

# PARC ÉOLIEN DU MOULIN

Communes de  
Laboissière-en-Santerre et Lignières  
Département de la Somme

Demande d'autorisation unique en matière d'ICPE

ETUDE DE DANGERS  
Pièce 5



ETD - Novembre 2016

# PARC ÉOLIEN DU MOULIN

Communes de Laboissière-en-Santerre et Lignières

Département de la Somme

---

Demande d'autorisation unique en matière d'ICPE

## Etude de dangers

Novembre 2016

Maître d'ouvrage : Brise picarde



*Energies et Territoires Développement*

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

## Sommaire

<b>PREAMBULE</b> .....	<b>8</b>
<b>1. INTRODUCTION</b> .....	<b>9</b>
1.1. Objectif de l'étude de dangers .....	9
1.2. Contexte législatif et réglementaire .....	9
1.3. Nomenclature des installations classées.....	11
<b>2. INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION</b> .....	<b>12</b>
2.1. Renseignements administratifs .....	12
2.2. Localisation du site.....	13
2.3. Définition de l'aire d'étude .....	13
<b>3. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT</b> .....	<b>16</b>
<b>3.1. Environnement humain</b> .....	<b>16</b>
3.1.1. Zones urbanisées et urbanisables .....	16
3.1.2. Etablissements recevant du public (ERP) .....	17
3.1.3. Installations classées pour la protection de l'environnement et installations nucléaires de base.....	17
3.1.4. Autres activités .....	19
<b>3.2. Environnement naturel</b> .....	<b>21</b>
3.2.1. Contexte climatique .....	21
3.2.2. Risques naturels .....	25
<b>3.3. Environnement matériel</b> .....	<b>35</b>
3.3.1. Voies de communication .....	35
3.3.2. Réseaux publics et privés.....	40
3.3.3. Autres ouvrages publics.....	42
<b>3.4. Synthèse des enjeux</b> .....	<b>44</b>
3.4.1. Cartographie de synthèse des enjeux .....	44
<b>4. DESCRIPTION DE L'INSTALLATION</b> .....	<b>51</b>
<b>4.1. Caractéristiques de l'installation</b> .....	<b>51</b>
4.1.1. Caractéristiques générales d'un parc éolien.....	51
4.1.2. Activité de l'installation.....	54
4.1.3. Composition de l'installation .....	54
<b>4.2. Fonctionnement de l'installation</b> .....	<b>56</b>
4.2.1. Principe de fonctionnement de l'éolienne.....	56
4.2.2. Sécurité de l'installation .....	62
4.2.3. Opération d'entretien et de maintenance .....	67
4.2.4. Stockage et flux de produits dangereux .....	71
<b>4.3. Fonctionnement des réseaux de l'installation</b> .....	<b>71</b>

4.3.1.	Raccordements électriques.....	71
4.3.2.	Autres réseaux .....	74
<b>5.</b>	<b>IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION .....</b>	<b>75</b>
5.1.	Les potentiels de dangers liés aux produits .....	75
5.2.	Les potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation.....	77
5.3.	Réduction des potentiels de dangers à la source.....	78
5.3.1.	Principales actions préventives .....	78
5.3.2.	Utilisation des meilleures techniques disponibles.....	79
<b>6.</b>	<b>ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE .....</b>	<b>80</b>
6.1.	Inventaire des accidents et incidents en France.....	80
6.2.	Inventaire des accidents et incidents à l'international .....	82
6.3.	Inventaires des accidents majeurs survenus sur les sites de l'exploitant.....	83
6.4.	Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience.....	84
6.4.1.	Analyse de l'évolution des accidents et incidents en France .....	84
6.4.2.	Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents.....	85
6.5.	Limites d'utilisation de l'accidentologie.....	86
<b>7.</b>	<b>ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES .....</b>	<b>87</b>
7.1.	Objectif de l'analyse préliminaire des risques.....	87
7.2.	Recensement des événements initiateurs exclus de l'analyse des risques.....	87
7.3.	Recensement des agressions externes potentielles.....	88
7.3.1.	Agressions externes liées aux activités humaines.....	88
7.3.2.	Agressions externes liées aux phénomènes naturels .....	89
7.4.	Scénarios étudiés dans l'analyse préliminaire des risques .....	90
7.5.	Effets dominos .....	93
7.6.	Mise en place des mesures de sécurité.....	94
7.7.	Conclusion de l'analyse préliminaire des risques .....	104
<b>8.</b>	<b>ETUDE DETAILLEE DES RISQUES .....</b>	<b>106</b>
8.1.	Rappel des définitions.....	106
8.1.1.	Cinétique.....	106
8.1.2.	Intensité .....	107
8.1.3.	Gravité .....	108
8.1.4.	Probabilité.....	109
8.1.5.	Grille de criticité .....	110
8.2.	Caractérisation des scénarios retenus .....	111
8.2.1.	Effondrement de l'éolienne.....	111
8.2.2.	Chute de glace.....	114
8.2.3.	Chute d'éléments de l'éolienne.....	117

8.2.4.	Projection de pales ou de fragments de pales.....	120
8.2.5.	Projection de glace.....	123
<b>8.3.</b>	<b>Synthèse de l'étude détaillée des risques.....</b>	<b>126</b>
8.3.1.	Tableaux de synthèse des scénarios étudiés.....	126
8.3.2.	Synthèse de l'acceptabilité des risques .....	127
8.3.3.	Cartographie des risques .....	128
<b>9.</b>	<b>CONCLUSION.....</b>	<b>135</b>
<b>10.</b>	<b>RESUME NON TECHNIQUE .....</b>	<b>136</b>
<b>11.</b>	<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>137</b>
<b>ANNEXE 1 :</b>	<b>GLOSSAIRE .....</b>	<b>139</b>
<b>ANNEXE 2 :</b>	<b>PROBABILITE D'ATTEINTE ET RISQUE INDIVIDUEL .....</b>	<b>142</b>
<b>ANNEXE 3 :</b>	<b>METHODE DE COMPTAGE DES PERSONNES.....</b>	<b>143</b>
<b>ANNEXE 4 :</b>	<b>ACCIDENTOLOGIE FRANÇAISE .....</b>	<b>145</b>
<b>ANNEXE 5 :</b>	<b>SCENARIOS GENERIQUES DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES .....</b>	<b>163</b>

**LISTE DES ILLUSTRATIONS**

Figure 1 : Vue du site d'implantation.....	19
Figure 2 – Rose des vents à la station de Rouvroy-en-Santerre.....	21
Figure 3 - Diagramme ombrothermique de la station de Saint-Quentin.....	23
Figure 4 - Diagramme mensuel de la conjonction humidité / gel.....	23
Figure 5 : Zonage sismique de la France et de la zone d'étude.....	25
Figure 6 : Données BRGM concernant les 2 cavités souterraines répertoriées sur la zone.....	28
Figure 7 : Ancienne voie ferrée sur la zone potentielle d'implantation.....	36
Figure 8 - Fonctionnement d'un parc éolien.....	51
Figure 9 - Dénomination des différents éléments d'une éolienne.....	52
Figure 10 - Illustration des emprises au sol d'une éolienne.....	53
Figure 11 : Schéma simplifié de la chaîne cinématique.....	60
Figure 12 - Schéma de principe du raccordement électrique d'un parc éolien.....	71
Figure 13 - Vues en coupe des tranchées.....	73
Figure 14 - Analyse des accidents du parc éolien français selon SER-FEE.....	81
Figure 15 - Répartition des événements accidentels dans le monde, SER-FEE.....	82
Figure 16 - Répartition des causes premières d'effondrement, SER-FEE.....	82
Figure 17 - Répartition des causes premières de rupture de pale, SER-FEE.....	83
Figure 18 - Répartition des causes premières d'incendie, SER-FEE.....	83
Figure 19 - Evolution du nombre d'incidents ou accidents annuels en France.....	84

**LISTE DES CARTES**

Carte 1 - Localisation du projet.....	14
Carte 2 - Identification des éoliennes et périmètre d'étude.....	15
Carte 3 - Zones habitées et zones destinées à l'habitation.....	18
Carte 4 - Sensibilité à la remontée de nappe phréatique (BRGM).....	27
Carte 5 : mouvements de terrain.....	29
Carte 6 : aléa mouvement de terrain – PPR de l'arrondissement de Montdidier.....	30
Carte 7 : Aléa retrait-gonflement des argiles.....	32
Carte 8 – Voies de circulation prises en compte.....	37
Carte 9 – Contraintes aéronautiques.....	39
Carte 10 : Tracé de la canalisation enterrée GRT-Gaz.....	41
Carte 11 : Servitudes radioélectriques.....	43
Carte 12 - Synthèse des enjeux : éolienne E1.....	45
Carte 13 - Synthèse des enjeux : éolienne E2.....	46
Carte 14 - Synthèse des enjeux : éolienne E3.....	47
Carte 15 - Synthèse des enjeux : éolienne E4.....	48
Carte 16 - Synthèse des enjeux : éolienne E5.....	49
Carte 17 - Synthèse des enjeux : éolienne E6.....	50
Carte 18 - Plan détaillé de l'installation.....	55
Carte 19 - Carte de synthèse des risques : éolienne E1.....	129
Carte 20 - Carte de synthèse des risques : éolienne E2.....	130
Carte 21 - Carte de synthèse des risques : éolienne E3.....	131
Carte 22 - Carte de synthèse des risques : éolienne E4.....	132
Carte 23 - Carte de synthèse des risques : éolienne E5.....	133
Carte 24- Carte de synthèse des risques : éolienne E6.....	134

**LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 1 - Nomenclature des installations classées.....	11
Tableau 2 - Population des communes concernées (source : INSEE, 2016).....	16
Tableau 3 - Distance entre les éoliennes et les habitations les plus proches.....	16
Tableau 4 : les précipitations moyennes à Saint-Quentin – période 1971-2000.....	22

Tableau 5 : Nombre moyen de jours avec brouillard à Saint-Quentin .....	24
Tableau 6 – Statistiques de foudroiement.....	33
Tableau 7 - Voies routières à proximité du parc éolien.....	35
Tableau 8 : Distances aux voies de circulation .....	36
Tableau 9 : Distances aux radars .....	38
Tableau 10 - Fréquentation du périmètre d'étude.....	44
Tableau 11 - Coordonnées des éoliennes .....	54
Tableau 12 - Caractéristiques des éoliennes .....	58
Tableau 13 - Classe de vent des éoliennes .....	62
Tableau 14 - Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation .....	77
Tableau 15 - Principales agressions externes liées aux activités humaines .....	88
Tableau 16 - Tableau synthétique des risques.....	92
Tableau 17 - Fonctions de sécurité des éoliennes VESTAS V100 2 MW.....	103
Tableau 18 - Seuils d'intensité .....	107
Tableau 19 - Gravité des conséquences des accidents associés aux phénomènes dangereux .....	108
Tableau 20 - Echelle des probabilités .....	109
Tableau 21 - Grille de criticité adaptée par l'INERIS .....	110
Tableau 22 - Intensité du scénario d'effondrement.....	111
Tableau 23 - Niveaux de gravité de l'évènement « effondrement ».....	112
Tableau 24 - Références quant à la probabilité d'effondrement de l'éolienne .....	112
Tableau 25 - Intensité du scénario de chute de glace.....	115
Tableau 26 - Niveaux de gravité de l'évènement « chute de glace » .....	115
Tableau 27 - Intensité du scénario de chute d'éléments .....	118
Tableau 28 - Niveaux de gravité de l'évènement « chute d'éléments ».....	118
Tableau 29 - Intensité des scénarios de projection de pale .....	120
Tableau 30 - Niveaux de gravité de l'évènement « projection d'éléments » .....	121
Tableau 31 - Références pour l'évaluation d'une projection de pale ou de fragment .....	121
Tableau 32 - Intensité du scénario de projection de glace .....	123
Tableau 33 - Niveaux de gravité de l'évènement « projection de glace ».....	124
Tableau 34 - Synthèse de l'étude détaillée des risques.....	126
Tableau 35 - Grille de criticité.....	127

## Préambule

Ce document constitue l'étude de dangers du projet éolien du Moulin, situé sur les communes de Laboissière-en-Santerre et Lignières (département de la Somme). Ce projet est constitué **de 6 éoliennes** de 2 MW de puissance unitaire et d'un poste de livraison pour une puissance totale de 12 MW.

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

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

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

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

Par ailleurs, le décret n° 2014-450 du 2 mai 2014 a mis en place à titre expérimental, pour les parcs éoliens et les installations de méthanisation, dans certaines régions et pour une durée de trois ans **une autorisation unique** en matière d'installations classées pour la protection de l'environnement. La loi du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte, a élargi l'expérimentation à la France entière.

Le modèle choisi pour ce parc éolien est l'éolienne **Vestas V100 2 MW**, avec une hauteur d'axe de **80 mètres** et un diamètre de rotor de **100 mètres**, soit une hauteur totale de **130 mètres**. A noter qu'une machine équivalente pourrait être envisagée : c'est-à-dire une éolienne présentant les mêmes dimensions, construites selon les mêmes normes, présentant les mêmes dispositifs de sécurité et les mêmes certifications.

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

La présente étude de dangers s'appuie sur le guide technique [19] « Elaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens » de mai 2012, réalisé par l'INERIS et le Syndicat des Energies Renouvelables / France Energie Eolienne (SER-FEE) et validé par la Direction Générale de Prévention des Risques dans un courrier daté du 4 juin 2012 adressé au Syndicat des Energies Renouvelables.

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



## 1. Introduction

### 1.1. Objectif de l'étude de dangers

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

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

Elle précise l'ensemble des mesures de maîtrise des risques mises en œuvre sur le parc éolien du Moulin, qui réduisent le risque à l'intérieur et à l'extérieur des éoliennes à un niveau jugé acceptable par l'exploitant.

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

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

### 1.2. Contexte législatif et réglementaire

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

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

Les principaux textes applicables sont les suivants :

- **Code de l'environnement Livre V** « Prévention des Pollutions des Risques et des Nuisances », Titre I « Installations Classées pour la Protection de l'Environnement » ;
- **Loi n°2003-699 du 30 juillet 2003** relative à la prévention des risques technologiques et naturels et à la réparation des dommages ;
- **Décret n°2005-1170 du 13 septembre 2005** modifiant le décret n°77-1133 du 21 septembre 1977 pris pour application de la loi n°76-663 du 19 juillet 1976 relative aux installations classées pour la protection de l'environnement ;
- **Arrêté du 10 mai 2000** relatif à la prévention des accidents majeurs impliquant des substances ou des préparations dangereuses présentes dans certaines catégories d'installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation ;
- **Arrêté du 29 septembre 2005** modifiant l'arrêté du 10 mai 2000 relatif à la prévention des accidents majeurs impliquant des substances ou des préparations dangereuses présentes dans certaines catégories d'installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation ;
- **Circulaire du 10 mai 2010** récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 juillet 2003 ;

- **Décret n° 2011-984 du 23 août 2011** modifiant la nomenclature des installations classées.
- **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, modifié par l'**arrêté du 6 novembre 2014**.
- **Décret n° 2014-450 du 2 mai 2014** et **loi du 17 août 2015** relatifs à l'expérimentation d'une autorisation unique en matière d'installations classées pour la protection de l'environnement ;

L'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation fournit un cadre méthodologique pour les évaluations des scénarios d'accidents majeurs. Il impose une évaluation des accidents majeurs sur les personnes uniquement et non sur la totalité des enjeux identifiés dans l'article L. 511-1.

En cohérence avec cette réglementation et dans le but d'adopter une démarche proportionnée, l'évaluation des accidents majeurs dans l'étude de dangers d'un parc d'aérogénérateurs s'intéressera prioritairement aux dommages sur les personnes.

Pour les parcs éoliens, les atteintes à l'environnement, l'impact sur le fonctionnement des radars et les problématiques liées à la circulation aérienne feront l'objet d'une évaluation détaillée au sein de l'étude d'impact.

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

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

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

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

### 1.3. Nomenclature des installations classées

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

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

**Tableau 1 - Nomenclature des installations classées**

Avec

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

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

LIGNIERES	SOMME
GRIVILLERS	SOMME
ARMANCOURT	SOMME
GRATIBUS	SOMME
BECQUIGNY	SOMME
FIGNIERES	SOMME
L'ECELLE-SAINTE-AURIN	SOMME
MARQUIVILLERS	SOMME
MONTDIDIER	SOMME
LABOISSIERE-EN-SANTERRE	SOMME
DANCOURT-POPINCOURT	SOMME
ARVILLERS	SOMME
WARZY	SOMME
DAVENESCOURT	SOMME
BOUSSICOURT	SOMME
ERCHES	SOMME

BUS-LA-MESIERE	SOMME
FAVEROLLES	SOMME
FESCAMPS	SOMME
TILLOLOY	SOMME
ETELFAY	SOMME
COURTEMANCHE	SOMME
GUERBIGNY	SOMME
ANDECHY	SOMME
ASSAINVILLERS	SOMME
AYENCOURT	SOMME
REMAUGIES	SOMME
PIENNES-ONVILLERS	SOMME
RUBESCOURT	SOMME
BOULOGNE-LA-GRASSE	OISE
LE FRESTOY-VAUX	OISE
ROLLOT	SOMME

## 2. Informations générales concernant l'installation

### 2.1. Renseignements administratifs

Le projet de parc éolien du Moulin est porté par la société **Brise picarde** : société en création au moment de la rédaction de l'étude de dangers. Voir le KBis annexé au dossier de demande d'autorisation. La société **Brise picarde** est une société projet filiale de la société **ADELIS (IDEX Services)**.

**Responsable du projet :** Mme Sandrine LESREL - IDEX

#### Rédacteurs de l'étude de dangers

L'étude de dangers a été rédigée par le bureau d'études **Energies et Territoires Développement (ETD)**, sous la direction du maître d'ouvrage représenté par Mme Sandrine LESREL – IDEX.

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

[www.etd-energies.fr](http://www.etd-energies.fr)

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

Tél. : 02 98 30 36 82 - Fax : 02 98 30 35 13

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

## 2.2. Localisation du site

Le parc éolien du Moulin, composé de 6 éoliennes, est localisé sur les communes de de Laboissière-en-Santerre et de Lignières, appartenant à la Communauté de Communes du Canton de Montdidier, elle-même partie intégrante du Pays Santerre Haute Somme. Ces deux localités figurent parmi les communes déclarées favorables au développement de l'éolien dans le Schéma Régional éolien, annexe du Schéma Régional Climat Air Energie de Picardie, approuvé en Juin 2012.

Le site éolien est situé sur le plateau cultivé du Santerre, à 4 km environ à l'est de Montdidier. Il s'étend sur environ 700 m, au nord de la route départementale D930 reliant Montdidier et Roye. L'altitude du site éolien est comprise entre 102 et 105 m.

Voir Carte 1 - Localisation du projet en page suivante.

## 2.3. Définition de l'aire d'étude

### Limites de propriété

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

### Périmètre d'étude

Les éoliennes du projet éolien du Moulin possèdent une hauteur d'axe de 80 m et un rotor de 100 m de diamètre. Compte tenu des spécificités de l'organisation spatiale d'un parc éolien, composé de plusieurs éléments disjoints, la zone sur laquelle porte l'étude de dangers est constituée d'une aire d'étude par éolienne.

Chaque aire d'étude correspond à l'ensemble des points situés à une distance inférieure ou égale à 500 mètres à partir de l'emprise du mât de l'aérogénérateur. Cette distance équivaut à la distance d'effet retenue pour les phénomènes de projection, telle que définie au paragraphe 8.2.4. de l'étude de dangers<sup>1</sup>.

Le poste de livraison est situé près du chemin communal au sud de l'ancienne voie ferrée, à une distance d'environ 340 m de l'éolienne E5.

A noter que le poste de livraison ne présente pas d'enjeu en dehors des limites de propriété de celui-ci.

Le périmètre d'étude des 500 mètres concerne les communes de Lignières, Laboissière-en-Santerre, Etefay et Faverolles

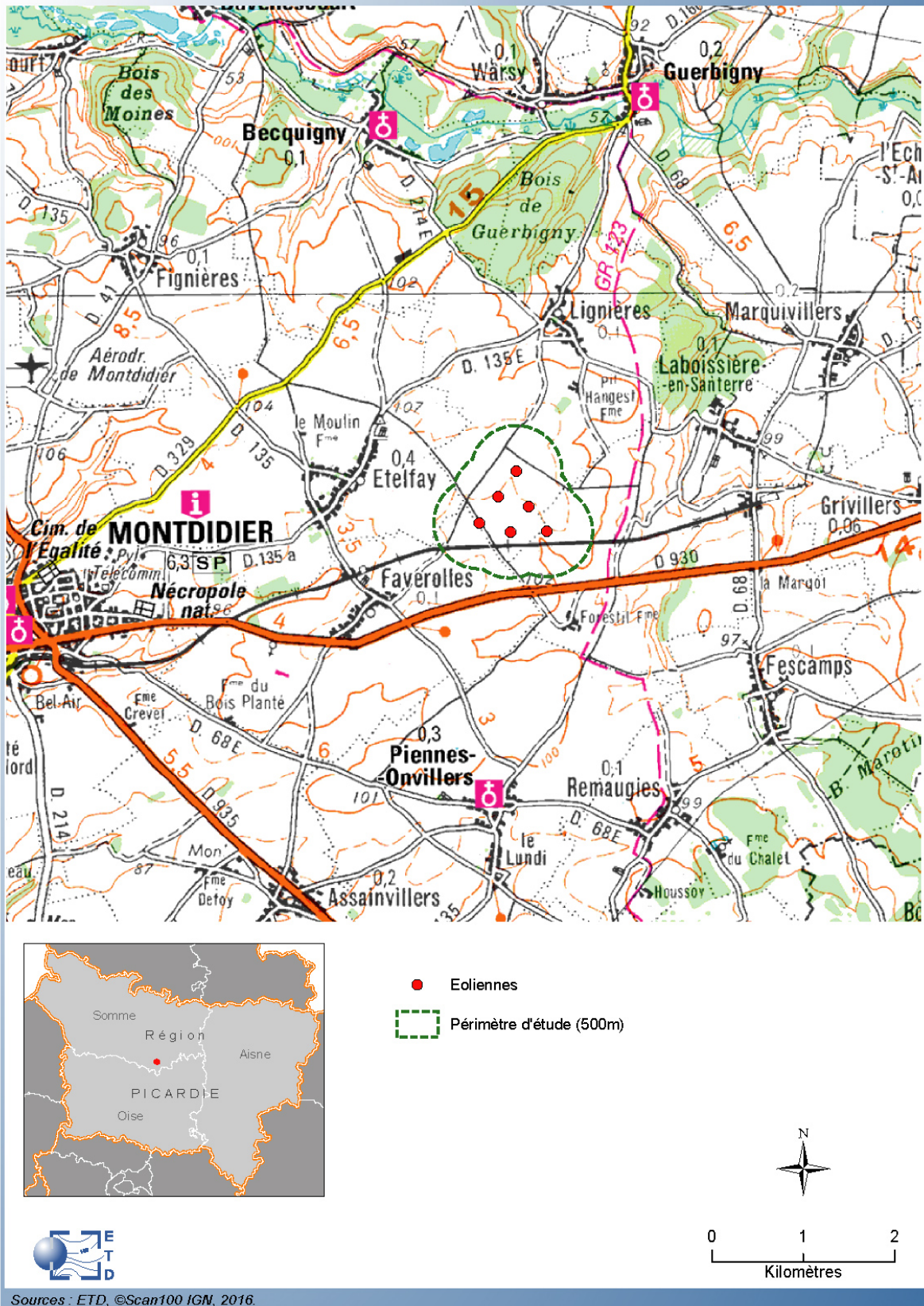
Le périmètre de l'étude de dangers figure sur la *Carte 2 - Identification des éoliennes et périmètre d'étude*.

---

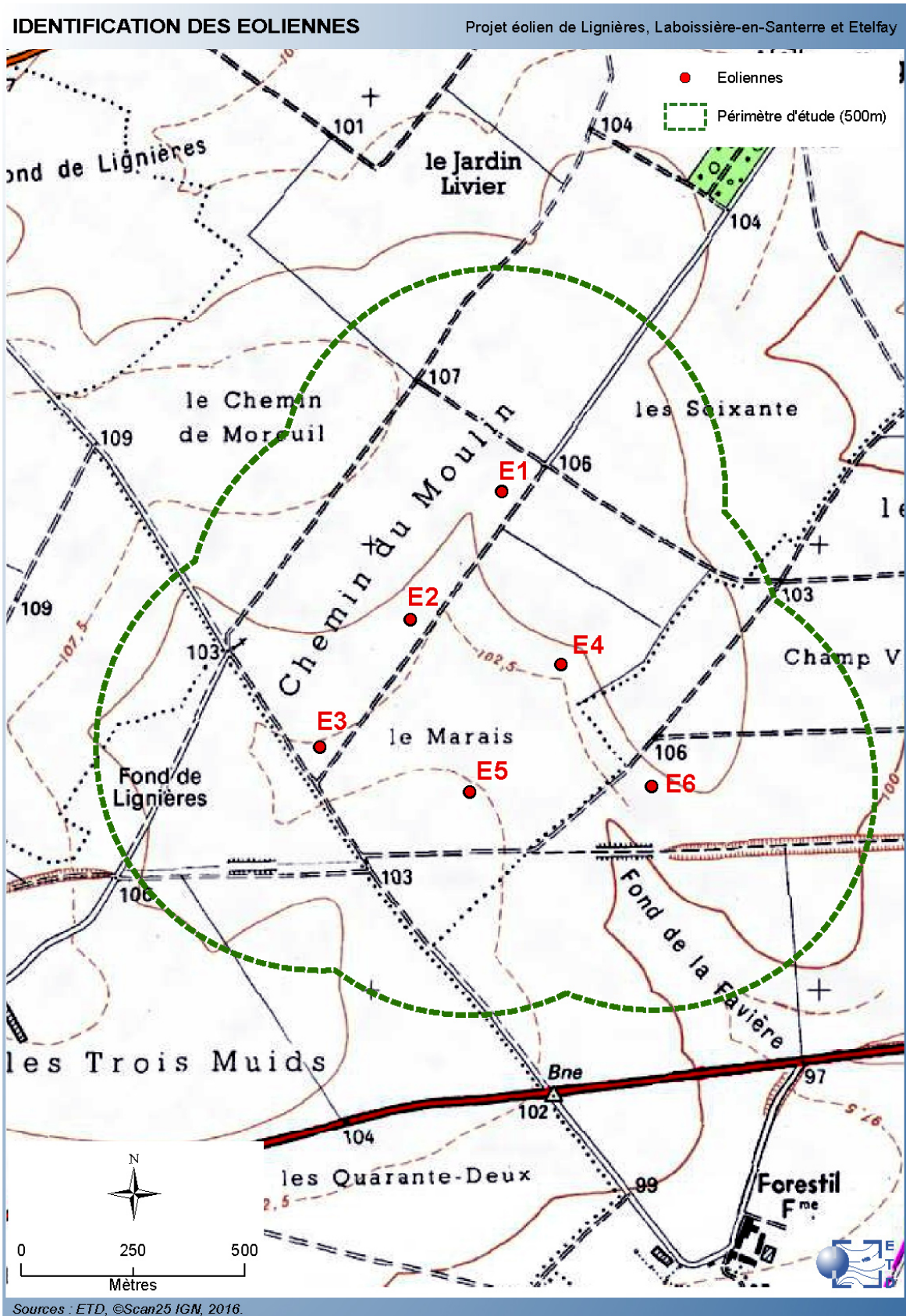
<sup>1</sup> La présente étude ne remet pas en cause ce périmètre d'effet de 500 mètres proposé dans le guide technique « Elaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens » de mai 2012 [19], réalisé par l'INERIS et le Syndicat des Energies Renouvelables / France Energie Eolienne (SER-FEE) et validé par la Direction Générale de Prévention des Risques

**LOCALISATION DU PROJET**

Projet éolien de Lignières, Laboissière-en-Santerre et Etefay



**Carte 1 - Localisation du projet**



**Carte 2 - Identification des éoliennes et périmètre d'étude**

### 3. Description de l'environnement

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

#### 3.1. Environnement humain

##### 3.1.1. Zones urbanisées et urbanisables

Le périmètre d'étude des 500 mètres concerne les communes de Lignières, Laboissière-en-Santerre, Etefay et Faverolles.

Population :

(nb. d'habitants)	Etefay	Lignières	Laboissière-en-Santerre	Faverolles
Population 2009	388	143	144	-
Population 2013	397	137	157	157
Evolution %	2.3%	-4.2%	9.0%	-
Surface	8.1 km <sup>2</sup>	6.3 km <sup>2</sup>	7.2 km <sup>2</sup>	6.7 km <sup>2</sup>
Densité (2013)	49.0	21.7	21.8	23.4

**Tableau 2 - Population des communes concernées (source : INSEE, 2016)**

Pour comparaison, la densité de population du département de la Somme est de 92,3 habitants au kilomètre carré (et 101,6 à l'échelle nationale)<sup>2</sup>.

Zones habitées :

Dans le périmètre d'étude de 500 m on ne trouve aucune habitation.

La loi du 12 juillet 2010 stipule que les aérogénérateurs sont situés à une distance minimale de « 500 mètres de toute construction à usage d'habitation, de tout immeuble habité ou de toute zone destinée à l'habitation telle que définie dans les documents d'urbanisme opposables en vigueur au 13 juillet 2010. »

A l'approche du site, l'habitat est regroupé en villages ou hameaux, il n'y a pas d'habitat dispersé ou d'habitations isolées. Les premières habitations sont situées à plus de 1000 m des éoliennes du projet. Les distances approximatives entre les premières habitations et les éoliennes sont les suivantes :

Habitations	Eolienne	distance en mètres
Ferme du Petit Hangest	E1	1070
Ferme de Forestil	E6	1040

**Tableau 3 - Distance entre les éoliennes et les habitations les plus proches**

<sup>2</sup> Source : INSEE- le recensement de la population, 2009



**Urbanisme :**

Il n'existe ni Plan Local d'Urbanisme ni Plan d'Occupation des Sols sur les communes concernées par le périmètre de l'étude.

**3.1.2. Etablissements recevant du public (ERP)**

Il n'existe aucun ERP dans le périmètre d'étude, ni même aucun bâtiment de quelque ordre que ce soit.

De même, aucun bureau n'est situé à moins de 500 m des installations (article 5 de l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement : contraintes si existence de bureaux à moins de 250 m).

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

La réglementation<sup>3</sup> impose le respect d'une distance minimum de 300 mètres entre les éoliennes et les Installations SEVESO seuil bas ou seuil haut<sup>4</sup> ou des installations nucléaires de base.

Aucune installation classée ou installation nucléaire de base n'est répertoriée dans le périmètre de l'étude.

On ne recense aucun site SEVESO sur les communes d'accueil du projet. Il existe une installation classée SEVESO Seuil bas sur la commune de Montdidier (entreprise Progiven).

D'après la base de données nationale des installations classées, on recense les Installations Classées suivantes sur les communes du périmètre de l'étude :

- Faverolles : Entreprise Agro-alimentaire Dailycer et Entreprise Nutrimaine
- Etefay : Delatte Philippe : élevage de volailles
- Laboissière-en-Santerre et Lignières : aucune entreprise.

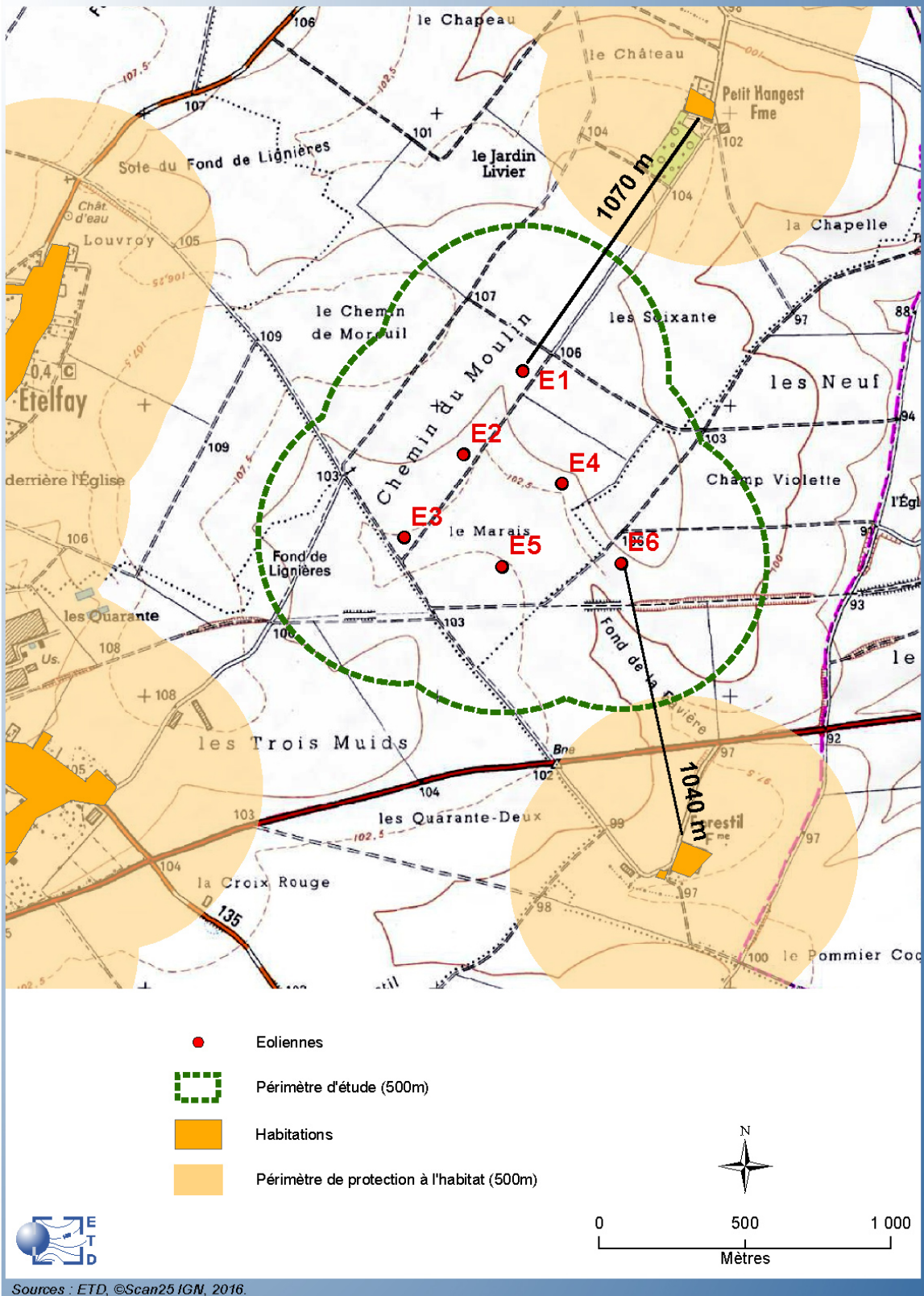
Il n'existe aucun parc éolien en activité dans le périmètre d'étude. Le parc éolien existant le plus proche est le parc de Montdidier sud situé à 5 km au sud-ouest des éoliennes du projet. Le parc éolien en projet le plus proche est le parc de Champ Feuillant (Royaucourt), situé à plus de 10 km du projet.

<sup>3</sup> Arrêté du 26 août 2011, relatif aux parcs éoliens soumis à autorisation au titre des Installations Classées Pour la Protection de l'Environnement ou ICPE

<sup>4</sup> La directive 2012/18/UE ou directive SEVESO 3 impose aux États membres de l'Union d'identifier les sites industriels présentant des risques d'accidents majeurs.

**ZONES HABITEES**

Projet éolien de Lignières, Laboussière-en-Santerre et Etefay



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

### 3.1.4. Autres activités

#### Autres activités industrielles:

Aucun établissement industriel ou artisanal en activité n'est localisé dans le périmètre d'étude de 500m.

Il n'y a pas de site suffisamment proche du futur parc éolien susceptible, de par la nature de ses activités, pouvant constituer un potentiel de danger pour le parc (c'est-à-dire pouvant impacter le site par effet de projection, rayonnement thermique ou propagation d'incendie – effets domino).

Notons cependant l'existence sur la commune de Faverolles d'une zone industrielle importante, avec notamment l'entreprise Dailycer fabriquant des céréales pour le petit déjeuner et des barres céréalières (fabrication de 600 produits sur 200 000m<sup>2</sup> de production) et de l'entreprise Nutrimaine (Banania) fabriquant des poudres chocolatées.

#### Agriculture :

Le recensement agricole de 2010 montre un nombre d'exploitations en diminution depuis 1988 sur les communes concernées par le projet. Le cheptel de bovins a complètement régressé, puisque qu'il ne reste que 19 unités sur Lignières. Presque toute la surface agricole est consacrée aux terres labourables. L'activité est orientée autour des grandes cultures : céréales, colza, pommes de terre, betterave...



Figure 1 : Vue du site d'implantation

En terme de fréquentation humaine, l'enjeu représenté par la surface agricole du périmètre de l'étude de dangers (hors chemins d'exploitation, évalués à part) a été évalué selon la classification proposée par la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques de comptage applicables aux études de danger (voir en annexe 3), au titre des « Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, forêts ...) », soit 1 personne permanente par tranche de 100 ha en moyenne annuelle.

#### Tourisme à proximité du site éolien :

Le tourisme sur la zone large est qualifié à la fois de tourisme vert et de tourisme de mémoire, et ne concerne pas directement la zone du site éolien.

Il n'existe aucun site touristique ni aucune zone de loisirs dans la limite de la zone d'étude de 500 m. Il n'y a pas non plus de cimetière commémoratif de la Grande Guerre dans ce périmètre.

#### Chemins de randonnée :

Aucun sentier de randonnée répertorié ne traverse le périmètre de l'étude de dangers.

Le sentier de randonnée le plus proche est le sentier GR 123 passant à 750 m à l'est de l'éolienne E6.

**Autres activités :**

Les communes du projet et riveraines comptent quelques entreprises de services et commerces, toutes situées en dehors de la zone d'étude.

Aucune zone d'activité n'est recensée à l'intérieur du périmètre de l'étude de dangers.

## 3.2. Environnement naturel

### 3.2.1. Contexte climatique

Les données météorologiques présentées ici sont issues, selon disponibilité des mesures, soit de la station Météo-France de St Quentin – Fontaines-les-Clercs, station d'aéroport de type 0 située à environ 45 km au nord-est du site éolien à une altitude de 98 m, soit celles de la station Météo-France de Rouvroy-en-Santerre, station la plus proche, de type 2 localisée à une douzaine de km au nord du site (altitude : 95 mètres). Pour rappel, l'altitude moyenne des éoliennes du projet est de 104 m (soit 184 m. à hauteur d'axe).

#### Le vent :

A l'instar de la moitié nord de la France, le climat picard est largement conditionné par la circulation d'ouest en est des dépressions atlantiques contournant l'anticyclone des Açores par le nord. Cela se traduit notamment par des vents dominants de sud-ouest, ouest et nord-ouest, comme le montre la rose des vents de la station proche de Rouvroy ci-dessous. Le vent est surtout présent en automne, en hiver et au début du printemps.

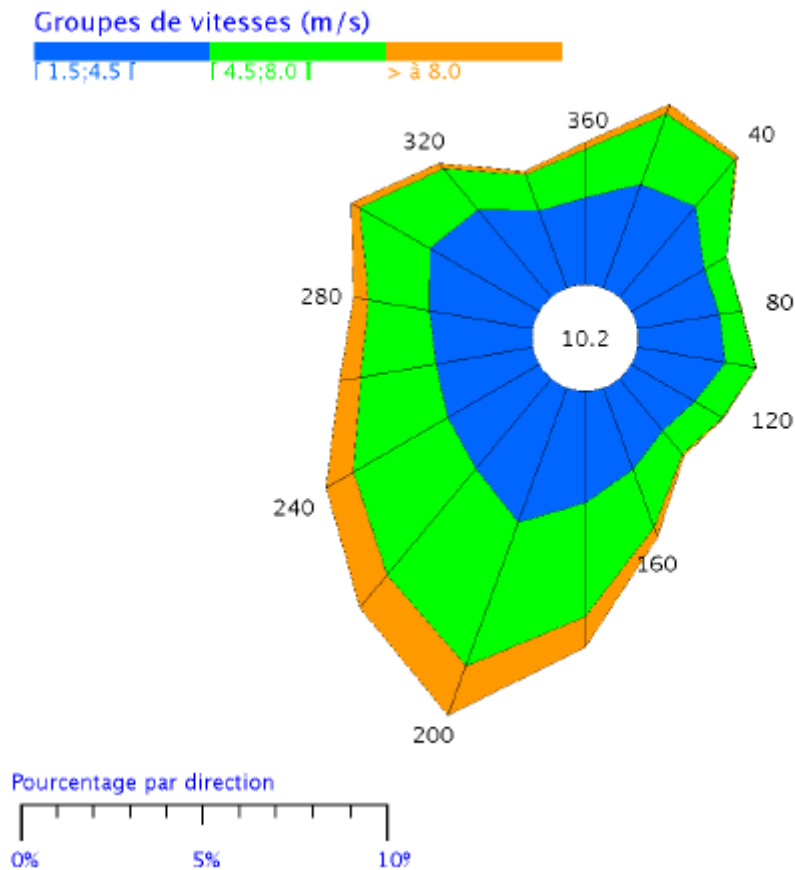


Figure 2 – Rose des vents à la station de Rouvroy-en-Santerre

A la station de St-Quentin, le vent moyen observé sur 20 ans à une hauteur de 10 m est de 4,4 m/s, (4,3 m/s à Rouvroy) vitesse caractéristique d'un potentiel éolien élevé.

Le vent moyen long terme estimé sur le site est de 6,7 m/s à la hauteur d'axe des éoliennes<sup>5</sup>.

L'évaluation précise du potentiel éolien du site est en cours. Un mât de mesure a été installé sur le site.

### La pluviométrie :

Dans le Sud de la Somme, les précipitations sont modérées (environ 800 millimètres d'eau par an), et assez régulièrement réparties dans toutes les saisons. Les relevés de Météo France indiquent une valeur de 694.7 millimètres d'eau précipités par an à Saint-Quentin pour la période 1971-2000. On compte en moyenne 122,9 jours par an avec précipitations supérieures à 1 millimètre à la station météo, soit moins d'un jour sur trois. Le nombre de jours avec pluies abondantes est peu important : 16,9 jours par an où on relève plus de 10 millimètres d'eau à la station sur la période 1971– 2000. La valeur maximale quotidienne relevée pendant la « normale » 1971–2012 a été de 76,6 millimètres d'eau en un jour à Saint-Quentin, le 20 juin 1992.

	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
<b>Prec. moy (mm)</b>	55.6	45.2	55.2	48.9	63.0	67.4	57.0	54.7	57.6	61.7	62.7	64.7	<b>694.7</b>

**Tableau 4 : les précipitations moyennes à Saint-Quentin – période 1971-2000<sup>6</sup>**

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

### Températures :

Sur les 10 dernières années à la station **de St-Quentin** (2003-2012), la température moyenne annuelle est de **10,7°C**. La température moyenne du mois le plus chaud (juillet) est de **18,4°C**, celle du mois le plus froid (janvier) est de **3,3°C**. L'amplitude est de 15 °C.

On note également:      9 jours par an où la température reste négative toute la journée  
                                   53 jours par an où la température descend sous 0°C  
                                   8 jours par an où la température descend sous -5°C  
                                   1,4 jour par an où la température descend sous -10°C

Sur les 80 dernières années, les températures extrêmes rencontrées sont de **-20°C** (le 17 janvier 1985) et de **37,9°C** (le 12 août 2003).

<sup>5</sup> Avec un coefficient de cisaillement (alpha) de 0,20.

