



## **PARC ÉOLIEN DU FOND DU MOULIN**

### **DEMANDE D'AUTORISATION UNIQUE ETUDE DE DANGERS**

**FOND DU MOULIN S.A.S.U.  
82, GRANDE RUE  
60520 PONTARME**

**Juin 2015**

# SOMMAIRE

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Introduction</b>  | <b>5</b>  |
| <b>Contexte réglementaire</b>  | <b>6</b>  |
| <b>Démarche générale de l'étude de dangers</b>   | <b>7</b>  |
| <b>I. PREAMBULE</b>  | <b>9</b>  |
| I.1. Objectif de l'étude de dangers  | 9         |
| I.2. Contexte législatif et réglementaire  | 9         |
| I.3. Nomenclature des installations classées   | 10        |
| <b>II. INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION</b>  | <b>11</b> |
| II.1. Renseignements administratifs  | 11        |
| II.2. Localisation du site   | 12        |
| II.3. Définition de l'aire d'étude   | 12        |
| <b>III. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION</b>   | <b>14</b> |
| III.1. Environnement humain  | 14        |
| III.1.1. Zones urbanisées  | 14        |
| III.1.2. Etablissements recevant du public (ERP)   | 16        |
| III.1.3. Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) et installations nucléaires de base | 16        |
| III.1.4. Autres activités  | 18        |
| III.2. Environnement naturel   | 18        |
| III.2.1. Contexte climatique   | 18        |
| III.2.2. Risques naturels  | 20        |
| III.3. Environnement matériel  | 28        |
| III.3.1. Voies de communication  | 28        |
| III.3.2. Réseaux publics et privés   | 30        |
| III.3.3. Autres ouvrages publics   | 31        |
| III.4. Cartographie de synthèse  | 31        |
| III.4.1. Equivalent personnes permanentes  | 31        |
| III.4.2. Cartographie  | 32        |
| <b>IV. DESCRIPTION DE L'INSTALLATION</b>   | <b>33</b> |
| IV.1. Caractéristiques de l'installation   | 33        |
| IV.1.1. Caractéristiques générales d'un parc éolien  | 33        |
| IV.1.2. Activité de l'installation   | 35        |
| IV.1.3. Composition de l'installation  | 35        |
| IV.2. Fonctionnement de l'installation   | 39        |
| IV.2.1. Principe de fonctionnement d'un aérogénérateur   | 39        |
| IV.2.2. Sécurité de l'installation   | 47        |
| IV.2.3. Opérations de maintenance de l'installation  | 51        |
| IV.2.4. Stockage et flux de produits dangereux   | 52        |

|              |  |           |
|--------------|--|-----------|
| IV.3.        | Fonctionnement des réseaux de l'installation.....  | 53        |
| IV.3.1.      | Raccordement électrique.....   | 53        |
| IV.3.2.      | Approbation de construction et de l'exploitation des ouvrages de transport et de distribution d'électricité (art. L323-11 code de l'énergie) ..... | 54        |
| IV.3.3.      | Autres réseaux.....  | 57        |
| <b>V.</b>    | <b>IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION.....</b>   | <b>58</b> |
| V.1.         | Potentils de dangers liés aux produits.....  | 58        |
| V.2.         | Potentils de dangers liés au fonctionnement de l'installation .....  | 60        |
| V.3.         | Réduction des potentiels de dangers à la source .....  | 60        |
| V.3.1.       | Réduction des potentiels de dangers liés aux produits.....   | 60        |
| V.3.2.       | Réduction des potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation .....   | 61        |
| V.3.3.       | Utilisation des meilleures techniques disponibles .....  | 62        |
| <b>VI.</b>   | <b>ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE .....</b>  | <b>63</b> |
| VI.1.        | Inventaire des accidents et incidents en France .....  | 63        |
| VI.2.        | Inventaire des accidents et incidents à l'international.....   | 64        |
| VI.3.        | Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience .....  | 66        |
| VI.3.1.      | Analyse de l'évolution des accidents en France.....  | 66        |
| VI.3.2.      | Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents .....  | 67        |
| VI.4.        | Limites d'utilisation de l'accidentologie .....  | 67        |
| <b>VII.</b>  | <b>ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES .....</b>  | <b>68</b> |
| VII.1.       | Objectif de l'analyse préliminaire des risques.....  | 68        |
| VII.2.       | Recensement des événements initiateurs exclus de l'analyse des risques.....  | 68        |
| VII.3.       | Recensement des agressions externes potentielles.....  | 69        |
| VII.3.1.     | Agressions externes liées aux activités humaines .....   | 69        |
| VII.3.2.     | Agressions externes liées aux phénomènes naturels.....   | 69        |
| VII.4.       | Scénarios étudiés dans l'analyse préliminaire des risques .....  | 70        |
| VII.5.       | Effets dominos.....  | 73        |
| VII.6.       | Mise en place des mesures de sécurité .....  | 74        |
| VII.7.       | Conclusion de l'analyse préliminaire des risques .....   | 83        |
| <b>VIII.</b> | <b>ETUDE DETAILLEE DES RISQUES .....</b>   | <b>84</b> |
| VIII.1.      | Rappel des définitions .....   | 84        |
| VIII.1.1.    | Cinétique.....   | 84        |
| VIII.1.2.    | Intensité.....   | 84        |
| VIII.1.3.    | Gravité.....   | 85        |
| VIII.1.4.    | Probabilité .....  | 85        |
| VIII.2.      | Caractérisation des scénarios retenus.....   | 87        |
| VIII.2.1.    | Effondrement de l'éolienne .....   | 87        |
| VIII.2.2.    | Chute de glace .....   | 90        |
| VIII.2.3.    | Chute d'éléments de l'éolienne .....   | 92        |
| VIII.2.4.    | Projection de pales ou de fragments de pales.....  | 95        |
| VIII.2.5.    | Projection de glace .....  | 99        |

