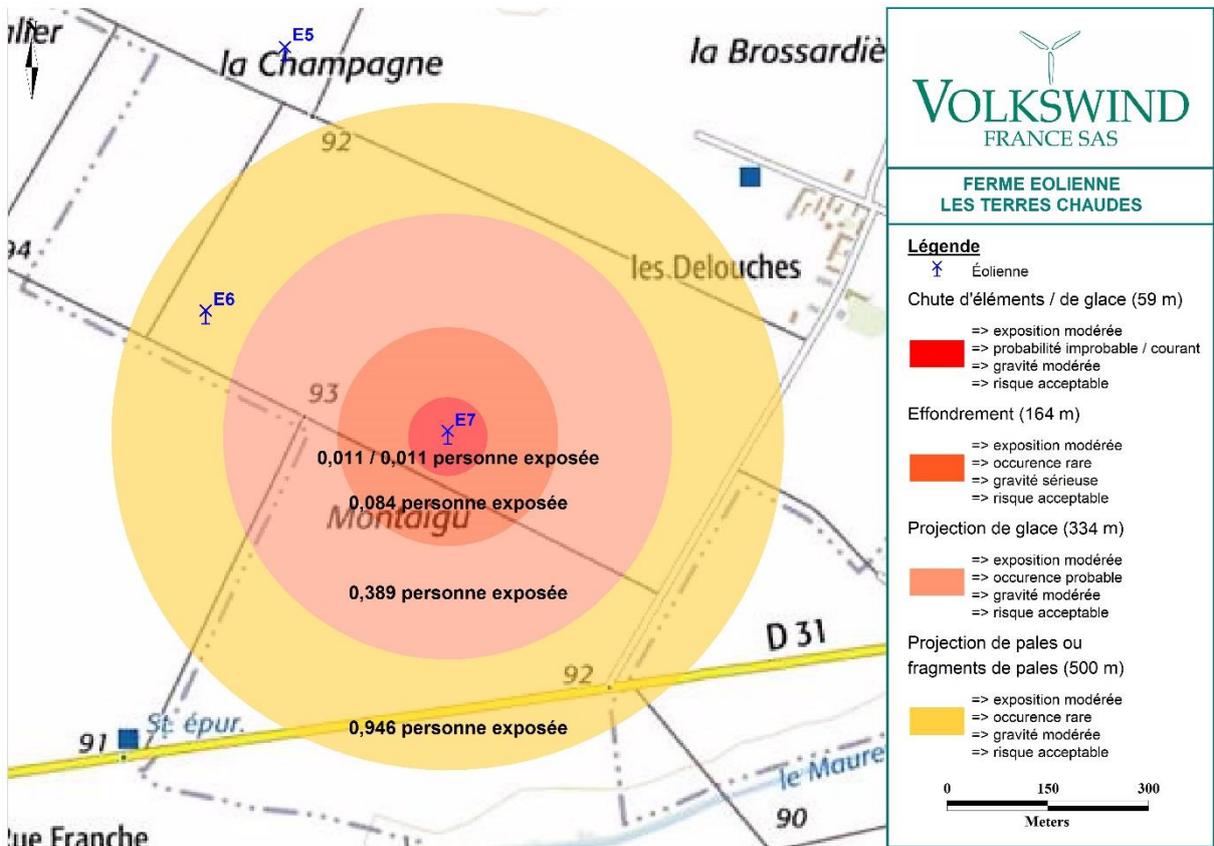
Carte 14 : Synthèse des risques de l'éolienne E4



Carte 15 : Synthèse des risques de l'éolienne E5



Carte 16 : Synthèse des risques de l'éolienne E6



Carte 17 : Synthèse des risques de l'éolienne E7

IX. CONCLUSION

Cette étude de dangers a pour objectif de répondre aux exigences du classement des éoliennes à la nomenclature ICPE. Ce document est réalisé par la société Volkswind France grâce au document générique produit par le groupe de travail SER-FEE – INERIS.

Tout d’abord, cette étude a décrit l’environnement du site ainsi que l’installation et son fonctionnement. Cela a permis de présenter le respect de l’ensemble de la réglementation s’appliquant aux éoliennes mais aussi la prise en compte des préconisations et avis des organismes consultés (aviation militaire, civile, etc). L’ensemble des cibles humaines dans le périmètre d’étude ont été identifiées et quantifiées.

Ensuite, l’étude a identifié les potentiels de dangers de l’installation qu’ils soient liés aux produits ou au fonctionnement de l’installation (chute d’éléments, projection d’éléments, effondrement, échauffement de pièces mécaniques, court-circuit électrique).