<sup>6</sup> Source : Météo France

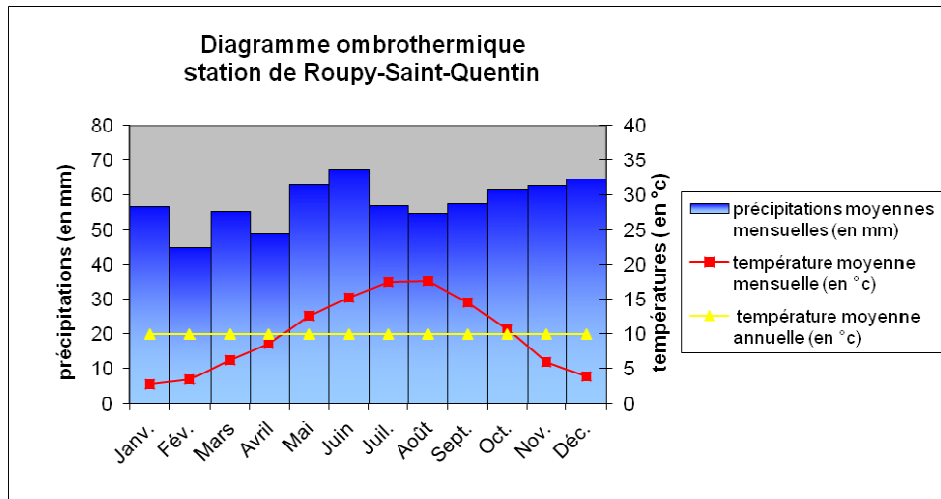


Figure 3 - Diagramme ombrothermique de la station de Saint-Quentin

**Givre :**

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

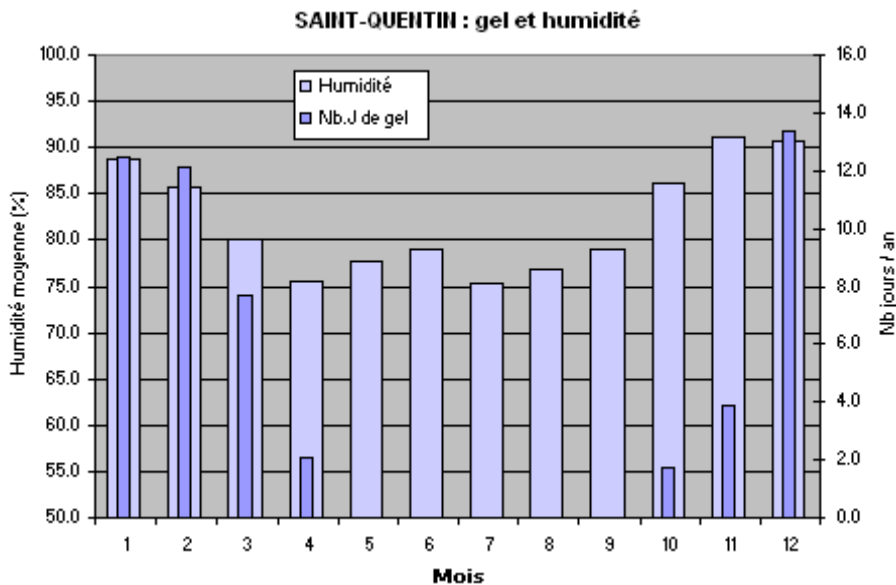


Figure 4 - Diagramme mensuel de la conjonction humidité / gel

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

Le projet européen Wind Energy production in COld climates (WECO)<sup>7</sup>, piloté par l'institut météorologique de Finlande, a établi une carte européenne des zones les plus exposées au givre. Il apparaît que dans la Somme, ce risque est occasionnel à l'intérieur des terres (moins de 1 jour par an) et léger (entre 2 et 7 jours par an) à proximité du littoral.

<sup>7</sup> Source : Finnish meteorological institute, [http://www.fmi.fi/research\\_meteorology/meteorology\\_9.html](http://www.fmi.fi/research_meteorology/meteorology_9.html)

**Enneigement :**

A la station de St Quentin, les chutes de neige sont présentes en moyenne 11 jours par an, le mois le plus enneigé étant le mois de février.

**Grêle :**

A la station de Saint-Quentin, on relève une moyenne de 2,8 jours par an avec précipitation de grêle, les mois les plus concernés étant les mois de mars et avril.

**Brouillard :**

Dans la Somme, ce phénomène apparaît en moyenne 60 jours par an, valeur comparable à celles observées à Bordeaux, Quimper ou Reims par exemple. La répartition sur l'année est relativement régulière.

Comme le montre le tableau ci-après, le brouillard apparaît 73 jours par an à Saint-Quentin. Les mois de Mars à Juillet ont des valeurs inférieures à 6 jours de brouillard par mois. Cette valeur tend à augmenter l'été, atteindre son maximum en Novembre puis diminuer légèrement pendant le reste de l'hiver.

	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	An
<b>Brouillard</b>	7,6	6,8	5,4	3,5	3,8	3,6	4,4	6,1	6,5	7,8	9,1	8,5	<b>73,1</b>

**Tableau 5 : Nombre moyen de jours avec brouillard à Saint-Quentin**



### 3.2.2. Risques naturels

Les risques naturels sont susceptibles de constituer des agresseurs potentiels pour les éoliennes et sont pris en compte dans l'évaluation préliminaire des risques.

Dans le département de la Somme, les risques sont répertoriés dans le dossier départemental des risques majeurs (D.D.R.M.) approuvé en Mai 2009. On distingue d'une part les risques naturels (inondations, mouvements de terrain), technologiques et industriels d'autre part (transport de matières dangereuses...).

Laboissière-en-Santerre, commune d'implantation des éoliennes est répertoriée comme concernées par le risque majeur « mouvement de terrain ». Aucune des communes d'implantation n'est concernée par le risque naturel « inondation » ni les risques technologiques « industries » et « transport de matières dangereuses ».

#### Sismicité :

Le terme "zone de sismicité" désigne un territoire défini par certaines caractéristiques sismiques (en particulier la fréquence et l'intensité des séismes dans cette zone). Le zonage sismique de la France n'est pas seulement une carte d'aléas sismiques, il répond également à un objectif de protection parasismique dans les limites économiques supportables pour la collectivité.

Depuis le 22 Octobre 2010, la France dispose d'un nouveau zonage sismique divisant le territoire national en cinq zones de sismicité croissante en fonction de la probabilité d'occurrence des séismes. Ce zonage est entré en vigueur le 1<sup>er</sup> Mai 2011 :

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

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

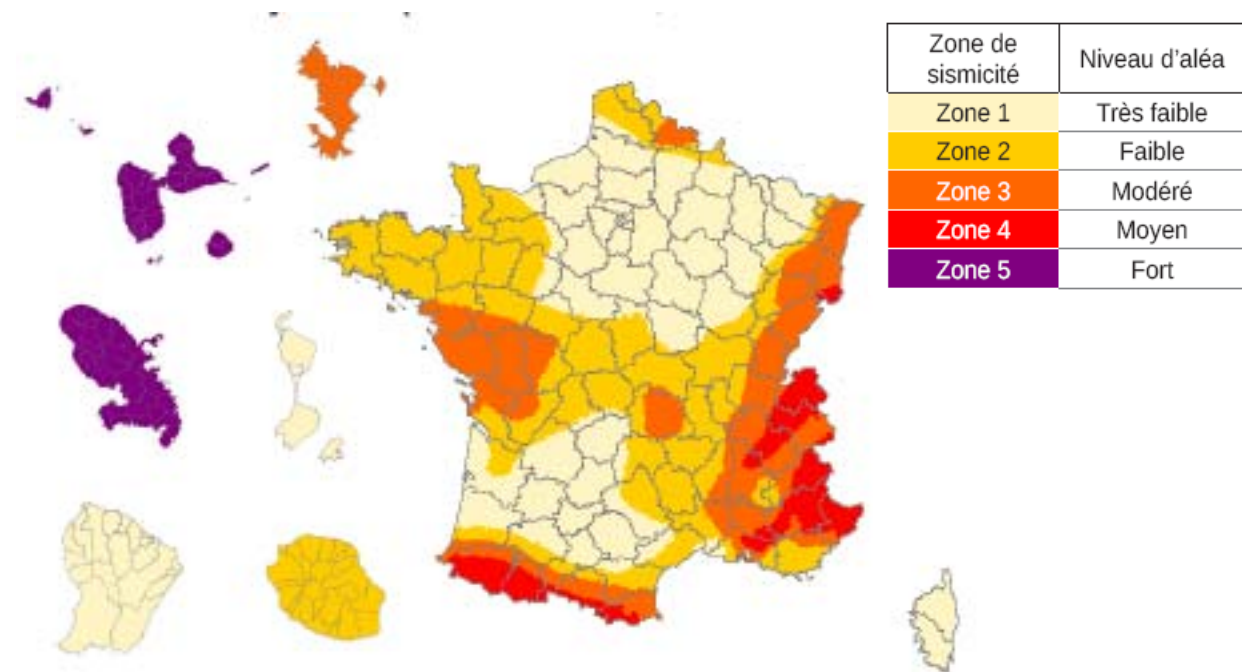


Figure 5 : Zonage sismique de la France et de la zone d'étude

Le département de la Somme figure intégralement en zone de sismicité 1 (risque « très faible »). Dans ces zones, aucune construction à risque normal n'est soumise à des règles de construction parasismique.

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

**Inondations :**

D'après le DDRM de la Somme, « l'inondation par ruissellement suite aux orages est l'aléa le plus fréquent dans la Somme, suivi des inondations par remontées de nappes phréatiques. Toute commune riveraine d'un cours d'eau peut être inondée de façon plus ou moins importante. ». Ce n'est pas le cas du site du projet éolien. Celui-ci se situe en effet sur le plateau au-dessus des rivières alentours.

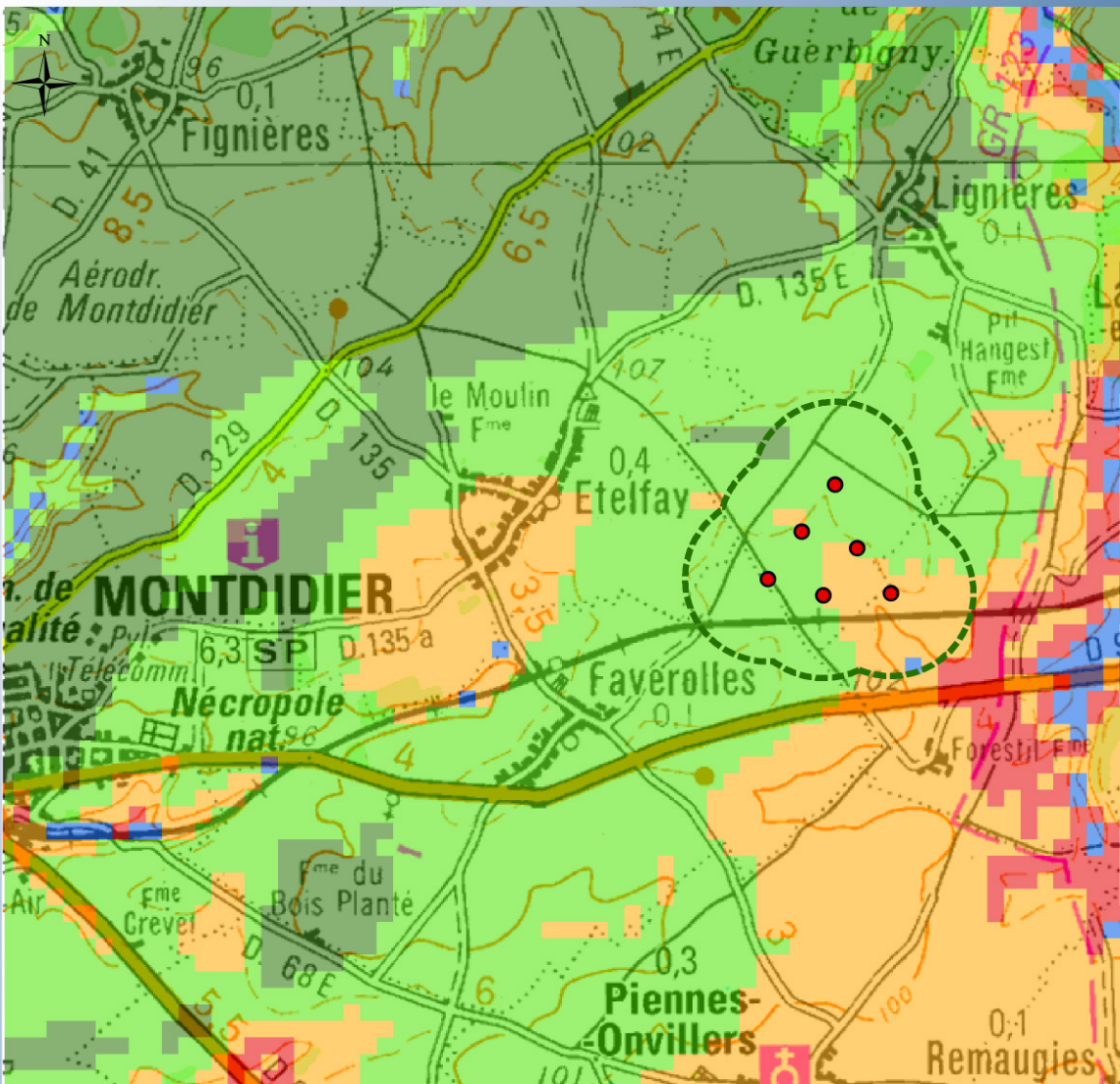
Du fait des faibles pentes, le ruissellement suite à un orage ne concerne pas non plus le site éolien.



**Remontée de nappe phréatique :**







La cartographie du phénomène « remontée de nappe », établie par le BRGM, est représentée à l'échelle locale ci-après. Elle traduit un risque faible à fort (pour les éoliennes E4, E5 et E6) de remontée du niveau de la nappe phréatique jusqu'à la surface du sol. Ce phénomène pourrait entraîner des contraintes au niveau des fondations des éoliennes. Des études géotechniques et pédologiques seront menées par une entreprise spécialisée sur les points d'implantation afin de déterminer la technique de fondation la plus adaptée au sol concerné.

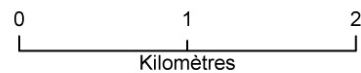
**REMONTEES DE NAPPES**

Projet éolien de Lignières, Laboussière-en-Santerre et Etefay



-  Périmètre d'étude (500m)
-  Eoliennes

- Sensibilité**
-  Nappe sub-afférente
  -  Sensibilité très forte
  -  Sensibilité forte
  -  Sensibilité moyenne
  -  Sensibilité faible
  -  Sensibilité très faible



Sources : ETD, BRGM, 2016.

**Carte 4 - Sensibilité à la remontée de nappe phréatique (BRGM)**

### Mouvements de terrains et cavités:

Le Dossier Départemental des Risques Majeurs de la Somme indique que 46 communes du département sont concernées par le risque « mouvement de terrain ». La quasi-totalité des risques identifiés est liée à la présence de cavités souterraines. Ces cavités peuvent engendrer des effondrements de terrain dont le principal facteur est la pluviométrie.

La commune de Laboissière-en-Santerre est comprise dans le Plan de Prévention des Risques (PPR) « mouvement de terrain » de l'arrondissement de Montdidier, le site éolien est situé en zone de contraintes faibles à modérées de ce PPR.

Ce PPR localise l'ensemble des cavités et mouvements de terrain identifiés. Le PPR explique que ces cavités ne sont pas d'origine naturelle, le sous-sol n'étant pas karstique, mais d'origine humaine. Plus précisément, on peut identifier deux sources :

- Les souterrains refuges, creusés dans les villages à partir du 16<sup>ème</sup> siècle.
- Les cavités liées aux différentes lignes de front de la guerre de 14-18 : le tracé des cavités recensées reproduit celui des tranchées.

De nombreux événements sont répertoriés à l'échelle du périmètre immédiat. Trois événements ont été répertoriés par le BRGM et concernent la commune de Laboissière-en-Santerre :

- deux cavités souterraines ayant subi un effondrement le 1/02/2001, localisées au sud de l'ancienne voie ferrée et décrites dans une étude de la DIREN<sup>8</sup>.
- un « effondrement de souterrain » a été recensé au nord-est

Identifiant de la cavité :	PICAW0007521	PICAW0007522
Source d'information :	BRGM	BRGM
Type de cavité :	indéterminé	indéterminé
Nom de la cavité :	Section T51, T56 et T57	Section T51, T56 et T57
Département :	Somme - (80)	Somme - (80)
Nom de la commune (à la saisie) :	LABOISSIERE-EN-SANTERRE (80453)	LABOISSIERE-EN-SANTERRE (80453)
Code insee commune :	80453	80453
Coordonnées X,Y en Lambert 93 métrique :	674613, 6950600	674658, 6950674
Coordonnées X,Y ouvrage :	622565, 2517498	622609, 2517572
Lambert X,Y ouvrage :	Lambert 2 étendu	Lambert 2 étendu
Précision coordonnées :	100 m	100 m
Repérage géographique :	centre cavité	centre cavité
Positionnement :	approché	approché
Lieu d'archivage :	SGR Picardie	SGR Picardie
Date de validité :	01/02/2001	01/02/2001
Commentaires :	Effondrement existant _ Réf BD MVT: 52 001 762	Effondrement existant _ Réf BD MVT: 52 001 763

**Figure 6 : Données BRGM concernant les 2 cavités souterraines répertoriées sur la zone**

Par ailleurs, un effondrement de terrain dans une ancienne carrière d'extraction de marne a été référencé par la DRAC, au sud de la voie ferrée sur la commune de Lignières.

Le règlement du PPR pour les zones concernées prévoit des dispositions spécifiques pour « les projets nouveaux de construction et d'aménagement » et « la voirie » et concernent un futur projet éolien. Une étude de sol est rendue obligatoire et devra être effectuée selon les prescriptions de la norme NF P 94-500, « dont la finalité est de détecter la présence éventuelle de cavités et d'expliquer comment les mettre en sécurité le cas échéant »<sup>9</sup>.

La carte ci-après permet de localiser plus précisément les cavités connues sur la zone en elle-même. Ces cavités constituent des zones de sensibilité très forte. Mais d'autres cavités peuvent être encore non localisées. L'éolienne E6 figure en zone de contraintes faibles pour le risque effondrement (carte p. 30).

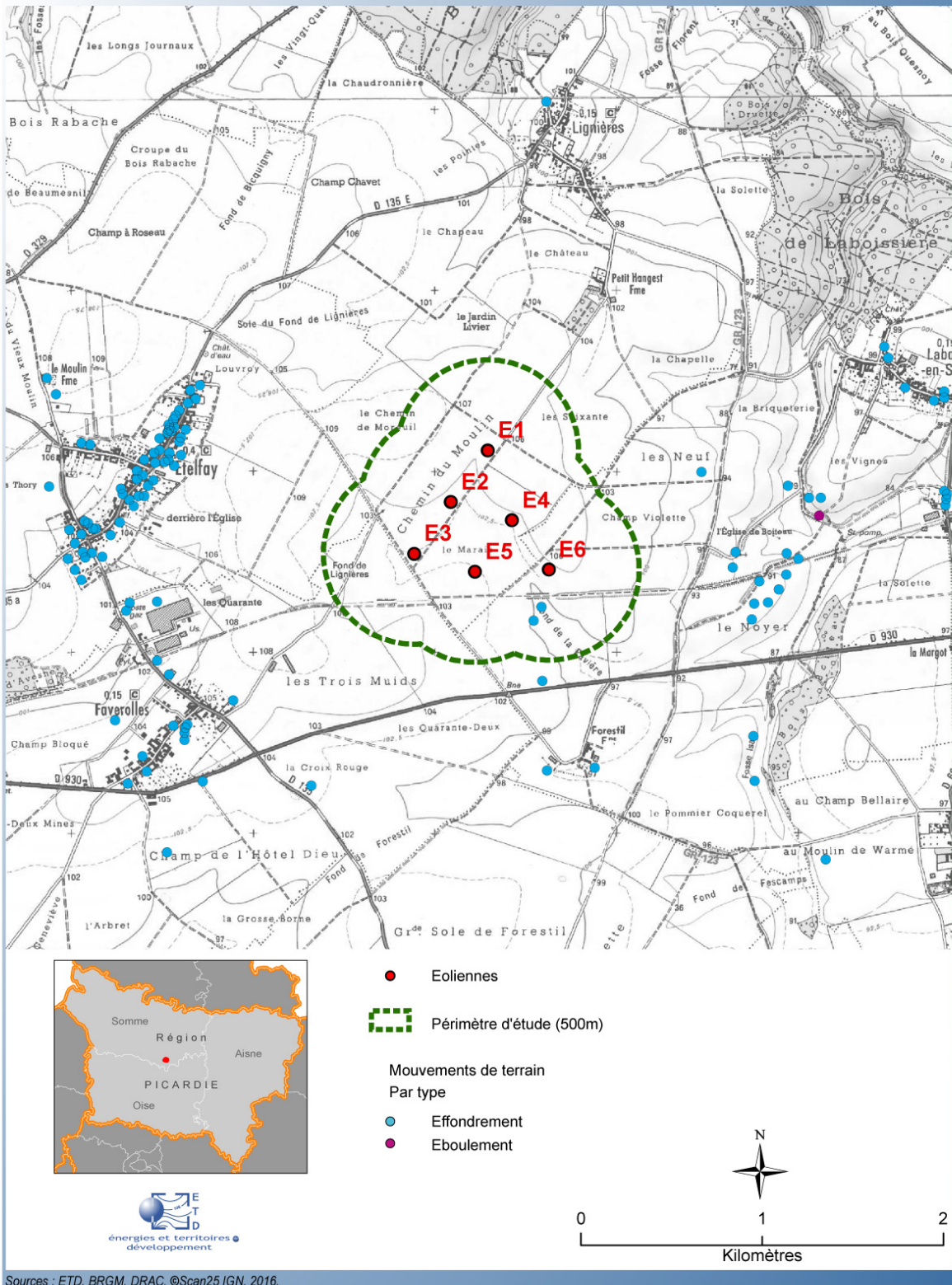
Au-delà de la simple caractérisation géologique des terrains sous-jacents du site, des analyses géotechniques et pédologiques seront menées par une entreprise spécialisée sur les points d'implantation des éoliennes. Cette étude de sol permettra de déterminer la technologie de fondation la plus adaptée au sol concerné.

<sup>8</sup> Recensement et analyse des mouvements de terrain survenus en 2000 et 2001 dans les arrondissements de Montdidier, DIREN Picardie, 2002

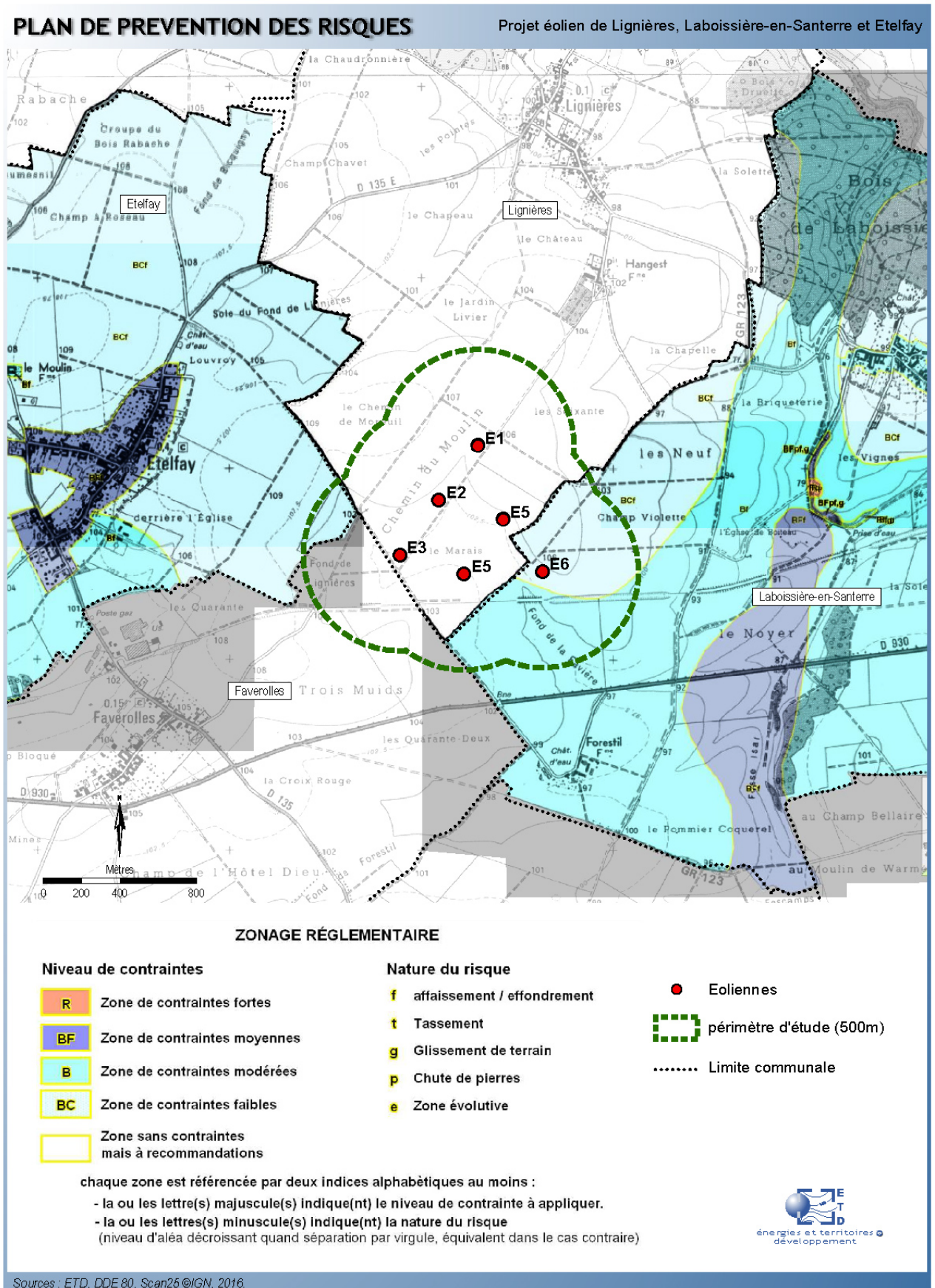
<sup>9</sup> [http://cartorisque.prim.net/dpt/80/pdf/ppr\\_ardt\\_montdidier\\_reglement.pdf](http://cartorisque.prim.net/dpt/80/pdf/ppr_ardt_montdidier_reglement.pdf)

**MOUVEMENTS DE TERRAIN**

Projet éolien de Lignières, Laboissière-en-Santerre et Etelfay



**Carte 5 : mouvements de terrain**



**Carte 6 : aléa mouvement de terrain – PPR de l'arrondissement de Montdidier**

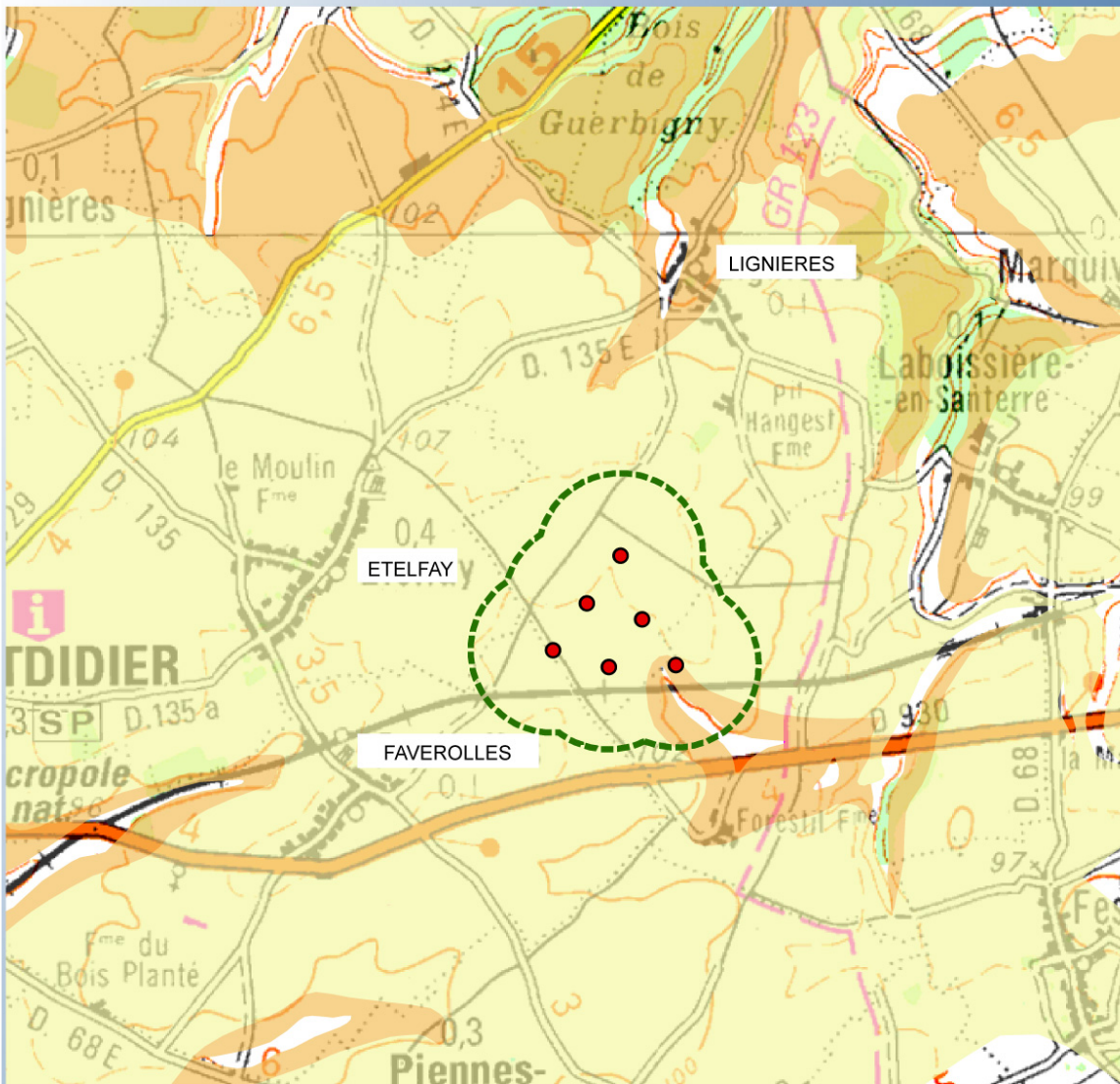
**Aléa retrait-gonflement des argiles :**



Le changement d'humidité des sols argileux entraîne des modifications de volume du sol, pouvant créer des dégâts importants : ces tassements différentiels se manifestent par des désordres affectant principalement le bâti annuel pour lesquels il n'est généralement pas mené d'étude géotechnique préalable. Dans le cadre d'un projet éolien, une telle étude est systématiquement réalisée au droit de l'implantation de chaque aérogénérateur afin d'adapter les fondations au type de sol. En outre, comme le montre la carte ci-après, l'aléa retrait-gonflement des argiles est estimé faible sur la grande partie de la zone potentielle d'implantation, qui se situe sur un limon de plateau très peu argileux.

Comme le montre la carte ci-dessous, l'aléa retrait-gonflement des argiles est estimé faible pour les éoliennes E1 à E5, situées sur un limon de plateau très peu argileux. L'éolienne E6 est en bordure de la zone d'aléa moyen.




**ALEA RETRAIT-GONFLEMENT DES ARGILES**

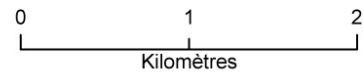
Projet éolien de Lignièrès, Laboissière-en-Santerre et Etefay



-  Périmètre d'étude (500m)
-  Eoliennes

Aléa retrait-gonflement des argiles

-  Aléa moyen
-  Aléa faible
-  Aléa a priori nul



Sources : ETD, BRGM, 2016.

**Carte 7 : Aléa retrait-gonflement des argiles**



**Vents extrêmes :**

Selon Météo France, en moyenne quinze tempêtes affectent la France chaque année. Une sur dix peut être qualifiée de " forte " (un épisode est qualifié de " forte tempête " si au moins 20 % des stations départementales enregistrent un vent maximal instantané quotidien supérieur à 100 kilomètres/h).

L'ensemble du territoire français est exposé aux tempêtes. Les zones les plus sensibles se situent sur les franges littorales et le quart Nord-Ouest de l'hexagone<sup>10</sup>, et incluent donc le département de la Somme.

A St-Quentin, le nombre annuel moyen de jours avec des rafales supérieures à 28m/s (100 km/h) est de **1,8**. Cette moyenne est faible et reste modeste comparée aux observations réalisées dans les départements ayant une façade maritime (4 jours par an, par exemple, à Quimper).

**Vents instantanés extrêmes :**

Sur les 30 dernières années, une rafale à 133 km/h (37 m/s) a été enregistrée le 26 février 1990 à la station de St-Quentin, et une rafale à 140 km/h (39 m/s) a été enregistrée le 17 décembre 2004 à la station proche de Rouvroy. Sur la période, le vent instantané maximum a donc été de 39 m/s à 10 mètres, soit **49 m/s** à hauteur d'axe des éoliennes (80 m) par application du coefficient de cisaillement de la norme IEC 61400-1 pour les vents extrêmes<sup>11</sup>.

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

**Vents extrêmes sur 3 secondes :**

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

**Vents moyens 10 mn maximum :**

A la station de Rouvroy, le vent moyen 10 mn maximum enregistré en décembre 2004 a été de 29 m/s à 10 mètres, soit **36 m/s** à hauteur d'axe des éoliennes (80 m) par application du coefficient de cisaillement de la norme IEC 61400-1 pour les vents extrêmes.

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

**Orages :**

Les orages peuvent faire courir des risques aux aérogénérateurs. Les statistiques de foudroiement recueillies sur la période 2001-2010 par Météorage, filiale de Météo France, font apparaître les résultats annuels moyens suivants pour les 2 communes d'implantation du projet:

	Laboissière-en-Santerre	Lignières	France
Densité d'arcs (nombre d'arcs par an et par Km <sup>2</sup> )	0,86	0,86	1,63
Niveau kéraunique approximatif (Nk ~ 10 densité)	9	9	16

**Tableau 6 – Statistiques de foudroiement**

Le critère « densité d'arcs » (Da - qui est le nombre d'arcs de foudre au sol par km<sup>2</sup> et par an) rend compte de l'importance (la violence) des phénomènes orageux et constitue la meilleure représentation de l'activité orageuse.

<sup>10</sup> [http://www.prim.net/citoyen/definition\\_risque\\_majeur/dossier\\_risq\\_tempete/pageintroduction.htm](http://www.prim.net/citoyen/definition_risque_majeur/dossier_risq_tempete/pageintroduction.htm)

<sup>11</sup> soit  $\alpha = 0,11$  et  $v/v_0 = (h/h_0)^\alpha$

Ces chiffres montrent une activité orageuse plutôt faible et sensiblement inférieure à la moyenne nationale.

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

#### **Feux de forêts :**

Le site se situe entièrement en zone de grande culture. Aucun incendie n'y a été répertorié. Les communes d'accueil ne présentent pas de sensibilité au risque d'incendie. Plus largement, le risque « incendie » ne fait pas partie des risques recensés dans le département de la Somme.

#### **Transport de marchandises dangereuses**

D'après le Dossier Départemental des Risques Majeurs de la Somme, aucune des communes d'implantation n'est concernée par le risque « transport de matières dangereuses ».

### 3.3. Environnement matériel

#### 3.3.1. Voies de communication

Aucune voie de circulation routière structurante, voie ferrée ou voie navigable ne traverse le périmètre de l'étude de dangers.

##### Voies de circulation routière:

Les voies de circulation routière répertoriées à proximité du parc éolien sont détaillées dans le tableau suivant<sup>12</sup> :

Infrastructure	Position par rapport au site	Distance à l'éolienne la plus proche	Trafic moyen journalier annuel (VL+PL)
D930	sud	670 m / E5	Entre 4000 et 8000
D135	nord	1400 m / E1	Entre 1000 et 2000
D135	ouest	1360 m / E3	Entre 500 et 1000
D68	est	2200 m / E6	Moins de 500

**Tableau 7 - Voies routières à proximité du parc éolien**

Aucune de ces routes départementales ne traverse le périmètre de l'étude de dangers.

##### Chemins d'exploitation agricole :

Quelques chemins d'exploitation agricole traversent le périmètre de l'étude.

La circulation de véhicules sur ces voies présente un enjeu qui a été apprécié selon la classification proposée par la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques de comptage applicables aux études de danger (voir en annexe 3). Les voies de circulation non structurantes sont à considérer au titre des « terrains aménagés peu fréquentés », au même titre que les chemins agricoles et les chemins d'exploitation, soit 1 personne permanente pour 10 ha en considérant une largeur de voie de 6 m.

→ Le réseau des voies de circulation (chemins agricoles) prises en compte dans le périmètre de l'étude de dangers figure sur la *Carte 8* – - en page 37.

Le tableau ci après indique, par éolienne, la distance entre l'éolienne et la voie de circulation la plus proche, ainsi que le linéaire de voies à faible circulation pris en compte dans l'étude détaillée des risques, dans le périmètre des 500 m de l'éolienne.

<sup>12</sup> Source : Conseil Général de la Somme

<i>(Distance par rapport au mât des éoliennes)</i>	Distance à la voie de circulation la plus proche (chemin d'exploitation)	Linéaire des voies à faible circulation dans le périmètre des 500 m de l'éolienne (chemins d'exploitation)
<b>E1</b>	50 m	2553 m
<b>E2</b>	50 m	2807 m
<b>E3</b>	50 m	3264 m
<b>E4</b>	265 m	2714 m
<b>E5</b>	140 m	2595 m
<b>E6</b>	65 m	1517 m

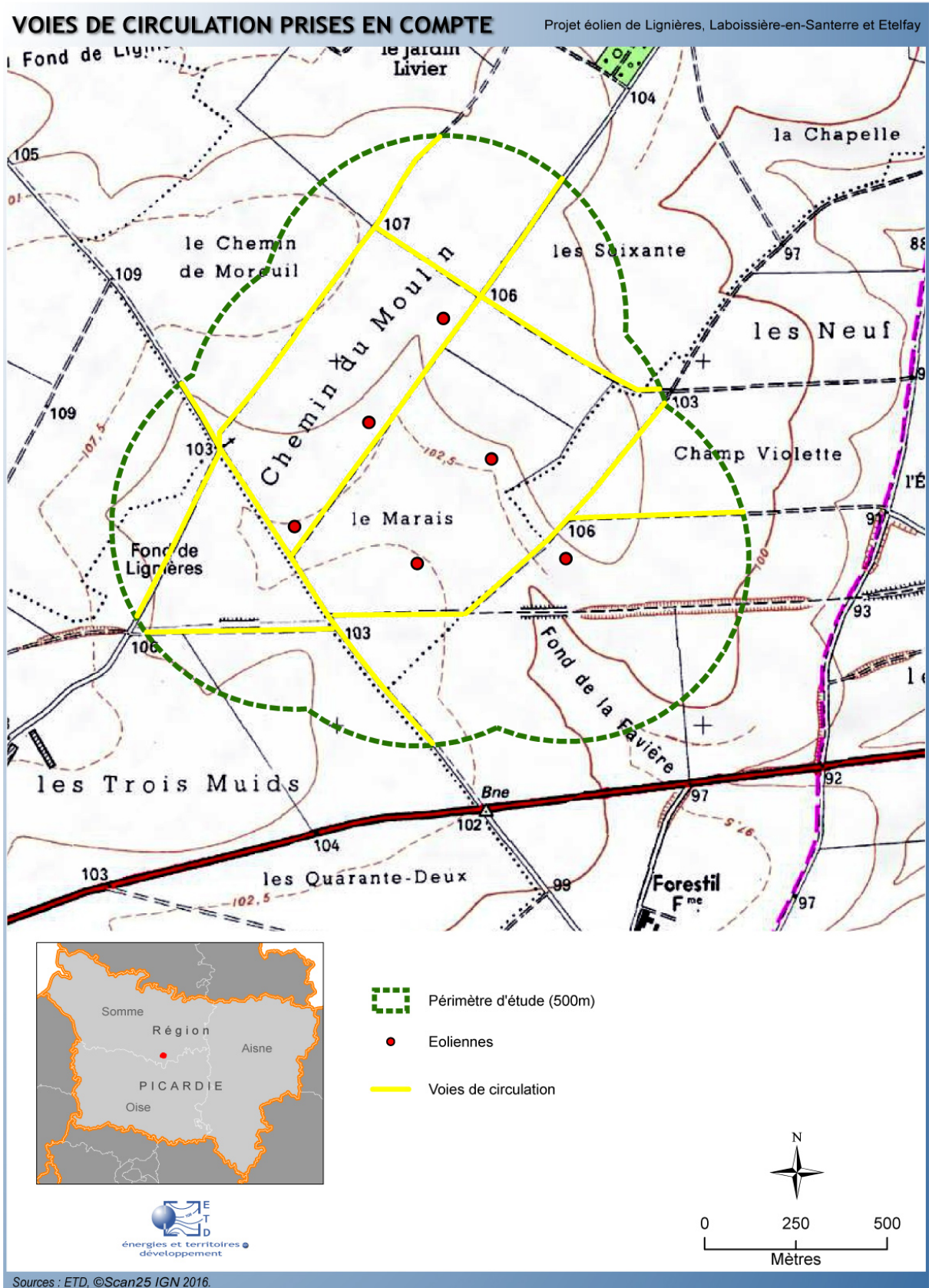
**Tableau 8 : Distances aux voies de circulation**

**Note :** Le linéaire des voies de circulation pour chacun des périmètres d'effet correspondant aux différents risques figure dans les tableaux de l'étude détaillée des risques (paragraphe 8) ainsi que sur les cartes de cartographie des risques (8.3.3).

**Note :** Il existait une voie ferrée reliant Montdidier et Roye, et traversant le périmètre de l'étude. Mais celle-ci n'est plus en fonctionnement et les voies ont été déposées. Aucun enjeu n'est retenu autour de cette voie ferrée.



**Figure 7 : Ancienne voie ferrée sur la zone potentielle d'implantation**



**Carte 8 – Voies de circulation prises en compte**

**Circulation aérienne :**

Le site éolien est situé à l'est de l'aérodrome de Montdidier. La Direction de l'Aviation Civile demande le respect d'une distance de 5 km autour de cet aérodrome. L'éolienne E3, la plus proche de l'aérodrome, est située à 5050 mètres de la piste.

D'autre part, une balise VOR est présente à Maignelay-Montigny. Le site se situe au-delà de la distance de recul de 15km.

Par ailleurs, une piste d'aérodrome existe sur la commune de Marquivillers, au nord-est du site. Cette piste est à usage exclusivement privé, il s'agit d'un terrain utilisable par des aéronefs à voilure fixe en VFR (vol à vue). D'après la circulaire du 12 janvier 2012, l'aviation civile protège ces terrains par une limitation de hauteur des obstacles jusqu'à 5 kilomètres du terrain.

Dans l'arrêté de création de l'aérodrome (arrêté préfectoral du 27 juin 2011), il est précisé que les circuits doivent se faire à l'est du terrain. Ce cas est prévu dans la circulaire du 12 janvier 2012 et permet de réduire l'aire de protection du terrain à l'Ouest par une ouverture angulaire de 15 degrés par rapport à l'axe de piste. De ce fait, la DGAC demande une distance de recul de 5 km dans la partie nord-est de la piste, et de 2700 m dans la partie sud-ouest.

Les éoliennes du projet sont toutes situées à l'extérieur de la zone de recul définie (voir carte en page suivante).

**Contraintes aéronautiques militaires :**

Dans un courrier datant de 2009 et disponible en annexe du dossier DAE, le commandement de la défense aérienne de la zone de défense Nord n'émet aucune objection à la réalisation du projet éolien.