|  |            |
|--|------------|
| VIII.3. Synthèse de l'étude détaillée des risques .....  | 103        |
| VIII.3.1. Tableaux de synthèse des scénarios étudiés .....   | 103        |
| VIII.3.2. Synthèse de l'acceptabilité des risques .....  | 103        |
| VIII.3.3. Cartographie des risques .....   | 104        |
| <b>IX. CONCLUSION.....</b>   | <b>111</b> |
| <b>Annexe 1 – Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne .....</b> | <b>113</b> |
| <b>Annexe 2 – Tableau de l'accidentologie française .....</b>  | <b>116</b> |
| <b>Annexe 3 – Scénarios génériques issus de l'analyse préliminaire des risques .....</b>   | <b>122</b> |
| <b>Annexe 4 – Probabilité d'atteinte et Risque individuel.....</b>   | <b>126</b> |
| <b>Annexe 5 – Glossaire.....</b>   | <b>127</b> |
| <b>Annexe 6 – Bibliographie et références utilisées .....</b>  | <b>132</b> |
| <b>Annexe 7 – Résumé non technique de l'étude de dangers .....</b>   | <b>135</b> |

## INTRODUCTION

A la suite des accords du protocole de Kyoto et conformément à la directive européenne 2001/77/CE relative à la promotion de l'électricité produite à partir de sources d'énergies renouvelables, la France s'est engagée à augmenter la part des énergies renouvelables dans la production d'électricité au niveau national.

En particulier, la loi n°2005-781 du 13 juillet 2005 fixant les orientations de la politique énergétique (loi POPE) a donné un cap à suivre pour les décennies suivantes. Cette loi s'était construite autour de quatre grands objectifs à long terme :

- l'indépendance énergétique du pays ;
- l'assurance de prix compétitifs de l'énergie ;
- la garantie de la cohésion sociale et territoriale par l'accès de tous à l'énergie ;
- la préservation de la santé, notamment en luttant contre l'aggravation de l'effet de serre.

Les objectifs par filière ont été déclinés dans des arrêtés de programmation pluriannuelle des investissements de production d'électricité (arrêtés PPI). L'éolien représente une des technologies les plus prometteuses pour atteindre les objectifs fixés par la France. Ainsi, l'arrêté du 15 décembre 2009 a fixé des objectifs ambitieux pour l'éolien :

- 10 500 MW terrestres et 1 000 MW en mer en 2012,
- 19 000 MW terrestres et 6 000 MW en mer en 2020.

Conformément à la directive européenne 2009/28/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 avril 2009 relative à la promotion de l'utilisation de l'énergie produite à partir de sources renouvelables, dans le cadre du Grenelle de l'Environnement, les engagements de la France en matière de production d'énergies renouvelables ont été confirmés, précisés et élargis. La loi n°2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'Environnement (loi Grenelle I) prévoit notamment que la France porte la part des énergies renouvelables à au moins 23 % de sa consommation d'énergie finale d'ici 2020.