Puis, le retour d’expérience a permis de mettre en lumière les événements accidentels au niveau national et international. Il en ressort que l’incendie, l’effondrement, la rupture de pale et la chute d’éléments sont les principaux accidents.

L’analyse préliminaire des risques (APR) a permis d’identifier les scénarios d’accident majeurs et les mesures de sécurité qui empêchent ces scénarios de se produire ou en limitent les effets. L’APR a ainsi identifié l’ensemble des séquences accidentelles et phénomènes dangereux pouvant déclencher la libération du danger. Les scénarios ont été regroupés par thème : Glace, Incendie, Fuite, Chute d’élément, Projection et Effondrement. L’analyse du séquençage du déroulement des phénomènes accidentels permet de concevoir les mesures appropriées à apporter pour supprimer, réduire ou limiter le danger. L’APR, en répondant à l’ensemble des séquences accidentelles et phénomènes dangereux par des mesures appropriées, sélectionne les scénarios qui font l’objet de l’Etude Détaillée des Risques en excluant ceux dont l’intensité est faible.

Un ensemble de mesures de maîtrise des risques est mise en place pour prévenir ou limiter les conséquences des accidents majeurs dont voici les principales :

- Prévenir la mise en mouvement de l’éolienne lors de la formation de glace
- Prévenir l’atteinte des personnes par la chute de glace
- Prévenir l’échauffement significatif des pièces mécaniques
- Prévenir la survitesse
- Prévenir les courts-circuits
- Prévenir les effets de la foudre
- Prévenir les défauts de stabilité de l’éolienne et les défauts d’assemblage
- Prévenir les risques de dégradation de l’éolienne en cas de vent fort

L’étude détaillée des risques a caractérisé les scénarios sélectionnés en termes de probabilité, cinétique, intensité et gravité. Les scénarios retenus sont : projection de tout ou une partie de pale, effondrement de l’éolienne, chute d’éléments de l’éolienne, chute de glace et projection de glace.

Le calcul d’un niveau d’intensité (en fonction du ratio entre la zone d’impact et la zone d’effet du phénomène étudié) et l’estimation d’un niveau de gravité (en fonction du nombre de personnes exposées), associé à une probabilité d’occurrence (issue de la bibliographie) pour chaque scénario permet de définir si le risque est acceptable ou non.

Le niveau de gravité le plus important concerne l’effondrement d’une éolienne (N117), la gravité étant jugé sérieuse pour l’ensemble des machines. Néanmoins la probabilité d’occurrence de ce risque est rare.

À l’inverse, le scénario de chute de glace présente une occurrence qualifiée de « courante » et une gravité « modérée ». Une mesure de sécurité est prévue pour prévenir du risque de chute de glace. En effet des panneaux d’informations seront installés sur les chemins d’accès aux éoliennes, en amont de la zone d’effet.

La gravité est également modérée pour les scénarios de projection de glace, de chute d’éléments de l’éolienne, et de projection de pales ou fragments de pales, mais les occurrences de ces scénarios sont différentes, respectivement « probable », « improbable », et « rare ».

L’ensemble de ces scénarios présentent un risque « acceptable ».

Le scénario de fuite d'huile avec risque d'infiltration dans le sol n'a pas été traité dans l'analyse détaillée des risques car les volumes de substances susceptibles d'être libérés dans le sol restent mineurs. D'autre part, un bac de rétention permettant de récupérer l'intégralité des hydrocarbures (graisses et huiles) présents notamment dans la nacelle sont présents sur chaque éolienne. Enfin, en cas d'écoulement accidentel hors de l'éolienne (pendant les vidanges par exemple), des solutions de dépollution sont également prévues.

En conclusion, les éléments exposés par la présente étude de dangers montrent objectivement que les risques résiduels sont acceptables sur le site choisi.

ANNEXE 1 – MÉTHODE DE COMPTAGE DES PERSONNES POUR LA DÉTERMINATION DE LA GRAVITÉ POTENTIELLE D'UN ACCIDENT À PROXIMITÉ D'UNE ÉOLIENNE

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

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

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

Terrains non bâtis

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

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

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

Voies de circulation

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

Voies de circulation automobiles

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

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

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

Voies ferroviaires

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

Voies navigables

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

Chemins et voies piétonnes

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

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

Logements

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

Etablissements recevant du public (ERP)