Le site est situé en dehors des contraintes aéronautiques militaires connues.

**Radars :**

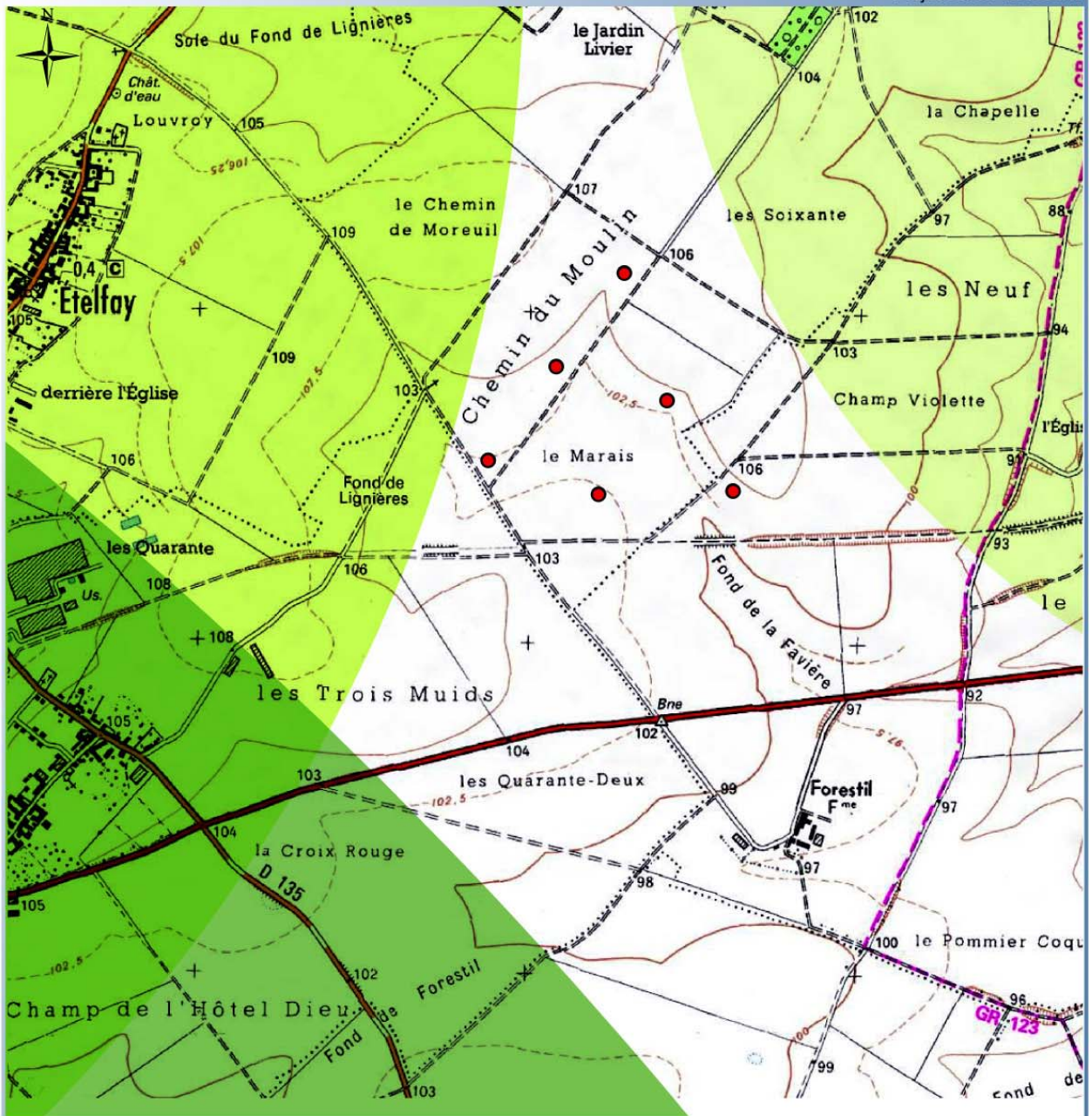
L'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 6 novembre 2014 relatif aux parcs éoliens soumis à autorisation au titre de la réglementation ICPE précise les recommandations de distances d'éloignement minimales entre les éoliennes et les radars. Le tableau ci-dessous précise ces recommandations et les distances observées par le projet :

Type de radar	Seuil fixé par l'arrêté ministériel du 26 août 2011	Distance au projet éolien	Conformité avec l'arrêté ministériel
Météo France	Entre 10 et 30 km selon le type de radar	Supérieure à 70 km	Oui
Aviation civile, radars primaires	30 km	Supérieure à 70 km	Oui
Aviation civile, radars secondaires	16 km	100 km	Oui
VOR	15 km	Supérieure à 15 km	Oui
Radars portuaires	20 km	Supérieure à 120 km	Oui
CROSS	10 km	Supérieure à 150 km	Oui
Radars militaires		Supérieure à 50 km	

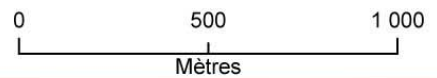
**Tableau 9 : Distances aux radars**

**SERVITUDES AERONAUTIQUES**

Etude d'impact sur l'environnement  
Projet éolien du Moulin



- Eolienne
- Servitude autour de l'aérodrome de Montdidier (5km)
- 15 km autour de la balise VOR
- Protection autour de l'aérodrome privé de Marquivillers (5km à l'est et 2700m à l'ouest)



Sources : ETD, ANFR, ©Scan25 IGN, 2016.

**Carte 9 – Contraintes aéronautiques**

### 3.3.2. Réseaux publics et privés

#### Lignes électriques haute ou très haute tension

Aucune ligne électrique de transport n'existe à moins de 200 mètres des éoliennes du projet, ni dans le périmètre de l'étude de dangers. La ligne haute tension la plus proche est située à 3660 m au sud-est des éoliennes du projet.

#### Canalisation de transport (gaz, hydrocarbures, produits chimiques)

Aucune canalisation de transport (gaz, hydrocarbures, produits chimiques) non enterrée n'existe à moins de 500 mètres des éoliennes du projet.

Une canalisation enterrée de gaz passe au sud des éoliennes du projet, à l'intérieur du périmètre de l'étude. L'éolienne la plus proche (E5) est implantée à 150 m de cette canalisation. GRT Gaz a été consulté et précise en réponse qu'une implantation d'éolienne en deçà d'une distance de recul de 4 fois la hauteur totale de l'éolienne (soit ici 520 m) est possible sous réserve d'une étude spécifique :

- Réalisation d'une « étude de risque associée à l'éolien »
- Certification n°IEC 61400-22 concernant le process de la qualité de l'installation éolienne
- Certification Qualité ISO 9001 pour la fabrication, le montage et l'entretien
- Etude de sol par une entreprise agréée suivant la norme NF P 94-500

Les éoliennes E3, E4, E5 et E6 sont implantées à des distances comprises entre 130 m (hauteur totale des éoliennes) et 520 m (distance de recul préconisée) de la canalisation de transport de gaz et devront donc répondre aux exigences présentées par l'exploitant avant la construction du parc éolien.

#### Captages d'eau potable

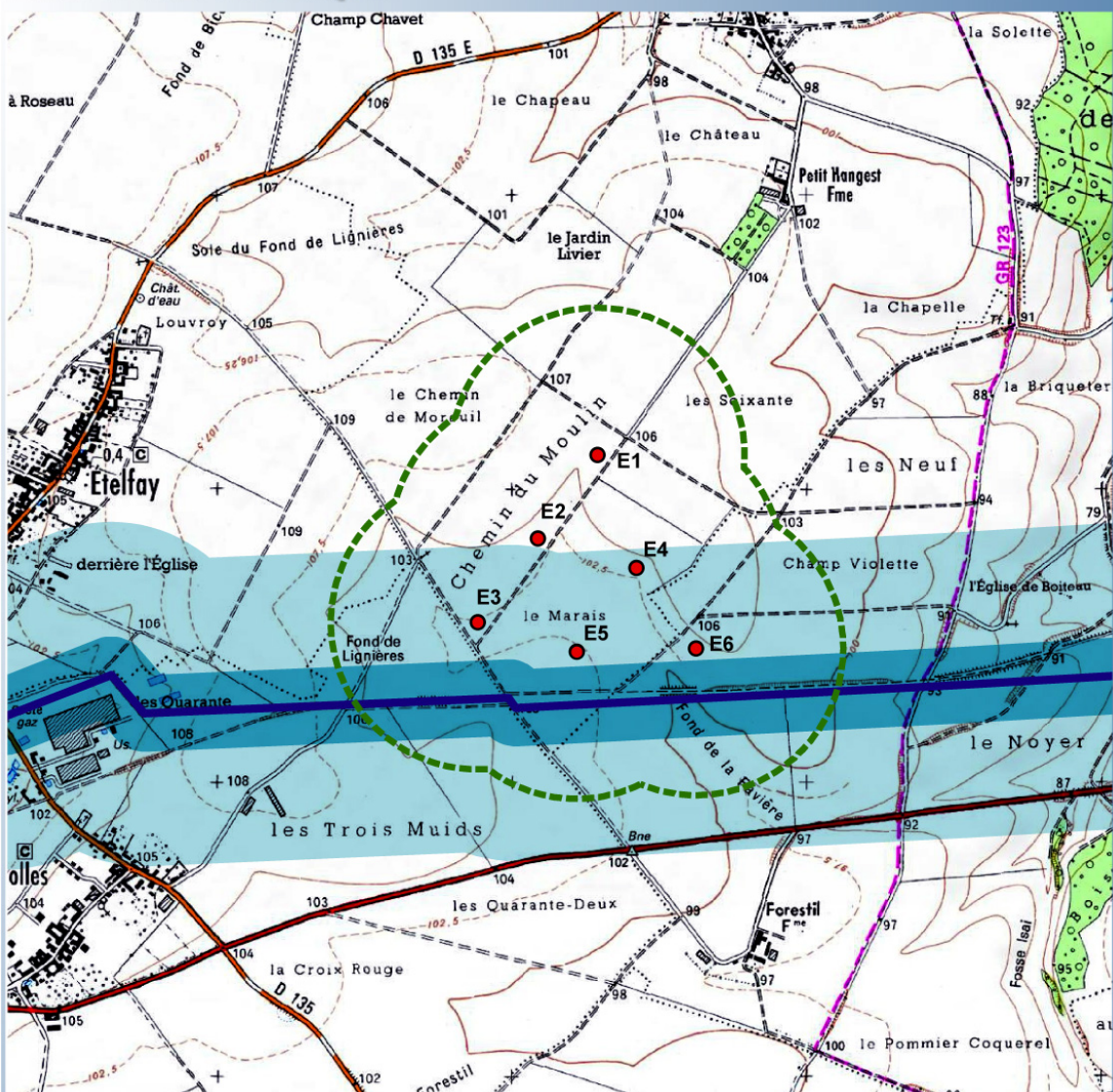
Sur les communes de Lignières et de Laboissière-en-Santerre, il n'est pas signalé la présence de sources pérennes ou temporaires, ni de cours d'eau.

Aucun captage d'eau potable n'est recensé sur la zone d'implantation des éoliennes. Le périmètre de protection de captage d'eau potable le plus proche est situé au nord de la commune de Lignières, à plus de 2 km au nord de l'éolienne E1.

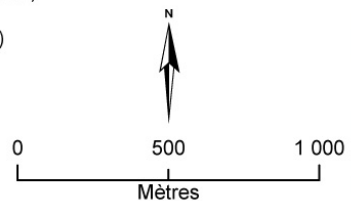


**CONTRAINTES TECHNIQUES**

Projet éolien de Lignières, Laboissière-en-Santerre et Etefay



- Périmètre d'étude (500m)
- Eoliennes
- Canalisation de gaz
- Zone incompatible (recul de 130m)
- Zone sensible (recul de 520m)



Sources : ETD, ©Scan25 IGN, 2016.

**Carte 10 : Tracé de la canalisation enterrée GRT-Gaz**

**Servitudes hertziennes**

Une servitude hertzienne PT2 traverse le nord du périmètre de l'étude. Les éoliennes du projet sont toutes situées à plus de 40 m (une longueur de pale) du couloir matérialisant la servitude et figurant sur la carte ci-après.

**Autres faisceaux hertziens**

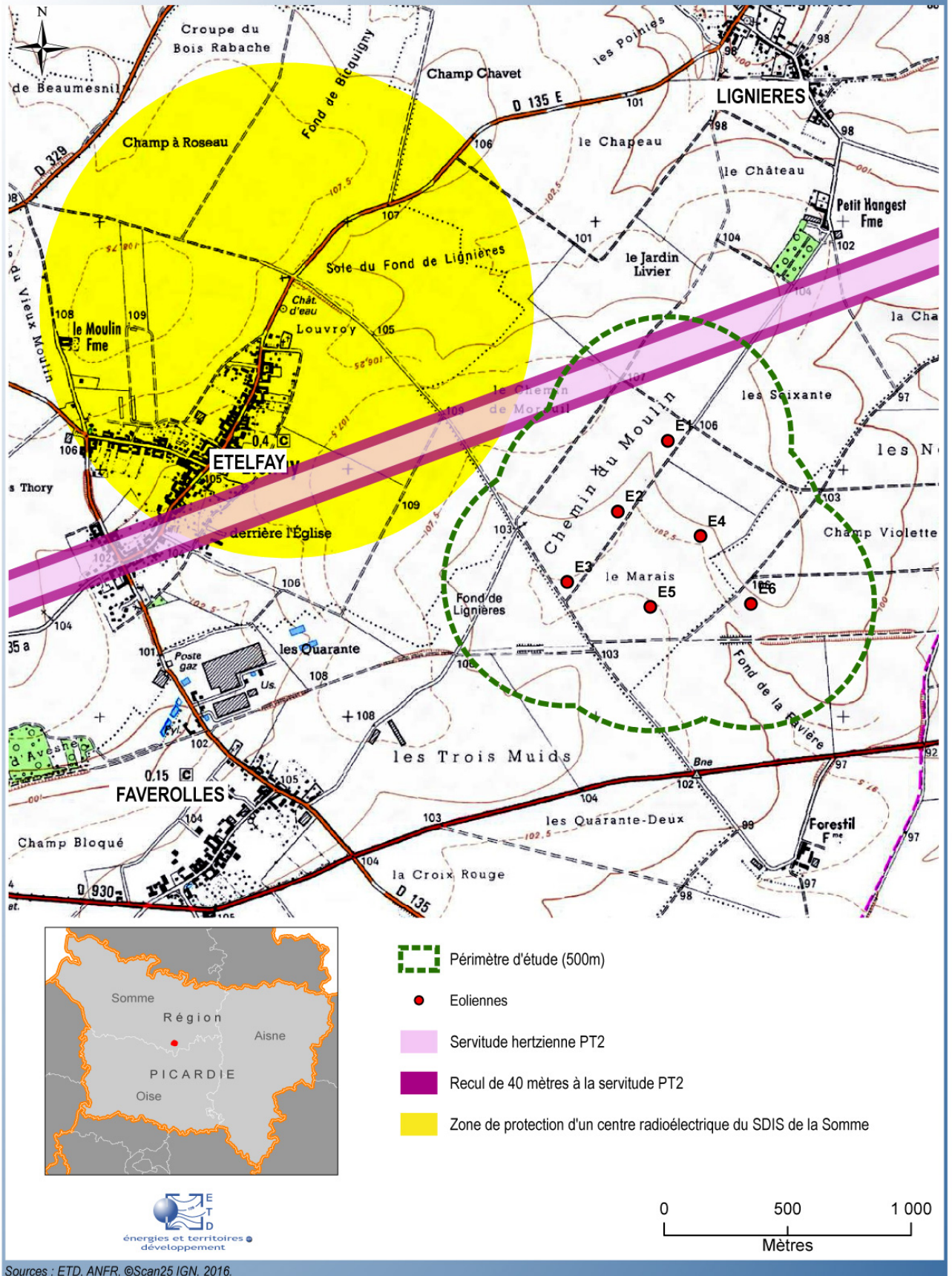
Par ailleurs, il existe sur la commune d'Etelfay un centre radio-électrique géré par le Service Départemental d'Incendie et de Secours (SDIS). Celui-ci ne fait pas l'objet d'une servitude radioélectrique. Le SDIS recommande cependant de respecter une zone de protection de 1000 m autour de ce centre (cf. carte ci-après). L'implantation des éoliennes respecte cette recommandation.

**3.3.3. Autres ouvrages publics**

Il n'existe aucun autre ouvrage de type barrages, digues, châteaux d'eau, bassins de rétention, etc. dans la zone d'étude.

**SERVITUDES HERTZIENNES**

Projet éolien de Lignièrès, Laboissière-en-Santerre et Etefay



**Carte 11 : Servitudes radioélectriques**

### 3.4. Synthèse des enjeux

Au final, et selon les critères de l'étude de dangers<sup>13</sup>, les enjeux humains suivants ont été identifiés dans le périmètre de l'étude (soit dans un rayon de 500 m autour des éoliennes) :

- Personnes non abritées (promeneurs, agriculteurs) présentes dans le périmètre de l'étude.
- Véhicules susceptibles d'emprunter les chemins d'exploitation du périmètre d'étude.

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

- Les terrains non aménagés peu fréquentés (terrains agricoles) avec l'hypothèse forfaitaire d'une personne permanente pour 100 ha.
- Les chemins d'exploitation (largeur: 6 m) avec l'hypothèse forfaitaire d'une personne permanente pour 10 ha.

Pour chaque éolienne, par application des hypothèses de comptage mentionnées ci-dessus, la fréquentation du périmètre d'étude (500 m) en équivalent personnes permanentes (epp) est la suivante :

Eolienne	Enjeu: personnes non abritées		Enjeu: véhicules			Total epp
	Terrains non aménagés		Voies peu fréquentées			
	S (ha)	epp	L (m)	S (ha)	epp	
<b>E1</b>	78.5	0.79	2 553	1.53	0.15	<b>0.94</b>
<b>E2</b>	78.5	0.79	2 927	1.76	0.18	<b>0.96</b>
<b>E3</b>	78.5	0.79	3 259	1.96	0.20	<b>0.98</b>
<b>E4</b>	78.5	0.79	2 224	1.33	0.13	<b>0.92</b>
<b>E5</b>	78.5	0.79	2 075	1.25	0.12	<b>0.91</b>
<b>E6</b>	78.5	0.79	1 017	0.61	0.06	<b>0.85</b>

**Tableau 10 - Fréquentation du périmètre d'étude**

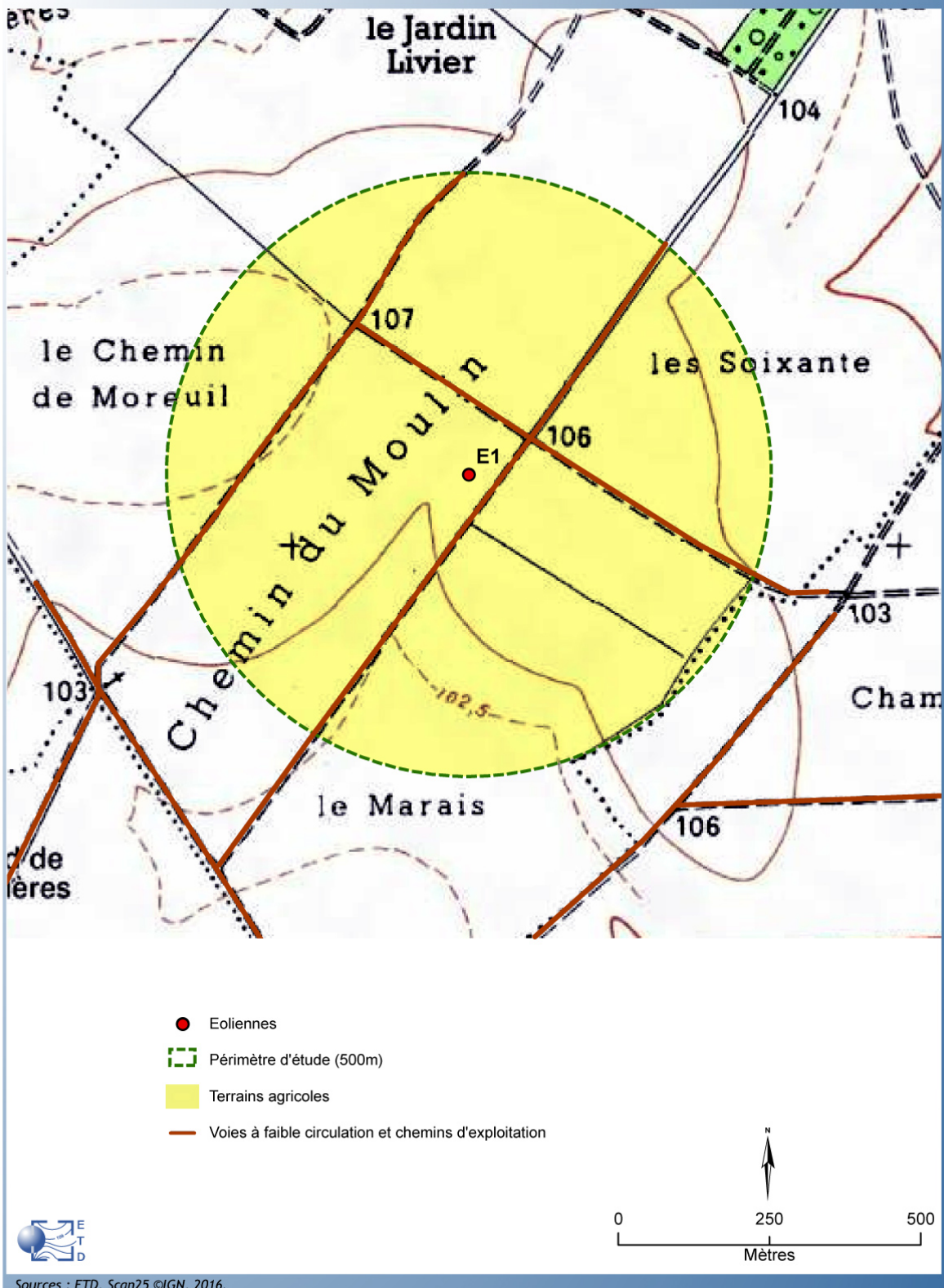
#### 3.4.1. Cartographie de synthèse des enjeux

Les enjeux identifiés dans le périmètre de l'étude de chaque éolienne ont été cartographiés sur les cartes en pages suivantes.

<sup>13</sup> L'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation d'exploiter impose une évaluation des accidents majeurs sur les personnes uniquement et non sur la totalité des enjeux identifiés dans l'article L. 511-1. En cohérence avec cette réglementation et dans le but d'adopter une démarche proportionnée, l'évaluation des accidents majeurs dans l'étude de dangers s'intéressera prioritairement aux dommages sur les personnes.

SYNTHESE DES ENJEUX : EOLIENNE E1

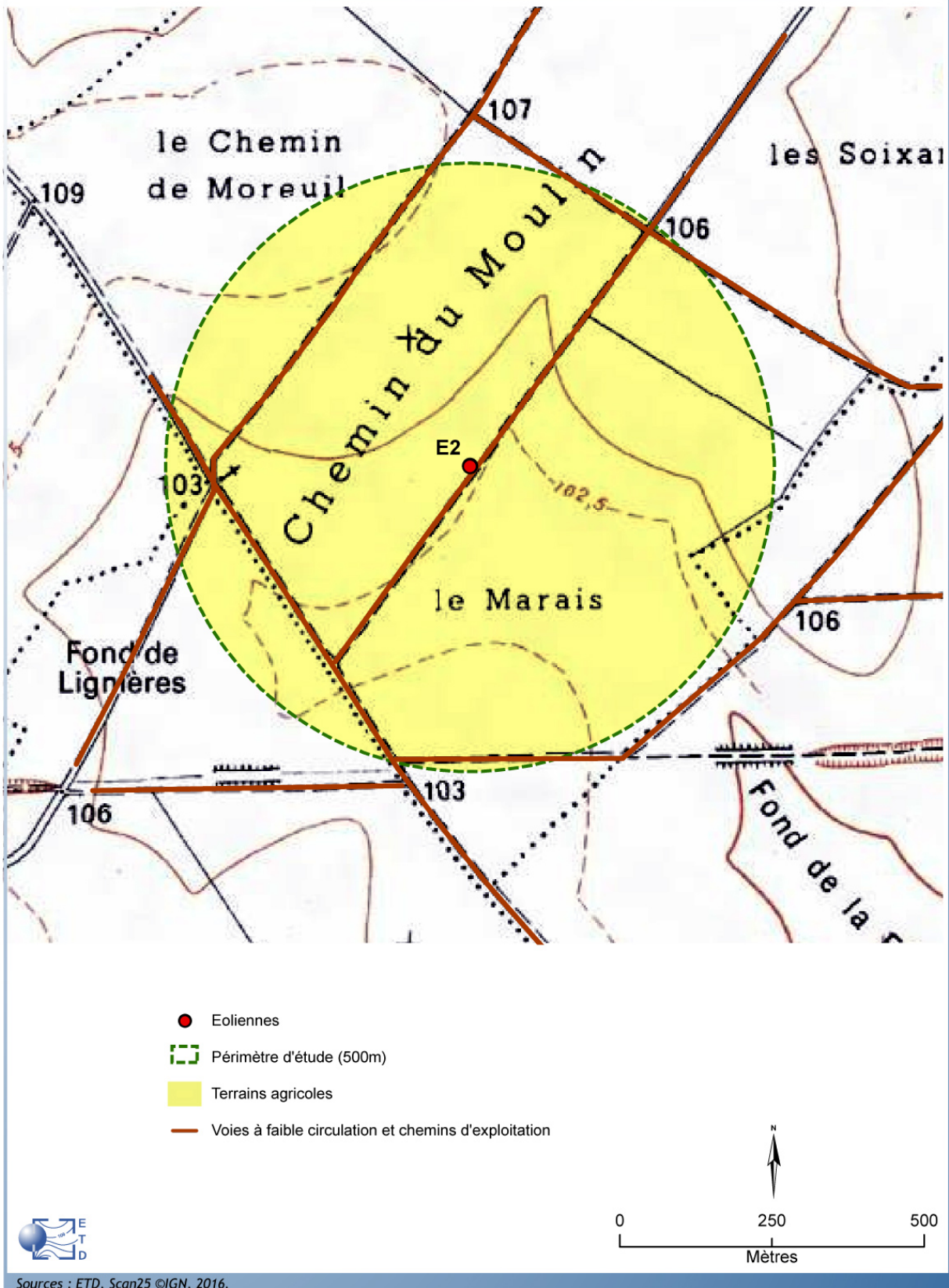
Projet éolien de Lignièrès, Laboissière-en-Santerre et Eteffay



Carte 12 - Synthèse des enjeux : éolienne E1

**SYNTHESE DES ENJEUX : EOLIENNE E2**

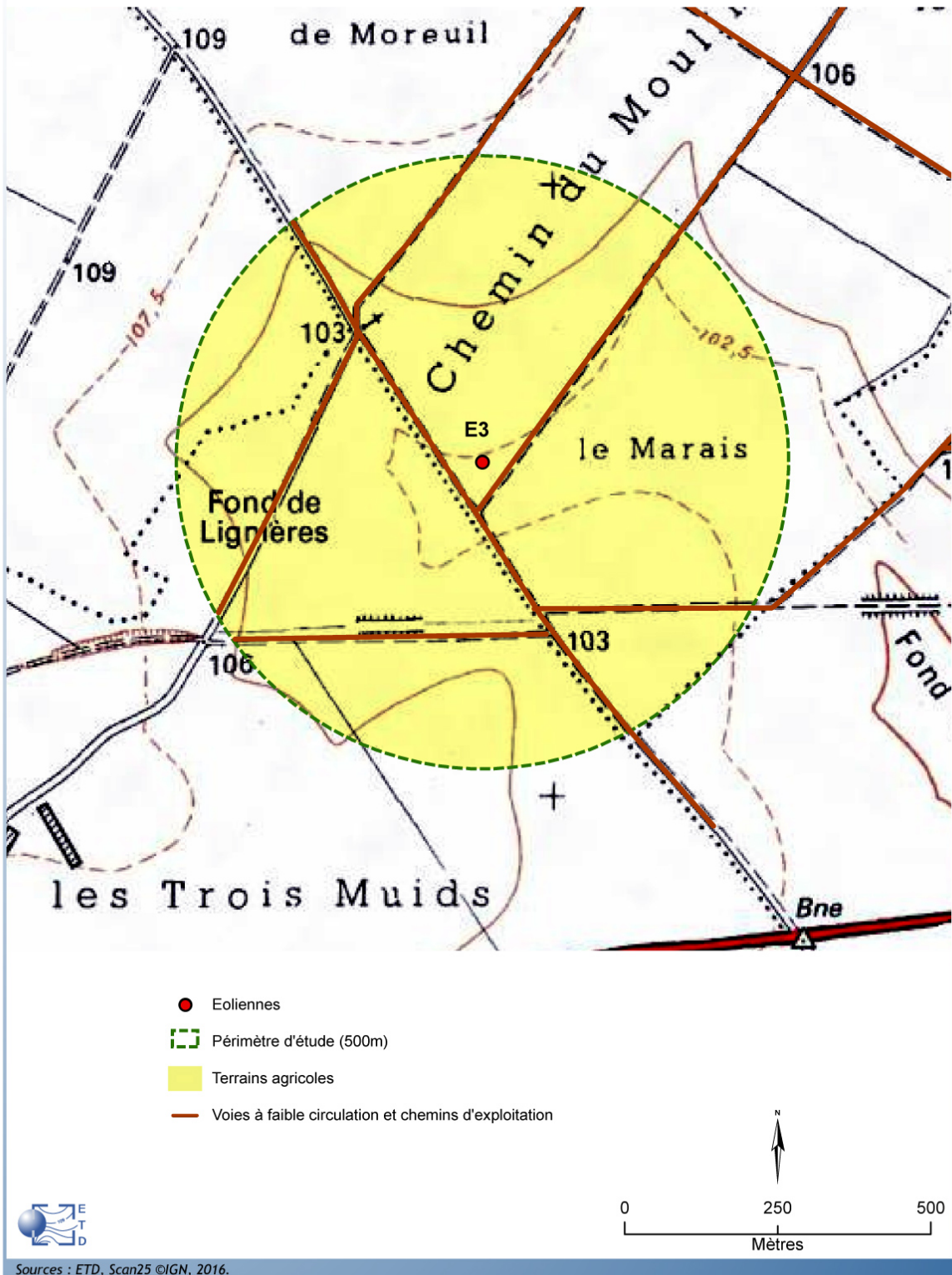
Projet éolien de Lignières, Laboissière-en-Santerre et Etefay



**Carte 13 - Synthèse des enjeux : éolienne E2**

SYNTHESE DES ENJEUX : EOLIENNE E3

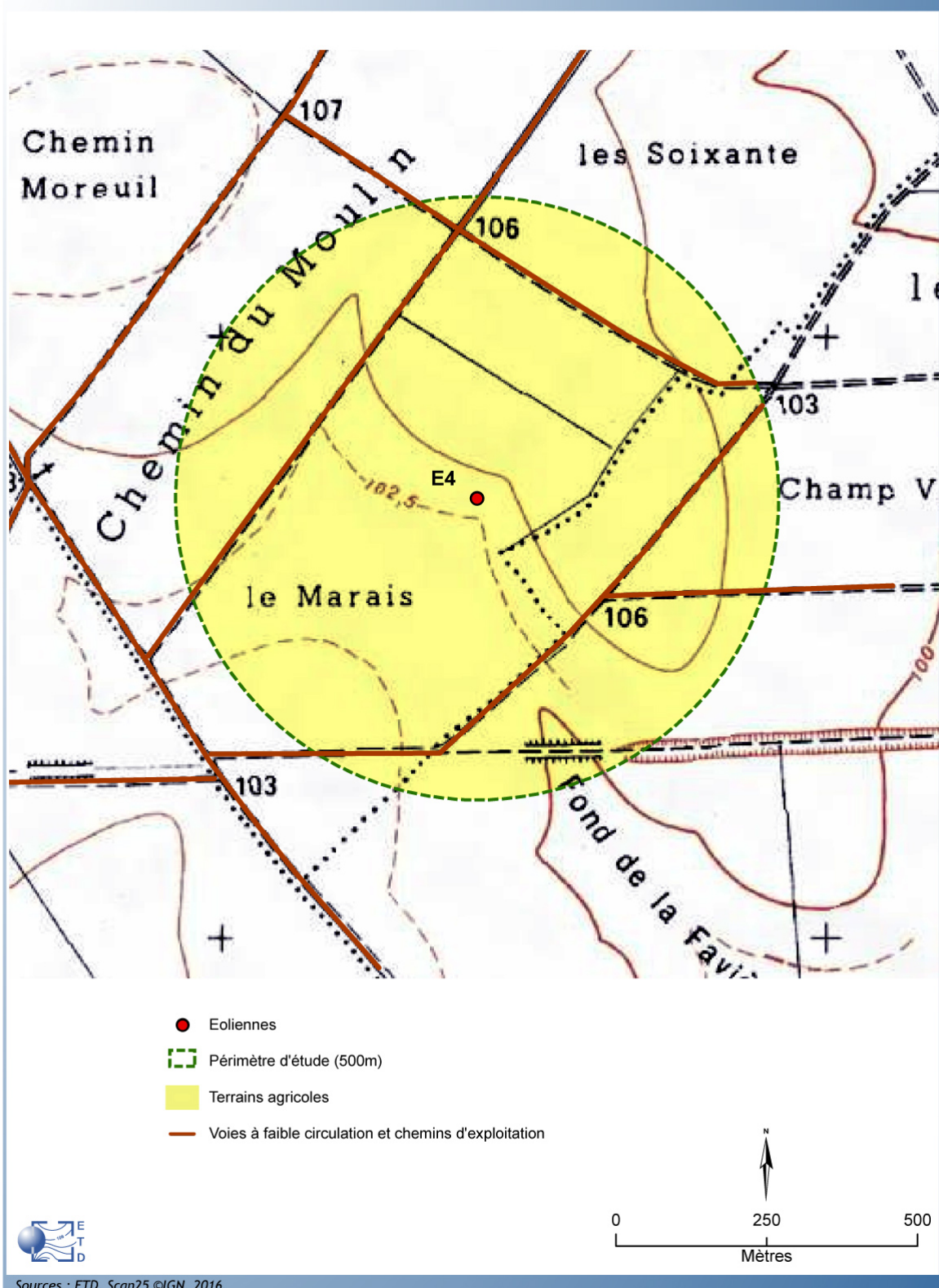
Projet éolien de Lignéres, Laboissière-en-Santerre et Etefay



Carte 14 - Synthèse des enjeux : éolienne E3

**SYNTHESE DES ENJEUX : EOLIENNE E4**

Projet éolien de Lignières, Laboissière-en-Santerre et Etefay

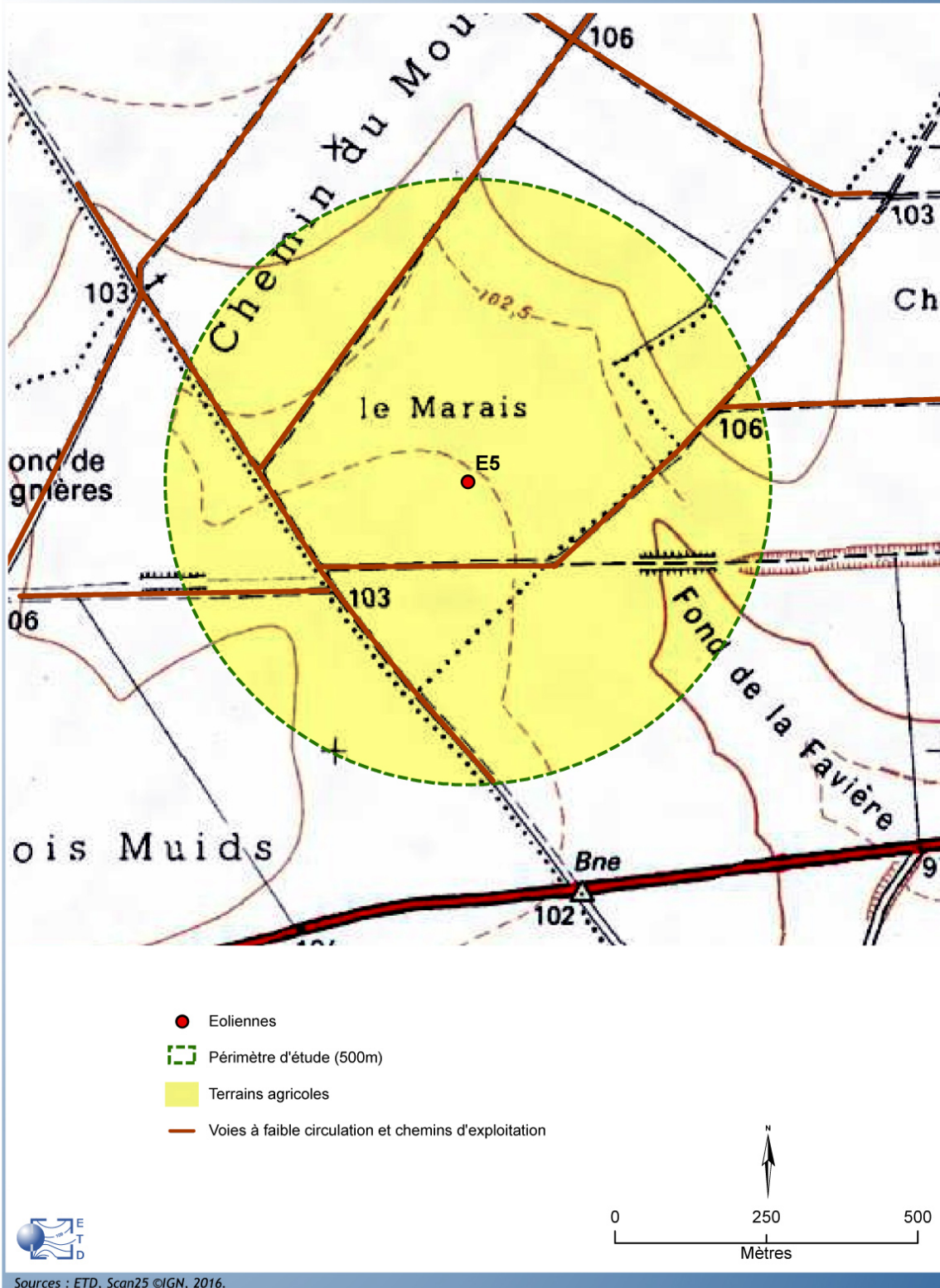


**Carte 15 - Synthèse des enjeux : éolienne E4**



SYNTHESE DES ENJEUX : EOLIENNE E5

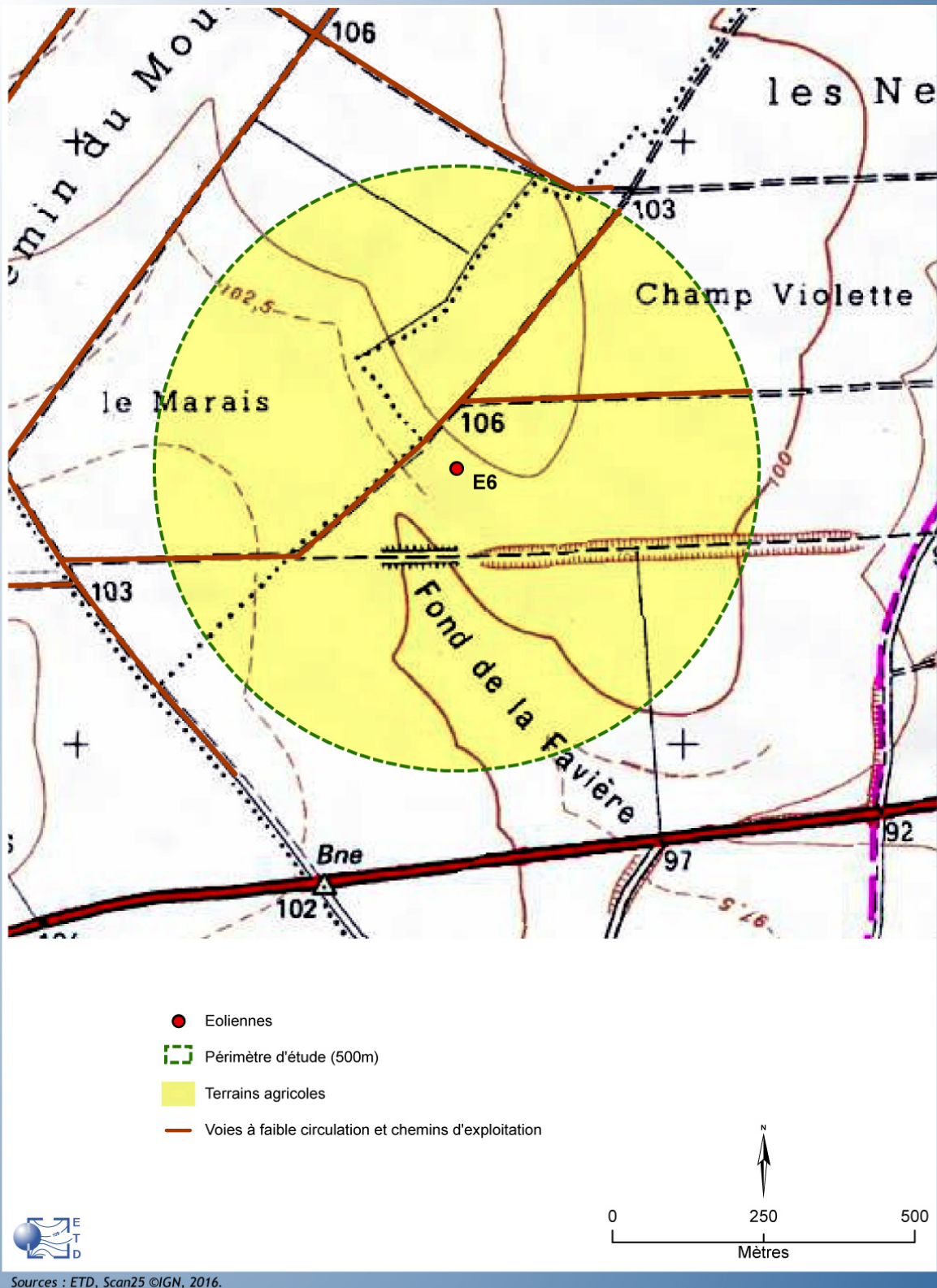
Projet éolien de Lignières, Laboissière-en-Santerre et Etelfay



Carte 16 - Synthèse des enjeux : éolienne E5

SYNTHESE DES ENJEUX : EOLIENNE E6

Projet éolien de Lignières, Laboissière-en-Santerre et Etefay



Carte 17 - Synthèse des enjeux : éolienne E6

## 4. Description de l'installation

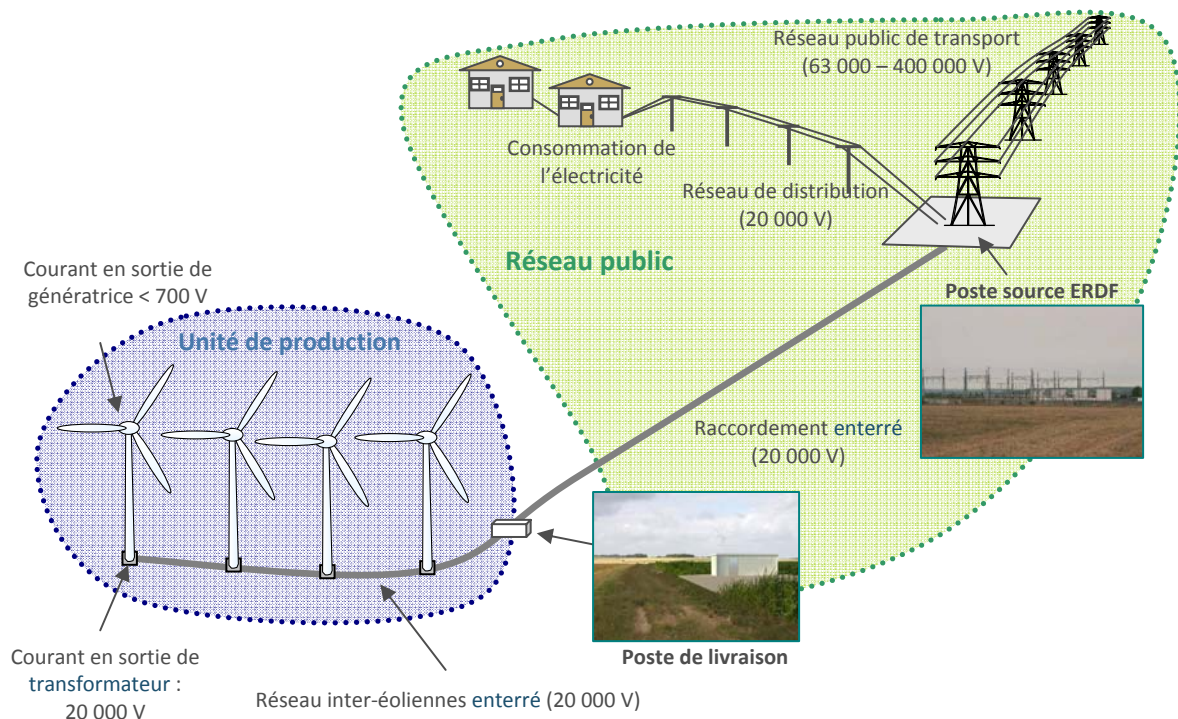
### 4.1. Caractéristiques de l'installation

#### 4.1.1. Caractéristiques générales d'un parc éolien

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

- Plusieurs éoliennes fixées sur une fondation adaptée, accompagnée d'une aire stabilisée appelée « plate-forme » et/ ou « aire de grutage » ;
- Un réseau de câbles électriques enterrés (20 000 V) permettant d'évacuer l'électricité produite par chaque éolienne vers le ou les poste(s) de livraison électrique (appelé «réseau inter-éolien») ;
- Un ou plusieurs postes de livraison électrique, concentrant l'électricité des éoliennes et organisant son évacuation vers le réseau public d'électricité au travers du poste source local (point d'injection de l'électricité sur le réseau public) ;
- Un réseau de câbles enterrés (20 000 V) permettant d'évacuer l'électricité regroupée au(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 ;
- Eventuellement des éléments annexes type mât de mesure de vent, aire d'accueil du public, aire de stationnement, etc...