La publication de ces objectifs, dans un contexte mondial favorable au développement des énergies renouvelables, a donc permis un développement technologique spectaculaire. Alors que, dans les années 1980, une éolienne permettait d'alimenter environ 10 personnes en électricité, une éolienne de nouvelle génération fournit en moyenne de l'électricité pour 2 000 personnes hors chauffage (source : SER-FEE, ADEME).

La puissance installée en France atteignait ainsi 7 821 MW au 30 juin 2013. En 2012, le parc éolien français a assuré une production de 14,9 TWh (contre 11,9 TWh en 2011, 9,7 TWh en 2010 et 7,9 TWh en 2009). Le taux de couverture de la consommation électrique par la production éolienne a donc atteint 3,1% en 2012, contre 2,5 % sur l'année 2011 (source : RTE, Bilan électrique 2012).

Si les éoliennes ont évolué en taille et en puissance dans le monde entier, leur technologie actuelle est également sensiblement différente des premières éoliennes installées. Les technologies sont aujourd'hui plus sûres et plus fiables grâce à de nombreuses évolutions technologiques telles que :

- les freins manuels (sur le moyeu) de rotor qui ont été remplacés par des systèmes de régulation aérodynamiques (pitch), évitant l'emballement et assurant des vitesses de rotation nominales constantes ;
- l'évolution des matériaux des pales vers des fibres composites ;
- le développement de nouveaux systèmes de communication par fibre optique, satellites, etc. qui ont permis d'améliorer la supervision des sites et la prise de commande à distance ;
- l'installation de nouveaux systèmes de sécurité (détection de glace, vibrations, arrêt automatiques, etc.).

Ainsi, les premiers incidents qui ont été rencontrés (bris de pales, incendies, effondrement, etc.) ont amené les constructeurs à améliorer sans cesse leurs aérogénérateurs. Grâce à ces évolutions, et le retour d'expérience le montre bien, les incidents sont aujourd'hui très rares et concernent en majorité des éoliennes d'ancienne génération.

Il convient aussi de noter qu'à ce jour, en France et dans le monde, aucun accident n'a entraîné la mort d'une personne tierce (promeneurs, riverains) du fait de l'effondrement d'éoliennes, de bris de pales ou de projections de fragment de pales.

La loi n°2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement (loi Grenelle II) réaffirme tout d'abord la nécessité du développement de la filière éolienne pour atteindre les objectifs nationaux fixés dans les arrêtés PPI. En particulier, l'article 90 fixe l'objectif d'installer au moins 500 aérogénérateurs par an en France.

Cette loi prévoit d'autre part de soumettre les éoliennes au régime d'autorisation au titre de la réglementation des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE). Conformément à cette nouvelle réglementation, les exploitants sont notamment amenés à formaliser leur savoir-faire en matière de maîtrise des risques dans une étude de danger.

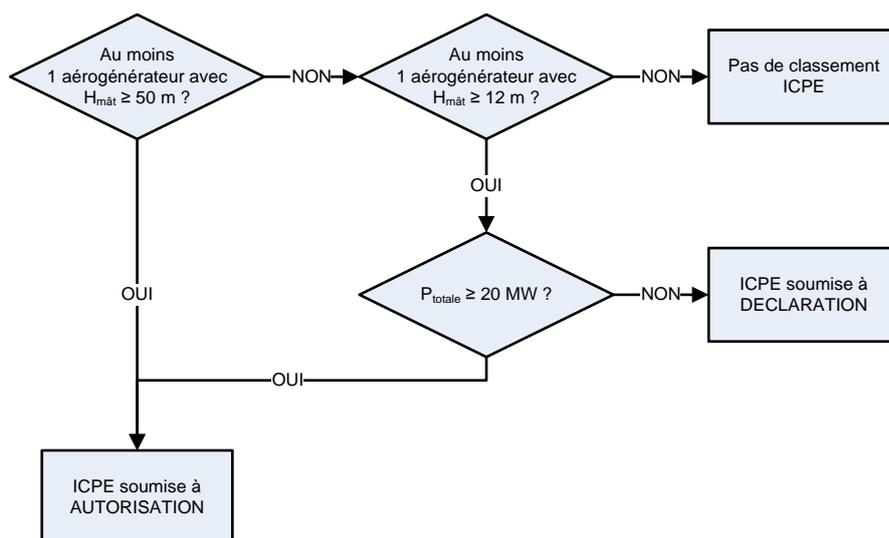
## CONTEXTE REGLEMENTAIRE

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 ladite 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



La réglementation prévoit que, dans le cadre d'une demande d'autorisation d'exploiter, l'exploitant doit réaliser une étude de dangers.