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

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

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

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

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

Zones d'activité

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

ANNEXE 2 – TABLEAU DE L'ACCIDENTOLOGIE FRANÇAISE

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

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

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Rupture de pale	25/02/2002	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pale en bois (avec inserts) sur une éolienne bipale	Tempête	Article de presse (La Dépêche du 26/03/2003)	Information peu précise
Rupture de pale	05/11/2003	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pales en bois (avec inserts) sur trois éoliennes. Morceaux de pales disséminés sur 100 m.	Dysfonctionnement du système de freinage	Rapport du CGM Article de presse (Midi Libre du 15/11/2003)	-
Effondrement	01/01/2004	Le Portel – Boulogne sur Mer	Pas de Calais	0,75	2002	Non	Cassure d'une pale, chute du mât et destruction totale. Une pale tombe sur la plage et les deux autres dérivent sur 8 km.	Tempête	Base de données ARIA Rapport du CGM Site Vent de Colère Articles de presse (Windpower Monthly May 2004, La Voix du Nord du 02/01/2004)	-
Effondrement	20/03/2004	Loon Plage – Port de Dunkerque	Nord	0,3	1996	Non	Couchage du mât d'une des 9 éoliennes suite à l'arrachement de la fondation	Rupture de 3 des 4 micropieux de la fondation, erreur de calcul (facteur de 10)	Base de données ARIA Rapport du CGM Site Vent de Colère Articles de presse (La Voix du Nord du 20/03/2004 et du 21/03/2004)	-
Rupture de pale	22/06/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2001	Non	Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5 m à 50 m, mât intact	Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage)	Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004)	-
Rupture de pale	08/07/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2001	Non	Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5m à 50m, mat intact	Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage)	Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004)	Incident identique à celui s'étant produit 15 jours auparavant
Rupture de pale	2004	Escales-Conilhac	Aude	0,75	2003	Non	Bris de trois pales		Site Vent de Colère	Information peu précise
Rupture de pale + incendie	22/12/2004	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75	2004	Non	Bris des trois pales et début d'incendie sur une éolienne (survitesse de plus de 60 tr/min)	Survitesse due à une maintenance en cours, problème de régulation, et dysfonctionnement du système de freinage	Base de données ARIA Article de presse (La Tribune du 30/12/2004) Site Vent de Colère	-

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Rupture de pale	2005	Wormhout	Nord	0,4	1997	Non	Bris de pale		Site Vent de Colère	Information peu précise
Rupture de pale	08/10/2006	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2004	Non	Chute d'une pale de 20 m pesant 3 tonnes	Allongement des pales et retrait de sécurité (débridage), pas de REX suite aux précédents accidents sur le même parc	Site FED Articles de presse (Ouest France) Journal FR3	-
Incendie	18/11/2006	Roquetaillade	Aude	0,66	2001	Oui	Acte de malveillance: explosion de bonbonne de gaz au pied de 2 éoliennes. L'une d'entre elles a mis le feu en pieds de mat qui s'est propagé jusqu'à la nacelle.	Malveillance / incendie criminel	Communiqués de presse exploitant Articles de presse (La Dépêche, Midi Libre)	-
Effondrement	03/12/2006	Bondues	Nord	0,08	1993	Non	Sectionnement du mât puis effondrement d'une éolienne dans une zone industrielle	Tempête (vents mesurés à 137Kmh)	Article de presse (La Voix du Nord)	-
Rupture de pale	31/12/2006	Ally	Haute-Loire	1,5	2005	Oui	Chute de pale lors d'un chantier de maintenance visant à remplacer les rotors	Accident faisant suite à une opération de maintenance	Site Vent de Colère	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident pendant la phase chantier)
Rupture de pale	03/2007	Clitourps	Manche	0,66	2005	Oui	Rupture d'un morceau de pale de 4 m et éjection à environ 80 m de distance dans un champ	Cause pas éclaircie	Site FED Interne exploitant	-
Chute d'élément	11/10/2007	Plouvien	Finistère	1,3	2007	Non	Chute d'un élément de la nacelle (trappe de visite de 50 cm de diamètre)	Défaut au niveau des charnières de la trappe de visite. Correctif appliqué et retrofit des boulons de charnières effectué sur toutes les machines en exploitation.	Article de presse (Le Télégramme)	-