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

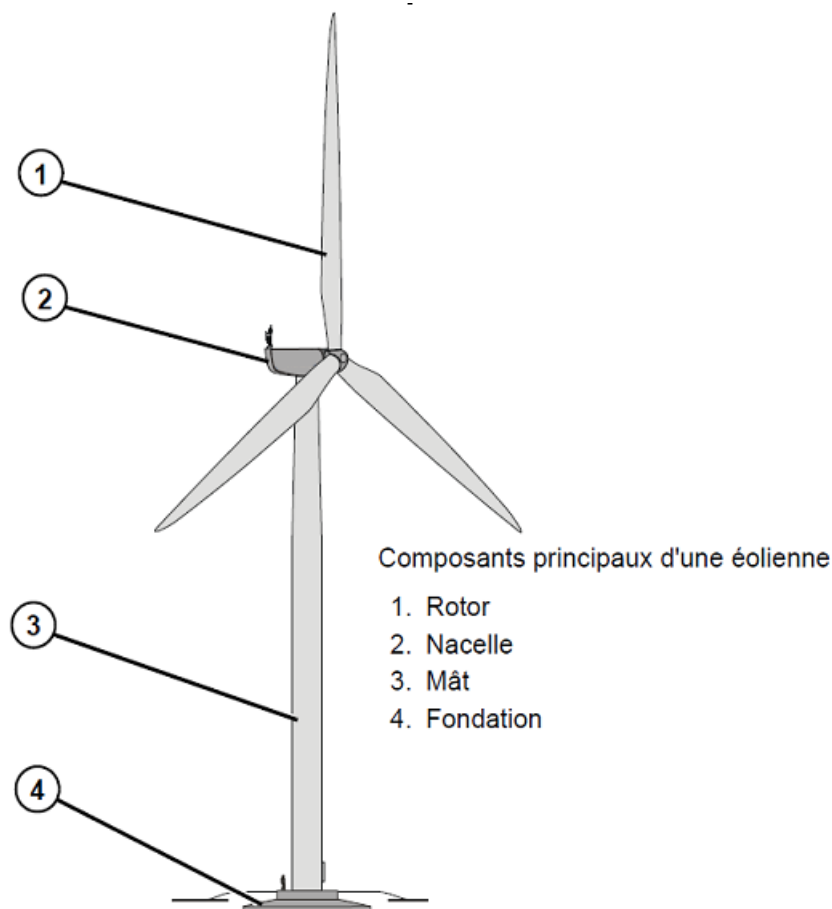


**Figure 8 - Fonctionnement d'un parc éolien**

**L'éolienne :**

Une éolienne est constituée des éléments principaux suivants :

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

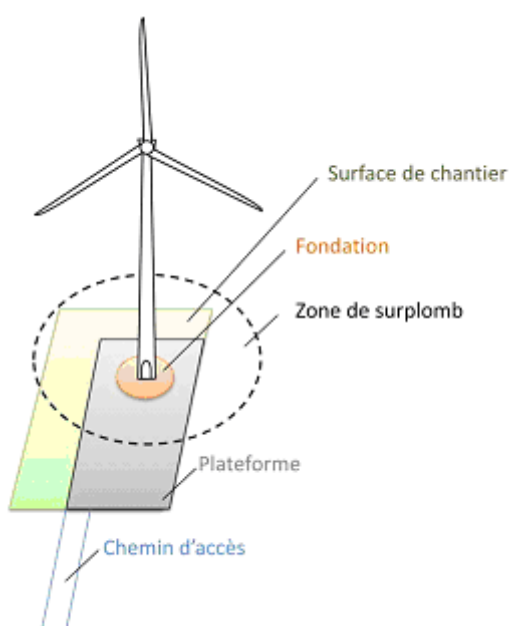


**Figure 9 - Dénomination des différents éléments d'une éolienne**

## 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 10 - Illustration des emprises au sol d'une éolienne**

## 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 construction du parc éolien que pour les opérations de maintenance liées à l'exploitation du parc éolien :

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

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

#### 4.1.2. Activité de l'installation

Le parc éolien du Moulin est destiné à la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent avec des aérogénérateurs d'une hauteur totale maximale de 130 mètres. A ce titre, cette installation est soumise à la rubrique 2980 des installations classées pour la protection de l'environnement.

#### 4.1.3. Composition de l'installation

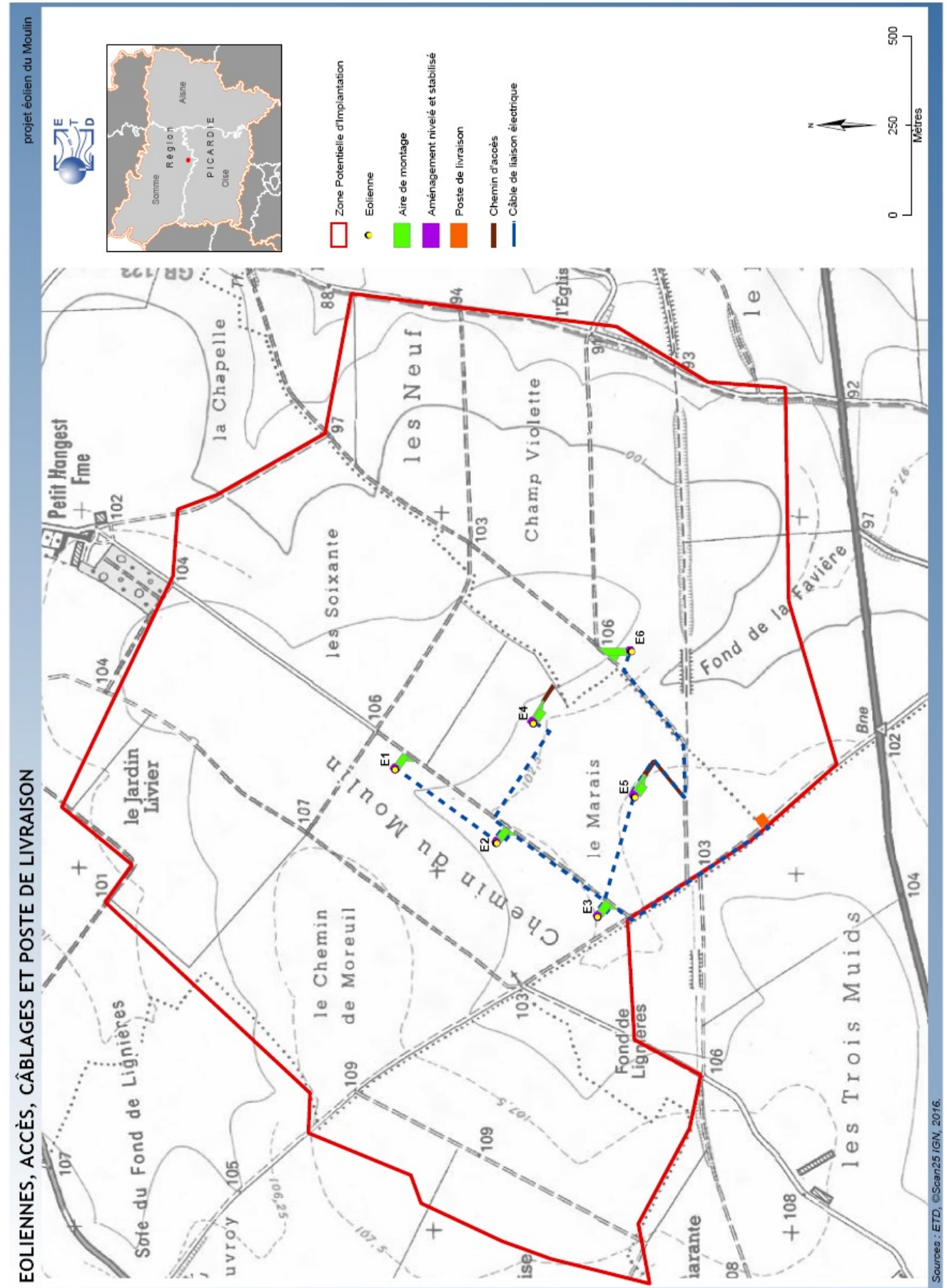
Le projet du parc éolien du Moulin est composé de 6 éoliennes et d'un poste de livraison. La puissance totale du projet est de 12 MW. Les éoliennes retenues présentent une hauteur de moyeu de 80 mètres et un diamètre de rotor de 100 mètres, soit une hauteur totale en bout de pale de 130 mètres.

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

Eolienne	Lambert 93		WGS 84		Commune
	X	Y	Longitude	Latitude	
E.1	674371.02	6951542.39	2° 38' 42.77"	49° 39' 44.89"	Lignières
E.2	674165.25	6951258.97	2° 38' 32.58"	49° 39' 35.69"	
E.3	673959.14	6950975.79	2° 38' 22.37"	49° 39' 26.50"	
E.4	674499.98	6951155.90	2° 38' 49.28"	49° 39' 32.41"	
E.5	674293.87	6950872.72	2° 38' 39.08"	49° 39' 23.22"	
E.6	674701.03	6950881.42	2° 38' 59.36"	49° 39' 23.56"	Laboissière en Santerre
PL	673983.28	6950723.77	2° 38' 35,72 "	49° 39' 18,58"	Laboissière en Santerre

**Tableau 11 - Coordonnées des éoliennes**

Ci-après figure un plan schématique de l'installation (éoliennes, accès, réseau électrique, plateformes, postes de livraison).



Carte 18 - Plan détaillé de l'installation

## 4.2. Fonctionnement de l'installation

### 4.2.1. Principe de fonctionnement de l'éolienne

Les instruments de mesure de vent placés au-dessus de la nacelle conditionnent le fonctionnement de l'éolienne. Grâce aux informations transmises par l'anémomètre qui détermine la vitesse et la direction du vent, le rotor se positionnera pour être continuellement face au vent. Les pales se mettent en mouvement lorsque la vitesse du vent est d'environ 2 m/s, et c'est seulement à partir de 3 m/s que l'éolienne peut être couplée au réseau électrique.

Le rotor et l'arbre lent transmettent alors l'énergie mécanique à basse vitesse aux engrenages du multiplicateur, dont l'arbre rapide tourne environ 100 à 130 fois plus vite que l'arbre lent. La génératrice transforme l'énergie mécanique captée par les pales en énergie électrique. La puissance électrique produite varie en fonction de la vitesse de rotation du rotor. Dès que le vent atteint la vitesse minimale nécessaire à la production maximale (12 m/s), appelée aussi production nominale.

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 20000 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, dépasse la vitesse maximale de fonctionnement (22 m/s), l'éolienne cesse de fonctionner pour des raisons de sécurité. Deux systèmes de freinage permettront d'assurer la sécurité de l'éolienne :

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

Les principales caractéristiques des éoliennes du projet sont synthétisées dans le tableau ci-après :

Ce tableau est suivi d'information plus détaillées (découpage fonctionnel de l'éolienne).

Eolienne retenue : Vestas V100 2 MW – hauteur d'axe : 80 m		
Température ambiante d'opération	-20 °C à +40 °C	
Certificat	Classe II-B selon IEC 61400-1	
<b>Conception technique</b>	Puissance nominale	2000 kW
	Régulation de puissance	Variation active de pale individuelle (pitch) et vitesse de rotation variable
	Diamètre du rotor	100 m
	Hauteur du moyeu	80 m
	Concept de l'installation	Boîte de vitesse, vitesse de rotation variable
	Plage de vitesse de rotation du rotor	Jusqu'à 15 tours par minute
<b>Rotor</b> <i>Capte l'énergie mécanique du vent et la transmette à la génératrice</i>	Type	Orientation active des pales face au vent
	Nombre de pales	3
	Surface balayée	7854 m <sup>2</sup>
	Contrôle de vitesse	Variable via microprocesseur
	Contrôle de survitesse	Pitch électromotorisé indépendant sur



<b>Eolienne retenue : Vestas V100 2 MW – hauteur d'axe : 80 m</b>		
		chaque pale
	Matériau des pales	Plastique renforcé à la fibre de verre et au carbone, protection contre la foudre intégrée en accord complet avec la norme IEC 61 - 400-24 (Juin 2010) - Longueur de la pale : 49 m - Poids de la pale : 7,7 tonnes - Largeur maximale de la pale (corde) : <b>3,9 m</b>
	Arbre de rotor <i>Transmet le mouvement de rotation des pales</i>	Entraîné par les pales
<b>Nacelle</b>  <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>	Multiplicateur <i>Augmente le nombre de rotation de l'arbre</i>	Engrenage à train épicycloïdal
	Génératrice <i>Produit l'électricité</i>	Technologie asynchrone, générateur triphasé, du type quadripolaire à rotor bobiné avec alimentation électrique du stator au démarrage
<b>Système de freinage</b>	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
<b>Mât</b>  <i>Supporte le rotor et la nacelle</i>	Type	Tubulaire en acier
	Protection contre la corrosion	Revêtement multicouche résine époxy
	Fixation du pied du mât	Cage d'ancrage noyée dans le béton de fondation Diamètre du mât à la base : 4,2 m
<b>Transformateur</b>  <i>Elève la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau</i>	Caractéristiques	Transformateur sec. Le courant de sortie est régulé par des dispositifs électroniques de façon à pouvoir être compatible avec le réseau public. Le transformateur est localisé dans une pièce fermée à l'arrière de la nacelle. Tension de 20 kV à la sortie
<b>Fondation</b>  <i>Ancre et stabilise le mât dans le sol</i>	Type	En béton armé – Eurocode 2
	Dimensions	Design adapté en fonction des études géotechnique et hydrogéologique réalisées avant la construction
<b>Périodes de fonctionnement</b>	Vent inférieur 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 20 m/s	L'éolienne fournit sa puissance nominale. Cette dernière est maintenue constante grâce à une réduction progressive de la portance des pales

Eolienne retenue : Vestas V100 2 MW – hauteur d'axe : 80 m		
<b>Poste(s) de livraison</b>		
<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 12 - Caractéristiques des éoliennes

**Découpage fonctionnel de l'installation :**❖ Fondations

<b>Fonction</b>	Ancrer et stabiliser l'éolienne dans le sol
<b>Description</b>	<p>Le massif de fondation est composé de béton armé et conçu pour répondre aux prescriptions de l'Eurocode 2. Les fondations ont entre 2.5 et 3.5 mètres d'épaisseur pour un diamètre de l'ordre de 15 à 20 mètres. Ceci représente une masse de béton d'environ 1 000 tonnes. Un système constitué de tiges d'ancrage, disposé au centre du massif de fondation, permet la fixation de la bride inférieure de la tour.</p> <p>Cette structure doit répondre aux calculs de dimensionnement des massifs qui prennent en compte les caractéristiques suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Le type d'éolienne ;</li> <li>• La nature des sols ;</li> <li>• Les conditions météorologiques extrêmes ;</li> <li>• Les conditions de fatigue.</li> </ul>

❖ Tour / mât

<b>Fonction</b>	Supporter la nacelle et le rotor
<b>Description</b>	<p>La tour des éoliennes (également appelée mât) est constituée de plusieurs sections tubulaires en acier, de plusieurs dizaines de millimètres d'épaisseur et de forme tronconique, qui sont assemblées entre elles par brides. Fixée par une bride aux tiges d'ancrage disposées dans le massif de fondation, la tour est autoportante.</p> <p>La hauteur de la tour, ainsi que ses autres dimensions, sont en relation avec le diamètre du rotor, la classe des vents, la topologie du site et la puissance recherchée.</p> <p>La tour permet le cheminement des câbles électriques de puissance et de contrôle et abrite :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Une échelle d'accès à la nacelle ;</li> <li>• Un élévateur de personnes ;</li> <li>• Une armoire de contrôle et des armoires de batteries d'accumulateurs (en point bas) ;</li> <li>• Les cellules de protection électriques.</li> </ul>
<b>Tension dans les câbles présents dans la tour</b>	Jusqu'à 20 000 V.

❖ Nacelle

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

❖ Rotor

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

	La géométrie de la pale est légèrement vrillée autour de son axe longitudinal pour un meilleur rendement.
--	---

❖ Multiplicateur (Gearbox)

<b>Fonction</b>	Multiplier la vitesse de rotation issue de l'arbre lent
<b>Description</b>	<p>Le multiplicateur permet de multiplier la vitesse de rotation d'un facteur de l'ordre de 100 à 130 selon les modèles, de telle sorte que la vitesse de sortie (« arbre rapide ») est d'environ 1 500 tours par minute. Le multiplicateur est constitué d'un étage de train épicycloïdal et de deux arbres parallèles à roues dentées à dentures hélicoïdales.</p> <p>Le dispositif de transmission entre l'arbre rapide et la génératrice (coupling) est un dispositif flexible, réalisé en matériau composite afin de compenser les éventuels défauts d'alignement mais surtout afin de constituer une zone de moindre résistance et de pouvoir rompre en cas de blocage d'un des deux équipements.</p> <p>Sur l'arbre rapide du multiplicateur est monté un disque de frein, à commande hydraulique, utilisé pour l'arrêt de la turbine en cas d'urgence.</p>

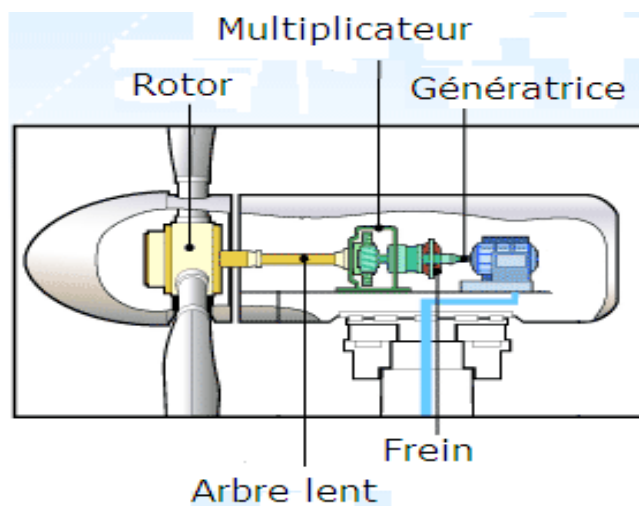


Figure 11 : Schéma simplifié de la chaîne cinématique

❖ Générateur et transformateur

<b>Fonctions</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produire de l'énergie électrique à partir d'énergie mécanique</li> <li>• Elever la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau</li> </ul>
<b>Description</b>	<p>Les éoliennes sont équipées d'un système générateur/transformateur fonctionnant à vitesse variable (et donc à puissance mécanique fluctuante).</p> <p>Le générateur, de type asynchrone, convertit l'énergie mécanique en énergie électrique. Il s'agit d'un générateur triphasé, du type quadripolaire à rotor bobiné avec alimentation électrique du stator au démarrage. Il délivre deux niveaux de tension différents (690 V et 480 V en courant alternatif) qui sont dirigés vers le transformateur élévateur de tension.</p> <p>Le dispositif de contrôle permet de réguler le fonctionnement du générateur.</p> <p>Le refroidissement du générateur est effectué par un système de circulation forcée d'air.</p> <p>En sortie de générateur, les deux niveaux de tension (480 V et 690 V) sont élevés jusqu'à 20000 V par un transformateur sec. Le courant de sortie est régulé par des dispositifs électroniques de façon à pouvoir être compatible avec le réseau public. Le transformateur est localisé dans une pièce fermée à l'arrière de la nacelle.</p>

❖ Connexion au réseau électrique public

<b>Fonction</b>	Adapter les caractéristiques du courant électrique à l'interface entre le réseau privé et le réseau public
<b>Description</b>	<p>Les éoliennes d'un même champ éolien sont ensuite raccordées au réseau électrique de distribution (ERDF ou régies) ou de transport (RTE) via un ou plusieurs postes de livraison. Ces postes font ainsi l'interface entre les installations et le réseau électrique.</p> <p>Chaque poste est équipé d'appareils de comptage d'énergie indiquant l'énergie soutirée au réseau mais également celle injectée. Il comporte aussi la protection générale dont le but est de protéger les éoliennes et le réseau inter-éolien en cas de défaut sur le réseau électrique amont.</p> <p>Les liaisons électriques entre éoliennes et poste(s) de livraison sont assurées par des câbles souterrains.</p>
<b>Tension dans les câbles souterrains</b>	20000 V
<b>Tensions dans les postes de livraison</b>	20000 V

#### 4.2.2. Sécurité de l'installation

**Note :** Les différents systèmes de sécurité de l'installation sont détaillés au stade de l'analyse préliminaire des risques (paragraphe 7.6 – Mise en place des mesures de sécurité).

##### Conformité aux prescriptions de l'arrêté ministériel

L'installation est déclarée conforme aux prescriptions de l'arrêté ministériel du 26 août 2011 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. Notamment le fournisseur des éoliennes sera en mesure de justifier des solutions mises en œuvre pour répondre article par article aux prescriptions de l'arrêté du 26 août 2011.

##### Classification des éoliennes selon la norme IEC 61400-1

Les éoliennes qui seront implantées sur le parc éolien du Moulin sont certifiées notamment **au titre de la solidité intrinsèque de la machine et de son adéquation aux conditions du site du projet**. En France, la classification fait référence à la norme « IEC 61400-1 ». Cette classification est résumée ci-dessous (vitesse du vent à hauteur d'axe de l'éolienne):

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

**Tableau 13 - Classe de vent des éoliennes**

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

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

→ Le parc éolien du Moulin est composé d'éoliennes classées **IEC II B**.

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

	Vents estimés sur le site à hauteur d'axe (80 m)	Classe de vitesse de vent de l'éolienne retenue: <b>IEC II</b>
Moyenne annuelle	6,7 m/s	inférieure à 8,5 m/s
Moyenne sur 10 mn maximale / 50 ans	36 m/s	inférieure à 42,5 m/s
Moyenne sur 3 secondes maximale / 50 ans	Rafale maximale sur 3 secondes non disponible, mais inférieure au vent maximal instantané de 49 m/s	inférieure à 59,5 m/s

Pour les 3 critères de vitesse de vent de la norme IEC 61400-1, le site présente des vitesses de vent inférieures aux maxima de la classe **IEC II** de l'éolienne retenue. Il s'agit de vitesses moyennes. Des vitesses de vent instantanées supérieures peuvent être supportées par les éoliennes et des coefficients de sécurité sont appliqués lors de leur conception.

A noter que les constructeurs des machines demandent systématiquement à l'exploitant de lui mettre à disposition des données climatiques (vent, température, etc.) représentatives des conditions du site, ce afin de vérifier que les conditions du site sont compatibles avec les hypothèses de conception de l'aérogénérateur.

L'exploitant impose par ailleurs au constructeur qu'il délivre un **certificat de conformité** à la norme IEC 61400-1 adapté aux conditions de vent du site et réalisé suivant les règles et procédures de l'IEC WT 01 (*type certificate*). La fourniture des certificats est une condition de la réception définitive de l'installation. La certification ayant une durée de validité limitée le plus souvent à 5 ans, elle est renouvelée durant toute la durée de vie du parc éolien.

#### **Autres règles de conception, système qualité, respect des normes :**

Les éoliennes du projet sont certifiées à plusieurs titres :

- **Pour la partie turbine**, la machine respecte les normes EN53108, EN 61400 ainsi que la directive machine 2006/42/CE.
- **Au titre de la conception et du contrôle des fondations**, outre l'application des règlements nationaux usuels pour les ouvrages de génie civil, le maître d'ouvrage impose dans son cahier des charges que les fondations soient conçues conformément à l'Eurocode 2 concernant les sollicitations de fatigue<sup>14</sup>. En outre, le maître d'ouvrage confie toujours une mission couvrant la "Solidité des ouvrages et des éléments d'équipements indissociables" à un bureau de contrôle agréé. Les plans et notes de calcul doivent donc être soumis à l'avis du bureau de contrôle avant la réalisation des travaux.
- **Au titre de la sécurité du personnel d'exploitation et de maintenance**, les éoliennes qui seront érigées seront conformes :
  - a) aux directives européennes :
    - "directive machine" 98/37/CE
    - directive 73/23/EEC, relative aux équipements électriques,
    - directive 89/336/EEC, relative à la compatibilité électromagnétique
  - b) à la norme : EN 50308 : aérogénérateurs – mesures de protection – exigences pour la conception, le fonctionnement et la maintenance

<sup>14</sup> Rupture progressive

c) au Code du travail.

La tension présente aux postes de livraison est de 20000 Volts. L'ensemble des installations du réseau d'évacuation d'électricité répond aux normes en vigueur et en particulier aux normes suivantes :

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

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

### **Conduite du système**

Les éoliennes sont des équipements de production d'énergie qui sont disposés à l'écart des zones urbanisées et qui ne nécessitent pas de présence permanente de personnel. Bien que certaines opérations nécessitent des interventions sur site, les éoliennes sont surveillées et pilotées à distance.

Pour cela, les installations sont équipées d'un système SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) qui permet le pilotage à distance à partir des informations fournies par les capteurs. Les parcs éoliens sont ainsi reliés à des centres de télésurveillance permettant le diagnostic et l'analyse de leur performance en permanence, ainsi que certaines actions à distance. Ce dispositif assure la transmission de l'alerte en temps réel en cas de panne ou de simple dysfonctionnement.

Il permet également de relancer aussitôt les éoliennes si les paramètres requis sont validés et les alarmes traitées. C'est notamment le cas lors des arrêts de l'éolienne par le système normal de commande (en cas de vent faible, de vent fort, de température extérieure trop élevée ou trop basse, de perte du réseau public,...).

Par contre, en cas d'arrêt liés à des déclenchements de capteurs de sécurité (déclenchement détecteur d'arc ou température haute, pression basse huile, ...), une intervention humaine sur l'éolienne est nécessaire pour examiner l'origine du défaut et acquiescer l'alarme avant de pouvoir relancer un démarrage.

En cas d'intervention, des équipes de techniciens sont réparties sur le territoire afin de pouvoir réagir rapidement. Les interventions sont toujours faites par une équipe d'au moins deux personnes.

Afin d'assurer la sécurité des équipes intervenantes, un dispositif de prise de commande locale de l'éolienne est disposé en partie basse de la tour. Ainsi, lors des interventions sur l'éolienne, les opérateurs basculent ce dispositif sur « commande locale » ce qui interdit toute action pilotée à distance.

Toute intervention dans le rotor n'est réalisée qu'après mise à l'arrêt de celui-ci. De plus, des dispositifs de sectionnement sont répartis sur l'ensemble de la chaîne électrique afin de pouvoir isoler certaines parties et protéger ainsi le personnel intervenant.

Au-delà de certaines vitesses de vent, les interventions sur les équipements ne sont pas autorisées.



## Organisation des secours en cas d'accident

Pendant la phase d'exploitation du parc éolien, le responsable du site nommé par l'exploitant assurera la mise en place du document de santé et sécurité (DSS) et du Plan de Prévention. Il réalisera leur mise à jour conformément à la réglementation. Il aura la responsabilité de faire appliquer la politique de sécurité sur le site. Le PDP est approuvé par l'entreprise utilisatrice ainsi que les entreprises extérieures. La maintenance des éoliennes sera réalisée par la société Vestas. D'autres sociétés seront choisies ultérieurement notamment pour la maintenance des ouvrages HTA et des divers entretiens....

### Plan d'intervention d'urgence

Les éoliennes sont des équipements de production d'énergie qui sont implantés à l'écart des zones urbanisées et qui ne nécessitent pas de présence permanente de personnel. Bien que certaines opérations nécessitent des interventions sur site, les éoliennes Vestas sont surveillées et pilotées à distance.

Pour cela, les installations Vestas sont équipées d'un système SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) qui permet le pilotage à distance à partir des informations fournies par les capteurs. Les parcs éoliens sont ainsi reliés à des centres de télésurveillance permettant le diagnostic et l'analyse de leur performance en permanence, ainsi que certaines actions à distance. Ce dispositif assure la transmission de l'alerte en temps réel en cas de panne ou de simple dysfonctionnement.

Conformément à l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations soumises à autorisation au titre de la rubrique 2980 des installations classées relatives à la sécurité de l'installation, l'exploitant sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de quinze minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur.

La société VESTAS garantit qu'un plan d'intervention d'urgence documenté existe pour l'éolienne V100 2MW, couvrant notamment l'incendie et les accidents environnementaux. Par ailleurs, l'exploitant du site garantit qu'un plan d'intervention d'urgence documenté sera disponible pour chaque éolienne du site, couvrant notamment l'incendie et les accidents environnementaux.

La procédure d'alerte comprend un système de communication (radio, téléphones portables, etc.) permettant d'avertir tous les employés présents sur le site ainsi que la caserne de pompiers la plus proche en cas d'urgence. Une liste de numéros de téléphone utiles (police, services d'urgence, direction Vestas, propriétaire, compagnie d'électricité et autres parties concernées) sera à disposition dans les situations d'urgence. Le supérieur responsable du site ou de l'activité mettra cette liste régulièrement à jour.

Les plans d'intervention d'urgence seront révisés et mis à jour régulièrement. Les plans d'intervention d'urgence seront mis à la disposition des employés de Vestas. Les plans d'intervention d'urgence seront testés en partie ou dans leur ensemble au moins tous les deux ans. Un bref rapport des résultats des tests sera rédigé et les plans d'urgence seront modifiés en conséquence.

S'agissant de la procédure d'alerte :

- Le **manuel SST Vestas** répertorie l'ensemble des directives générales de santé et de sécurité au travail, ainsi que les conduites à tenir et les procédures à suivre en cas de fonctionnement anormal (voir le paragraphe ci –après).
- Les détecteurs de fumée font partie des équipements de série sur les turbines Vestas.
- Le couplage des éléments de détection de fumée au système SCADA permet l'envoi en temps réel d'alertes par SMS et par courriel, selon les instructions de l'exploitant.
- La détection de survitesse est également en série sur les turbines Vestas, et testée lors de nos opérations de maintenance.

Le paragraphe 4 du **manuel SST Vestas** décrit le plan et les procédures d'intervention d'urgence mises en place par Vestas et traite des éléments suivants :

- Accidents (sauf électriques)

- Accidents électriques
- Emballement de l'éolienne
- Incendie
- Descente d'urgence – sauvetage d'une personne blessée
- Sauvetage d'un blessé depuis la nacelle
- Sauvetage dans la tour
- Évacuation de l'ascenseur de maintenance
- Incident – déversement de produits chimiques
- Boutons d'arrêt d'urgence
- Ascenseur
- Treuil interne

**Numéros d'urgence :** Le personnel intervenant a pour consigne d'appeler le 112 en cas d'accident ou d'incendie.

Les plans d'accès au site, ainsi que les coordonnées et caractéristiques pertinentes des aérogénérateurs (hauteur, conditions d'accès, identification et localisation des dangers, etc.) seront communiquées au SDIS<sup>15</sup>.

**Moyens externes :** le centre de secours le plus proche est celui de Montdidier, situé à environ 5 km du site.

#### **Circuits d'évacuation en cas de sinistre**

Chaque aérogénérateur compte 2 issues :

- 1 porte en pied de tour,
- 1 trappe dans la nacelle, qui permet l'évacuation par la nacelle à l'aide d'un dispositif de secours et d'évacuation (chaque aérogénérateur est équipé d'un tel dispositif, le nombre de dispositifs étant toutefois à adapter en fonction du nombre de personnes intervenant simultanément dans la nacelle).

Le personnel intervenant dans les aérogénérateurs est formé à l'utilisation du dispositif de secours et d'évacuation. Si des personnes non formées à l'utilisation de ce système sont amenées à intervenir dans un aérogénérateur, elles sont accompagnées et supervisées par un nombre suffisant de personnes formées.

#### **Moyens de détection et/ou d'extinction incendie**

NB : Il est strictement interdit de fumer dans les aérogénérateurs et dans le poste de livraison.

Chacun des aérogénérateur est doté de plusieurs extincteurs et a minima : dans la nacelle et au pied de la tour. Tous les techniciens d'entretien seront correctement formés à l'utilisation appropriée des équipements de sécurité, et notamment des extincteurs. Les emplacements, état et qualité des extincteurs feront l'objet de contrôle réguliers de sécurité.

#### **Premiers secours**

Le personnel intervenant dans les aérogénérateurs est formé aux premiers secours

Chaque aérogénérateur est équipé de 2 boîtes de premiers secours (1 en pied de tour, 1 en nacelle). Les véhicules des techniciens de maintenance sont également dotés d'une boîte de premiers secours.

Règles particulières en cas de choc électrique : Les consignes de soins aux électrisés sont affichées dans chaque aérogénérateur et au poste de raccordement. Une perche à corps doit être utilisée lors des manœuvres sur les installations HT, conformément aux instructions données lors des formations de préparation à l'habilitation électrique.

---

<sup>15</sup> SDIS : Service départemental incendie et secours

### 4.2.3. Opération d'entretien et de maintenance

#### ❖ Formation des personnels

Les personnels intervenant sur les éoliennes, tant pour leur montage, que pour leur maintenance, sont des personnels formés au poste de travail et informés des risques présentés par l'activité. Toutes les interventions (pour montage, maintenance, contrôles) font l'objet de procédures qui définissent les tâches à réaliser, les équipements d'intervention à utiliser et les mesures à mettre en place pour limiter les risques d'accident. Des check-lists sont établies afin d'assurer la traçabilité des opérations effectuées.

#### ❖ Entretien préventif du matériel

L'inspection et l'entretien du matériel sont effectués par des opérateurs formés pour ces interventions. La liste des opérations à effectuer sur les diverses machines ainsi que leur périodicité est définie par des procédures. Les principaux contrôles effectués sont présentés ci-après.

	Composants	Opérations
Inspection après 3 mois de fonctionnement	Etat général	Vérification de la propreté de l'intérieur de l'éolienne Vérification qu'aucun matériau combustible ou inflammable n'est entreposé dans l'éolienne
	Moyeu	Inspection visuelle du moyeu Vérification des boulons entre le moyeu et les supports de pale* Vérification des boulons maintenant la coque du moyeu
	Pales	Vérification des roulements et du jeu Inspection visuelle des pales, de l'extérieur et de l'intérieur Vérification des boulons de chaque pale* Vérification des bandes paratonnerres
	Système de transfert de courant foudre Moyeu / nacelle	Vérification des boulons et de l'absence d'impacts de foudre.
	Arbre principal	Vérification des boulons fixant l'arbre principal et le moyeu* Inspection visuelle des joints d'étanchéité Vérification des dommages au niveau des boulons de blocage du rotor
	Système d'orientation de la nacelle (Yaw system)	Vérification des boulons fixant le haut du palier d'orientation et la tour* Vérification du système de lubrification
	Tour	Vérification de l'état du béton à l'intérieur et à l'extérieur de la tour Vérification des boulons entre la partie fondation et la tour, entre les sections de la tour et sur l'échelle* Vérification des brides et des cordons de soudure Vérification des plateformes Vérification du câble principal
	Bras de couple	Vérification boulons
	Système d'inclinaison des pales (Pitch System)	Vérification des boulons du cylindre principal et du bras de manivelle Vérification des boulons de l'arbre terminal et des roulements
	Multiplicateur	Vérification du niveau d'huile

		Vérification du niveau sonore lors du fonctionnement du multiplicateur Vérification des joints, de l'absence de fuite, etc...
	Générateur	Vérification des câbles électriques dans le générateur Vérification des boulons
	Système de refroidissement par eau	Vérification du fonctionnement des pompes à eau Vérifications des tubes et des tuyaux Vérification boulons Inspection visuelle de la surface Vérification des ailettes et nettoyage si nécessaire Vérification du niveau de liquide de refroidissement
	Système hydraulique	Vérification d'absence de fuites dans la nacelle, l'arbre principal et le moyeu
	Onduleur	vérification du fonctionnement de l'onduleur.
	Nacelle	Vérification boulons Vérification d'absence de fissures autour des raccords Vérification des points d'ancrage et des fissures autour de ceux-ci
	Extérieur	Vérification de la protection de surface Nettoyage des têtes de boulons et d'écrous, des raccords, etc.
	Transformateur	Inspection du transformateur
	Sécurité générale	Inspection des câbles électriques Vérification du système antichute Test du système de freinage Test du capteur de vibrations Test des boutons d'arrêt d'urgence**

\*Ces vérifications sont effectuées au bout de trois mois, puis d'un an de fonctionnement, puis tous les trois ans, conformément à l'arrêté du 26 août 2011.

\*\*Ces tests sont ensuite effectués tous les ans, conformément à l'arrêté du 26 août 2011.

Ces opérations de maintenance courante seront répétées régulièrement selon le calendrier de maintenance. Les principales opérations de maintenance supplémentaires sont présentées ci-après.

	Composants	Opérations	6 mois	1 an
Inspection après 6 mois et 1 an	Moyeu	Vérification de l'état de la fibre de verre Vérification des boulons Vérification des blocs parafoudre		X X X
	Pales	Vérification des tubes de graissage et du bloc de distribution de graisse Vérification du système de lubrification Remplacement des bidons collecteurs de graisse usagée Vérification des bandes anti-foudre		X X X X
	Arbre principal	Vérification du niveau sonore et vibratoire Vérification, lubrification des roulements principaux tous les 5 ans Lubrification des boulons de blocage du rotor	X X X	X X X
	Générateur	Vérification du bruit des roulements	X	X

	Lubrification des roulements	x	x
Système d'inclinaison des pales (Pitch System)	Vérification du bon fonctionnement du système d'inclinaison des pales Vérification des boulons tous les 3 ans Vérification des pistons des vérins hydrauliques		x x x
Bras de couple	Vérification des boulons entre le bras de couple et le bâti tous les 4 ans		
Multiplicateur	Vérification de l'absence de débris métalliques Vérification et remplacement (si nécessaire) des filtres à air Remplacement des filtres à air Inspection du multiplicateur Changement de l'huile Extraction d'un échantillon d'huile pour analyse Remplacement des tuyaux tous les 7 ans	x x x x x	x x x x
Système de refroidissement par eau	Remplacement du liquide de refroidissement tous les 5 ans		
Système hydraulique	Changement d'huile selon les rapports d'analyse tous les 4 ans Remplacement des filtres (tous les ans, tous les 2 ans ou tous les 4 ans, selon le filtre) Remplacement des filtres (tous les ans, tous les 2 ans ou tous les 4 ans, selon le filtre) Vérification de la pression dans le système de freinage Extraction d'un échantillon d'huile pour analyse		x x
	Inspection visuelle des systèmes parafoudres	x	x
Onduleur	Vérification du bon fonctionnement de l'onduleur Remplacement des différents filtres des ventilateurs Remplacement des différents ventilateurs tous les 5 ans Remplacement de la batterie tous les 5 ans		x x
Capteur de vent	Inspection visuelle du capteur de vitesse de vent		x
Système de détection d'arc électrique	Test du capteur de détection d'arc électrique du jeu de barres et dans la salle du transformateur		x
Tour	Vérification des filtres de ventilation Maintenance de l'élévateur de personnes		x x
Armoire de contrôle en pied de tour	Test des batteries des processeurs et remplacement si nécessaire Remplacement des batteries de secours tous les 5 ans Remplacement des filtres à air	x	x
Sécurité générale	Test d'arrêt en cas de survitesse Vérification des équipements de sécurité Vérification de la date d'inspection des extincteurs Inspection du système de freinage	x	x x x x



CCalendrier de maintenance

### ❖ **Contrôles réglementaires périodiques**

Les contrôles réglementaires concernent les installations électriques, les équipements et accessoires de levage ou les équipements sous pression (accumulateurs hydropneumatiques). Ils sont réalisés par des organismes agréés.

Le matériel incendie est contrôlé périodiquement par le fabricant du matériel ou un organisme extérieur.

### ❖ **Maintenance curative**

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

### ❖ **Prise en compte du retour d'expérience**

Dans l'organisation du constructeur, chaque incident ou défaillance est remonté systématiquement via un rapport détaillé dans une base de données générale. Toutes ces informations sont utilisées dans le cadre d'un processus d'amélioration continue.

Ainsi, les principaux axes d'amélioration ont porté sur :

- La mise en sécurité de la machine lors de vents violents ;
- Une meilleure gestion du risque d'incendie de la nacelle ;
- L'amélioration des dispositifs de protection contre les effets de la foudre ;
- La recherche de solutions pour limiter les effets de la formation de glace ou d'accumulation de neige ;
- L'étude de solutions visant à limiter les contraintes sur les équipements, qui peuvent accélérer l'usure et le vieillissement de ces équipements ;
- L'amélioration des systèmes de protection des personnes.