Enfin, 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 prévoit un certain nombre de dispositions par rapport à l'implantation, la construction, l'exploitation et la prévention des risques. Ces prescriptions nationales

sont applicables à tous les nouveaux parcs éoliens et, pour partie, aux installations existantes. Elles devront être prises en compte dans le cadre de l'étude de dangers.

## DEMARCHE GENERALE DE L'ETUDE DE DANGERS

Cette partie du guide rappelle les différentes étapes de la démarche d'analyse des risques qui doit être mise en œuvre dans le cadre de l'étude de dangers des parcs éoliens, conformément à la réglementation en vigueur et aux recommandations de l'inspection des installations classées. Elles sont énumérées ici dans l'ordre dans lequel elles sont présentées ensuite au sein de l'étude de dangers.

**Identifier les enjeux pour permettre une bonne caractérisation des conséquences des accidents** (présence et vulnérabilité de maisons, infrastructures, etc.). Cette étape s'appuie sur une description et caractérisation de l'environnement.

**Connaître les équipements étudiés pour permettre une bonne compréhension des dangers potentiels qu'ils génèrent.** Cette étape s'appuie sur une description des installations et de leur fonctionnement.

**Identifier les potentiels de danger.** Cette étape s'appuie sur une identification des éléments techniques et la recherche de leurs dangers. Suit une étape de réduction / justification des potentiels.

**Connaître les accidents qui se sont produits sur le même type d'installation pour en tirer des enseignements** (séquences des événements, possibilité de prévenir ces accidents, etc.). Cette étape s'appuie sur un retour d'expérience (des accidents et incidents représentatifs).

**Analyser les risques inhérents aux installations étudiées en vue d'identifier les scénarios d'accidents possibles** (qui se sont produits et qui pourraient se produire). Cette étape utilise notamment les outils d'analyses de risques classiques (tableaux d'Analyse Préliminaire des Risques par exemple).

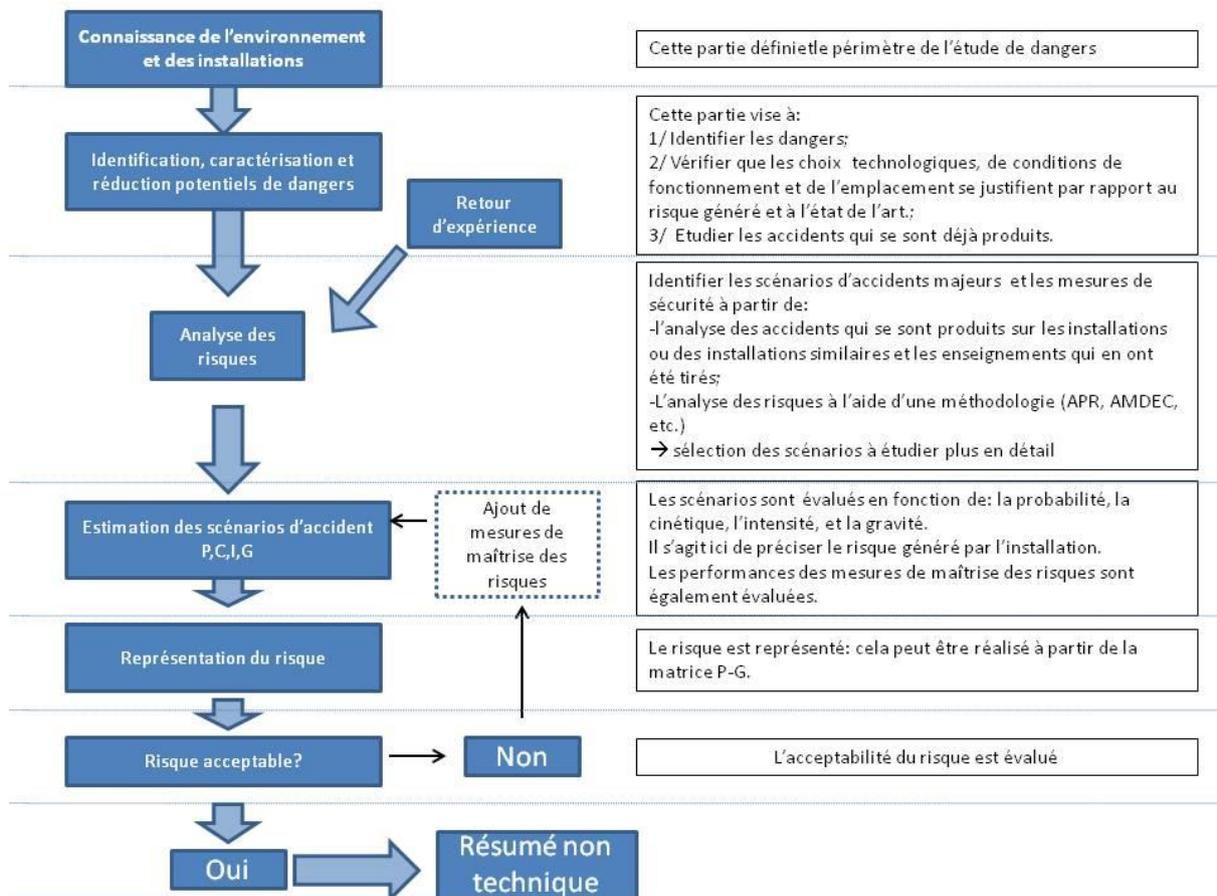
**Caractériser et classer les différents phénomènes et accidents en termes de probabilités, cinétique, intensité et gravité.** C'est l'étape détaillée des risques, avec mise en œuvre des outils de quantification en probabilité et en intensité / gravité.