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Emballlement	03/2008	Dinéault	Finistère	0,3	2002	Non	Emballlement de l'éolienne mais pas de bris de pale	Tempête + système de freinage hors service (boulon manquant)	Base de données ARIA	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (événement unique et sans répercussion potentielle sur les personnes)
Collision avion	04/2008	Plouguin	Finistère	2	2004	Non	Léger choc entre l'aile d'un bimoteur Beechcraftch (liaison Ouessant-Brest) et une pale d'éolienne à l'arrêt. Perte d'une pièce de protection au bout d'aile. Mise à l'arrêt de la machine pour inspection.	Mauvaise météo, conditions de vol difficiles (sous le plafond des 1000m imposé par le survol de la zone) et faute de pilotage (altitude trop basse)	Articles de presse (Le Télégramme, Le Post)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident aéronautique)
Rupture de pale	19/07/2008	Erize-la-Brûlée - Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Oui	Chute de pale et projection de morceaux de pale suite à un coup de foudre	Foudre + défaut de pale	Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain 22/07/2008)	-
Incendie	28/08/2008	Vauvillers	Somme	2	2006	Oui	Incendie de la nacelle	Problème au niveau d'éléments électroniques	Dépêche AFP 28/08/2008	-
Rupture de pale	26/12/2008	Raival - Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Oui	Chute de pale		Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain)	-
Maintenance	26/01/2009	Clastres	Aisne	2,75	2004	Oui	Accident électrique ayant entraîné la brûlure de deux agents de maintenance	Accident électrique (explosion d'un convertisseur)	Base de données ARIA	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Rupture de pale	08/06/2009	Bollène	Vaucluse	2,3	2009	Oui	Bout de pale d'une éolienne ouvert	Coup de foudre sur la pale	Interne exploitant	Non utilisable dans les chutes ou les projections (la pale est restée accrochée)

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

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

ANNEXE 3 – SCÉNARIOS GÉNÉRIQUES ISSUS 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 précédemment cité (« G » pour les scénarios concernant la glace, « I » pour ceux concernant l'incendie, « F » pour ceux concernant les fuites, « C » pour ceux concernant la chute d'éléments de l'éolienne, « P » pour ceux concernant les risques de projection, « E » pour ceux concernant les risques d'effondrement).

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.

① 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 redémarrage de la machine encore « glacée », ou en cas de formation de glace sur le rotor en mouvement simultanément à une défaillance des systèmes de détection de givre et de balourd.

Aux faibles vitesses de vents (vitesse de démarrage ou « cut in »), les projections resteront limitées au surplomb de l'éolienne. A vitesse de rotation nominale, les éventuelles projections seront susceptibles d'atteindre des distances supérieures au surplomb de la machine.

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'emballlement du rotor (survitesses). 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 danger 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 danger. Plusieurs mesures pourront être mises en place (photographie du fond de fouille des fondations pour montrer que la nappe phréatique n'a pas été atteinte, comblement des failles karstiques par des billes d'argile, utilisation de graisses végétales pour les engins, ...).

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 dispersera 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

L'emballement de l'éolienne constitue un facteur aggravant en cas de projection de tout ou partie d'une pale. Cet emballement 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, emballement 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

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 4 – 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 5 – CARACTÉRISTIQUES DES CABLES (EXEMPLE DE FICHE TYPE)

MOYENNE TENSION (HTA) MEDIUM VOLTAGE (MV)	UNIPOLAIRES A CHAMP RADIAL SINGLE-CORE RADIAL FIELD CABLES
12/20 (24) kV	C 33-226

MTS 226

CARACTERISTIQUES DU CABLE

CABLE CHARACTERISTICS



+60 -15 °C



AG 4



AN2

gaine grise / grey sheath
AN3

gaine rouge / red sheath



AD 8



NF C 32-070
C2



Bon
Good



Rigide
Rigid

DESCRIPTIF DU CABLE

CABLE DESIGN

AME / CONDUCTOR

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • métal / metal • forme / shape • souplesse / flexibility
 • température
temperature | <p>aluminium or copper</p> <p>ronde / circular</p> <p>classe 2, cablée, rétreinte
compacted, stranded, class 2</p> <p>conforme à / according to NF C 32-013, HD 383, IEC 60228</p> <p>90°C en régime permanent / in continuous duty
250°C en régime de court-circuit / in short circuit</p> |
|--|---|

ECRAN A L'AME / CONDUCTOR SCREEN

mélange semi-conducteur extrudé / extruded semi-conductor compound

ISOLATION / INSULATION

PR / XLPE

ECRAN SUR ISOLANT / CORE SCREEN

Semi-conducteur extrudé cannelé et pelable avec étanchéité
Stripable ribbed extruded compound with water-tightness

ECRAN METALLIQUE / METALLIC SCREEN

Ruban aluminium contre collé à la gaine extérieure
Aluminium tape bonded to the outer sheath

GAINE EXTERIEURE / OUTER SHEATH

- PE couleur / colour
- **GRISE** pour installation aéro-souterraine ou air libre
GREY for overhead-underground or free air installation
 - **ROUGE** pour installation souterraine / **RED** for buried installation

Marquage / Marking (exemple)

C33-226 FR-N20XA8E-AR 150 AL 12/20(24) kV POPY G2.2 SC0.9 EC0.2 T-10/50



Energie Câbles et Systèmes France
Services commerciaux - Marché Général : tel 04 72 46 73 95 - Industries : tel 03 86 95 77 61
e.mail : infocables.fr@pirelli.com - internet : http://www.pirelli.fr/fr/cables