#### 4.2.4. Stockage et flux de produits dangereux

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

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

### 4.3. Fonctionnement des réseaux de l'installation

#### 4.3.1. Raccordements électriques

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

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

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

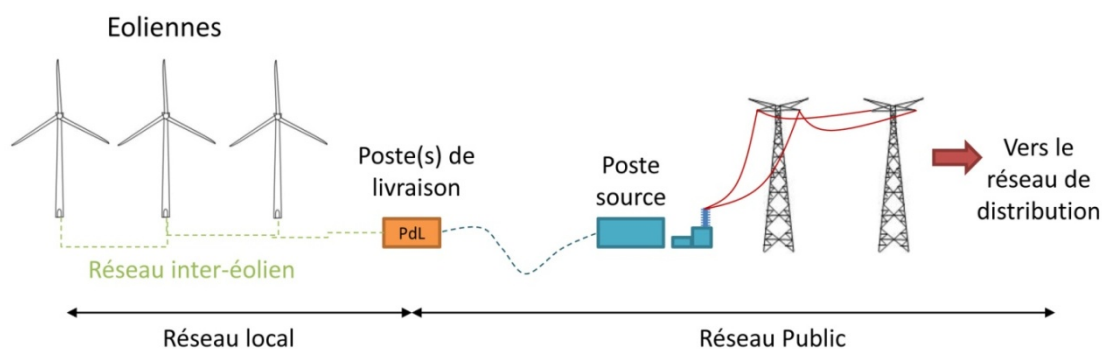


Figure 12 - Schéma de principe du raccordement électrique d'un parc éolien

- **Le réseau HTA inter- éoliennes**

Les éoliennes sont reliées entre elles par des câbles enfouis à une profondeur de l'ordre de 1 m à 1,20 m, normalisés et prévus pour le transport d'un courant d'une tension de 20 000 V. Les liaisons enterrées inter éoliennes, puis de raccordement vers les postes de livraison, sont réalisées en bordure de chemin ou sous la route si l'accotement n'est pas utilisable.

Ce réseau comporte également une liaison de télécommunication qui relie chaque éolienne au terminal de télésurveillance.

#### Conformité des liaisons électriques

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

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

Par ailleurs, le pétitionnaire s'engage à respecter les dispositions de l'arrêté du 17 mai 2001 fixant les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les ouvrages électriques

**Note** : La demande d'approbation du projet d'ouvrage de la ligne électrique souterraine HTA et du poste de livraison selon l'article 24 créé par le décret n°2011-1697 du 1er décembre 2011 modifié fait l'objet d'un document joint à part dans le dossier.

### **Caractéristique du câble électrique**

Les réseaux de raccordement électrique ou téléphonique (surveillance) entre les éoliennes et le poste de livraison seront enterrés sur toute leur longueur en longeant préférentiellement les pistes et chemins d'accès entre les éoliennes et le poste de livraison. La tension des câbles électriques est de 20 000 V. Les câbles, en aluminium, seront d'une section adaptée au nombre d'éolienne raccordé sur ceux-ci.

### **Plans**

Le tracé de principe du réseau électrique interne (liaisons éoliennes – poste de livraison) figure sur la carte 9 – Plan détaillé de l'installation dans le présent document. Ce tracé est détaillé sur les plans au 1/10000 au format A3 joints au dossier sur lesquels figurent le tracé de détail des canalisations électriques projetés et l'emplacement des autres ouvrages électriques projetés.

### **Tranchées**

Pour le raccordement inter éoliennes, des illustrations de coupe type des tranchées sont présentées ci-après. Les impacts directs de la mise en place de ces réseaux enterrés sur le site sont négligeables : les tranchées sont faites au droit des chemins d'accès puis sous les voies existantes dans les lieux présentant peu d'intérêt écologique, et à une profondeur empêchant toute interaction avec les engins agricoles.

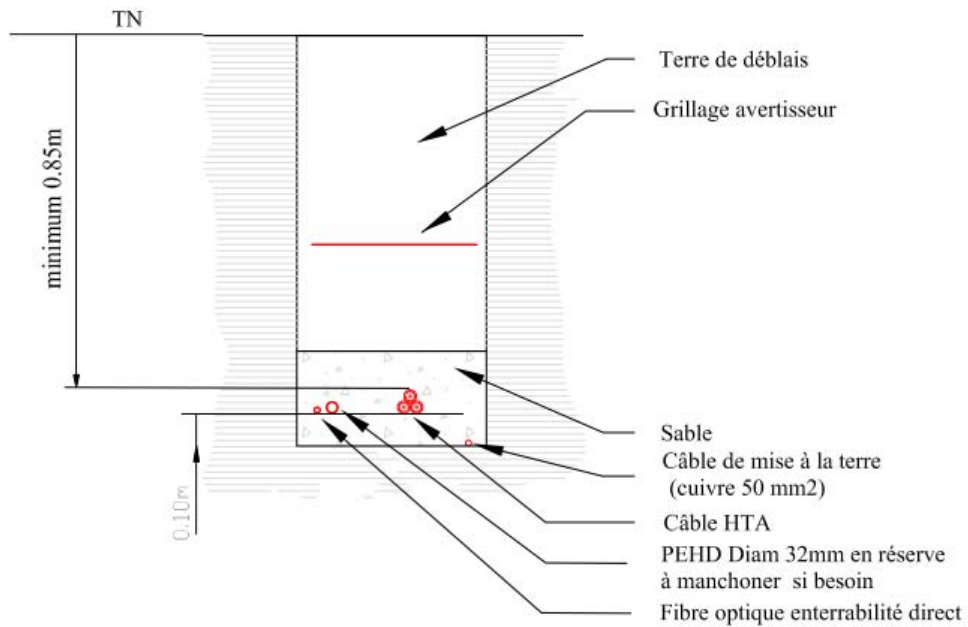
Les câbles seront enfouis en utilisant de préférence la technique de pose au soc vibrant. Aucun apport ou retrait de matériaux du site n'est nécessaire. Ouverture de tranchées, mise en place de câbles et fermeture des tranchées seront opérés en continu, à l'avancement, sans aucune rotation d'engins de chantier.

### **Démarches préalables réalisées**

Le pétitionnaire atteste bénéficier des autorisations des propriétaires des terrains traversés par les câblages sous la forme de conventions de tréfonds avec droits d'accès, et avoir consulté les communes concernées pour les passages de câbles sous les voies communales.



## COUPE TRANCHEE Sur chemins existants



## COUPE TRANCHEE En pleine parcelle

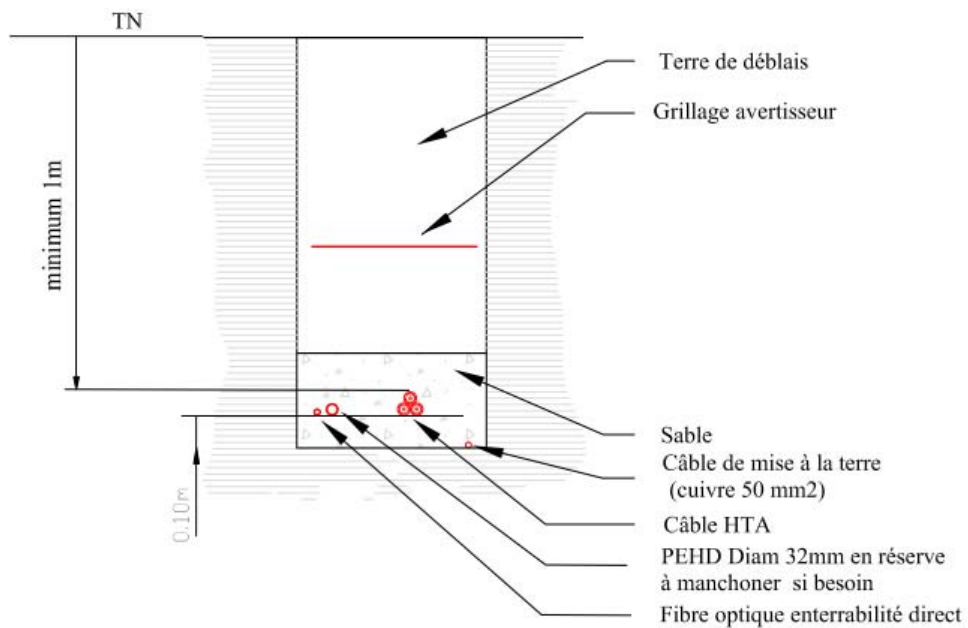


Figure 13 - Vues en coupe des tranchées

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

L'énergie produite par le parc éolien est centralisée vers le poste de livraison et ensuite injectée sur le réseau EDF via une liaison HTA (20 000 V) enterrée à réaliser entre les postes de livraison et le poste source ERDF.

Une pré-étude de raccordement est en cours. Elle prendra en compte le Schéma Régional de Raccordement au Réseau des Energies Renouvelables (S3RENR) en cours de révision.

La procédure de raccordement et les délais associés peuvent être résumés ainsi :

- Une fois le permis obtenu, une demande de PTF (Proposition Technique et Financière) est faite auprès du (ou des) gestionnaire(s) du réseau de la zone (ERDF pour le réseau de distribution, RTE pour le réseau de transport). Le délai est de 3 mois entre la demande et l'envoi de l'offre de raccordement. Le projet rentre « en file d'attente ».
- Les conditions et le prix du raccordement sont indiqués dans la PTF. Le délai pour acceptation de la PTF est de 3 mois.
- Le porteur de projet accepte la PTF. La capacité « réservée » est attribuée à partir de l'acceptation de la PTF.
- Une convention de raccordement est signée dans un délai de 9 mois après l'acceptation de la PTF (ce délai dépend des travaux à réaliser et des autorisations à obtenir, il est donc assez variable et peut être supérieur).

#### **4.3.2. Autres réseaux**

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

## 5. Identification des potentiels de dangers de l'installation

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

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

### 5.1. Les potentiels de dangers liés aux produits

Les risques associés aux différents produits sont :

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

Les huiles, les graisses et l'eau glycolée ne sont pas des produits inflammables. Ce sont néanmoins des produits combustibles qui sous l'effet d'une flamme ou d'un point chaud intense peuvent développer et entretenir un incendie. Dans les incendies d'éoliennes, ces produits sont souvent impliqués. Certains produits de maintenance peuvent être inflammables mais ils ne sont amenés dans l'éolienne que pour les interventions et sont repris en fin d'opération.

Le SF<sub>6</sub> (hexafluorure de soufre) est pour sa part ininflammable.

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

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

**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.

Vis-à-vis de l'environnement, le SF<sub>6</sub> possède un potentiel de réchauffement global (gaz à effet de serre) très important, mais les quantités présentes sont très limitées (seulement 1 à 2 kg de gaz dans les cellules de protection).

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

Les produits identifiés dans le cadre du parc éolien du Moulin 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...), évacués selon la procédure adaptée<sup>16</sup>. Le détail concernant les produits de nettoyage et d'entretien des installations présents ponctuellement au moment des opérations d'entretien des machines sera apporté par l'exploitant au moment de la mise en service de l'installation.

<sup>16</sup> Voir demande d'autorisation d'exploiter - Procédure de Gestion des déchets

Conformément à l'article 16 de l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation, aucun produit inflammable ou combustible n'est stocké dans les aérogénérateurs ou les postes de livraison (en dehors des produits nécessaires au fonctionnement de l'éolienne).

## INVENTAIRE DES PRODUITS

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

- L'huile hydraulique (circuit haute pression) dont la quantité présente est de l'ordre de 260 litres. Le modèle d'huile utilisée est : Texaco Rando WM 32 ;
- L'huile de lubrification du multiplicateur (environ 300 à 400 litres). Il s'agit de l'huile Mobil Gear SHCXMP 320 ;
- L'eau glycolée (mélange d'eau et d'éthylène glycol), qui est utilisée comme liquide de refroidissement, dont le volume total de la boucle est de 120 litres) ;
- Les graisses pour les roulements et systèmes d'entraînement ;
- L'hexafluorure de soufre (SF<sub>6</sub>), qui est le gaz utilisé comme milieu isolant pour les cellules de protection électrique. La quantité présente varie entre 1.5 kg et 2.15 kg suivant le nombre de caissons composant la cellule.

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

L'ensemble des substances et produits utilisés répondent aux exigences de la Directive Européenne relative à la classification, l'emballage et l'étiquetage des substances dangereuses (*Directive 67/548/CEE du Conseil, du 27 juin 1967, concernant le rapprochement des dispositions législatives, réglementaires et administratives relatives à la classification, l'emballage et l'étiquetage des substances dangereuses ; modifiée par le nouveau règlement (CE) N° 1272/2008 et la création de l'Agence Européenne des produits chimiques*). Aucune substance ou produit utilisé ne sont classifiés comme **CMR** (**C**ancérogène, **M**utagène, **R**epro-toxique) au sens de l'article **R4411-1** et suivants du code du travail.

Des Equipements de Protection Individuels appropriés sont mis à disposition par l'employeur afin de protéger les opérateurs contre les risques chimiques générés par l'utilisation de certains produits. Les dangers représentés par l'utilisation de certains produits ainsi que les mesures de prévention associées sont détaillés dans des instructions à usage interne ainsi que dans les plans de prévention des risques qui sont présents en machine et dont les opérateurs prennent connaissance avant toute intervention.

### Note relative au renouvellement de l'huile de multiplicateur :

Il est à noter que l'huile du multiplicateur est remplacée régulièrement (tous les 3 ans ou après analyse d'huile). L'huile usagée est récupérée par un véhicule de pompage spécialisé directement dans le multiplicateur. L'huile neuve est injectée de la même manière. L'huile récupérée est ensuite transportée :

- directement en centre de traitement de filiales de filtrage / retraitement / élimination agréés au regard de la réglementation applicable **ou**

- directement dans le centre de maintenance en vue de sa prise en charge et de son filtrage / retraitement / élimination selon des filiales agréées au regard de la réglementation applicable

### Rappel de la réglementation

- Code de l'environnement articles **L541-1** à **L541-8**

- Directive 67/548/CEE du Conseil, du 27 juin 1967, concernant le rapprochement des dispositions législatives, réglementaires et administratives relatives à la classification, l'emballage et l'étiquetage des substances dangereuses ; modifiée par le nouveau règlement (CE) N° 1272/2008 et la création de l'Agence Européenne des produits chimiques

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

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

- Chute d'éléments de l'aérogénérateur (boulons, morceaux d'équipements, etc.) ;
- Projection d'éléments (morceaux de pale) ;
- Effondrement de tout ou partie de l'aérogénérateur ;
- Echauffement de pièces mécaniques ;
- Courts-circuits électriques (aérogénérateur ou postes 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
Postes 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 14 - Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation**

## 5.3. Réduction des potentiels de dangers à la source

### 5.3.1. Principales actions préventives

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

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

Les éoliennes doivent être légalement éloignées d'au minimum 500 m des habitations. La distance minimale aux habitations observée sur ce projet est de 1040 m (ferme de Forestil).

Les éoliennes sont implantées en terrain essentiellement agricole peu fréquenté. Les enjeux additionnels considérés dans le périmètre de l'étude de dangers (soit dans le rayon des 500 m autour des éoliennes) sont ceux liés à la présence de quelques chemins d'exploitation.

Dans le périmètre de l'étude, on ne note aucune voie de circulation structurante (c.à.d plus de 2000 véhicules par jour), ni aucune voie routière à faible circulation, ni voie ferrée, ni voie navigable, aucun sentier pédestre répertorié, aucun terrain aménagé potentiellement fréquenté, aucun établissement recevant du public et aucune zone d'activité.

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

L'éolienne choisie est une éolienne de conception récente certifiée, respectant les normes européennes.

En ce qui concerne **la résistance aux vents extrêmes**, les éoliennes retenues présenteront les caractéristiques de la classe **IEC II B** (norme IEC 61400-1). La classification de l'éolienne, les normes de sécurité appliquées, ainsi que les principaux systèmes de sécurité de l'éolienne retenue sont décrits au paragraphe **4.4.2 – Sécurité de l'installation**.

Concernant **la projection de bris de glace**, la réduction des dangers est assurée via un système de déduction de givre sur les pales ainsi que par l'arrêt complet de la machine en cas de gel sévère. Conformément à la réglementation ICPE, des panneaux d'information seront mis en place pour informer les riverains des risques éventuels.

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

Une **maintenance régulière** (cf. 4.2.3) permet de prévenir les accidents type bris de pales, chute d'objets.

Concernant les dangers associés à la **foudre**, des systèmes parafoudres internes et externes (paratonnerre) sont prévus pour chaque éolienne.

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

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

### Substitution des équipements

Les dangers des équipements sont principalement dus au caractère mobile de ceux-ci (pièces en rotation) et à leur situation (à plusieurs dizaines de mètres au-dessus du sol). Ceci peut entraîner des chutes ou projection de pièces au sol. Un autre danger est lié à la présence d'installations électriques avec des tensions élevées (jusqu'à 20 000 volts), dont le dysfonctionnement peut être à l'origine d'incendies.

Les équipements qui constituent à ce jour l'éolienne sont tous indispensables à son fonctionnement. Il n'est donc pas possible à priori de les substituer.

Depuis les débuts du développement de l'éolien, des évolutions technologiques ont permis de mettre en place des équipements plus performants en termes d'optimisation des rendements et de diminution des risques :

- Remplacement de pales métalliques par des pales en matériaux composites, plus légères et moins sujettes aux phénomènes de fatigue ;
- Dispositif d'orientation des pales permettant de fonctionner par vent faible et de diminuer les contraintes par vent fort ;
- Dispositif aérodynamique d'arrêt en cas de survitesse ;
- Dispositifs de surveillance des dysfonctionnements électriques (détecteur d'arcs notamment).

Ces évolutions se poursuivent toujours afin d'améliorer la sécurité.

### Réduction des dangers liés aux produits

Les produits présents sur chaque éolienne (huile, fluide de refroidissement) sont des produits classiques utilisés dans ce type d'activité. Ils ne présentent pas de caractère dangereux marqué et les quantités mises en œuvre sont adaptées aux volumes des équipements.

Le SF6 est un très bon isolant et ne dispose pas à ce jour de produit de substitution présentant des qualités équivalentes. De plus, malgré son caractère de gaz à effet de serre, il ne présente pas de danger pour l'homme (inflammable et non toxique). Il n'est donc pas prévu de solution de substitution. Il faut rappeler que ce gaz est contenu dans les cellules d'isolement disposées en pied d'éolienne (cellules étanches) qui sont des matériels du commerce, et ne sont pas fabriqués par le constructeur.

#### 5.3.2. Utilisation des meilleures techniques disponibles

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

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

## 6. Analyse des retours d'expérience

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

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

### 6.1. Inventaire des accidents et incidents en France

#### Données de la Base Aria

Au 28 septembre 2015, la base Aria du Bureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industriels recense une quarantaine d'accidents majeurs en France. Ces accidents sont présentés en détail dans l'annexe 4 « Accidentologie française »

#### Autres accidents et incidents recensés

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

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

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

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

Dans l'état actuel, la base de données élaborée par le groupe de travail de SER/FEE ayant élaboré le guide technique d'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens [19], et complétée depuis, 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 55 incidents a pu être recensé entre 2000 et 2015. (voir tableau détaillé en annexe 4)

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

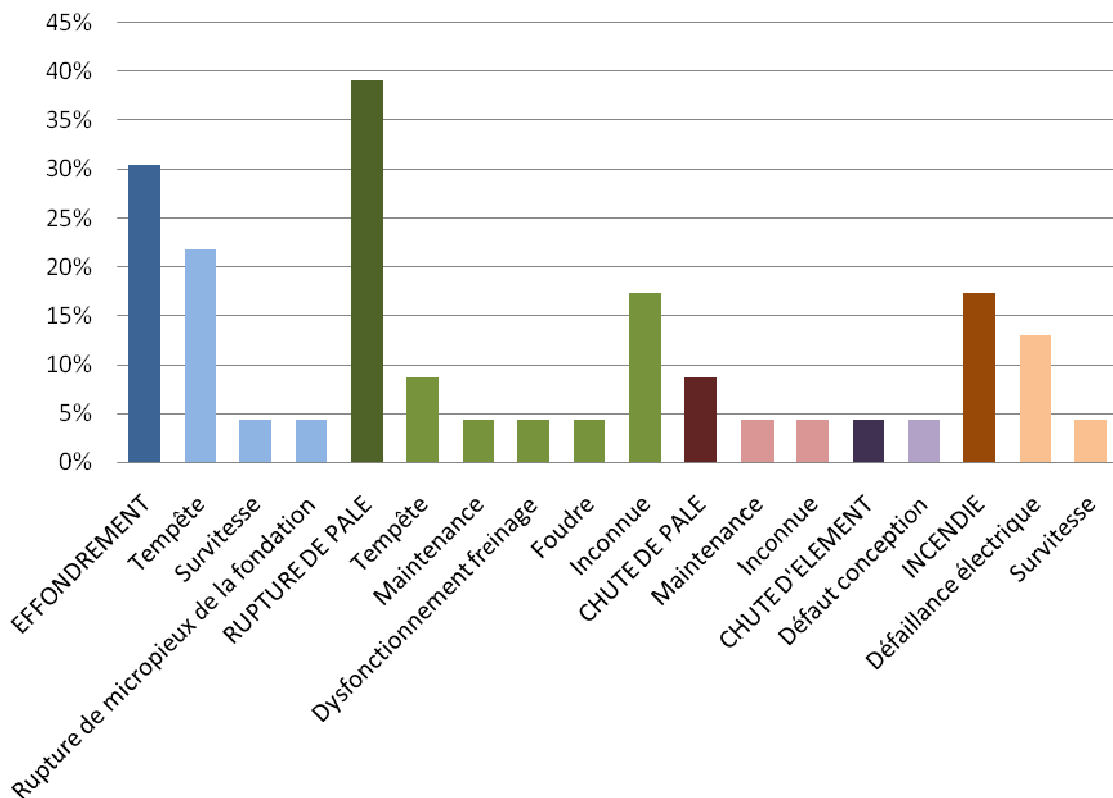
**Notons que si on excepte les opérations de maintenance, tous ces accidents français n'ont jamais entraîné de victime.**



### Analyse de ces accidents (SER-FEE)

Le graphique suivant montre la répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateurs français (source : guide technique [19] « Elaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens » INERIS/SER-FEE)<sup>17</sup>. Cette synthèse exclut les accidents du travail (maintenance, chantier de construction, etc.) et les événements qui n'ont pas conduit à des effets sur les zones autour des aérogénérateurs. Dans ce graphique sont présentés :

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



**Figure 14 - Analyse des accidents du parc éolien français selon SER-FEE**

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

<sup>17</sup> Dans l'état actuel, la base de données élaborée par le groupe de travail de SER/FEE ayant élaboré le guide technique d'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens [19] apparaît comme représentative des incidents majeurs ayant affecté le parc éolien français depuis l'année 2000.

## 6.2. Inventaire des accidents et incidents à l'international

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

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

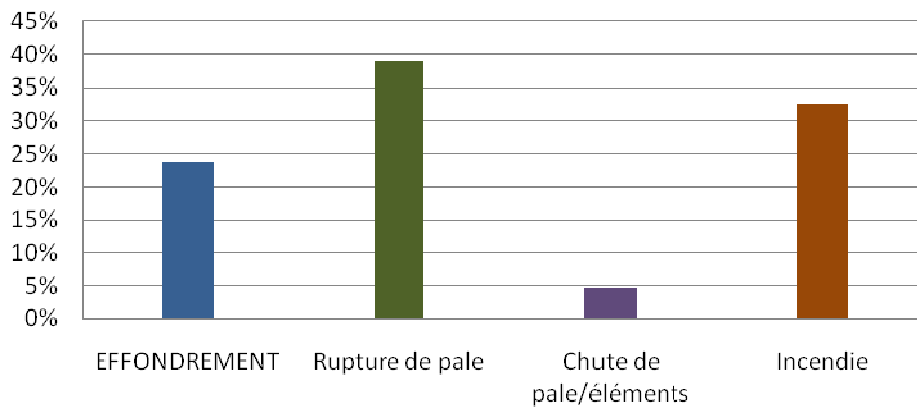


Figure 15 - Répartition des événements accidentels dans le monde, SER-FEE

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

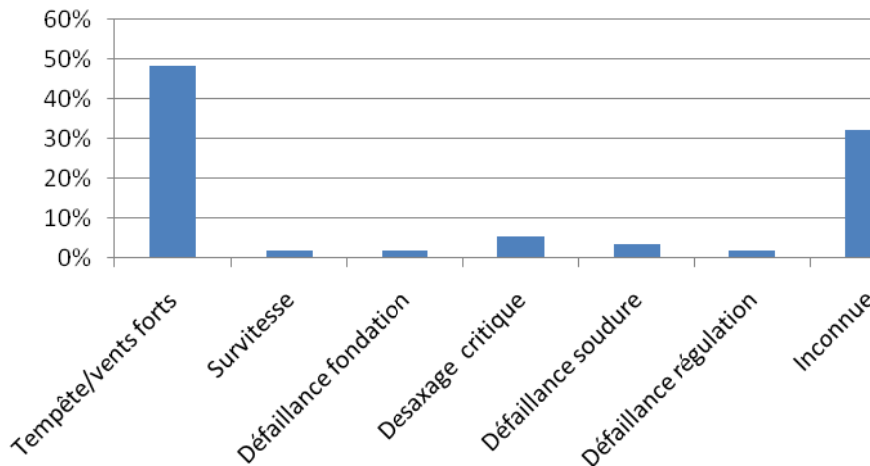


Figure 16 - Répartition des causes premières d'effondrement, SER-FEE

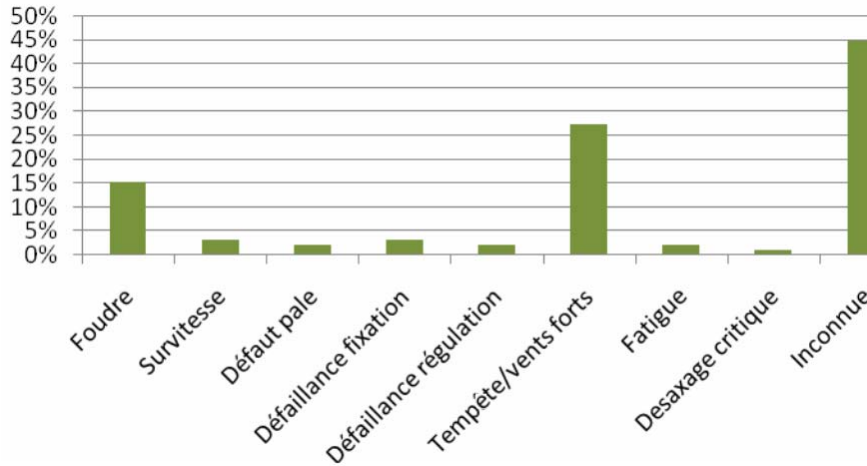


Figure 17 - Répartition des causes premières de rupture de pale, SER-FEE

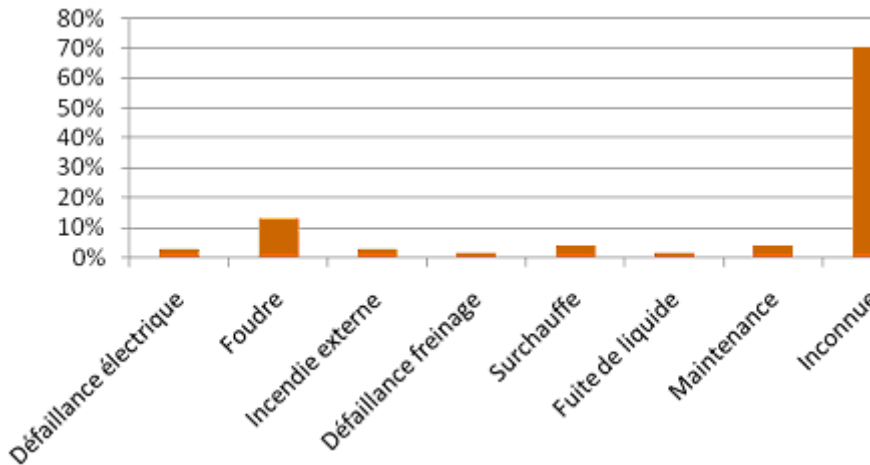


Figure 18 - Répartition des causes premières d'incendie, SER-FEE

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

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

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

Aucun incident de type susmentionné n'a été recensé sur les sites dont le suivi d'exploitation est réalisé par la société IDEX..

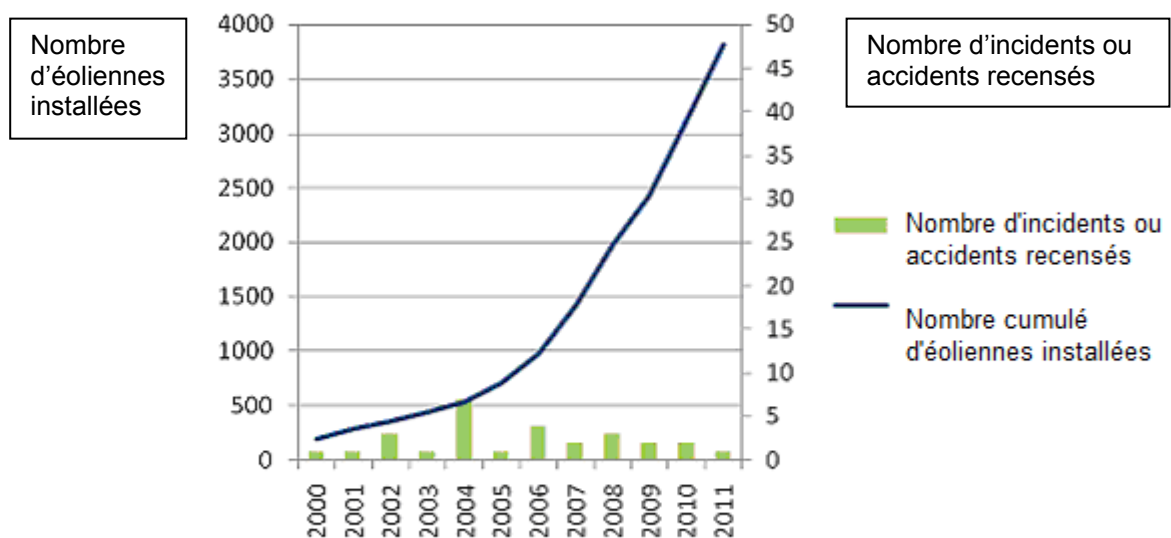
Cinq éoliennes Vestas apparaissent aujourd'hui dans l'accidentologie française répertoriée (hors accidents de maintenance) : on dénombre 2 incendies, 2 projection ou chute d'élément de pale et un effondrement d'une éolienne de 200 kW construite 21 ans plus tôt (voir **Annexe 4**).

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

### 6.4.1. Analyse de l'évolution des accidents et incidents en France

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

La figure ci-dessous montre cette évolution et il apparaît clairement que le nombre d'incidents ou d'accidents n'augmente pas proportionnellement au nombre d'éoliennes installées. Depuis 2005, l'énergie éolienne s'est en effet fortement développée en France, mais le nombre d'incidents ou accidents 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 19 - Evolution du nombre d'incidents ou accidents annuels en France**

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

### 6.4.2. Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## 6.5. Limites d'utilisation de l'accidentologie

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

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

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

## 7. Analyse préliminaire des risques

### 7.1. Objectif de l'analyse préliminaire des risques

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### 7.3. Recensement des agressions externes potentielles

La première étape de l'analyse des risques consiste à recenser les « agressions externes potentielles ». Ces agressions provenant d'une activité ou de l'environnement extérieur sont des événements susceptibles d'endommager ou de détruire les aérogénérateurs de manière à initier un accident qui peut à son tour impacter des personnes. Par exemple, une forte tempête peut endommager une éolienne et conduire à la destruction du rotor. Traditionnellement, deux types d'agressions externes sont identifiés : d'une part les agressions externes liées aux activités humaines, et d'autre part les agressions externes liées à des phénomènes naturels.

#### 7.3.1. Agressions externes liées aux activités humaines

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

(Distance par rapport au mât des éoliennes)	Voies de circulation (1)	Autres éoliennes	Lignes THT
Fonction	Transport	Production d'électricité	Transport d'électricité
Événement redouté	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Accident générant des projections d'éléments	Rupture de câble
Danger potentiel	Energie cinétique des véhicules et flux thermiques	Energie cinétique des éléments projetés	Arc électrique, surtensions
Périmètre	200 m	500 m	200 m
E1	50 m	E2 : 350 m / E4 : 407 m	-
E2	50 m	E1 : 350 m / E3 : 350 m E4 : 350 m / E5 : 407 m	-
E3	50 m	E2 : 350 m / E5 : 350 m	-
E4	-	E1 : 407 m / E2 : 350 m E5 : 350 m / E6 : 340 m	-
E5	140 m	E2 : 407 m / E3 : 350 m E4 : 350 m / E6 : 407 m	-
E6	65 m	E4 : 340 m / E5 : 407 m	-

(1) : Chemins d'exploitation

**Tableau 15 - Principales agressions externes liées aux activités humaines**

Par ailleurs : aucun aérodrome n'est présent dans un rayon de 2 km des éoliennes. L'aérodrome le plus proche du site est celui de Montdidier/Fignièrès situé à 5 km du site. Le parc éolien se situe à l'extérieur des zones présentant des servitudes aéronautiques. Aucune installation classée pour l'environnement (autre que les autres éoliennes du parc) n'est présente dans un rayon de 500 m des éoliennes. Il n'existe aucune canalisation aérienne de transport de gaz, hydrocarbures ou produits chimiques à moins de 200 m des éoliennes.



## 7.3.2. Agressions externes liées aux phénomènes naturels

### 7.3.2.1. Généralités

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

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

Tableau 17 - Fonctions de sécurité des éoliennes ). En ce qui concerne la foudre, on considère que le respect des normes rend le risque d'effet direct de la foudre négligeable (risque électrique, risque d'incendie, etc.). En effet, le système de mise à la terre permet d'évacuer l'intégralité du courant de foudre. Cependant, les conséquences indirectes de la foudre, comme la possible fragilisation progressive de la pale, sont prises en compte dans les scénarios de rupture de pale.

### 7.3.2.2. Identification des agressions potentielles

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

Les tempêtes : Les vents violents peuvent être la cause de détériorations de structures, de chute/pliage de mât, de survitesse des pales et de projection de pales. Les vents violents sont pris en compte dans le dimensionnement des éoliennes. Du point de vue de la résistance aux vents extrêmes, l'éolienne retenue est de classe **IEC II B** (voir à ce sujet le paragraphe 4.2.2 – Sécurité de l'installation).

La formation de glace ou l'accumulation de neige : Il n'est pas rare que de la glace se forme sur les éoliennes en période hivernale, que ce soit sur les pales, le moyeu ou sur la nacelle. L'augmentation de température entraînant la fonte partielle ou la mise en rotation du rotor peuvent alors provoquer des chutes de glace ou des projections de morceaux de glace. Pour rappel, le projet européen Wind Energy production in COld climates (WECO)<sup>18</sup>, piloté par l'institut météorologique de Finlande, a établi une carte européenne des zones les plus exposées au givre. Il apparaît que dans la Somme, ce risque est occasionnel à l'intérieur des terres (moins de 1 jour par an) et léger (entre 2 et 7 jours par an) à proximité du littoral.

Risque glissement de terrain et affaissement minier : à noter que des analyses géotechniques et pédologiques seront menées sur les points d'implantation des éoliennes. Cette étude de sol permettra de déterminer la technologie de fondation la plus adaptée au sol concerné, et de vérifier l'absence de cavité au droit des éoliennes.

---

<sup>18</sup> Source : Finnish meteorological institute, [http://www.fmi.fi/research\\_meteorology/meteorology\\_9.html](http://www.fmi.fi/research_meteorology/meteorology_9.html)

## 7.4. Scénarios étudiés dans l'analyse préliminaire des risques

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

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

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

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

L'annexe 5 du présent document apporte un certain nombre de précisions par rapport à chacun des scénarios étudiés dans le cadre de l'analyse préliminaire des risques.

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

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

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

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique et N°)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
<b>G01</b>	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales, le mât et la nacelle	Chute de glace lorsque les éoliennes sont arrêtées	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace (fonction N°2)	Impact de glace sur les enjeux	1
<b>G02</b>		Dépôt de glace sur les pales	Projection de glace lorsque les éoliennes sont en mouvement	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de la glace (fonction N°1)		2
<b>I01</b>	Humidité / Gel	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (fonction N°5)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
<b>I02</b>	Dysfonctionnement électrique					

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique et N°)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
I03	Survitesse	Echauffement des parties mécaniques et inflammation		Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques Prévenir la survitesse (fonction N°4)		
I04	Désaxage de la génératrice / Pièce défectueuse / Défaut de lubrification			Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (fonction N°3)		
I05	Conditions climatiques humides	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	
I06	Rongeur					
I07	Défaut d'étanchéité	Perte de confinement	Fuites d'huile isolante	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Incendie au poste de transformation Propagation de l'incendie	
F01	Fuite système de lubrification Fuite convertisseur Fuite transformateur	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				
C01	Défaut de fixation	Chute de trappe	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Impact sur cible	1
C02	Défaillance fixation anémomètre	Chute anémomètre		Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9)		
C3	Défaut fixation nacelle – pivot central – mât	Chute nacelle				
P01	Survitesse	Contraintes trop importantes sur les pales	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la survitesse (N°4)	Impact sur cible	2
P02	Fatigue Corrosion	Chute de fragment de pale		Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)  Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)		

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

Tableau 16 - Tableau synthétique des risques

## 7.5. Effets dominos

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

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

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

## 7.6. Mise en place des mesures de sécurité

Le tableau suivant synthétise les fonctions de sécurité identifiées et mise en œuvre sur les éoliennes du parc éolien du Moulin. Les aspects relatifs aux fonctions de sécurité qui sont détaillés sont les suivants :

- **Fonction de sécurité** : il est proposé un tableau par fonction de sécurité (
- Tableau 17 - Fonctions de sécurité des éoliennes ). Cet intitulé décrit l'objectif de la ou des mesure(s) de sécurité : il s'agira principalement de « empêcher, éviter, détecter, contrôler ou limiter » et sera en relation avec un ou plusieurs événements conduisant à un accident majeur identifié dans l'analyse des risques. Plusieurs mesures de sécurité peuvent assurer une même fonction de sécurité.
- **Numéro de la fonction de sécurité** : vise à simplifier la lecture de l'étude de dangers en permettant des renvois à l'analyse de risque par exemple.
- **Mesures de maîtrise des risques** : permet d'identifier les mesures assurant la fonction concernée. Dans le cas de systèmes instrumentés de sécurité, tous les éléments de la chaîne devront être présentés (détection + traitement de l'information + action).
- **Description** : permet de préciser la description de la mesure de maîtrise des risques, lorsque des détails supplémentaires sont nécessaires.
- **Indépendance** (« oui » ou « non ») : cette caractéristique décrit le niveau d'indépendance d'une mesure de maîtrise des risques vis-à-vis des autres systèmes de sécurité et des scénarios d'accident. Cette condition peut être considérée comme remplie (renseigner « oui ») ou non (renseigner « non »). Dans le cadre des études de dangers éoliennes, il est recommandé de mesurer cette indépendance à travers les questions suivantes :
  - o Est-ce que la mesure de sécurité décrite a pour unique but d'agir pour la sécurité ? Il s'agit en effet ici de distinguer ces dernières de celles qui ont un rôle dans la sécurité mais aussi dans l'exploitation de l'aérogénérateur.
  - o Cette mesure est-elle indépendante des autres mesures intervenant sur le scénario ?
- **Temps de réponse** (en secondes ou en minutes) : cette caractéristique mesure le temps requis entre la sollicitation et l'exécution de la fonction de sécurité. Il s'agit ici de vérifier que la mesure de maîtrise des risques agira « à temps » pour prévenir ou pour limiter les accidents majeurs. Dans le cadre d'une étude de dangers éolienne, l'estimation de ce temps de réponse peut être simplifiée et se contenter d'une estimation d'un temps de réponse maximum qui doit être atteint. Néanmoins, et pour rappel, la réglementation impose les temps de réponse suivants :
  - o une mesure de maîtrise des risques remplissant la fonction de sécurité « limiter les conséquences d'un incendie » doit permettre de détecter un incendie et de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes ;
  - o une seconde mesure maîtrise des risques remplissant la fonction de sécurité « limiter les conséquences d'un incendie » doit permettre de détecter un incendie et de mettre en œuvre une procédure d'arrêt d'urgence dans un délai de 60 minutes ;
  - o une mesure de maîtrise des risques remplissant la fonction de sécurité « limiter les conséquences d'une survitesse » doit permettre de détecter une survitesse et de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes ;
  - o si applicable, une mesure de maîtrise des risques remplissant la fonction de sécurité « Prévenir les projections de glace » doit permettre de détecter la formation importante de glace sur les pales et de mettre en œuvre une procédure d'arrêt d'urgence dans un délai de 60 minutes.

- **Efficacité** (100% ou 0%) : l'efficacité mesure la capacité d'une mesure de maîtrise des risques à remplir la fonction de sécurité qui lui est confiée pendant une durée donnée et dans son contexte d'utilisation. Il s'agit de vérifier qu'une mesure de sécurité est bien dimensionnée pour remplir la fonction qui lui a été assignée.
- **Test (fréquence)** : dans ce champ sont rappelés les tests/essais qui seront réalisés sur les mesures de maîtrise des risques. Conformément à la réglementation, un essai d'arrêt, d'arrêt d'urgence et d'arrêt à partir d'une situation de survitesse seront réalisés avant la mise en service de l'aérogénérateur. Dans tous les cas, les tests effectués sur les mesures de maîtrise des risques seront tenus à la disposition de l'inspection des installations classées pendant l'exploitation de l'installation.
- **Maintenance (fréquence)** : Ce critère porte sur la périodicité des contrôles qui permettront de vérifier la performance de la mesure de maîtrise des risques dans le temps. Pour rappel, la réglementation demande qu'à minima : un contrôle tous les ans soit réalisé sur la performance des mesures de sécurité permettant de mettre à l'arrêt, à l'arrêt d'urgence et à l'arrêt à partir d'une situation de survitesse et sur tous les systèmes instrumentés de sécurité.

Fonction de sécurité	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	N° de la fonction de sécurité	1
Mesures de sécurité	Système de déduction de la formation de glace.		
Description	Ce système déduit la formation de glace sur les pales à partir des données de température et de rendement de l'éolienne (l'accumulation de glace alourdit les pales et diminue le rendement de la turbine). Une configuration du système SCADA permet d'alerter les opérateurs par un message type « Ice Climate ». Une mise à l'arrêt est ensuite effectuée de manière automatique ou manuelle, selon le type de contrat. Les procédures de redémarrage sont définies par l'exploitant.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Mise à l'arrêt de la turbine < 1 min		
Efficacité	100 %		
Tests	NA		
Maintenance	Surveillance via la maintenance prédictive		
Maintenance	Le système de détection est supervisé par les contrôleurs de la machine. Un warning est envoyé via le SCADA en cas de défaut => maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement		
Maintenance	Vérification annuelle conformément au manuel du fabricant.		
Fonction de sécurité	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	N° de la fonction de sécurité	2
Mesures de sécurité	Signalisation du risque en pied de machine Eloignement des zones habitées et fréquentées		
Description	Mise en place de panneaux de signalisation en pied de machines du risque de chute de glace (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
<b>Mesures de sécurité</b>	Sondes de température sur pièces mécaniques Suivant les niveaux d'alarme et les capteurs, la machine peut être bridée ou mise à l'arrêt jusqu'à refroidissement. Le redémarrage peut être effectué à distance, si les seuils de température sont au-dessous des seuils d'alarme.		
<b>Description</b>	Des sondes de température sont mises en place sur les équipements ayant de fortes variations de température au cours de leur fonctionnement (paliers et roulements des machines tournantes, enroulements du générateur et du transformateur). Ces sondes ont des seuils hauts qui, une fois dépassés, conduisent à une alarme et à une mise à l'arrêt du rotor.		
<b>Indépendance</b>	Oui		
<b>Temps de réponse</b>	Temps de détection de l'ordre de la seconde Mise en pause de la turbine < 1 min		
<b>Efficacité</b>	100 %		
<b>Tests</b>	Surveillance via la maintenance prédictive, avec détection de la déviation de températures de chaque capteur.		
<b>Maintenance</b>	Surveillance via la maintenance prédictive, avec détection de la déviation de température de chaque capteur (comparaison avec les données des autres éoliennes du parc).  Remplacement de la sonde de température en cas de dysfonctionnement de l'équipement.  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.		

Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	4-a
<b>Mesures de sécurité</b>	Détection de vent fort et freinage aérodynamique par le système de contrôle.		
<b>Description</b>	L'éolienne est mise à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale de <i>20 m/s pour la V100</i> . Cet arrêt est réalisé par le frein aérodynamique de l'éolienne avec mise en drapeau des pales (le freinage est effectué en tournant ensemble les 3 pales à un angle de 85 à 90°, afin de positionner celles-ci en position où elles offrent peu de prise au vent). Cette mise en drapeau est effectuée par le système d'orientation des pales « Vestas Pitch System ».		
<b>Indépendance</b>	Oui		
<b>Temps de réponse</b>	Temps de détection de l'ordre de la seconde Mise en pause de la turbine < 1 min 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.		
<b>Efficacité</b>	100 %		
<b>Tests</b>	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. Tests à chaque maintenance préventive.		
<b>Maintenance</b>	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 (notamment de l'usure du frein et de pression du circuit de freinage d'urgence.) Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		



Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	4-b
<b>Mesures de sécurité</b>	Détection de survitesse du générateur		
<b>Description</b>	Les vitesses de rotation du générateur et de l'arbre lent sont mesurées et analysées en permanence par le système de contrôle. Cette mesure redondante permet de limiter les défaillances liées à un seul capteur. En cas de discordance des mesures, l'éolienne est mise à l'arrêt. Si la vitesse de rotation est supérieure à la vitesse d'alarme, l'éolienne est considérée comme étant en survitesse et est donc mise à l'arrêt.		
<b>Indépendance</b>	Oui		
<b>Temps de réponse</b>	Temps de détection de l'ordre de la seconde Mise en pause de la turbine < 1 min 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.		
<b>Efficacité</b>	100 %		
<b>Tests</b>	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. Tests à chaque maintenance préventive (tous les ans).		
<b>Maintenance</b>	Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		
Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	4-c
<b>Mesures de sécurité</b>	« Vestas Overspeed Guard » (VOG)		
<b>Description</b>	En complément aux capteurs de mesure de vitesse, un système instrumenté de sécurité est présent (automate totalement indépendant de l'automate de conduite utilisé pour la fonction 4-b), et dispose d'un capteur de vitesse de rotation disposé sur l'arbre lent. Le dépassement d'une vitesse de 17 tours par minute sur l'arbre lent conduit à la mise à l'arrêt de la machine par mise en drapeau des pales (cette mise en drapeau est assurée par le circuit hydraulique avec l'assistance complémentaire des accumulateurs disposés sur les vérins). En cas d'arrêt par survitesse (déclenchement du VOG), l'éolienne ne peut pas être redémarrée à distance. Il est nécessaire de venir acquitter localement le défaut et d'effectuer un contrôle de la machine avant de relancer l'éolienne.		
<b>Indépendance</b>	Oui		
<b>Temps de réponse</b>	Temps de détection < 1 min Le couplage du système de détection de survitesse au système SCADA permet l'envoi en temps réel d'alertes par SMS et par courriel, selon les instructions de l'exploitant. L'exploitant sera ainsi 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 à l'article 23 de l'arrêté du 26 août 2011.		
<b>Efficacité</b>	100 %		
<b>Tests</b>	Lors de la mise en service de l'aérogénérateur, une série de tests (arrêts simples, d'urgence et de survitesse) est réalisée afin de s'assurer du fonctionnement et de la sécurité de l'éolienne conformément à l'article 15 de l'arrêté du 26 août 2011.		
<b>Maintenance</b>	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis tous les 6 mois suivant les manuels de maintenance Vestas. Ces vérifications sont consignées dans le document IRF Vestas. Maintenance conforme aux dispositions des articles 15 et 18 de l'arrêté du 26 août 2011.		

Fonction de sécurité	Prévenir les courts-circuits	N° de la fonction de sécurité	5
<b>Mesures de sécurité</b>	Détecteur d'arc avec coupure électrique (salle transfo et armoires électriques).		
<b>Description</b>	<p>Outre les protections traditionnelles contre les surintensités et les surtensions, les armoires électriques disposées dans les nacelles Vestas (qui abritent notamment les divers jeux de barres), sont équipées de détecteurs d'arc. Ce système de capteurs photosensibles a pour objectif de détecter toute formation d'un arc électrique (caractéristique d'un début d'amorçage) qui pourrait conduire à des phénomènes de fusion de conducteurs et de début d'incendie.</p> <p>Le fonctionnement de ce détecteur commande le déclenchement de la cellule HT située en pied de mât, conduisant ainsi à la mise hors tension de la machine.</p> <p>La remise sous tension puis le recouplage de la machine ne peuvent être faits qu'après inspection visuelle des éléments HT de la nacelle, puis du réarmement du détecteur d'arc et de l'acquiescement manuel du défaut.</p>		
<b>Indépendance</b>	Oui		
<b>Temps de réponse</b>	50 millisecondes  Le couplage du système de détection d'arc électrique avec le système SCADA permet l'envoi en temps réel d'alertes par SMS et par courriel, selon les instructions de l'exploitant.		
<b>Efficacité</b>	100 %		
<b>Tests</b>	Test des détecteurs d'arc à la mise en service puis tous les 6 mois.		
<b>Maintenance</b>	Les installations électriques font l'objet d'un contrôle avant la mise en service industrielle du parc éolien, puis annuellement conformément à l'article 10 de l'arrêté du 26 août 2011. Ce contrôle donne lieu à un rapport, dit rapport de vérification annuel, réalisé par un organisme agréé. Des vérifications de tous les équipements électriques ainsi que des mesures d'isolement et de serrage des câbles sont intégrés dans le manuel de maintenance préventive Vestas.		

Fonction de sécurité	Prévenir les effets de la foudre	N° de la fonction de sécurité	6
<b>Mesures de sécurité</b>	Système de protection contre la foudre conçu pour répondre à la classe de protection I de la norme internationale IEC 61400.		
<b>Description</b>	<p>Compte tenu de leur situation et des matériaux de construction, les pales sont les éléments les plus sensibles à la foudre. Des pastilles métalliques en acier inoxydable permettant de capter les courants de foudre sont disposées à intervalles réguliers sur les deux faces des pales. Elles sont reliées entre elles par une tresse en cuivre, interne à la pale. Le pied de pale est muni d'une plaque métallique en acier inoxydable, sur une partie de son pourtour, raccordée à la tresse de cuivre. Un dispositif métallique flexible (nommé LCTU – Lightning Current Transfer Unit) assure la continuité électrique entre la pale et le châssis métallique de la nacelle (il s'agit d'un système de contact glissant comportant deux points de contact par pale). Ce châssis est relié électriquement à la tour, elle-même reliée au réseau de terre disposé en fond de fouille.</p> <p>En cas de coup de foudre sur une pale, le courant de foudre est ainsi évacué vers la terre via la fondation et des prises profondes.</p> <p>L'aérogénérateur peut être équipé en option de « copper cap », c'est à dire d'un habillage de l'extrémité de la pale d'une plaque de cuivre qui améliore le captage de l'arc de foudre et assure ainsi une meilleure protection de la pale.</p>		
<b>Indépendance</b>	Oui		
<b>Temps de réponse</b>	Immédiat, dispositif passif		

<b>Efficacité</b>	100 %
<b>Tests</b>	Avant la première mise en route de l'éolienne, une mesure de mise à la terre est effectuée.
<b>Maintenance</b>	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.

<b>Fonction de sécurité</b>	<b>Protection et intervention incendie</b>	<b>N° de la fonction de sécurité</b>	<b>7</b>
<b>Mesures de sécurité</b>	<p>1. Sondes de température sur pièces mécaniques. Suivant les niveaux d'alarme et les capteurs, la machine peut être bridée ou mise à l'arrêt jusqu'à refroidissement. Le redémarrage peut être effectué à distance, si les seuils de température sont au-dessous des seuils d'alarme.</p> <p>2. Système de détection incendie</p>		
<b>Description</b>	<p>1. Des sondes de température sont mises en place sur les équipements ayant de fortes variations de température au cours de leur fonctionnement (paliers et roulements des machines tournantes, enroulements du générateur et du transformateur). Ces sondes ont des seuils hauts qui, une fois dépassés, conduisent à une alarme et à une mise à l'arrêt du rotor.</p> <p>2. Les éoliennes sont équipées par défaut d'un système autonome de détection composé de plusieurs capteurs de fumée et de chaleur disposés aux possibles points d'échauffements tels que :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La chambre du transformateur</li> <li>- Le générateur</li> <li>- La cellule haute tension</li> <li>- Le convertisseur</li> <li>- Les armoires électriques principales</li> <li>- Le système de freinage.</li> </ul> <p>En cas de détection, une sirène est déclenchée, l'éolienne est mise à l'arrêt en « emergency stop » et isolement électrique par ouverture de la cellule en pied de mât. De façon concomitante un message d'alarme est envoyé au centre de télésurveillance via le système de contrôle commande. Le système de détection incendie est alimenté par le réseau secours (UPS). Vis-à-vis de la protection incendie, deux extincteurs sont présents dans la nacelle et un extincteur est disponible en pied de tour (utilisables par le personnel sur un départ de feu).</p>		
<b>Indépendance</b>	oui		
<b>Temps de réponse</b>	<p>Temps de détection de l'ordre de la seconde Le couplage des éléments de détection de fumée au système SCADA permet l'envoi en temps réel d'alertes par SMS et par courriel, selon les instructions de l'exploitant.</p> <p>L'exploitant sera ainsi 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 à l'article 23 de l'arrêté du 26 août 2011.</p>		
<b>Efficacité</b>	100%		
<b>Tests</b>	Test des détecteurs de fumée à la mise en service puis tous les ans.		
<b>Maintenance</b>	<p>Contrôle tous les 6 mois du système de détection incendie pour être conforme à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2012 Le matériel incendie (extincteurs) est contrôlé périodiquement par un organisme spécialisé. Maintenance prédictive sur les capteurs de température</p>		

<b>Fonction de sécurité</b>	<b>Prévention et rétention des fuites</b>	<b>N° de la fonction de</b>	<b>8</b>
-----------------------------	---	-----------------------------	----------

	<b>sécurité</b>
<b>Mesures de sécurité</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Détecteurs de niveau d'huile et capteurs de pression</li> <li>2. Capteur de niveau du circuit de refroidissement (niveau bas alarmé avec arrêt après temporisation)</li> <li>3. Procédure d'urgence</li> <li>4. Kit antipollution</li> <li>5. Nacelle et dernière plateforme de la tour formant rétention</li> </ol>
<b>Description</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Le circuit hydraulique est équipé de capteurs de pression (une mesure de pression dans le bloc hydraulique de chaque pale) permettant de s'assurer de son bon fonctionnement. Toute baisse de pression au-dessous d'un seuil préalablement déterminé, conduit au déclenchement de l'arrêt du rotor (mise en drapeau des pales). Afin de pouvoir assurer la manœuvre des pales en cas de perte du groupe de mise en pression ou en cas de fuite sur le circuit, chaque bloc hydraulique (situé au plus près du vérin de pale) est équipé d'un accumulateur hydropneumatique (pressurisé à l'azote) qui permet la mise en drapeau de la pale. Le système hydraulique, et notamment le maintien en pression des accumulateurs, est testé avant chaque démarrage de l'éolienne. La pression du circuit de lubrification du multiplicateur fait également l'objet d'un contrôle, asservissant le fonctionnement de l'éolienne. Les niveaux d'huile sont surveillés d'une part au niveau du multiplicateur et d'autre part au niveau du groupe hydraulique. L'atteinte du niveau bas sur le multiplicateur ou sur le groupe hydraulique, déclenche une alarme et conduit à la mise à l'arrêt du rotor.</li> <li>2. Le circuit de refroidissement (eau glycolée) est équipé d'un capteur de niveau bas, qui en cas de déclenchement conduit à l'arrêt de l'éolienne.</li> <li>3. Les opérations de vidange font l'objet de procédures spécifiques. 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. Une procédure Vestas en cas de pollution accidentelle du sol est communiquée au personnel intervenant dans les aérogénérateurs.</li> <li>4. En cas de fuite, les véhicules de maintenance Vestas sont équipés de kits de dépollution composés de grandes feuilles absorbantes. Ces kits d'intervention d'urgence permettent : <ul style="list-style-type: none"> <li>• de contenir et arrêter la propagation de la pollution ;</li> <li>• d'absorber jusqu'à 20 litres de déversements accidentels de liquides (huile, eau, alcools ...) et produits chimiques (acides, bases, solvants ...);</li> <li>• de récupérer les déchets absorbés.</li> </ul>           Si ces kits de dépollution s'avèrent insuffisants, Vestas se charge de faire intervenir une société spécialisée qui récupérera et traitera la terre souillée via les filières adéquates. </li> <li>5. La nacelle et la dernière plateforme de la tour font office de bacs de rétention en cas de fuite d'huile.</li> </ol>
<b>Indépendance</b>	Oui
<b>Temps de réponse</b>	Temps de détection de l'ordre de la seconde Mise en pause de la turbine < 1 min
<b>Efficacité</b>	100%
<b>Tests</b>	Tests des systèmes hydrauliques à la mise en service, au bout de 3 mois de fonctionnement puis tous les ans suivant les manuels de maintenance Vestas. Ces vérifications sont consignées dans le document IRF Vestas. Dépendant du débit de fuite.
<b>Maintenance</b>	Les vérifications d'absence de fuites sont effectuées à chaque service planifié. Surveillance des niveaux d'huile via des outils d'analyses instantanées ou hebdomadaires. Inspection et maintenance curative en fonction du type de déclenchement d'alarme.

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
<b>Mesures de sécurité</b>	Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblage (ex : brides, joints, etc.) Procédures et contrôle qualité		
<b>Description</b>	<p>La norme IEC 61 400-1 « Exigence pour la conception des aérogénérateurs » fixe les prescriptions propres à fournir « un niveau approprié de protection contre les dommages résultant de tout risque durant la durée de vie » de l'éolienne. Vestas remet à chacun de ses clients, un document « Type certificate » qui atteste de la conformité de l'éolienne fournie au standard IEC 61400-1 (édition 2005). Ainsi la nacelle, le moyeu, les fondations et la tour répondent aux standards IEC 61 400-1. Les pales respectent le standard IEC 61 400 -1 ; 12 ; 23.</p> <p>De plus, des organismes compétents externes, mandatés par l'exploitant du parc, produisent des rapports attestant de la conformité de nos turbines à la fin de la phase d'installation.</p> <p>L'article R111-38 du code de la construction et de l'habitation fait référence au contrôle technique de construction. Il est obligatoire, à la charge de l'exploitant et réalisé par des organismes agréés par l'État. Ce contrôle assure la solidité des ouvrages ainsi que la sécurité des biens et des personnes.</p> <p>Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223.</p>		
<b>Indépendance</b>	oui		
<b>Temps de réponse</b>	NA		
<b>Efficacité</b>	100%		
<b>Tests</b>	NA		
<b>Maintenance</b>	Le plan de maintenance Vestas prévoit le contrôle des brides de fixation, des brides de mât, des fixations des pales et le contrôle visuel du mât trois mois puis un an après la mise en service industrielle puis tous les trois ans, conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011		

Fonction de sécurité	Prévenir les erreurs de maintenance	N° de la fonction de sécurité	10
Mesures de sécurité	Procédure de maintenance.		
Description	Préconisation du manuel de maintenance Formation du personnel		
Indépendance	oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100%		
Tests	Traçabilité : rapport de service		
Maintenance	NA		

Fonction de sécurité	Prévenir la dégradation de l'état des équipements	N° de la fonction de sécurité	11
Mesures de sécurité	1. Procédure de contrôle des équipements lors des maintenances planifiées. 2. Suivi de données mesurées par les capteurs et sondes présentes dans les éoliennes Vestas		
Description	1. Ce point est détaillé dans le chapitre dédié aux maintenances planifiées. 2. L'intégralité des données mesurées par les capteurs et sondes présentes dans les éoliennes Vestas est suivie et enregistrée dans une base de données unique. Ces données sont traitées par des algorithmes en permanence afin de détecter, au plus tôt, les dégradations des équipements. Lorsqu'elle est nécessaire, une inspection de l'équipement soupçonné de se dégrader est planifiée. Les algorithmes de détection et de génération d'alarmes sont en amélioration continue.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Entre 12 heures et 6 mois selon le type de dégradation		
Efficacité	NA		
Tests	Traçabilité : rapport de service		
Maintenance	NA		

Fonction de sécurité	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	N° de la fonction de sécurité	12
Mesures de sécurité	1. Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents 2. Mise à l'arrêt sur détection de vent fort et freinage aérodynamique par le système de contrôle		
Description	1. En France, la classification de vents des éoliennes fait référence à la norme « IEC 61400-1 ». Les éoliennes Vestas sont dimensionnées pour chacune de ces classes. Il est donc important de faire correspondre la classe du site avec la classe de la turbine 2. Les éoliennes sont mises à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale de 20 m/s pour la V100. Cet arrêt est réalisé par le frein aérodynamique de l'éolienne avec mise en drapeau des pales. Cette mise en drapeau est effectuée par le système d'orientation des pales « Vestas Pitch System ».		
Indépendance	Oui		

<b>Temps de réponse</b>	Temps de détection de l'ordre de la seconde. Mise drapeau des pales < 1 min
<b>Efficacité</b>	100%
<b>Tests</b>	Pitch system testé tous les ans lors des maintenances préventives.
<b>Maintenance</b>	Tous les ans.

**Tableau 17 - Fonctions de sécurité des éoliennes VESTAS V100 2 MW**

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.

## 7.7. Conclusion de l'analyse préliminaire des risques

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

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

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

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

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

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



**Conclusion :**

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

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

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

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

## 8. Etude détaillée des risques

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

### 8.1. Rappel des définitions

#### Réglementation :

Les règles méthodologiques applicables pour la détermination de l'intensité, de la gravité et de la probabilité des phénomènes dangereux sont précisées dans l'arrêté ministériel du 29 septembre 2005. Cet arrêté ne prévoit de détermination de l'intensité et de la gravité que pour les effets de surpression, de rayonnement thermique et de toxique.

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

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

Afin de pouvoir présenter des éléments au sein de cette étude de dangers, il est proposé de recourir à la méthode ad hoc préconisée par le guide technique national relatif à l'étude des dangers dans le cadre d'un parc éolien dans sa version définitive de mai 2012 [19]. Cette méthode est inspirée des méthodes utilisées pour les autres phénomènes dangereux des installations classées, dans l'esprit de la loi du 30 juillet 2003.

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

#### 8.1.1. Cinétique

La cinétique d'un accident est la vitesse d'enchaînement des événements constituant une séquence accidentelle, de l'événement initiateur aux conséquences sur les éléments vulnérables. Selon l'article 8 de l'arrêté du 29 septembre 2005, la cinétique peut être qualifiée de « lente » ou « rapide ». Dans le cas d'une cinétique lente, les personnes ont le temps d'être mises à l'abri à la suite de l'intervention des services de secours. La cinétique est rapide dans le cas contraire. Dans le cadre de l'étude de danger, il est considéré, de façon conservatoire, que tous les accidents étudiés ont une cinétique rapide. Par conséquent, ce paramètre n'est pas réétudié dans la suite de l'étude pour chacun des phénomènes redoutés étudiés.

### 8.1.2. Intensité

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

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

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

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

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

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

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

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

**Tableau 18 - Seuils d'intensité**

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

### 8.1.3. Gravité

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

*La gravité correspond au nombre de personnes potentiellement impactées. Les seuils retenus pour l'étude sont liés au degré d'exposition.<sup>19</sup>*

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 19 - Gravité des conséquences des accidents associés aux phénomènes dangereux**

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

<sup>19</sup> Arrêté du 29 septembre 2005

### 8.1.4. Probabilité

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

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

**Tableau 20 - Echelle des probabilités**

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

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

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

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

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

Où :

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

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

### 8.1.5. Grille de criticité

La circulaire du 10 mai 2010 propose une grille de criticité qui permet la justification par l'exploitant des mesures de maîtrise du risque en termes de couple probabilité-gravité des conséquences sur les personnes physiques correspondant aux intérêts visés par l'article L.511-1 du code de l'Environnement. Cette grille définit deux types de zones :

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

Dans le guide de l'étude de dangers de mai 2012 [19], l'INERIS propose une grille légèrement adaptée de celle proposée par la circulaire du 10 mai 2010. Dans cette grille (cf. ci-dessous), les cases en jaune correspondent comme les cases en vert à des risques faibles. Cependant, des mesures de sécurité ont été mises en place dans ces cas là. Ces mesures ont été présentées au paragraphe 7.6 – *Mise en place des mesures de sécurité.*

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

Légende de la matrice :

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

**Tableau 21 - Grille de criticité adaptée par l'INERIS**

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

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

## 8.2. Caractérisation des scénarios retenus

### 8.2.1. Effondrement de l'éolienne

#### 8.2.1.1. Zone d'effet

La zone d'effet de l'effondrement d'une éolienne correspond à une surface circulaire de rayon égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale, soit 130 m pour les éoliennes du parc de Laboissière-en-Santerre et Lignières. Les risques d'atteinte d'une personne ou d'un bien en dehors de cette zone d'effet sont négligeables et ils n'ont jamais été relevés dans l'accidentologie ou la littérature spécialisée.

La zone d'effet est un cercle de **130 m** de rayon autour de chaque éolienne. Les enjeux concernés sont les suivants:

- Personnes non abritées (promeneurs, agriculteurs) présentes dans le rayon d'effet (toutes les éoliennes).
- Véhicules susceptibles d'emprunter les voies de circulation et chemins d'exploitation du périmètre concerné (éoliennes E1, E2, E3 et E6).

#### 8.2.1.2. Intensité

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

La zone d'impact correspondra à la surface totale de l'éolienne couchée au sol, soit la surface du mât et la surface des 3 pales. La surface du mât est considérée égale à un rectangle dont la hauteur est celle du mât assimilée à la hauteur de moyeu (H), et la largeur celle de la base du mât (L) (en réalité le mât est conique et la largeur diminue depuis la base vers le sommet). La pale est assimilée à un triangle dont la longueur est celle de la pale assimilée au rayon du rotor (R) et dont la base correspond à la largeur maximale de la pale (LB). Dans le cas du parc éolien du Moulin :

- R (rayon du rotor) = 50 m
- H (hauteur du moyeu) = 80 m
- L (largeur de la base du mât) = 4,2 m
- LB (largeur maximale de la pale) = 3,9 m.

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne)			
Zone d'impact en m <sup>2</sup> (Zi)	Zone d'effet du phénomène étudié en m <sup>2</sup> (Ze)	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$H \times L + 3 \times R \times LB / 2$ La zone d'impact est de <b>629 m<sup>2</sup></b>	$= \pi \times (H+R)^2$ La zone d'effet est de <b>53 093 m<sup>2</sup></b>	$Zi/Ze = 1,2 \%$ <b>Soit compris entre 1% et 5%</b>	<b>exposition forte</b>

**Tableau 22 - Intensité du scénario d'effondrement**

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

### 8.2.1.3. Gravité

Pour une exposition **forte**, et selon les définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 8.1.3.), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène d'effondrement, dans le rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne.

La détermination du nombre de personnes (enjeu humain en *epp* : équivalent personnes permanentes) exposées dans chacune des zones d'effet est basée sur la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de danger (fiche n°1 de la circulaire en **annexe 3**). Ont été distingués (dans un périmètre de **130 m** autour des éoliennes):

- Les terrains non aménagés peu fréquentés (terrains agricoles) avec l'hypothèse forfaitaire d'une personne permanente pour 100 ha.
- Les voies à faible circulation et chemins d'exploitation (largeur: 6 m) avec l'hypothèse forfaitaire d'1 personne permanente pour 10 ha.

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

Effondrement - Rayon d'effet = 130 m							
	Enjeu: personnes non abritées		Enjeu: véhicules			Exposition:	
	Terrains non aménagés		Voies peu fréquentées			Forte	
Eolienne	S (ha)	epp	L (m)	S (ha)	epp	Total epp	Niveau de gravité
<b>E1</b>	5.3	0.05	383	0.23	0.02	<b>0.1</b>	<b>Sérieux</b>
<b>E2</b>	5.3	0.05	240	0.14	0.01	<b>0.1</b>	<b>Sérieux</b>
<b>E3</b>	5.3	0.05	445	0.27	0.03	<b>0.1</b>	<b>Sérieux</b>
<b>E4</b>	5.3	0.05				<b>0.1</b>	<b>Sérieux</b>
<b>E5</b>	5.3	0.05				<b>0.1</b>	<b>Sérieux</b>
<b>E6</b>	5.3	0.05	275	0.17	0.02	<b>0.1</b>	<b>Sérieux</b>

*epp* : équivalent personnes permanentes

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

### 8.2.1.4. Probabilité

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

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

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

Ces valeurs correspondent à une classe de probabilité « C » selon l'arrêté du 29 septembre 2005. Le retour d'expérience français montre également une classe de probabilité « C ». En effet, il a été recensé seulement 7 événements pour 15 667 années d'expérience<sup>20</sup>, soit une probabilité de  $4,47 \times 10^{-4}$  par éolienne et par an.

<sup>20</sup> 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.



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

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

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

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

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

#### **8.2.1.5. Acceptabilité**

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

## 8.2.2. Chute de glace

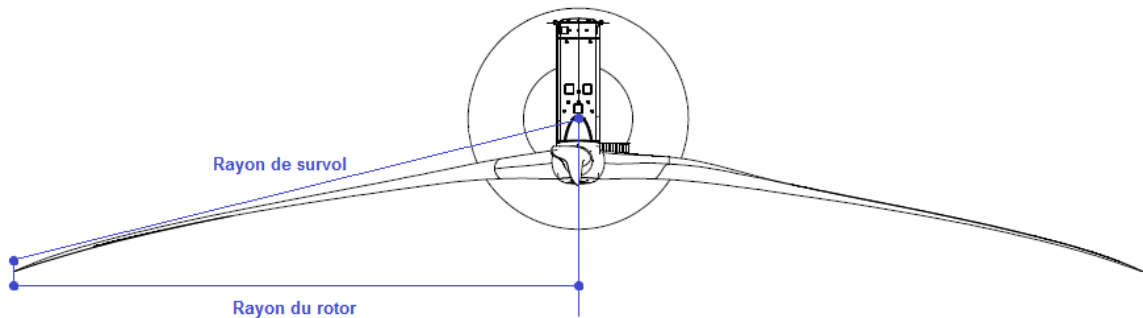
### 8.2.2.1. Généralités

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

### 8.2.2.2. Zone d'effet

Le risque de chute de glace est cantonné à la zone de survol des pales, soit un disque de rayon arrondi à **51 m** (rayon de survol).

Note : le **rayon de survol (51 m)** est supérieur au rayon du rotor (50 m) en raison du déport du plan du rotor par rapport à l'axe vertical de rotation de la nacelle, comme illustré ci après (schéma de principe):



Les enjeux concernés sont les suivants:

- Personnes non abritées (promeneurs, agriculteurs) présentes dans le rayon d'effet (toutes les éoliennes).

Note : aucune voie de circulation ou chemin d'exploitation ne traverse le périmètre concerné.

### 8.2.2.3. Intensité

Pour le phénomène de chute de glace, le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface d'un morceau de glace et la superficie de la zone d'effet du phénomène (zone de survol). La surface maximale d'un morceau de glace est estimée à  $1 \text{ m}^2$ .

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute de glace dans le cas du parc éolien du Moulin.  $Z_I$  est la zone d'impact,  $Z_E$  est la zone d'effet,  $R$  est le rayon d'effet ( $R= 51 \text{ m}$ ),  $SG$  est la surface du morceau de glace majorant ( $SG= 1 \text{ m}^2$ ).

Chute de glace (dans la zone de survol)			
Zone d'impact	Zone d'effet du phénomène étudié	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
Z <sub>I</sub> = SG	Z <sub>E</sub> = $\pi \times R^2$	$d = Z_I / Z_E$	exposition modérée
1 m <sup>2</sup>	8 171 m <sup>2</sup>	0,01% < 1%	

Tableau 25 - Intensité du scénario de chute de glace

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

#### 8.2.2.4. Gravité

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

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

- Les terrains non aménagés peu fréquentés (terrains agricoles) avec l'hypothèse forfaitaire d'une personne permanente pour 100 ha.

Note : aucune voie de circulation ou chemin d'exploitation ne traverse le périmètre concerné.

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

Chute de glace - Rayon d'effet = 51 m							
	Enjeu: personnes non abritées		Enjeu: véhicules			Exposition:	
	Terrains non aménagés		Voies peu fréquentées			Modérée	
Eolienne	S (ha)	epp	L (m)	S (ha)	epp	Total epp	Niveau de gravité
<b>E1</b>	0.8	0.01				<b>0.01</b>	<b>Modéré</b>
<b>E2</b>	0.8	0.01				<b>0.01</b>	<b>Modéré</b>
<b>E3</b>	0.8	0.01				<b>0.01</b>	<b>Modéré</b>
<b>E4</b>	0.8	0.01				<b>0.01</b>	<b>Modéré</b>
<b>E5</b>	0.8	0.01				<b>0.01</b>	<b>Modéré</b>
<b>E6</b>	0.8	0.01				<b>0.01</b>	<b>Modéré</b>

*epp* : équivalent personnes permanentes

Tableau 26 - Niveaux de gravité de l'évènement « chute de glace »

### 8.2.2.5. Probabilité

La conjonction observée des jours de gel et d'humidité à la station Météo-France de Saint-Quentin n'exclue pas un risque (voir paragraphe 3.2.1 – Contexte climatique). De façon conservatrice, il est considéré que pour chaque jour où les conditions sont réunies pour la formation de glace sur un aérogénérateur, une chute de morceau de glace est possible. Cette hypothèse est simplificatrice dans la mesure où lors de ce type d'épisode, le cas de plusieurs chutes de glace et d'aucune chute de glace peut se présenter. La classe de probabilité retenue est maximale, soit une **probabilité de classe « A »**, c'est-à-dire une probabilité supérieure à  $10^{-2}$ .

### 8.2.2.6. Acceptabilité

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

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

### 8.2.3. Chute d'éléments de l'éolienne

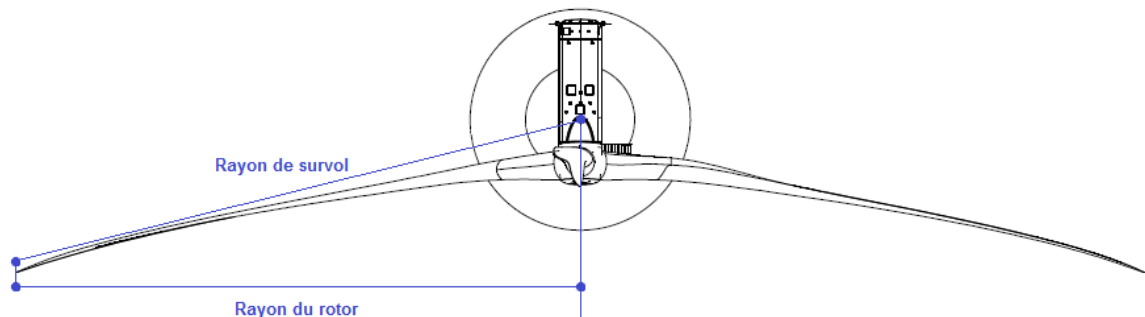
#### 8.2.3.1. Généralités

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

#### 8.2.3.2. Zone d'effet

Le risque de chute d'éléments est cantonné à la zone de survol des pales, soit un disque de rayon arrondi à **51 m** (rayon de survol).

Note : le **rayon de survol (51 m)** est supérieur au rayon du rotor (50 m) en raison du déport du plan du rotor par rapport à l'axe vertical de rotation de la nacelle, comme illustré ci après (schéma de principe):



Les enjeux concernés sont les suivants:

- Personnes non abritées (promeneurs, agriculteurs) présentes dans le rayon d'effet (toutes les éoliennes).

Note : aucune voie de circulation ou chemin d'exploitation ne traverse le périmètre concerné.

#### 8.2.3.3. Intensité

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

La zone d'impact  $Z_i$  correspondra à la surface d'une pale (évènement majorant). La pale est assimilée à un triangle dont la longueur est celle de la pale ( $r$ ) et dont la base correspond à la largeur maximale de la pale ( $LB$ ). Dans le cas du parc éolien du Moulin :

- $R$  rayon d'effet arrondi au mètre supérieur = 51 m
- $r$  longueur de la pale assimilée au rayon du rotor = 50 m
- $LB$  (largeur maximale de la pale) = 3,9 m.

<b>Chute d'éléments de l'éolienne (dans la zone de survol)</b>			
Surface d'impact en m <sup>2</sup>	Zone d'effet du phénomène étudié en m <sup>2</sup>	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = r \cdot LB/2$	$Z_E = \pi \times R^2$	$d = Z_I / Z_E$	
98 m <sup>2</sup>	8 171 m <sup>2</sup>	1,2 % Entre 1% et 5%	<b>exposition forte</b>

**Tableau 27 - Intensité du scénario de chute d'éléments**

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

#### 8.2.3.4. Gravité

Pour une exposition **forte**, et selon les définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 8.1.3.), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute d'élément, dans le rayon de survol du rotor.

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

- Les terrains non aménagés peu fréquentés (terrains agricoles) avec l'hypothèse forfaitaire d'une personne permanente pour 100 ha.

Note : aucune voie de circulation ou chemin d'exploitation ne traverse le périmètre concerné.

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

<b>Chute d'élément - Rayon d'effet = 51 m</b>							
	Enjeu: personnes non abritées		Enjeu: véhicules			Exposition:	
	Terrains non aménagés		Voies peu fréquentées			Forte	
<b>Eolienne</b>	S (ha)	epp	L (m)	S (ha)	epp	<b>Total epp</b>	<b>Niveau de gravité</b>
<b>E1</b>	0.8	0.01				<b>0.01</b>	<b>Sérieux</b>
<b>E2</b>	0.8	0.01				<b>0.01</b>	<b>Sérieux</b>
<b>E3</b>	0.8	0.01				<b>0.01</b>	<b>Sérieux</b>
<b>E4</b>	0.8	0.01				<b>0.01</b>	<b>Sérieux</b>
<b>E5</b>	0.8	0.01				<b>0.01</b>	<b>Sérieux</b>
<b>E6</b>	0.8	0.01				<b>0.01</b>	<b>Sérieux</b>

*epp* : équivalent personnes permanentes

**Tableau 28 - Niveaux de gravité de l'évènement « chute d'éléments »**

### 8.2.3.5. Probabilité

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

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

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

### 8.2.3.6. Acceptabilité

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

## 8.2.4. Projection de pales ou de fragments de pales

### 8.2.4.1. Zone d'effet

Dans l'accidentologie française rappelée en **annexe 4**, la distance maximale relevée et vérifiée par le groupe de travail précédemment mentionné pour une projection de fragment de pale est de 380 mètres par rapport au mât de l'éolienne. On constate que les autres données disponibles dans cette accidentologie montrent des distances d'effet inférieures. L'accidentologie éolienne mondiale manque de fiabilité car la source la plus importante (en termes statistiques) est une base de données tenue par une association écossaise majoritairement opposée à l'énergie éolienne [3]. Pour autant, des études de risques déjà réalisées dans le monde ont utilisé une distance de 500 mètres, en particulier les études [5] et [6].

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

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

- Personnes non abritées (promeneurs, agriculteurs) présentes dans le rayon d'effet (toutes les éoliennes).
- Véhicules susceptibles d'emprunter les voies de circulation et chemins d'exploitation du périmètre concerné (toutes les éoliennes).

### 8.2.4.2. Intensité

Pour le phénomène de projection de pale ou de fragment de pale, le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface d'un élément (cas majorant d'une pale entière) et la superficie de la zone d'effet du phénomène ( $RC=500$  m). Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du parc éolien du Moulin.  $d$  est le degré d'exposition,  $Z_i$  la zone d'impact,  $Z_E$  la zone d'effet,  $r$  la longueur de pale (prise de façon majorante comme le rayon du rotor:  $r=50$  m) et  $LB$  la largeur de la base de la pale ( $LB=3,9$  m).

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)			
Zone d'impact	Zone d'effet du phénomène étudié	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_i=r*LB/2$	$Z_E= \pi \times RC^2$	$d=Z_i/Z_E$	
98 m <sup>2</sup>	785 398 m <sup>2</sup>	0,01% ( < 1 %)	<b>Exposition modérée</b>

Tableau 29 - Intensité des scénarios de projection de pale

### 8.2.4.3. Gravité

Pour une exposition **modérée**, et selon les définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 8.1.3.), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de projection d'éléments, dans un rayon de 500 m.

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



- Les terrains non aménagés peu fréquentés (terrains agricoles) avec l'hypothèse forfaitaire d'une personne permanente pour 100 ha.
- Les voies à faible circulation et chemins d'exploitation (largeur: 6 m) avec l'hypothèse forfaitaire d'1 personne permanente pour 10 ha.

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

Projection d'élément - Rayon d'effet = 500 m							
	Enjeu: personnes non abritées		Enjeu: véhicules			Exposition:	
	Terrains non aménagés		Voies peu fréquentées			Modérée	
Eolienne	S (ha)	epp	L (m)	S (ha)	epp	Total epp	Niveau de gravité
E1	78.5	0.79	2 553	1.53	0.15	<b>0.94</b>	<b>Modéré</b>
E2	78.5	0.79	2807	1.7	0.17	<b>0.95</b>	<b>Modéré</b>
E3	78.5	0.79	3264	2.0	0.20	<b>0.98</b>	<b>Modéré</b>
E4	78.5	0.79	2714	1.6	0.16	<b>0.95</b>	<b>Modéré</b>
E5	78.5	0.79	2595	1.6	0.16	<b>0.94</b>	<b>Modéré</b>
E6	78.5	0.79	1517	0.9	0.09	<b>0.88</b>	<b>Modéré</b>

*epp* : équivalent personnes permanentes

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

#### 8.2.4.4. Probabilité

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

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

**Tableau 31 - Références pour l'évaluation d'une projection de pale ou de fragment**

Ces valeurs correspondent à des classes de probabilité de « B », « C » ou « E ». Le retour d'expérience français montre également une classe de probabilité « C » (12 événements pour 15 667 années d'expérience, soit  $7,66 \times 10^{-4}$  événement par éolienne et par an). Ces événements correspondent également à la définition qualitative de l'arrêté du 29 Septembre 2005 d'une probabilité « C » : « Événement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité ». Une probabilité de classe « C » est donc retenue par défaut pour ce type d'évènement.

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

- les dispositions de la norme IEC 61 400-1
- les dispositions des normes IEC 61 400-24 et EN 62 305-3 relatives à la foudre
- système de détection des survitesses et un système redondant de freinage
- système de détection des vents forts et un système redondant de freinage et de mise en sécurité des installations – un système adapté est installé en cas de risque cyclonique

- utilisation de matériaux résistants pour la fabrication des pales (fibre de verre ou de carbone, résines, etc.)

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

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

#### **8.2.4.5. Acceptabilité**

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

## 8.2.5. Projection de glace

### 8.2.5.1. Zone d'effet

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

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

L'étude WECO<sup>21</sup> recommande, au regard des modèles théoriques développés et des données expérimentales recueillies, de maintenir une distance de sécurité entre l'éolienne et les cibles fonction de la hauteur et du diamètre de l'éolienne, dans les cas où le nombre de jours de glace est important et où l'éolienne n'est pas équipée de système d'arrêt en cas de givre ou de glace :

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

Pour les éoliennes du parc éolien du Moulin, l'utilisation de cette formule pour le calcul de la distance d'effet pour les projections de glace donne une distance d'effet de **270 m** pour toutes les éoliennes.

Le seul enjeu concerné ici est le suivant:

- Personnes non abritées (promeneurs, agriculteurs) présentes dans le rayon d'effet (toutes les éoliennes).

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

### 8.2.5.2. Intensité

Pour le phénomène de projection de glace, le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface d'un morceau de glace (cas majorant de 1 m<sup>2</sup>) et la superficie de la zone d'effet du phénomène (de rayon De). Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de glace dans le cas du parc éolien du Moulin..

Projection de morceaux de glace (dans un rayon égal à la distance d'effet autour de l'éolienne)			
Zone d'impact	Zone d'effet du phénomène étudié	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
1 m <sup>2</sup>	$Z_E = \pi \times D_e^2$ 229 022 m <sup>2</sup>	$d = 1/Z_E$ 0,00044% ( < 1 %)	<b>Exposition modérée</b>

**Tableau 32 - Intensité du scénario de projection de glace**

<sup>21</sup> Source : Finnish meteorological institute, [http://www.fmi.fi/research\\_meteorology/meteorology\\_9.html](http://www.fmi.fi/research_meteorology/meteorology_9.html)

### 8.2.5.3. Gravité

Pour une exposition **modérée**, et selon les définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 8.1.3.), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de projection de glace, dans la zone d'effet de chacune des éoliennes.

La détermination du nombre de personnes (enjeu humain en *epp* : équivalent personnes permanentes) exposées dans chacune des zones d'effet est basée sur la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de danger (fiche n°1 de la circulaire en **annexe 3**). Ont été distingués (dans un rayon de **270 m** des éoliennes):

- Les terrains non aménagés peu fréquentés (terrains agricoles) avec l'hypothèse forfaitaire d'une personne permanente pour 100 ha.

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

Projection de glace - Rayon d'effet = 270 m				
	Enjeu: personnes non abritées			Exposition:
	Terrains non aménagés			Modérée
Eolienne	S (ha)	epp	Total epp	Niveau de gravité
E1	22.9	0.23	<b>0.23</b>	<b>Modéré</b>
E2	22.9	0.23	<b>0.23</b>	<b>Modéré</b>
E3	22.9	0.23	<b>0.23</b>	<b>Modéré</b>
E4	22.9	0.23	<b>0.23</b>	<b>Modéré</b>
E5	22.9	0.23	<b>0.23</b>	<b>Modéré</b>
E6	22.9	0.23	<b>0.23</b>	<b>Modéré</b>

*epp* : équivalent personnes permanentes

**Tableau 33 - Niveaux de gravité de l'évènement « projection de glace »**

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

### 8.2.5.4. Probabilité

Au regard de la difficulté d'établir un retour d'expérience précis sur cet évènement 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** – évènement probable » est proposée pour cet évènement.