The informations in this document are indicative. COPYRIGHT RESTRICTED

MOYENNE TENSION (HTA)
MEDIUM VOLTAGE (MV)

UNIPOLAIRES A CHAMP RADIAL
SINGLE-CORE RADIAL FIELD CABLES

12/20 (24) kV

C 33-226

MTS 226

CARACTERISTIQUES DIMENSIONNELLES

DIMENSIONAL CHARACTERISTICS

ALUMINIUM

Section nominale <i>Nominal cross section</i> mm ²	O de l'âme <i>Conductor O</i> (approx) mm	O maximum sur isolant <i>Maximum O over insulation</i> mm	O extérieur maximum <i>Maximum outer O</i> (approx) mm	Masse <i>Mass</i> (approx) kg/km
1 x 50	8.2	21.9	29.0	680
1 x 95	11.3	25.4	32.0	900
1 x 150	14.0	25.1	33.4	1 020
1 x 240	18.0	29.6	38.3	1 420

CARACTERISTIQUES ELECTRIQUES

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Section nominale <i>Nominal cross section</i> mm ²	Résistance maxi à 20°C <i>Maxi d.c. resistance at 20°C</i> Ω/km	Résistance maxi à 90°C <i>Maxi a.c. resistance at 90°C</i> Ω/km	Réactance à 50 Hz <i>Reactance at 50 Hz</i> (approx) Ω/km	Capacité <i>Capacitance</i> (approx) µF/km	Intensité admissible <i>Permissible current rating</i>		Chute de tension <i>Voltage drop</i>	
					A l'air libre <i>in free air</i> 30°C A	Enterré <i>Buried</i> 20°C A	cos φ = 0,3 cos φ = 0,8 (approx) V/A/km	
1 x 50	0.641	0.822	0.14	0.16	185	175	0.65	1.3
1 x 95	0.320	0.411	0.12	0.20	266	252	0.42	0.70
1 x 150	0.206	0.265	0.11	0.27	360	325	0.32	0.48
1 x 240	0.125	0.161	0.10	0.32	490	428	0.26	0.33

Conditions de validité

Intensité maximale en régime permanent pour 1 seule liaison composée de 3 unipolaires disposés en trèfle, écran mis à la terre à chaque extrémité, et conforme au projet de norme NF C 13-200. Elles sont également valables pour écran mis à la terre à 1 seule extrémité. Autres conditions :

- à l'air libre, à l'abri du soleil, sur chemins de câbles ou corbeaux, échelles à câbles, fixé par des colliers et espacés de la paroi.
- enterré dans un sol de résistivité thermique de 1 K.m/W, profondeur de pose : 800 mm.

Les valeurs d'intensité admissible et de chute de tension mentionnées dans les tableaux sont celles d'une liaison TRIPHASE. Si les conditions sont différentes, appliquer les facteurs de correction du manuel technique PIRELLI.

Validity terms

Maximum permissible current rating in continuous duty for 1 line of 3 single cables in trefoil formation, screen grounded at each end, and according to NF C 13-200 project standard. They are also valid for screen grounded at one end.

Other conditions :

- in free air, sheltered from the sun, on cable trays or brackets, on cable ladders, fixed by cleats and separated from the wall
- buried in 1 K.m/W thermal resistivity, laying depth : 800 mm.

Permissible current values and voltage drops above-mentioned are those of a THREE-PHASE CURRENT line.

If conditions are different, apply PIRELLI catalog correction factors



Energie Câbles et Systèmes France

Services commerciaux - Marché Général : tel 04 72 46 73 95 - Industries : tel 03 86 95 77 61
e.mail : infocables.fr@pirelli.com - internet : http://www.pirelli.fr/fr/cables

MOYENNE TENSION (HTA)
MEDIUM VOLTAGE (MV)

TORSADE D'UNIPOLAIRES A CHAMP RADIAL
SINGLE-CORE BUNDLE RADIAL FIELD CABLES

12/20 (24) kV

C 33-226

MTS 226

CUIVRE / COPPER

CARACTERISTIQUES DIMENSIONNELLES

DIMENSIONAL CHARACTERISTICS

Section nominale	O de l'âme	O maximum sur isolant	O extérieur maximum	O torsade	Masse
<i>Nominal cross section</i>	<i>Conductor O</i>	<i>Maximum O over insulation</i>	<i>Maximum outer O</i>	<i>bundle O</i>	<i>Mass</i>
(approx) mm ²	(approx) mm	mm	(approx) mm	(approx) mm	(approx) kg/km
3 x 1 x 240	18.0	29.6	38.3	78.7	8 730