### **8.2.5.5. Acceptabilité**

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

### 8.3. Synthèse de l'étude détaillée des risques

#### 8.3.1. Tableaux de synthèse des scénarios étudiés

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

Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité d'exposition	Probabilité	Niveau de gravité des conséquences (fonction de l'intensité d'exposition et du nombre de personnes)
<b>Effondrement de l'éolienne</b>	130 m autour des éoliennes	Rapide	Exposition forte	D rare	Sérieux pour toutes les éoliennes
<b>Chute de glace</b>	Zone de survol 51 m	Rapide	Exposition modérée	A Courant	Modéré pour toutes les éoliennes
<b>Chute d'éléments de l'éolienne</b>	Zone de survol 51 m	Rapide	Exposition forte	C improbable	Sérieux pour toutes les éoliennes
<b>Projection d'éléments de pale</b>	500 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	D rare	Modéré Pour toutes les éoliennes
<b>Projection de glace</b>	270 m autour des éoliennes	Rapide	Exposition modérée	B probable	Modéré pour toutes les éoliennes

**Tableau 34 - Synthèse de l'étude détaillée des risques**

### 8.3.2. Synthèse de l'acceptabilité des risques

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

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

Projet éolien du Moulin					
Matrice des risques					
		D (rare)	C (improbable)	B (probable)	A (courant)
Niveau de gravité des conséquences	Désastreux				
	Catastrophique				
	Important				
	Sérieux	Effondrement (130 m) Toutes les éolienne	Chute d'éléments (51 m) Toutes les éoliennes		
	Modéré	Projection d'éléments (500 m) Toutes les éolienne		Projection de glace (270 m) Toutes les éoliennes	Chute de glace (51 m) Toutes les éoliennes

Tableau 35 - Grille de criticité

Légende de la matrice:

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

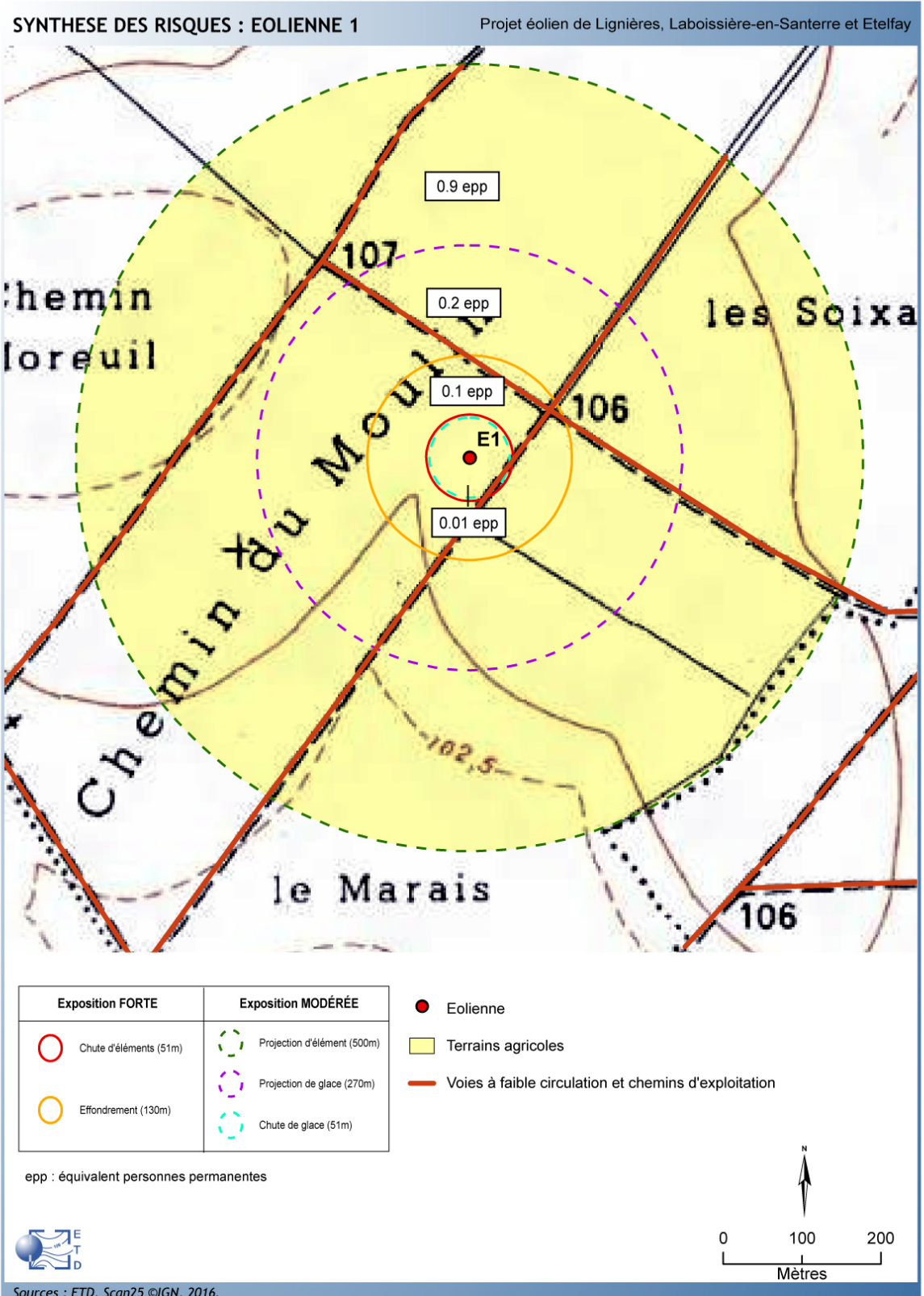
Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée qu'aucun accident n'apparaît dans les cases rouges de la matrice. Certains accidents figurent en case jaune, pour ces accidents, il convient de souligner que les fonctions de sécurité détaillées dans la partie 7.6 sont mises en place. L'ensemble des accidents retenus présente un risque acceptable (faible à très faible), c'est-à-dire qu'ils ne nécessitent pas de mesures supplémentaires de réduction des risques autres que celles déjà prises.

### 8.3.3. Cartographie des risques

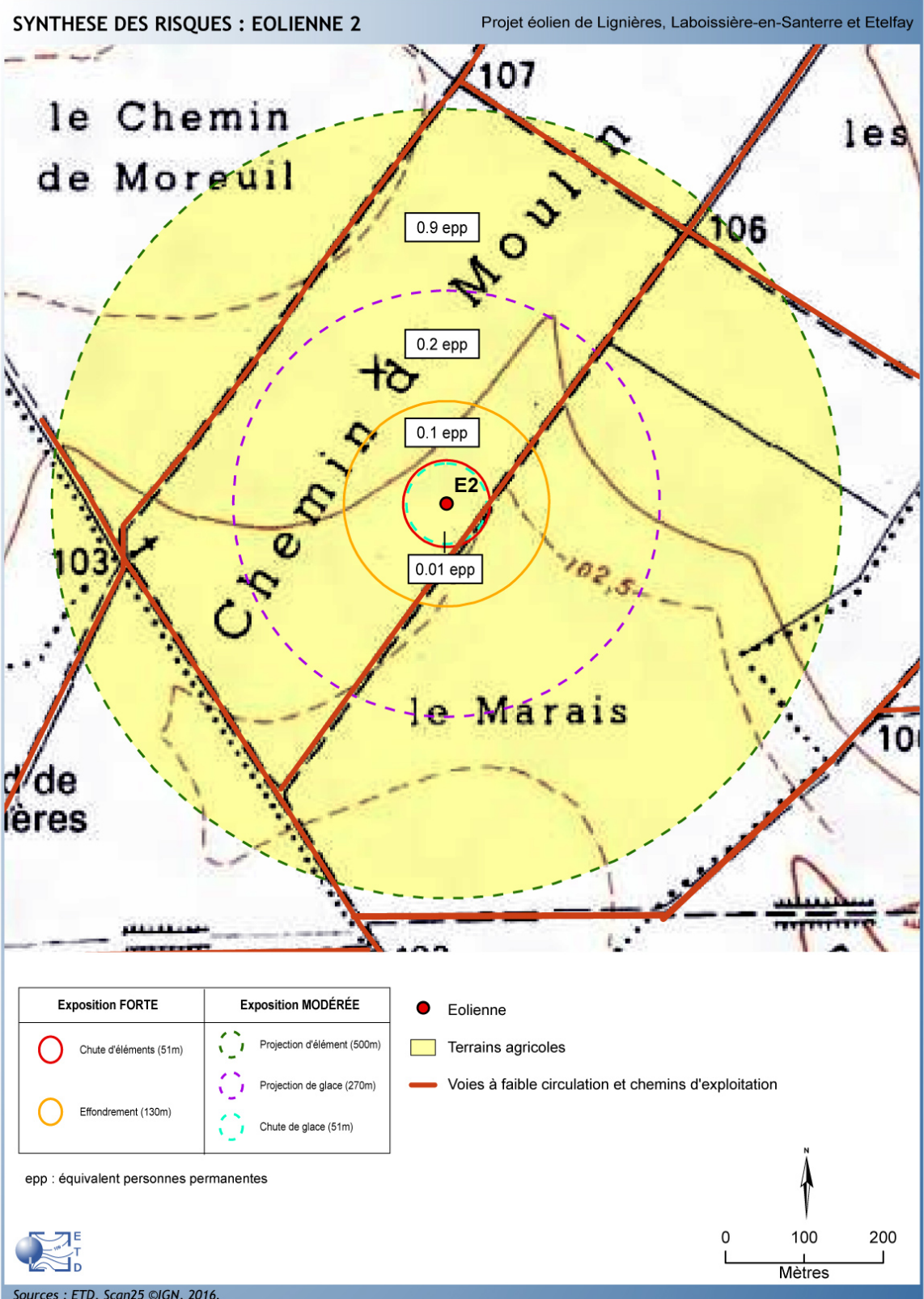
Les cartes de synthèse des risques qui figurent en pages suivantes font apparaître **pour chaque éolienne** et pour chacun des phénomènes dangereux retenus :

- les **enjeux** présents dans les différentes zones d'effet ;
- le **nombre de personnes** permanentes (epp, ou équivalent personnes permanentes) exposées par zone d'effet.
- L'**intensité** de l'exposition aux différents phénomènes dangereux dans les zones d'effet de ces phénomènes (exposition forte ou modérée) ;





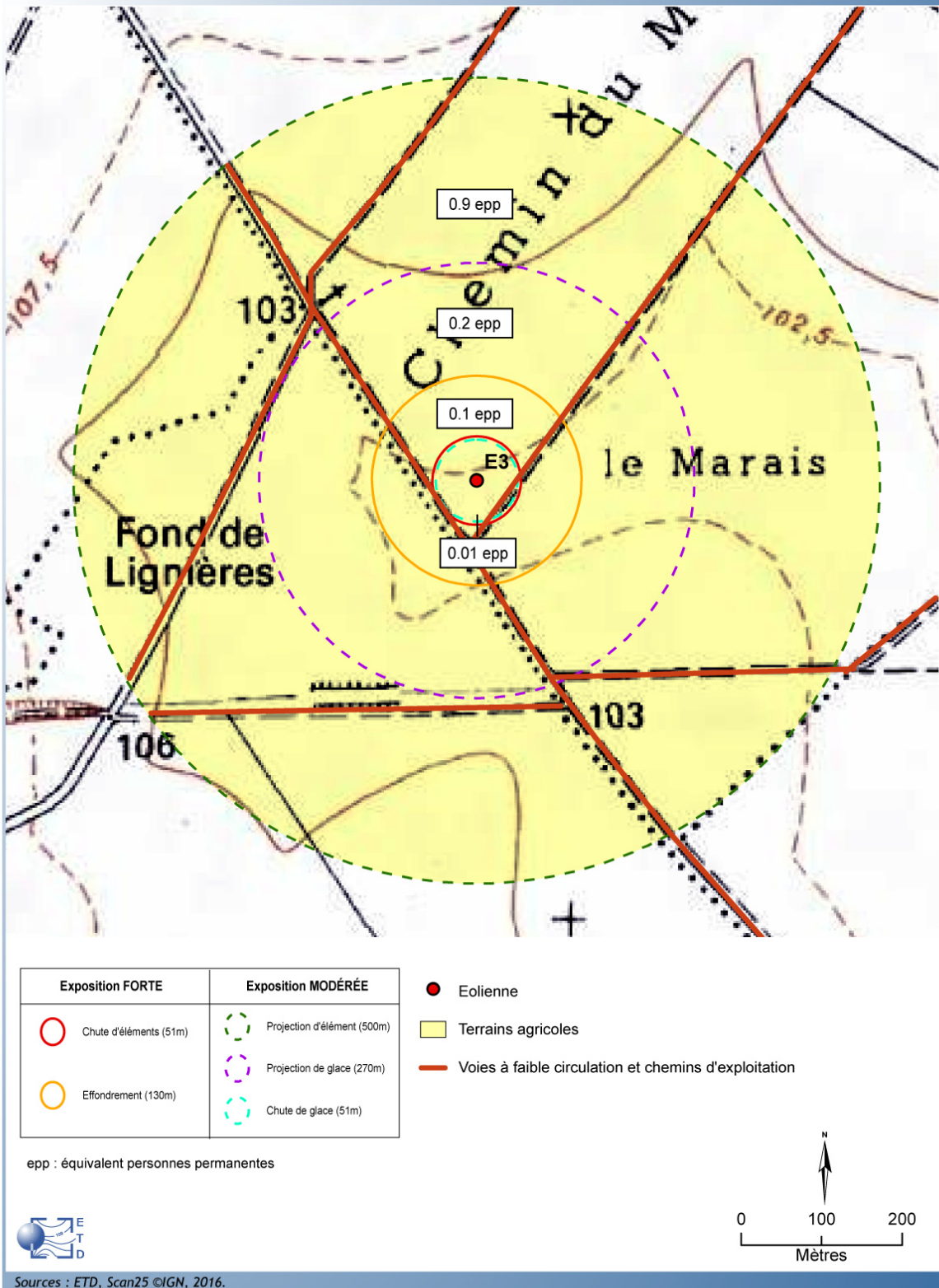
**Carte 19 - Carte de synthèse des risques : éolienne E1**



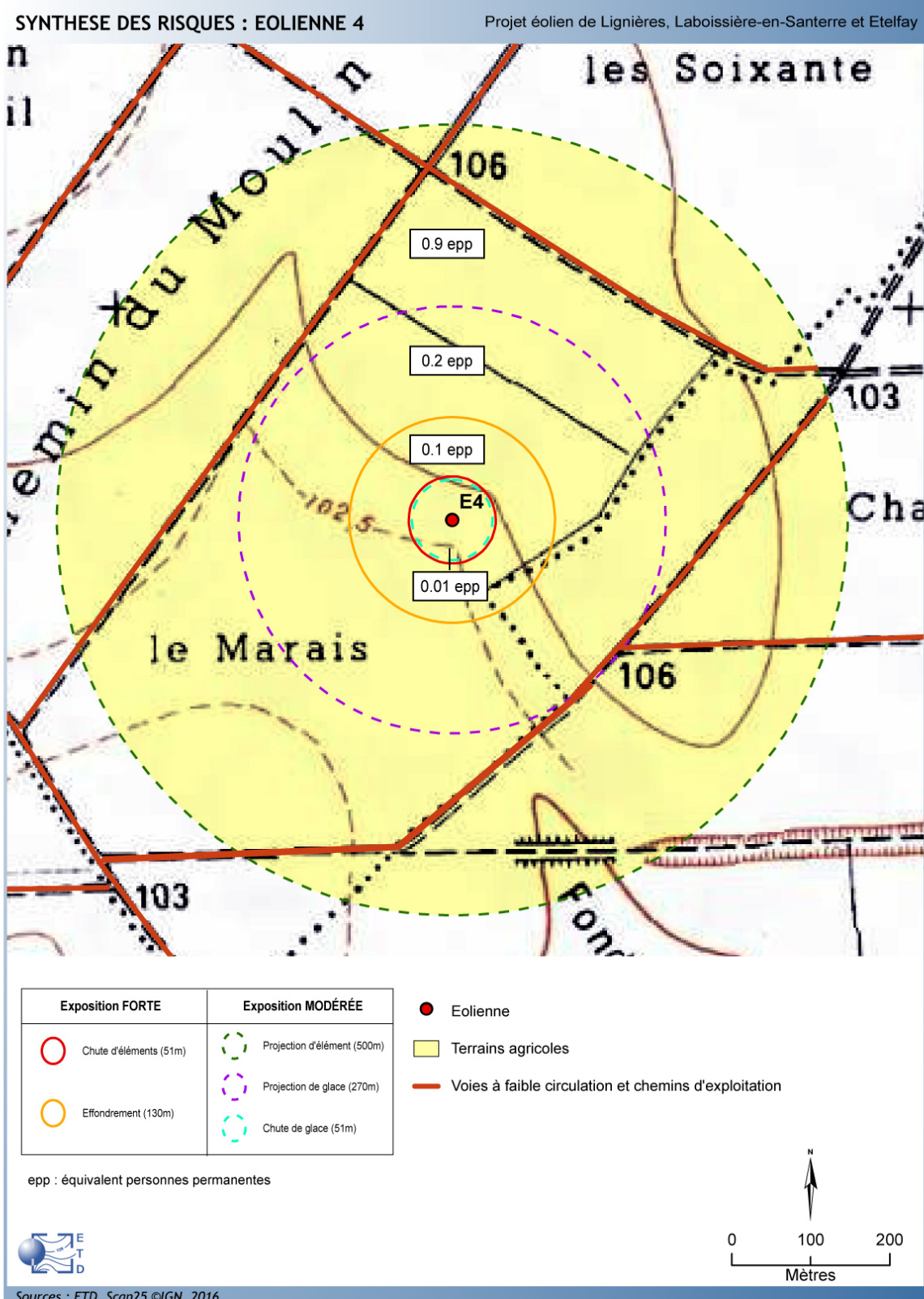
**Carte 20 - Carte de synthèse des risques : éolienne E2**

**SYNTHESE DES RISQUES : EOLIENNE 3**

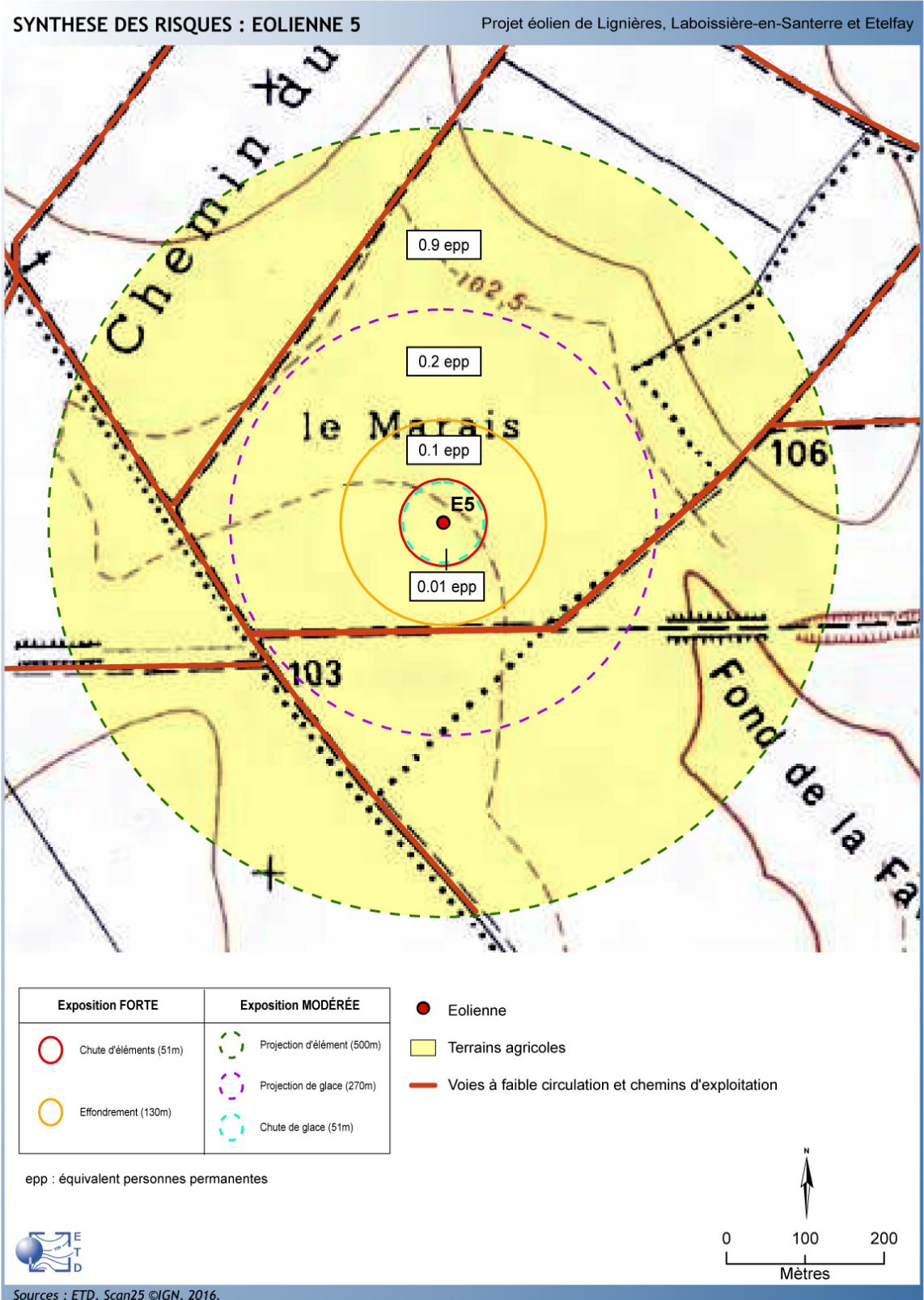
Projet éolien de Lignièrès, Laboissière-en-Santerre et Etefay



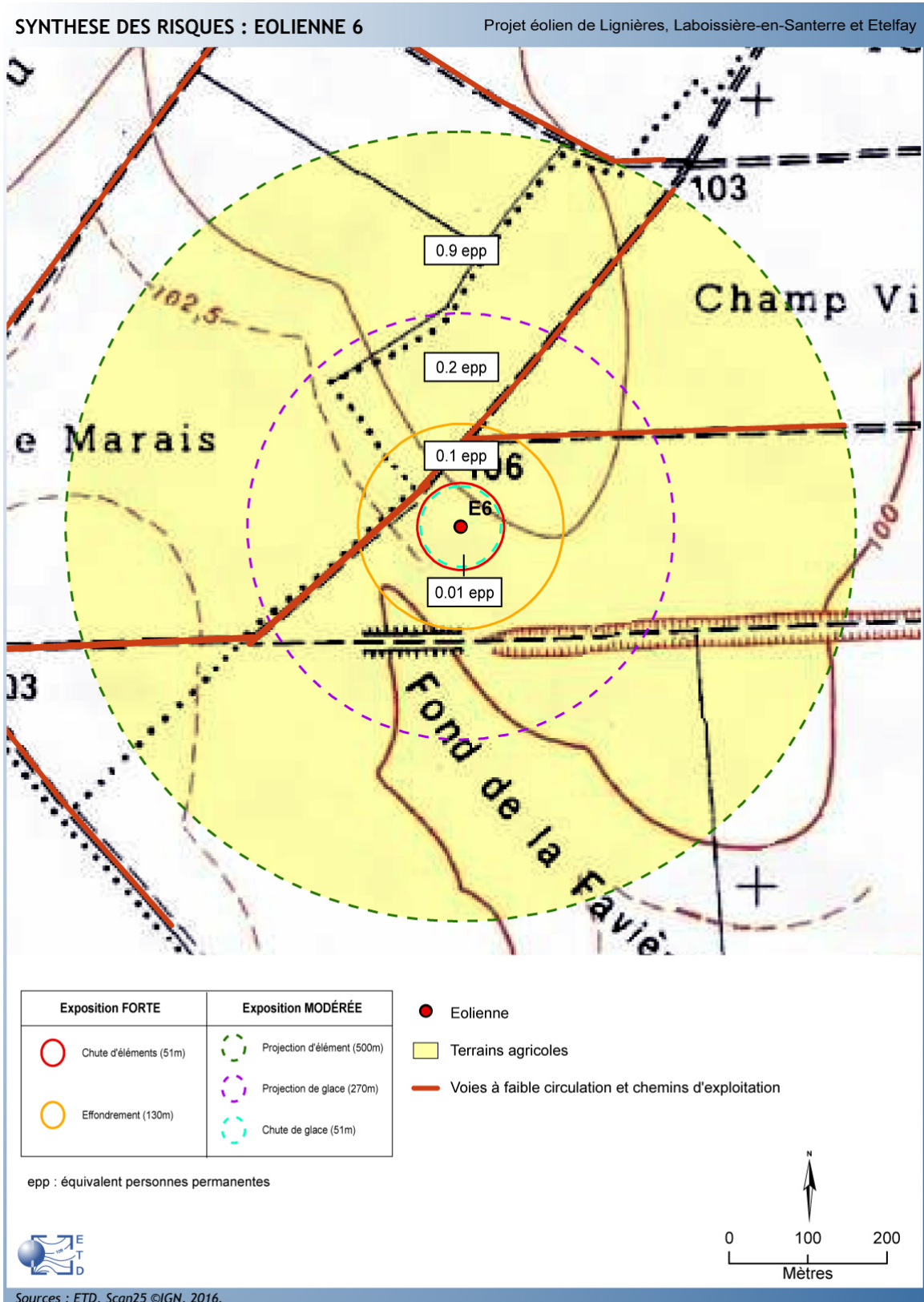
**Carte 21 - Carte de synthèse des risques : éolienne E3**



**Carte 22 - Carte de synthèse des risques : éolienne E4**



**Carte 23 - Carte de synthèse des risques : éolienne E5**



**Carte 24- Carte de synthèse des risques : éolienne E6**

## 9. Conclusion

La présente étude de dangers du projet éolien du Moulin, réalisée dans le cadre réglementaire des projets d'Installations Classées pour la Protection de l'Environnement et selon la méthodologie décrite par le « Guide technique pour l'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens »<sup>22</sup>, a retenu les 5 événements suivants susceptibles de générer un risque pour les enjeux humains présents dans le périmètre de l'étude (soit 500 m autour de chaque éolienne présentant un rotor de diamètre 100 m et une hauteur d'axe de 80 m) :

- Effondrement de l'éolienne (portée 130 m, rare)
- Chute d'éléments de l'éolienne (portée 51 m, improbable)
- Chute de glace (portée 51 m, courant)
- Projection de glace (portée 270 m, probable)
- Projection d'éléments de pale (portée 500 m, rare)

Les enjeux humains considérés sont ceux liés à la fréquentation des différents périmètres concernés : terrains non aménagés (terrains agricoles principalement) et voies à faible circulation (chemins d'exploitation agricole).

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

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

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

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

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

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

<sup>22</sup> [19] - SER, FEE, INERIS – Mai 2012.

## 10. Résumé non technique

**Note :** Le résumé non technique de la présente étude de dangers fait l'objet d'un document à part.



## 11. Bibliographie

- [1] L'évaluation des fréquences et des probabilités à partir des données de retour d'expérience (ref DRA-11-117406-04648A), INERIS, 2011
- [2] NF EN 61400-1 Eoliennes – Partie 1 : Exigences de conception, Juin 2006
- [3] Wind Turbine Accident data to 31 March 2011, Caithness Windfarm Information Forum
- [4] Site Specific Hazard Assessment for a wind farm project – Case study – Germanischer Lloyd, Windtest Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH, 2010/08/24
- [5] Guide for Risk-Based Zoning of wind Turbines, Energy research centre of the Netherlands (ECN), H. Braam, G.J. van Mulekom, R.W. Smit, 2005
- [6] Specification of minimum distances, Dr-ing. Veenker 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 Gütsch : monitoring of a wind turbine under icing conditions- R. Cattin et al.
- [15] Wind energy production in cold climate (WECO), Final report - Bengt Tammelin et al. – Finnish Meteorological Institute, Helsinki, 2000
- [16] Rapport sur la sécurité des installations éoliennes, Conseil Général des Mines - Guillet R., Leteurtois J.-P. - juillet 2004
- [17] Risk analysis of ice throw from wind turbines, Seifert H., Westerhellweg A., Kröning J. - DEWI, avril 2003
- [18] Wind energy in the BSR: impacts and causes of icing on wind turbines, Narvik University College, novembre 2005
- [19] INERIS, SER, FEE, « Elaboration de l'étude de dangers dans le cadre de parcs éoliens – Guide Technique », mai 2012

**Normes, arrêtés et circulaires**

- Arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement
- Arrêté du 29 Septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation
- Circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 Juillet 2003
- NF EN 61400-1 Eoliennes – Partie 1 : Exigences de conception, Juin 2006

## Annexe 1 : Glossaire

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Intensité des effets d'un phénomène dangereux** : Mesure physique de l'intensité du phénomène (thermique, toxique, surpression, projections). Parfois appelée gravité potentielle du phénomène

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

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

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

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

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

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

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

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

Attention aux confusions possibles :

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

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

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

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

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

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

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

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

---

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

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

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

---

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

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

## Annexe 2 : Probabilité d'atteinte et risque individuel

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

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

$P_{\text{ERC}}$  = 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);

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

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

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

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

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

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

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

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

### Annexe 3 : Méthode de comptage des personnes

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

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

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

#### Terrains non bâtis

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

#### Voies de circulation

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

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

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

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

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

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

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

### **Logements**

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

### **Etablissements recevant du public (ERP)**

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

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

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

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

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

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

### **Zones d'activité**

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



### Annexe 4 : Accidentologie française

#### Base de données du groupe de travail SER/FEE (base ARIA complétée)

Dans l'état actuel, la base de données élaborée par le groupe de travail de SER/FEE ayant élaboré le guide technique d'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens [19], et complétée depuis, 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 55 incidents a pu être recensé entre 2000 et 2015. Il apparaît dans ce recensement que les aérogénérateurs accidentés sont principalement des modèles anciens ne bénéficiant généralement pas des dernières avancées technologiques. Dans le cadre de ce recensement, il n'a pas été réalisé d'enquête exhaustive directe auprès des exploitants de parcs éoliens français. Cette démarche pourrait augmenter le nombre d'incidents recensés notamment pour les incidents les moins graves.

**Notons que si on excepte les opérations de maintenance, tous ces accidents français n'ont jamais entraîné de victime.**

Le Conseil Général des Mines ajoute à ces données deux décès fin 2003 en France: un opérateur lors d'opération de maintenance, et un visiteur qui aurait eu une attaque cardiaque occasionnée par les efforts pour accéder à la nacelle. En 2010, un technicien de maintenance a succombé à une crise cardiaque en haut d'une éolienne (21 avril). Les deux techniciens vérifiaient le bon fonctionnement d'une éolienne de la zone industrielle de Roubaix-Est, à une hauteur de 50 m, lorsque l'un des deux s'est effondré, victime d'une crise cardiaque. L'intervention des pompiers et du SAMU n'a pu le ranimer. On peut supposer que cet arrêt cardiaque est lié aux efforts fournis pour accéder à la nacelle.

Tableau de synthèse des accidents et incidents. **Au 28 septembre 2015**, la base Aria du Bureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industriels recense 37 accidents majeurs en France. Certains accidents et incidents connus en France entre 2000 et 2014 et ne figurant pas dans la base de données ARIA ont été ajoutés:

TYPE D'ACCIDENT	DATE	NOM DU PARC	DEPARTEMENT	PUISSANCE (EN MW)	MISE EN SERVICE	TECHNOLOGIE RECENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT A L'UTILISATION DANS L'ETUDE 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

TYPE D'ACCIDENT	DATE	NOM DU PARC	DEPARTEMENT	PUISSANCE (EN MW)	MISE EN SERVICE	TECHNOLOGIE RECENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT A L'UTILISATION DANS L'ETUDE DE DANGERS
Effondrement	01/02/2002	Wormhout	Nord	0,4	1997	Non	Bris d'hélice et mât plié	Tempête	Rapport du CGM Site Vent du Bocage	-
Maintenance	01/07/2002	Port la Nouvelle – Sigean	Aude	0,66	2000	Oui	Grave électrisation avec brûlures d'un technicien	Lors de mesures pour caractériser la partie haute d'un transformateur 690V/20kV en tension. Le mètre utilisé par la victime, déroulé sur 1,46m, s'est soudainement plié et est entré dans la zone du transformateur, créant un arc électrique.	Rapport du CGM	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Effondrement	28/12/2002	Névian - Grande Garrigue	Aude	0,85	2002	Non Gamesa G52 850	Effondrement d'une éolienne suite au dysfonctionnement du système de freinage	Tempête + dysfonctionnement du système de freinage	Base de données ARIA	-
<p>➤ <b>N°42882 - 28/12/2002 - FRANCE - 11 - NEVIAN</b>  <i>Dans un parc de 18 aérogénérateurs en construction, l'une des pales d'une éolienne se détache et entraîne l'effondrement du mât de 40 m. Aucun blessé n'est à déplorer, le technicien supervisant le fonctionnement du parc ne se trouvait pas à proximité. Selon l'exploitant qui n'avait pas encore pris possession de l'installation, une défaillance du système de freinage du rotor serait à l'origine du sinistre. Le vent soufflant à plus de 100 km/h ce jour-là, celui-ci aurait dû bloquer l'hélice.</i></p>										
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 Lagerwey	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	-

TYPE D'ACCIDENT	DATE	NOM DU PARC	DEPARTEMENT	PUISSANCE (EN MW)	MISE EN SERVICE	TECHNOLOGIE RECENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT A L'UTILISATION DANS L'ETUDE DE DANGERS
<p>➤ <b>Accident N°26119 - 01/01/2004 au PORTEL (62)</b>  <i>« Une éolienne, parmi les 4 aérogénératrices hautes de 60 m de la ferme éolienne du Portel inaugurée en mai 2002, se brise durant la nuit en entraînant la chute de sa génératrice et des pales du rotor. »</i> Les aérogénératrices représentent en tout une puissance de 3 mégawatts. <i>« Les 3 hélices de 25 m sont retrouvées sur la plage. Un défaut de serrage des boulons servant à relier 2 tronçons du mât (défaillance d'entretien) est sans doute à l'origine de l'incident. Selon le concepteur et gérant de cette ferme éolienne, le montant des dommages s'élèverait à plus de 450 000 euros. »</i>  D'après l'exploitant, les éoliennes concernées étaient équipées de pales ATV de conception française (fabrication abandonnée), dont le système de fixation au rotor s'est avéré défectueux.</p>										
Effondrement	20/03/2004	Loon Plage – Port de Dunkerque	Nord	0,3	1996	Non Windenergy	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	-
<p>➤ <b>Accident N°29388 - 20/03/2004 à DUNKERQUE (59)</b>  <i>« Le vent abat une des 9 éoliennes en service. »</i>  <i>Ce 20 mars, la vitesse du vent est de 20 m/s, avec des rafales à 30 m/s. Les éoliennes de la digue du Braek sont arrêtées et les pales mises en drapeau, conformément aux règles techniques. L'éolienne n°5 s'effondre vers 17h, sans créer de victimes. Ce sont les fondations qui ont lâché. Dans les jours qui suivent, les 8 autres éoliennes du parc sont démontées. Après enquête, il s'avère que la fragilisation est due à une erreur de calcul d'un facteur 10 dans le dimensionnement des fondations !</i></p>										
Rupture de pale	22/06/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2001	Non Windmaster	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)	Base de données ARIA	-
<p>➤ <b>N°42887 - 22/06/2004 - FRANCE - 29 - PLEYBER-CHRIST</b>  <i>Par une nuit de vent fort, une pale de l'une des 5 éoliennes d'un parc se brise en heurtant le mat. Après d'autres désordres similaires (ARIA 42889), le tribunal administratif de Rennes annule en 2005 le permis de construire délivré en 2001. Le site est démantelé en novembre 2011.</i></p>										



TYPE D'ACCIDENT	DATE	NOM DU PARC	DEPARTEMENT	PUISSANCE (EN MW)	MISE EN SERVICE	TECHNOLOGIE RECENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT A L'UTILISATION DANS L'ETUDE DE DANGERS
Rupture de pale	08/07/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2001	Non Wind-master	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)	Base de données ARIA	Incident identique à celui s'étant produit 15 jours auparavant
<p>➤ <b>N°42889 - 08/07/2004 - FRANCE - 29 - PLEYBER-CHRIST</b>  <i>Par une matinée de vent fort, 3 morceaux de pales d'éolienne (2 de 2,5 m et 1 de 1,5 m) sont retrouvés dans un champ. Aucun blessé n'est déplorer. L'enchaînement de cet accident et d'un autre similaire survenu 2 semaines plus tôt (ARIA 42887) conduit le tribunal administratif de Rennes à annuler en 2005 le permis de construire délivré en 2001. Le site est démantelé en novembre 2011.</i></p>										
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 Jeumont	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	-
<p>➤ <b>Accident N°29385 - 22/12/2004 à MONTJOYER (26)</b>  <i>« A la suite d'un dysfonctionnement du dispositif de freinage d'une éolienne, de la fumée et un bruit inhabituel sont perceptibles. Les pompiers envoient 2 fourgons pompes sur les lieux et installent un périmètre de sécurité. Ils constatent que les 3 pales de l'éolienne se sont brisées, 2 sont tombées au sol désintégrées et la 3ème qui est cassée pend. La mise en sécurité est effective après l'arrêt de toutes les éoliennes par l'exploitant ; il n'y a aucune victime sur les lieux. En matière de sécurité une règle locale prévoit de respecter une distance de sécurité entre les voies de circulation et les installations d'éoliennes. Chaque éolienne développe 750 kW et est connectée au réseau 20 000 V. »</i>  Ce parc de Montjoyer-Rochefort est équipé de 23 éoliennes de type J48/750 (cf. ci-dessus).</p>										
Rupture de pale	2005	Wormhout	Nord	0,4	1997	Non	Bris de pale		Site Vent de Colère	Information peu précise
Chute de pale	08/10/2006	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2004	Non Wind-master	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	Base de données ARIA	-

TYPE D'ACCIDENT	DATE	NOM DU PARC	DEPARTEMENT	PUISSANCE (EN MW)	MISE EN SERVICE	TECHNOLOGIE RECENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT A L'UTILISATION DANS L'ETUDE DE DANGERS
<p>➤ <b>N°42891 - 07/10/2006 - FRANCE - 29 - PLEYBER-CHRIST</b>  <i>Une pale d'une des 5 éoliennes d'un parc se décroche et chute au sol, sans faire de victime. Deux autres évènements de ce type ont déjà affecté ces aérogénérateurs en 2004 (ARIA 42887 et 42889). L'accident se produit alors que le permis de construire du site a été annulé et qu'une nouvelle demande est en cours d'instruction. Le parc sera finalement démantelé en 2011.</i></p>										
Incendie	18/11/2006	Roquetailla de	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	Base de données ARIA	-
<p>➤ <b>N°42909 - 18/11/2006 - FRANCE - 11 - ROQUETAILLADE</b>  <i>Vers minuit, un incendie sur deux aérogénérateurs provoque la mise à l'arrêt de l'ensemble du parc éolien (par le système de contrôle automatique). Des chasseurs passant sur place le lendemain donnent l'alerte. Le feu est d'origine criminelle : des saboteurs sont entrés par effraction dans les mâts pour y placer des bouteilles de gaz de 13 kg, des pneus et des hydrocarbures. L'une des nacelles est totalement détruite. Sur l'autre, l'explosion de bouteille de gaz a propulsé une tôle de protection de la nacelle à 50 m et aurait soufflé les flammes. Les dégâts sont estimés à 2 millions d'€. Suite à l'accident, de nombreux détecteurs de présence sont installés sur le site. Les deux éoliennes sont reconstruites 2 ans plus tard dans le cadre de travaux d'extension du parc.</i></p>										
Effondrement	03/12/2006	Bondues	Nord	0,08	1993	Non Lagerwey	Sectionnement du mât puis effondrement d'une éolienne dans une zone industrielle	Tempête (vents mesurés à 137Kmh)	Base de données ARIA	-
<p>➤ <b>N°42895 - 03/12/2006 - FRANCE - 59 - BONDUES</b>  <i>Une éolienne de 30 m de haut s'effondre sur la grille d'entrée d'une zone industrielle peu avant midi. L'accident ayant eu lieu un week-end, aucune victime n'est à déplorer. La machine installée depuis 13 ans avait fait l'objet d'un contrôle approfondi 5 mois plus tôt. Sectionnée à la base, elle doit être démontée et évacuée. Selon l'exploitant, la rupture se serait produite au cours de violentes rafales de vent. Ministère du développement durable - DGPR / SRT / BARPI - Page 6</i></p>										
Chute 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)

TYPE D'ACCIDENT	DATE	NOM DU PARC	DEPARTEMENT	PUISSANCE (EN MW)	MISE EN SERVICE	TECHNOLOGIE RECENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT A L'UTILISATION DANS L'ETUDE DE DANGERS
Rupture de pale	03/2007	Clitourps	Manche	0,66	2005	Non Vestas V47 660	Rupture d'un morceau de pale de 4 m et éjection à environ 80 m de distance dans un champ	Cause pas éclaircie	Base de données ARIA	-
<p>➤ <b>N°43107 - 02/03/2007 - FRANCE - 50 - CLITOURPS</b>  <i>Une pale d'aérogénérateur se brise. Un débris long de 5 m est projeté dans un champ à 200 m du mât. Averti en fin de matinée par un riverain, le maire contacte l'exploitant du parc éolien dont les bureaux sont situés à Montpellier. Celui-ci dépêche sur site son agent de maintenance local afin d'arrêter l'éolienne endommagée qui a continué à fonctionner.</i></p>										
Chute d'élément	11/10/2007	Plouvien	Finistère	1,3	2007	Non Siemens SWT 1.3	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.	Base de données ARIA	-
<p>➤ <b>N°42896 - 11/10/2007 - FRANCE - 29 - PLOUVIEN</b>  <i>Dans la matinée, un chasseur traversant un parc d'aérogénérateurs découvre une pièce métallique de 50 cm de diamètre. Il alerte un voisin puis la gendarmerie en fin de journée. Il s'agit d'une trappe de visite de 50 cm de diamètre tombée de la nacelle d'une éolienne située 70 m plus haut. Celle-ci est mise à l'arrêt. L'exploitant identifie une défaillance de la charnière de la trappe et modifie l'ensemble des charnières du parc.</i></p>										
Emballement	10/03/2008	Dinéault	Finistère	0,3	2002	Non Wind-master 28	Emballement de l'éolienne mais pas de bris de pale	Tempête + système de freinage hors service (boulon manquant)	Base de données ARIA	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (événement unique et sans répercussion potentielle sur les personnes)

TYPE D'ACCIDENT	DATE	NOM DU PARC	DEPARTEMENT	PUISSANCE (EN MW)	MISE EN SERVICE	TECHNOLOGIE RECENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT A L'UTILISATION DANS L'ETUDE DE DANGERS
<p>➤ <b>Accident N°34340 - 10/03/2008 à DINEAULT (29)</b>  <i>« L'une des 4 éoliennes installées depuis les années 2000 sur les hauteurs de Dinéault devient incontrôlable. Des coupures de courant dues à des vents de tempête soufflant à plus 100 km/h ont effectivement endommagé le dispositif d'arrêt automatique des pales prévu en cas de vents trop violents. Un bruit assourdissant est relevé, mais toute intervention humaine se révèle trop risquée tant que la tempête ne s'est pas calmée. En accord avec les services préfectoraux et la gendarmerie, la municipalité prend un arrêté pour établir un large périmètre de sécurité autour de l'installation et interdire les accès piéton et la circulation, aucune habitation n'étant implantée à proximité immédiate de ce site de production d'électricité. Chaque pale mesure 12,50 m, le risque redouté étant que l'une d'entre elles se détache et soit projetée au loin sous les bourrasques de vent. L'une de ces pales avait d'ailleurs commencé à se plier, risquant de frotter contre le mât. »</i></p>										
Collision avion	04/2008	Plouguin	Finistère	2	2004	Non	Léger choc entre l'aile d'un bimoteur Beechcraft (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)	Base de données ARIA	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident aéronautique)
<p>➤ <b>N°42884 - 04/04/2008 - FRANCE - 29 - PLOUGUIN</b>  <i>Dans l'après-midi, l'aile d'un bimoteur de tourisme léger heurte une pale d'éolienne. Aucun blessé n'est à déplorer. Le pilote, unique passager de l'appareil, réussit à atterrir sur l'aéroport de Brest-Guivapas et déclare l'incident aux autorités de l'aviation civile. Les gendarmes localisent l'éolienne et l'entreprise chargée de sa maintenance est contactée pour l'arrêter et pratiquer une expertise. Les mauvaises conditions météo (selon la préfecture, des "entrées maritimes" rendaient les conditions de vol difficile) ont conduit le pilote à voler au-dessous de l'altitude autorisée.</i></p>										
Rupture de pale	19/07/2008	Erize-la-Brûlée - Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Oui Gamesa G90	Chute de pale et projection de morceaux de pale suite à un coup de foudre	Foudre + défaut de pale	Base de données ARIA	-
<p>➤ <b>N°42904 - 19/07/2008 - FRANCE - 55 - ERIZE-LA-BRULÉE</b>  <i>En fin d'après-midi, une trentaine de débris en fibre de verre est retrouvée au sol à 150 m d'un éolienne. Le maire prévient la préfecture de la Meuse et la Protection civile vers 19h15 et l'équipe de permanence de la société exploitant le parc arrête l'éolienne à 19h45. Les projectiles, dont le plus gros mesure 5 m de long et pèse 50 kg, proviennent de l'extrémité d'une pale touchée par la foudre.</i></p>										
Incendie	28/08/2008	Vauvillers	Somme	2	2006	Oui Vestas V80 2.0	Incendie de la nacelle	Problème au niveau d'éléments électroniques	Base de données ARIA	-