CARACTERISTIQUES ELECTRIQUES

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Section nominale	Résistance maxi à 20°C	Résistance maxi à 90°C	Reactance à 50 Hz	Capacité	Intensité admissible		Chute de tension	
					<i>Permissible current rating</i>	<i>Voltage drop</i>		
<i>Nominal cross section</i>	en c.c.	en c.a.	<i>Reactance at 50 Hz</i>	<i>Capacitance</i>	A l'air libre	Enterré	cos φ = 0,3	cos φ = 0,8
(approx) mm ²	at 20°C	at 90°C	(approx) Ω/km	(approx) µF/km	<i>in free air</i>	<i>Buried</i>	(approx) V/A/km	
	Ω/km	Ω/km			30°C	20°C		
					A	A		
3 x 1 x 240	0.0754	0.0979	0.10	0.32	630	549	0.22	0.24

Conditions de validité

Intensité maximale en régime permanent pour 1 seule liaison composée de 3 unipolaires disposés en trèfle, écran mis à la terre à chaque extrémité, et conforme au projet de norme NF C 13-200. Elles sont également valables pour écran mis à la terre à 1 seule extrémité.

- à l'air libre, à l'abri du soleil, sur chemins de câbles ou corbeaux, échelles à câbles, fixé par des colliers et espacés de la paroi.
- enterré dans un sol de résistivité thermique de 1 K.m/W, profondeur de pose : 800 mm.

Les valeurs d'intensité admissible et de chute de tension mentionnées dans les tableaux sont celles d'une liaison TRIPHASE.

Si les conditions sont différentes, appliquer les facteurs de correction du manuel technique PIRELLI.

Validity terms

Maximum permissible current rating in continuous duty for 1 line of 3 single cables in trefoil formation, screen grounded at each end, and according to NF C 13-200 project standard. They are also valid for screen grounded at one end.

- in free air, sheltered from the sun, on cable trays or brackets, on cable ladders, fixed by cleats and separated from the wall
- buried in 1 K.m/W thermal resistivity, laying depth : 800 mm.

Permissible current values and voltage drops above-mentioned are those of a THREE-PHASE CURRENT line.

If conditions are different, apply PIRELLI catalog correction factors



Energie Câbles et Systèmes France

Services commerciaux - Marché Général : tel 04 72 46 73 95 - Industries : tel 03 86 95 77 61

e.mail : infocables.fr@pirelli.com - internet : http://www.pirelli.fr/fr/cables

Catalogue - JML - Indice A du 07/04/2004

The informations in this document are indicative. COPYRIGHT RESTRICTED

MOYENNE TENSION (HTA)
MEDIUM VOLTAGE (MV)

UNIPOLAIRES A CHAMP RADIAL
SINGLE-CORE RADIAL FIELD CABLES

12/20 (24) kV

C 33-226

MTS 226

CONDITIONS DE POSE

LAYING CONDITIONS



en terre
in ground



en buse
in duct



avec protection
with protection



en caniveau
in duct



à l'air libre
in free air



t° mini = -10°C



r mini
pendant la pose / during laying
= 26 D



r mini
posé / layed
= 13 D

CODES PRODUITS

CODE PRODUITS

	Version standard		Version antitermite	
	ref.PIRELLI	codets EDF	ref.PIRELLI	codets EDF
gaine rouge / red sheath				
1 x 50 alu	R26-103	-	R26-303	-
1 x 95 alu	R26-105	-	R26-305	-
1 x 150 alu	R26-107	-	R26-307	-
1 x 240 alu	R26-109	-	R26-309	-
1 x 240 Cu	R26-801	-	R26-940	-
gaine grise / grey sheath				
1 x 50 alu	G26-103	61.35.511	G26-303	-
1 x 95 alu	G26-105	-	G26-305	-
1 x 150 alu	G26-107	61.35.515	G26-307	-
1 x 240 alu	G26-109	61.35.517	G26-309	-
1 x 240 Cu	G26-709	-	G26-864	-

The informations in this document are indicative. COPYRIGHT RESTRICTED



Energie Câbles et Systèmes France

Services commerciaux - Marché Général : tel 04 72 46 73 95 - Industries : tel 03 86 95 77 61

e.mail : infocables.fr@pirelli.com - internet : http://www.pirelli.fr/fr/cables

Catalogue - JML - Indice A du 07/04/2004

ANNEXE 6 – 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 : Événement, courant ou anormal, interne ou externe au système, situé en amont de l'événement redouté central dans l'enchaînement causal et qui constitue une cause directe dans les cas simples ou une combinaison d'événements à l'origine de cette cause directe.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Attention aux confusions possibles :

1. Assimilation entre probabilité d'un accident et celle du phénomène dangereux correspondant, la première intégrant déjà la probabilité conditionnelle d'exposition des enjeux. L'assimilation sous-entend que les enjeux

sont effectivement exposées, ce qui n'est pas toujours le cas, notamment si la cinétique permet une mise à l'abri ;

2. Probabilité d'occurrence d'un accident x sur un site donné et probabilité d'occurrence de l'accident x, en moyenne, dans l'une des N installations du même type (approche statistique).