TYPE D'ACCIDENT	DATE	NOM DU PARC	DEPARTEMENT	PUISSANCE (EN MW)	MISE EN SERVICE	TECHNOLOGIE RECENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT A L'UTILISATION DANS L'ETUDE DE DANGERS
<p>➤ <b>N°43109 - 21/08/2008 - FRANCE - 80 - VAUVILLERS</b>  <i>Un incendie se déclare dans la matinée sur des éléments électroniques dans la nacelle d'une éolienne. Par manque de combustible, les flammes s'éteignent avant l'arrivée des secours. L'éolienne dont le mât mesure 100 m de haut est détruite mais la vingtaine d'autres générateurs du parc continue à fonctionner sans incidence sur le réseau de distribution d'électricité.</i></p>										
Chute 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	Non Neg Micon	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)
<p>➤ <b>Accident N°35814 - 26/01/2009 à CLASTRES (02)</b>  <i>« Deux techniciens sont électrisés vers 19 h lors de la maintenance de compteurs électriques implantés au 1er niveau d'une éolienne. Gravement brûlés au 3ème degré et sur plus de 50 % du corps, ils sont transportés à l'hôpital en ambulance escortée par la gendarmerie, l'hélicoptère des secours ne pouvant décoller en raison des conditions météorologiques. Les 2 employés portaient leur harnais de sécurité et les compteurs étaient accessibles par un escalier extérieur. Une enquête est effectuée pour déterminer les conditions de l'accident. »</i></p>										
Rupture de pale	08/06/2009	Bollène	Vaucluse	2,3	2009	Oui	Bout de pale d'une éolienne ouvert	Coup de foudre sur la pale	Interne exploitant	Non utilisable dans les chutes ou les projections (la pale est restée accrochée)
Incendie	21/10/2009	Froidfond - Espinassière	Vendée	2	2006	Oui	Incendie de la nacelle	Court-circuit dans transformateur sec embarqué en nacelle ?	Base de données ARIA	-



TYPE D'ACCIDENT	DATE	NOM DU PARC	DEPARTEMENT	PUISSANCE (EN MW)	MISE EN SERVICE	TECHNOLOGIE RECENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT A L'UTILISATION DANS L'ETUDE DE DANGERS
<p>➤ <b>N°42906 - 21/10/2009 - FRANCE - 85 - FROIDFOND</b>  <i>Un feu se déclare vers 20 h sur l'une des 9 éoliennes de 2 MW d'un parc mis en service 3 ans plus tôt. Les aérogénérateurs sont mis à l'arrêt par le système de contrôle automatique. Les pompiers éteignent l'incendie à 23 h. L'exploitant précise dans un communiqué de presse qu'à l'exception de l'éolienne détruite, aucun autre dommage n'a été observé. Un court-circuit dans le transformateur sec embarqué en nacelle serait à l'origine du sinistre.</i></p>										
Incendie	30/10/2009	Freyssenet	Ardèche	2	2005	Oui Vestas	Incendie de la nacelle	Court-circuit faisant suite à une opération de maintenance (problème sur une armoire électrique)	Base de données ARIA	-
<p>➤ <b>Accident N°37601 - 30/10/2009 à FREYSSENET (07)</b>  <i>« Un feu se déclare vers 18h20 au sommet du rotor d'une éolienne de 70 m de haut, mise en service en 2005. Les secours n'engagent pas de moyens d'extinction mais mettent en place un périmètre de sécurité de 250 m et surveillent l'évolution du sinistre. Le matériel, en fibre de carbone et de verre, fond sous l'effet de la chaleur en dégageant de la fumée et en générant des nuisances olfactives perceptibles dans la vallée de l'Ouvèze. Devant le risque de détachement des pales, le lieu est sécurisé et la circulation interrompue sur la route proche pendant une semaine. Le réseau électrique de l'ensemble du parc éolien (5 aérogénérateurs) est coupé, empêchant le fonctionnement des signaux lumineux préventifs pour les avions. Selon l'exploitant, un court-circuit faisant suite à une opération de maintenance serait à l'origine du sinistre. »</i></p>										
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	-

TYPE D'ACCIDENT	DATE	NOM DU PARC	DEPARTEMENT	PUISSANCE (EN MW)	MISE EN SERVICE	TECHNOLOGIE RECENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT A L'UTILISATION DANS L'ETUDE DE DANGERS
Incendie	19/09/2010	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75	2004	Non Jeumont	Emballlement de deux éoliennes et incendie des nacelles.	Maintenance en cours, problème de régulation, freinage impossible, évacuation du personnel, survitesse de +/- 60 tr/min	Base de données ARIA	-
<p>➤ <b>Accident N° 38999 – 19/09/2010 à Rochefort en Valdaire (26).</b>  <i>Vers 10 h un feu se déclare simultanément sur 2 éoliennes hautes de 45 m et distantes de 3 km. L'une se disloque et projette des débris entraînant 2 incendies de végétation sur 3 500 et 1 500 m². Les pompiers établissent un périmètre de sécurité et éteignent les flammes vers 11 h. Des techniciens de maintenance se rendent sur place. Selon les secours qui ont constaté de forts coups de vent ce jour-là, le dysfonctionnement des freins hydrauliques automatiques sur 2 éoliennes aurait conduit à leur emballlement et à l'incendie. Ce dispositif de sécurité a fonctionné correctement sur les 23 autres appareils du parc. La presse rapporte un incident avec projection de débris sur le même site le 22/12/04. Les pompiers font état d'un éloignement important des points d'eau (8km), de l'inadéquation de leurs moyens urbains ne permettant pas l'accès aux principaux éléments situés en hauteur et de la nécessité de procédures et de consignes opérationnelles adaptées à ce type d'installations</i>  Les deux éoliennes se seraient emballées en raison de forts vents et suite à un dysfonctionnement du système de freinage, ce qui aurait entraîné une surchauffe à l'intérieur de la nacelle puis un départ de feu. Cet incident n'a engendré aucun dommage matériel (en dehors des éoliennes) ni humain. Les deux éoliennes endommagées, hautes de 45 mètres et distantes l'une de l'autre d'environ 3 km font partie du parc de Montjoyer-Rochefort équipé de 23 éoliennes de type J48/750 (Jeumont, 750 kW). Ce parc a été mis en service fin 2004. Un incident similaire s'était déjà produit sur ce parc en décembre 2004 (cf. ci-dessous accident de Montjoyer). Les éoliennes J48 ont été construites par Jeumont-Framatome (filiale d'AREVA). Il s'agit de machines d'ancienne génération de type <i>Stall</i> (freinage par décrochage aérodynamique) de technologie française. La production des J48/750 est aujourd'hui arrêtée.</p>										
Maintenance	15/12/2010	Pouillé-les-Côteaux	Loire Atlantique	2,3	2010	Oui Enercon E70 2.3 MW	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.		Base de données ARIA	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
<p>➤ <b>Accident N° 39464 – 15/12/2010 à POUILLE-LES-COTEAUX (44)</b>  « A 10 h, un employé chargé de la maintenance d'une éolienne fait une chute de 3 m à l'intérieur de la nacelle, située à 98 m du sol. Le technicien est gravement blessé au dos mais ne présente ni fracture ni atteinte de la moelle épinière. Une équipe du GRIMP l'évacue par l'extérieur de l'éolienne et le transfère dans un hôpital à Nantes »</p>										

TYPE D'ACCIDENT	DATE	NOM DU PARC	DEPARTEMENT	PUISSANCE (EN MW)	MISE EN SERVICE	TECHNOLOGIE RECENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT A L'UTILISATION DANS L'ETUDE DE DANGERS
Transport	10/02/2011	Non communiqué	Seine-Maritime	-	-	-	Lors du levage d'éléments d'éoliennes, 1 docker intérimaire est tué, écrasé entre 2 pylônes.	Non précisée	Base de données ARIA	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident de transport hors site éolien)
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	04/01/2012	Widehem	Pas-de-Calais	0,75	2000	Non Jeumont	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	Base de données ARIA	-

TYPE D'ACCIDENT	DATE	NOM DU PARC	DÉPARTEMENT	PUISSANCE (EN MW)	MISE EN SERVICE	TECHNOLOGIE RECENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DÉGATS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT A L'UTILISATION DANS L'ETUDE DE DANGERS
<p>➤ <b>Accident N°41578 - 04/01/2012 - FRANCE - 62 - WIDEHEM</b></p> <p>Alors que le vent souffle en rafales à plus de 100 km/h, les 6 éoliennes d'un parc se mettent en arrêt de sécurité vers 20h50. Sur l'une d'elles, une pale se disloque, percute le mât puis une seconde pale. Des débris sont projetés à 160° jusqu'à 380 m sur 4,3 ha. Des usagers de l'A16 voisine signalent l'accident à l'aube. Sur place à 8h30, la force publique met en place un périmètre de sécurité. La vitesse sur l'autoroute est localement réduite à 90 km/h. La dépose des pales endommagées débute le 09/01. Les 5,4 t de déchets industriels banals, soit 35 m<sup>3</sup>, sont éliminées par la filière adaptée.</p> <p>Un arrêté préfectoral impose le maintien à l'arrêt des installations dans l'attente d'une réparation et d'essais confirmant leur sécurité. Les pertes matérielles sont estimées à 800 kEuros. Le manque à gagner se monte à 20 kEuros par semaine d'arrêt. Juste avant l'accident, une perte d'alimentation sur le réseau 20 kV pendant 300 ms a provoqué l'indisponibilité prolongée du poste source alimentant le site. Cette coupure électrique a déclenché la mise en sécurité passive des éoliennes (ouverture des électrovannes commandant le circuit hydraulique de freinage). Selon l'exploitant, les violentes rafales instantanées (150 km/h) enregistrées le 3/01 ont pu endommager la pale en générant des efforts excédant les valeurs admissibles. Les fortes contraintes mécaniques lors de l'arrêt brutal de la rotation auraient alors déclenché sa dislocation. L'intrados de la pale se serait séparé de l'extrados avant de percuter le mât puis l'autre pale. L'éolienne détruite était également la seule du parc dépourvue de dispositif de ralentissement aérodynamique en bout de pale actionné par la force centrifuge. Elle en sera désormais équipée. Ce système protège mécaniquement les pales en réduisant la vitesse de rotation avant l'activation du frein hydraulique. Suite à l'accident, la vitesse de bridage des éoliennes est par ailleurs temporairement abaissée de 25 à 19 m/s. Ce modèle d'éolienne installé au début des années 2000 est impliqué dans au moins 2 autres accidents (ARIA 29385 et 38999).</p>										
Maintenance	06/02/2012	Lehacourt-Gricourt	Aisne	2	2008	Oui Vestas V80 2 MW	Lors d'une opération de maintenance dans la nacelle, un arc électrique (690 V) blesse deux sous-traitants, l'un gravement et l'autre légèrement.	Non précisée	Base de données ARIA	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
<p>➤ <b>Accident N°41628 - 06/02/2012 - FRANCE - 02 - LEHAUCOURT</b></p> <p>Vers 11 h au cours d'une opération de maintenance dans la nacelle d'une éolienne de 100 m de hauteur, un arc électrique (690 V) blesse deux sous-traitants, l'un gravement (brûlures aux mains et au visage) et l'autre légèrement (brûlures aux mains). Les 2 victimes descendent par leurs propres moyens. Les pompiers hospitalisent l'employé le plus gravement atteint et s'assurent qu'il n'y a plus de risque dans la nacelle. Le maire s'est rendu sur place. La gendarmerie et l'inspection du travail effectuent des enquêtes. Les victimes portaient leurs EPI lors des faits. Un accident similaire s'était produit en 2009 (ARIA 35814).</p>										
Rupture de pale	11/04/2012	Corbières-Maritimes	Aude	0,66	2000	Non	Projection à 20 m d'un débris de pale long de 15 m. Aucun blessé et aucun dégât matériel (en dehors de l'éolienne).	Foudre	Base de données ARIA	-

TYPE D'ACCIDENT	DATE	NOM DU PARC	DEPARTEMENT	PUISSANCE (EN MW)	MISE EN SERVICE	TECHNOLOGIE RECENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT A L'UTILISATION DANS L'ETUDE DE DANGERS
<p>➤ <b>N°43841 - 11/04/2012 - FRANCE - 11 - SIGEAN</b></p> <p>Une éolienne se met en arrêt automatique suite à l'apparition d'un défaut à 10 h. Des agents de maintenance la réarment à 12h14. Un défaut de vibration apparaît 11 minutes plus tard. Sur place, les techniciens constatent la présence d'un impact sur le mât et la projection à 20 m d'un débris de pale long de 15 m. Un périmètre de sécurité de 100 m est mis en place et l'éolienne est mise en sécurité (pales en drapeau). Au moment de l'accident, la vitesse du vent était de 10 à 12 m/s. L'inspection des installations classées a été informée. L'expertise d'assurance attribue l'accident à un impact de foudre sur l'éolienne. Un an plus tard, celle-ci est toujours arrêtée.</p>										
Chute de pale	18/05/2012	Chemin d'Ablis	Eure-et-Loir	2	2008	Oui Repower MM92 2.0	Une des trois pales de l'éolienne s'est décrochée. Aucun blessé et aucun dégât matériel (en dehors de l'éolienne).	Rupture du roulement qui raccordait la pale au rotor. Présence de traces de corrosion.	Base de données ARIA	-
<p>➤ <b>Accident N°42919 - 18/05/2012 - FRANCE - 28 - FRESNAY-L'EVEQUE</b></p> <p>Dans un parc de 26 éoliennes de 2 MW mis en service en 4 ans plus tôt, la détection vers 3 h par le système de supervision d'une oscillation anormale d'un aérogénérateur provoque sa mise à l'arrêt. L'équipe de maintenance d'astreinte constate à 8 h la chute d'une pale (9 t, 46 m) au pied de l'installation et la rupture du roulement qui raccordait la pale au hub. Le pied de mat se situe à 190 m de la D389 et à 400 m de l'A10. L'inspection des installations classées se rend sur place le 23/08. L'analyse des relevés des capteurs et des compte-rendus d'entretien ne révèle aucune anomalie ni signe précurseur (contraintes anormales qui auraient pu endommager le roulement, vibration suspecte avant la rupture, différence d'orientation des pales, défaut d'aspect visuel lors des contrôles...). Des traces de corrosion sont détectées dans les trous d'alésages traversant une des bagues du roulement reliant pale et hub. Selon le fabricant, cette corrosion proviendrait des conditions de production et de stockage des pièces constitutives du roulement. L'installation est remise en service fin octobre après remplacement de la pale endommagée et mise en place de nouveaux roulements possédant une protection contre la corrosion. L'exploitant met en place une détection visuelle de la corrosion dans les alésages, qu'il prévoit de remplacer à terme par un procédé instrumenté conçu spécifiquement.</p>										
Effondrement	30/05/2012	Corbières-Maritimes	Aude	0,2	1991	Non Vestas V25 200	Les rafales de vent à 130 km/h observées durant la nuit ont provoqué l'effondrement de la tour en treillis de 30 m de haut.	Tempête	Base de données ARIA	-
<p>➤ <b>Accident N°43110 - 30/05/2012 - FRANCE - 11 - PORT-LA-NOUVELLE</b></p> <p>Un promeneur signale à 7h30 la chute d'une éolienne. Les rafales de vent à 130 km/h observées durant la nuit ont provoqué l'effondrement de la tour en treillis de 30 m de haut. Construit en 1991, l'aérogénérateur de 200 kW faisait partie des premières installations de ce type en France. Il était à l'arrêt pour réparations au moment des faits. Le site, ouvert au public, est sécurisé.</p>										

TYPE D'ACCIDENT	DATE	NOM DU PARC	DEPARTEMENT	PUISSANCE (EN MW)	MISE EN SERVICE	TECHNOLOGIE RECENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT A L'UTILISATION DANS L'ETUDE DE DANGERS
Rupture de pale	01/11/2012	Rézentières - Vieillespessè	Cantal	2,5	2011	Oui Nordex N90 2.5	Un élément de 400 g constitutif d'une pale d'éolienne est projeté à 70 m du mât.	Non précisée	Base de données ARIA	-
<p>➤ <b>Accident N°43120 - 01/11/2012 - FRANCE - 15 - VIEILLESPESSÈ</b>  <i>Un élément de 400 g constitutif d'une pale d'éolienne est projeté à 70 m du mât, à l'intérieur de la parcelle clôturée du parc de 4 aérogénérateurs de 2,5 MW mis en service en 2011.</i></p>										
Incendie	05/11/2012	Corbières-Maritimes	Aude	0,66	2000	Non Vestas V47 660	L'incendie s'est déclaré en partie basse de l'éolienne. Les flammes ont ensuite atteint la nacelle.	Non précisée	Base de données ARIA	-
<p>➤ <b>Accident N°43228 - 05/11/2012 - FRANCE - 11 - SIGEAN</b>  <i>Un feu se déclare vers 17 h sur une éolienne de 660 kW au sein d'un parc éolien ; un voisin donne l'alerte à 17h30. Des projections incandescentes enflamment 80 m² de garrigue environnante. Les pompiers éteignent l'incendie vers 21h30. L'exploitant met en place un balisage de sécurité à l'aube le lendemain. A la suite de la chute d'une pale à 15h20, un gardiennage 24 h / 24 est mis en place. Le 08/11, la municipalité interdit par arrêté l'accès au chemin menant à l'éolienne. Le feu s'est déclaré en partie basse de l'éolienne (transformateur ou armoire basse tension). Les flammes ont ensuite atteint la nacelle, sans doute en se propageant le long des câbles électriques (non résistants au feu) à l'intérieur du mât. Un dysfonctionnement du frein de l'éolienne à la suite de la perte des dispositifs de pilotage résultant de l'incendie en pied pourrait avoir agi comme circonstance aggravante. Cet accident met en lumière la nécessité tenue au feu des câbles, les possibilités de sur accident (propagation de l'incendie à la végétation environnante, chute de pale) et des pistes d'amélioration dans la détection et la localisation des incendies d'éoliennes, ainsi que dans la réduction des délais d'intervention.</i></p>										
Chute de pale	06/03/2013	Escales-Conilhac	Aude	0,75	2003	Non Jeumont J48 750	Une des trois pales de l'éolienne s'est décrochée. Aucun blessé et aucun dégât matériel (en dehors de l'éolienne).	Problème de fixation de la pale.	Base de données ARIA	-

TYPE D'ACCIDENT	DATE	NOM DU PARC	DEPARTEMENT	PUISSANCE (EN MW)	MISE EN SERVICE	TECHNOLOGIE RECENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT A L'UTILISATION DANS L'ETUDE DE DANGERS
<p>➤ <b>N°43576 - 06/03/2013 - FRANCE - 11 - CONILHAC-DE-LA-MONTAGNE</b></p> <p><i>A la suite d'un défaut de vibration détecté à 19h05, une éolienne se met automatiquement à l'arrêt. Sur place le lendemain à 9 h, des techniciens du constructeur trouvent au sol l'une des 3 pales qui s'est décrochée avant de percuter le mât. L'éolienne est mise en sécurité (2 pales restantes mises en drapeau, blocage du rotor, inspection du moyeu). Un périmètre de sécurité de 30 m est établi au pied de l'éolienne et la municipalité interdit l'accès à la zone. L'accident est déclaré à l'inspection des installations classées 48 h plus tard. L'une des pales de cette éolienne avait déjà connu un problème de fixation en novembre 2011. Les fixations de cette pale au moyeu avaient été remplacées et le serrage des vis des 2 autres avait été contrôlé en avril 2012. La veille du défaut de vibration, la machine s'était arrêtée après la détection d'un échauffement du frein et d'une vitesse de rotation excessive de la génératrice. Un technicien l'avait remise en service le matin même de l'accident sans avoir constaté de défaut.</i></p>										
Incendie	17/03/2013	Fère-Champenoise-Euvy-Corroy	Marne	2,5	2011	Oui GE 100 2.5	L'incendie s'est déclaré dans la nacelle de l'éolienne. L'incendie a entraîné la chute d'une des trois pales.	Non communiquée	Base de données ARIA	-
<p>➤ <b>N°43630 - 17/03/2013 - FRANCE - 51 - EUVY</b></p> <p><i>Des usagers de la N4 signalent vers 15h30 un feu dans la nacelle d'une éolienne. L'exploitant arrête 7 des 18 aérogénérateurs du parc. Un périmètre de sécurité de 150 m est mis en place. Le sinistre émet une importante fumée. Une des pales tombe au sol, une autre menace de tomber. Des pompiers spécialisés dans l'intervention en milieux périlleux éteignent le feu en 1 h. 450 l d'huile de boîte de vitesse s'écoulent, conduisant l'exploitant à faire réaliser une étude de pollution des sols. Les maires des communes voisines se sont rendus sur place. Au moment du départ de feu, le vent soufflait à 11 m/s. La puissance de l'éolienne était proche de sa puissance nominale. La gendarmerie évoque une défaillance électrique après avoir écarté la malveillance. Le parc, mis en service en 2011, avait déjà connu un incendie quelques mois plus tôt selon la presse. Les 18 machines sont inspectées. A la suite de l'accident, l'exploitant et la société chargée de la maintenance étudient la possibilité d'installer des détecteurs de fumées dans les éoliennes</i></p>										
Foudre	20/06/2013	Labastide-sur-Besorgues	07			Oui Enercon E44 900	Pale déchirée par la foudre	Foudre	Base de données ARIA	
<p>➤ <b>N°45016 - 20/06/2013 - FRANCE - 07 - LABASTIDE-SUR-BESORGUES</b></p> <p><i>Un impact de foudre endommage vers 15h30 une éolienne : une pale est déchirée sur 6 m de longueur, le boîtier basse tension et le parafoudre en tête d'installation au poste de livraison sont détruits. Des installations du réseau électrique et téléphonique sont également endommagées. L'éolienne est mise en sécurité et un périmètre de sécurité est établi. La municipalité, l'aviation civile (défaut de balisage), les services de l'électricité et du téléphone, la société en charge de la maintenance et l'inspection des installations classées sont informés. L'impact enregistré le plus proche de l'éolienne au moment de l'orage est donné avec une intensité de 94 kA. L'exploitant change les 3 pales et redémarre l'éolienne le 02/08/13. Le fabricant de l'éolienne indique que ce type d'incident est exceptionnel (incursion d'un arc électrique dans la pale conduisant à une montée en pression de l'air intérieur), aucune dérive fonctionnelle du système parafoudre n'ont été trouvées.</i></p>										

TYPE D'ACCIDENT	DATE	NOM DU PARC	DEPARTEMENT	PUISSANCE (EN MW)	MISE EN SERVICE	TECHNOLOGIE RECENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT A L'UTILISATION DANS L'ETUDE DE DANGERS
Maintenance	01/07/2013	Haut-Languedoc	Hérault	1,3	2006	Non Siemens SWT62	Un opérateur remplissant un réservoir d'azote sous pression dans une éolienne est blessé par la projection d'un équipement.	Erreur de maintenance	Base de données ARIA	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
<p>➤ <b>N°44150 - 01/07/2013 - FRANCE - 34 - CAMBON-ET-SALVERGUES</b></p> <p><i>Au cours d'une opération de maintenance dans le hub d'une éolienne (nez qui sert de local technique), un opérateur est blessé par la projection d'une partie amovible de l'équipement sur lequel il intervient. L'intervention porte sur l'appoint en azote d'un accumulateur sous pression. Cet accumulateur est un cylindre de 10 L comportant deux compartiments : l'un contient de l'huile reliée au circuit hydraulique des pales de l'éolienne et l'autre de l'azote sous environ 100 bar de pression. Alors qu'il a terminé l'opération de remplissage du compartiment azote, pour laquelle il a positionné un outillage spécifique sur un raccord de l'accumulateur, le technicien de maintenance dévisse la vanne d'isolement de l'accumulateur, au lieu de l'embout de l'outillage. Une dépressurisation brutale de l'azote se produit, projetant une partie de la vanne au visage de l'opérateur ce qui lui brise le nez et plusieurs dents. L'inhalation du gaz provoque également un décollement de l'œsophage. L'opérateur est aidé par un collègue pour descendre de la nacelle puis hospitalisé. La gendarmerie place l'accumulateur de gaz sous scellé pour expertise. Le risque que représente le dévissage de cette vanne d'isolement alors que l'accumulateur contient du gaz sous pression a été identifié par le fabricant. La parade de conception mise en œuvre consiste à réaliser sur la visserie de la vanne une petite perforation destinée à alerter l'opérateur : un sifflement et une formation de glace liée à l'échappement du gaz se produisent 4 tours et demi avant le dévissage total de la vanne et son éventuelle projection. L'analyse de l'exploitant lui permet de réaliser les constats suivants : le dispositif d'alerte (perforation de la visserie) de l'accumulateur sur lequel s'est produit l'accident était opérationnel cependant la procédure d'intervention ne mentionnait ni l'existence, ni la signification de ce signal d'alerte. L'expertise réalisée sur l'équipement ne fait ressortir aucun constat de dégradation du matériel. Les causes de cet accident semblent donc directement liées des défaillances organisationnelles : la conscience des risques associés aux interventions sur des équipements sous pression, la formation de l'intervenant à sa tâche pression et les procédures opérationnelles n'étaient pas suffisamment robustes. Suite à cet accident l'exploitant modifie ses procédures de maintenance et renforce la formation des techniciens sur les aspects risques. Pour l'heure, il suspend les opérations de remplissage des accumulateurs dans les hub d'éolienne et fait réaliser cette opération en atelier. Une modification des accumulateurs est également envisagée pour utiliser des modèles avec vanne intégrée.</i></p>										
Maintenance	03/08/2013	Moréac	Morbihan	0,04	2000	Non	Une nacelle élévatrice utilisée pour une intervention de maintenance sur une éolienne perd 270 l d'huile hydraulique.	Erreur de maintenance	Base de données ARIA	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (événement unique et sans répercussion potentielle sur les personnes)
Incendie	09/01/2014	Vent de Thiérache 02	Ardenne s	2,5	2013	Oui Nordex N100 2.5	L'incendie s'est déclaré dans la tour de l'éolienne, au niveau des câbles de puissance puis s'est propagé le long du mât pour atteindre la nacelle qui a pris feu.	Défaillance électrique	Base de données ARIA	-



TYPE D'ACCIDENT	DATE	NOM DU PARC	DEPARTEMENT	PUISSANCE (EN MW)	MISE EN SERVICE	TECHNOLOGIE RECENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT A L'UTILISATION DANS L'ETUDE DE DANGERS
<p>➤ <b>N°44831 - 09/01/2014 - FRANCE - 08 - ANTHENY</b></p> <p><i>Un feu se déclare vers 18 h au niveau de la partie moteur d'une éolienne de 2,5 MW. Le parc éolien est isolé électriquement. Un périmètre de sécurité de 300 m est instauré. Le feu s'éteint de lui-même vers 20 h. La nacelle est détruite, le rotor est intact. Le balisage aéronautique de la machine étant hors-service, les services de l'aviation civile sont alertés. La presse évoque un incident électrique pour expliquer le départ de feu. L'éolienne sinistrée est démantelée le 17/06 par basculement à l'explosif. Cette opération nécessite la mise en place d'un périmètre de sécurité d'un kilomètre.</i></p>										
Chute de pale	20/01/2014	Corbières-Maritimes	Aude	0,660	2000	Non Vestas V39	Une des trois pales de l'éolienne s'est décrochée. Aucun blessé et aucun dégât matériel (en dehors de l'éolienne).	Problème de fixation de la pale.	Base de données ARIA	-
<p>➤ <b>N°44870 - 20/01/2014 - FRANCE - 11 - SIGEAN</b></p> <p><i>Une des éoliennes d'un parc s'arrête automatiquement à 3h09 à la suite d'un défaut "vibration". Sur place à 9h30, les techniciens de maintenance (assurée par le fabricant des éoliennes) retrouvent une pale de 20 m au pied du mât. Les 2 autres pales sont toujours en place. Un périmètre de sécurité de 100 m est établi autour de l'éolienne et surveillé par une société de gardiennage pour éviter l'intrusion de tiers. L'ensemble des machines du parc est mis à l'arrêt pour inspection puis redémarré, à l'exception de l'éolienne endommagée dont la pale sera remplacée. L'exploitant informe l'inspection des installations classées ainsi que la mairie et déclare le sinistre auprès de ses assureurs dans l'après-midi. Le morceau de pale détaché est évacué du site en vue d'une expertise. Lors de l'accident le vent soufflait entre 18 m/s et 22 m/s. L'expertise identifie la cause directe de la chute de la pale : des fissures sont détectées sur la pièce en aluminium appelée "alu ring", située à la base de la pale. Cette pièce sert de jonction entre la pale en fibre de verre et le moyeu métallique. Toutes les éoliennes du parc, sauf une, sont équipées de cette pièce. Avant remise en service du parc (qui avait été mis à l'arrêt suite à l'incident), des contrôles ultrasonores sont réalisées sur l'ensemble des pièces "alu ring". 2 pales sont maintenues à l'arrêt à cause de la découverte d'une fissuration avancée de cette pièce. L'exploitant prévoit le remplacement, d'ici fin 2014, des pales des éoliennes à l'arrêt par des pièces faisant l'objet d'un nouveau design. Les autres feront l'objet d'un contrôle périodique afin de suivre l'évolution des fissures et de pouvoir programmer, le cas échéant, le remplacement ou la réparation des pales défectueuses.</i></p>										
Chute de pale	14/11/2014	St-Cirgues-en-Montagne	07			Oui Servion MM82	Chute d'une pale lors d'un orage. Débris projetés à 150 m	Expertise	Base de données ARIA	
<p>➤ <b>N°45960 - 14/11/2014 - FRANCE - 07 - SAINT-CIRGUES-EN-MONTAGNE</b></p> <p><i>La pale d'une éolienne chute vers 15h10 lors d'un orage. Des rafales de vent atteignent les 130 km/h. L'élément principal chute au pied de l'éolienne, mais certains débris sont projetés à 150 m. Les secours établissent un périmètre de sécurité et ferment la voie d'accès. L'exploitant sécurise la pale endommagée et bloque la rotation de la nacelle. L'installation est expertisée et les 8 autres éoliennes du parc sont inspectées.</i></p>										
Projection d'élément	05/12/2014	Fitou	11			Non Nordex N60 1.3	Extrémité d'une pale projetée à 80 m	Décollement de fibre de verre	Base de données ARIA	-

TYPE D'ACCIDENT	DATE	NOM DU PARC	DEPARTEMENT	PUISSANCE (EN MW)	MISE EN SERVICE	TECHNOLOGIE RECENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT A L'UTILISATION DANS L'ETUDE DE DANGERS
<p>➤ <b>N°46030 - 05/12/2014 - FRANCE - 11 - FITOU</b>  A leur arrivée dans un parc éolien, des techniciens de maintenance constatent que l'extrémité d'une pale d'une éolienne est au sol. Il s'agit d'une des 2 parties de l'aérofrein de la pale. Cette partie, en fibre de verre, mesure 3 m de long. Elle est retrouvée à 80 m du mât. La seconde partie de l'aérofrein constitue sa partie mécanique interne. Ces éléments là sont encore en place sur la pale. L'éolienne est arrêtée et mise en sécurité, la pale endommagée vers le bas. L'exploitant effectue une inspection visuelle des pales des 8 autres éoliennes du parc. En première approche, l'exploitant attribue l'incident à une défaillance matérielle ou à un décollement sur les plaques en fibre de verre. Les morceaux récupérés au sol sont envoyés au centre de maintenance de l'exploitant pour expertise.</p>										
Incendie	29/01/2015	Remigny	02			Oui Siemens SWT 2.3	Incendie en phase de test avant mise en service	Défaut d'isolation	Base de données ARIA	Phase de test
<p>➤ <b>N°46304 - 29/01/2015 - FRANCE - 02 - REMIGNY</b>  A 6h25 un feu se déclare dans une éolienne. Celle-ci est automatiquement mise à l'arrêt sur alarme du détecteur de fumée. Sur place à 7h30, des employés constatent la présence de flammes et de fumée. Ils alertent les pompiers. A cause des fumées, ces derniers ne parviennent pas à approcher de la source de l'incendie. Ils doivent attendre leur dissipation. A 9h20 ils réussissent à progresser dans l'éolienne et éteignent l'incendie. Les dommages matériels sont estimés à 150 ke. Les 1 500 l d'eau utilisés pour le nettoyage sont pompés. Un défaut d'isolation au niveau des connexions des conducteurs de puissance serait à l'origine du sinistre. Le câble mis en cause assure la jonction entre la base et le haut de la tour. Ce défaut aurait provoqué un arc électrique entre 2 phases ce qui aurait initié l'incendie. L'éolienne n'était pas encore en exploitation, mais en phase de test. L'exploitant prévoit de tester la qualité de l'isolation de tous les câbles de puissance avant la mise en service. Il prévoit également de réaliser des mesures thermiques sur tous les câbles de puissance à 80% de leur charge nominale.</p>										
Incendie	06/02/2015	Lusseray	79			Enercon E82	Départ de feu dans une armoire électrique	Court-circuit pendant maintenance	Base de données ARIA	Maintenance
<p>➤ <b>N°46237 - 06/02/2015 - FRANCE - 79 - LUSSERAY</b>  Vers 15h30, un feu se déclare dans une éolienne, au niveau d'une armoire électrique où interviennent 2 techniciens. Ces derniers éteignent l'incendie avec 2 extincteurs. L'éolienne est hors service le temps des réparations</p>										

## Annexe 5 : Scénarios génériques de l'analyse préliminaire des risques

Cette partie apporte un certain nombre de précisions par rapport à chacun des scénarios étudiés par le groupe de travail technique dans le cadre de l'analyse préliminaire des risques. Le tableau générique issu de l'analyse préliminaire des risques est présenté dans la partie VII.4. de la trame type de l'étude de dangers. Il peut être considéré comme représentatif des scénarios d'accident pouvant potentiellement se produire sur les éoliennes et pourra par conséquent être repris à l'identique dans les études de dangers.

La numérotation des scénarios ci-dessous reprend celle utilisée dans le tableau de l'analyse préliminaire des risques, avec un regroupement des scénarios par thématique, en fonction des typologies d'événement redoutés centraux identifiés grâce au retour d'expérience par le groupe de travail (« G » pour les scénarios concernant la glace, « I » pour ceux concernant l'incendie, « F » pour ceux concernant les fuites, « C » pour ceux concernant la chute d'éléments de l'éolienne, « P » pour ceux concernant les risques de projection, « E » pour ceux concernant les risques d'effondrement).

### **Scénarios relatifs aux risques liés à la glace (G01 et G02)**

#### **Scénario G01**

En cas de formation de glace, les systèmes de préventions intégrés stopperont le rotor. La chute de ces éléments interviendra donc dans l'aire surplombée par le rotor, le déport induit par le vent étant négligeable.

Plusieurs procédures/systèmes permettront de détecter la formation de glace :

- Système de détection de glace
- Arrêt préventif en cas de déséquilibre du rotor
- Arrêt préventif en cas de givrage de l'anémomètre.

Note : Si les enjeux principaux seront principalement humains, il conviendra d'évoquer les enjeux matériels, avec la présence éventuelle d'éléments internes au parc éolien (poste de livraisons, sous-stations), ou extérieurs sous le surplomb de la machine.

#### **Scénario G02**

La projection de glace depuis une éolienne en mouvement interviendra lors d'éventuels redémarrages de la machine encore « glacée », ou en cas de formation de glace sur le rotor en mouvement simultanément à une défaillance des systèmes de détection de givre et de balourd.

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

### **Scénarios relatifs aux risques d'incendie (I01 à I07)**

Les éventuels incendies interviendront dans le cas où plusieurs conditions seraient réunies (Ex : Foudre + défaillance du système parafoudre = Incendie).

Le moyen de prévention des incendies consiste en un contrôle périodique des installations.

Dans l'analyse préliminaire des risques seulement quelques exemples vous sont fournis. La méthodologie suivante pourra aider à déterminer l'ensemble des scénarios devant être regardé :

- Découper l'installation en plusieurs parties : rotor, nacelle, mât, fondation et poste de livraison ;
- Déterminer à l'aide de mot clé les différentes causes (cause 1, cause 2) d'incendie possibles.

L'incendie peut aussi être provoqué par l'échauffement des pièces mécaniques en cas d'emballement du rotor (survitesse). Plusieurs moyens sont mis en place en matière de prévention :

- Concernant le défaut de conception et fabrication : Contrôle qualité
- Concernant le non-respect des instructions de montage et/ou de maintenance : Formation du personnel intervenant, Contrôle qualité (inspections)
- Concernant les causes externes dues à l'environnement : Mise en place de solutions techniques visant à réduire l'impact. Suivant les constructeurs, certains dispositifs sont de série ou en option. Le choix des options est effectué par l'exploitant en fonction des caractéristiques du site.

L'emballlement peut notamment intervenir lors de pertes d'utilités. Ces pertes d'utilités peuvent être la conséquence de deux phénomènes :

- Perte de réseau électrique : l'alimentation électrique de l'installation est nécessaire pour assurer le fonctionnement des éoliennes (orientation, appareils de mesures et de contrôle, balisage, ...) ;
- Perte de communication : le système de communication entre le parc éolien et le superviseur à distance du parc peut être interrompu pendant une certaine durée.

Concernant la perte du réseau électrique, celle-ci peut être la conséquence d'un défaut sur le réseau d'alimentation du parc éolien au niveau du poste source. En fonction de leurs caractéristiques techniques, le comportement des éoliennes face à une perte d'utilité peut être différent (fonction du constructeur). Cependant, deux systèmes sont couramment rencontrés :

- Déclenchement au niveau du rotor du code de freinage d'urgence, entraînant l'arrêt des éoliennes ;
- Basculement automatique de l'alimentation principale sur l'alimentation de secours (batteries) pour arrêter les aérogénérateurs et assurer la communication vers le superviseur.

Concernant la perte de communication entre le parc éolien et le superviseur à distance, celle-ci n'entraîne pas d'action particulière en cas de perte de la communication pendant une courte durée.

En revanche, en cas de perte de communication pendant une longue durée, le superviseur du parc éolien concerné dispose de plusieurs alternatives dont deux principales :

- Mise en place d'un réseau de communication alternatif temporaire (faisceau hertzien, agent technique local...);
- Mise en place d'un système autonome d'arrêt à distance du parc par le superviseur.

Les solutions aux pertes d'utilités étant diverses, les porteurs de projets pourront apporter dans leur étude de dangers une description des protocoles qui seront mis en place en cas de pertes d'utilités.

### **Scénarios relatifs aux risques de fuites (F01 à F02)**

Les fuites éventuelles interviendront en cas d'erreur humaine ou de défaillance matérielle.

Une attention particulière est à porter aux mesures préventives des parcs présents dans des zones protégées au niveau environnemental, notamment en cas de présence de périmètres de protection de captages d'eau potable (identifiés comme enjeux dans le descriptif de l'environnement de l'installation). Dans ce dernier cas, un hydrogéologue agréé devra se prononcer sur les mesures à prendre en compte pour préserver la ressource en eau, tant au niveau de l'étude d'impact que de l'étude de dangers. Plusieurs mesures pourront être mises en place (photographie du fond de fouille des fondations pour montrer que la nappe phréatique n'a pas été atteinte, comblement des failles karstiques par des billes d'argile, utilisation de graisses végétales pour les engins, ...).

#### **Scénario F01**

En cas de rupture de flexible, perçage d'un contenant ..., il peut y avoir une fuite d'huile ou de graisse ... alors que l'éolienne est en fonctionnement. Les produits peuvent alors s'écouler hors de la nacelle, couler le long du mât et s'infiltrer dans le sol environnant l'éolienne. Plusieurs procédures/actions permettront d'empêcher l'écoulement de ces produits dangereux :

- Vérification des niveaux d'huile lors des opérations de maintenance
- Détection des fuites potentielles par les opérateurs lors des maintenances
- Procédure de gestion des situations d'urgence

Deux événements peuvent être aggravants :

- Ecoulement de ces produits le long des pales de l'éolienne, surtout si celle-ci est en fonctionnement. Les produits seront alors projetés aux alentours.
- Présence d'une forte pluie qui dispersa rapidement les produits dans le sol.

#### **Scénario F02**

Lors d'une maintenance, les opérateurs peuvent accidentellement renverser un bidon d'huile, une bouteille de solvant, un sac de graisse ... Ces produits dangereux pour l'environnement peuvent s'échapper de l'éolienne ou être renversés hors de cette dernière et infiltrer les sols environnants.

Plusieurs procédures/actions permettront d'empêcher le renversement et l'écoulement de ces produits :

- Kits anti-pollution associés à une procédure de gestion des situations d'urgence
- Sensibilisation des opérateurs aux bons gestes d'utilisation des produits

Ce scénario est à adapter en fonction des produits utilisés.

Événement aggravant : fortes pluies qui disperseront rapidement les produits dans le sol.

### **Scénarios relatifs aux risques de chute d'éléments (C01 à C03)**

Les scénarios de chutes concernent les éléments d'assemblage des aérogénérateurs : ces chutes sont déclenchées par la dégradation d'éléments (corrosion, fissures, ...) ou des défauts de maintenance (erreur humaine).

Les chutes sont limitées à un périmètre correspondant à l'aire de survol.

### **Scénarios relatifs aux risques de projection de pales ou de fragments de pales (P01 à P06)**

Les événements principaux susceptibles de conduire à la rupture totale ou partielle de la pale sont liés à 3 types de facteurs pouvant intervenir indépendamment ou conjointement :

- Défaut de conception et de fabrication
- Non-respect des instructions de montage et/ou de maintenance
- Causes externes dues à l'environnement : glace, tempête, foudre...

Si la rupture totale ou partielle de la pale intervient lorsque l'éolienne est à l'arrêt on considère que la zone d'effet sera limitée au surplomb de l'éolienne

Si l'éolienne est en fonctionnement la zone d'effet sera déterminée en fonction de l'étude balistique et du site.

L'emballlement de l'éolienne constitue un facteur aggravant en cas de projection de tout ou partie d'une pale. Cet emballlement peut notamment être provoqué par la perte d'utilité décrite au 2.2 de la présente partie C (scénarios incendies).

#### **Scénario P01**

En cas de défaillance du système d'arrêt automatique de l'éolienne en cas de survitesse, les contraintes importantes exercées sur la pale (vent trop fort) pourraient engendrer la casse de la pale et sa projection.

#### **Scénario P02**

Les contraintes exercées sur les pales - contraintes mécaniques (vents violents, variation de la répartition de la masse due à la formation de givre...), conditions climatiques (averses violentes de grêle, foudre...) - peuvent entraîner la dégradation de l'état de surface et à terme l'apparition de fissures sur la pale.

Prévention : Maintenance préventive (inspections régulières des pales, réparations si nécessaire)

Facteur aggravant : Infiltration d'eau et formation de glace dans une fissure, vents violents, emballlement de l'éolienne

#### **Scénarios P03**

Un mauvais serrage de base ou le desserrage avec le temps des goujons des pales pourrait amener au décrochage total ou partiel de la pale, dans le cas de pale en plusieurs tronçons.

### **Scénarios relatifs aux risques d'effondrement des éoliennes (E01 à E10)**

Les événements pouvant conduire à l'effondrement de l'éolienne sont liés à 3 types de facteurs pouvant intervenir indépendamment ou conjointement :

- Erreur de dimensionnement de la fondation : Contrôle qualité, respect des spécifications techniques du constructeur de l'éolienne, étude de sol, contrôle technique de construction ;

Non-respect des instructions de montage et/ou de maintenance : Formation du personnel intervenant

- Causes externes dues à l'environnement : séisme, ...