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement

SER : Syndicat des Energies Renouvelables

FEE : France Energie Eolienne (branche éolienne du SER)

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

EDD : Etude de dangers

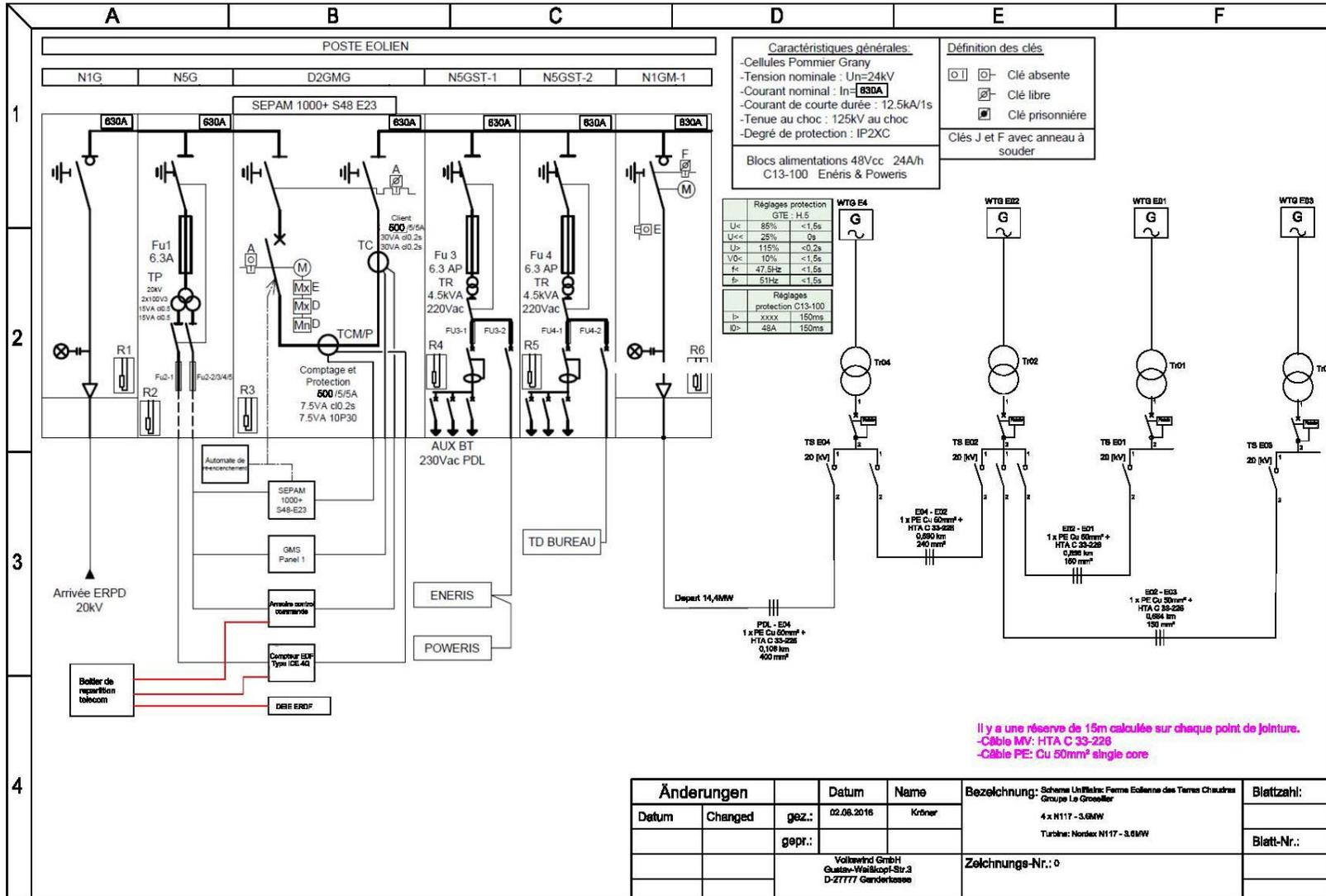
APR : Analyse Préliminaire des Risques

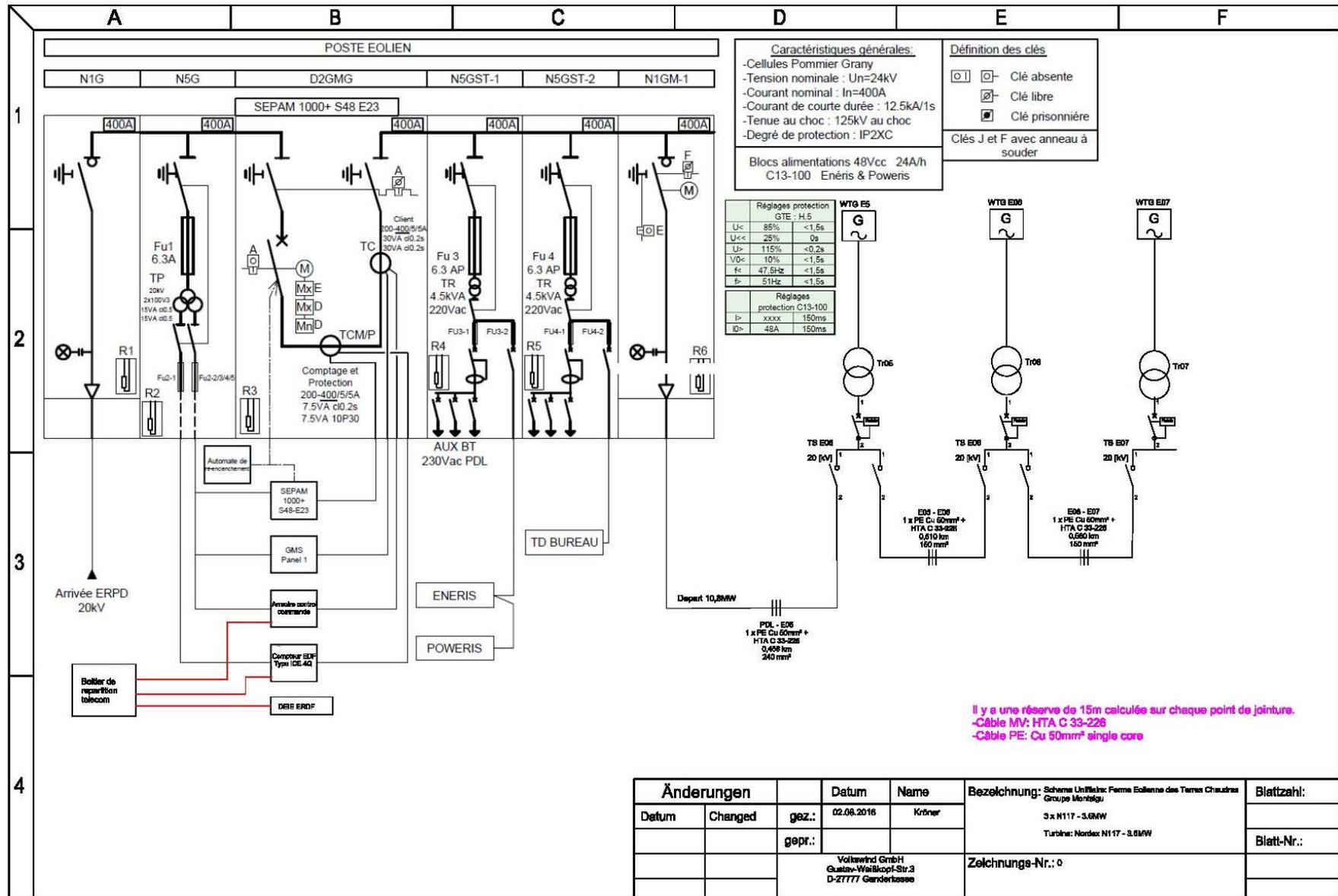
ERP : Etablissement Recevant du Public

ANNEXE 7 – BIBLIOGRAPHIE ET RÉFÉRENCES UTILISÉES

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

ANNEXE 8 – SCHÉMAS UNIFILAIRES DES GROUPES DE RACCORDEMENT « LE GROSEILLER » ET « MONTAIGU »





Änderungen		Datum	Name	Bezeichnung: Schema Un/In: Ferme Eolienne des Terres Chaudras Groupe Montage: 3 x N117 - 3.6MW Turbine: Nordex N117 - 3.6MW	Blattzahl:
Datum	Changed	gez.: 02.08.2016	Kröner		
		gepr.:			
Vollwind GmbH Gustav-Waalkopf-Str.3 D-27777 Ganderkesee				Zeichnungs-Nr.: 0	