**Réduire le risque si nécessaire.** Cette étape s'appuie sur des critères d'acceptabilité du risque : si le risque est jugé inacceptable, des évolutions et mesures d'amélioration sont proposées par l'exploitant.

**Représenter le risque.** Cette étape s'appuie sur une représentation cartographique.

**Résumer l'étude de dangers.** Cette étape s'appuie sur un résumé non technique de l'étude des dangers.

Le graphique ci-dessous synthétise ces différentes étapes et leurs objectifs :



## I. PREAMBULE

---

### I.1. OBJECTIF DE L'ÉTUDE DE DANGERS

La présente étude de dangers a pour objet de rendre compte de l'examen effectué par la société *Fond du Moulin S.A.S.* pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques du parc éolien du Fond 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 parc du Fond du Moulin. 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 Fond 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.

### I.2. CONTEXTE LEGISLATIF ET REGLEMENTAIRE

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

L'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation [10] fournit un cadre méthodologique pour les évaluations des scénarios d'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 danger
- estimation des conséquences de la concrétisation des dangers
- réduction des potentiels de danger
- enseignements tirés du retour d'expérience (des accidents et incidents représentatifs)
- analyse préliminaire des risques
- étude détaillée de réduction des risques
- quantification et hiérarchisation des différents scénarios en terme de gravité, de probabilité et de cinétique de développement en tenant compte de l'efficacité des mesures de prévention et de protection
- représentation cartographique
- résumé non technique de l'étude des dangers.

En complément, 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.

### I.3. NOMENCLATURE DES INSTALLATIONS CLASSEES

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

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

Le parc éolien du Fond du Moulin comprend au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m : cette installation est donc soumise à autorisation (A) au titre des installations classées pour la protection de l'environnement et doit présenter une étude de dangers au sein de sa demande d'autorisation d'exploiter.

## II. INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION

### II.1. RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS

La société « *Fond du Moulin S.A.S.* » est une société d'exploitation dédiée au projet du Fond du Moulin, sur les communes d'Eplèsier, Caulières, Sainte-Segrée et Meigneux. Elle a été créée spécifiquement pour le projet par la société Vents du Nord. Elle constitue une filiale appartenant à 100% à Vents du Nord. Les principaux renseignements administratifs la concernant sont synthétisés ci-dessous.

|                              |  |
|------------------------------|--|
| <b>DENOMINATION</b>          | <i>Fond du Moulin S.A.S.</i>                                       |
| <b>N° SIREN</b>              | 809 508 443  |
| <b>REGISTRE DE COMMERCE</b>  | R.C.S. COMPIEGNE   |
| <b>FORME JURIDIQUE</b>       | Société par Actions Simplifiée (S.A.S.) au capital fixe de 1 000 € |
| <b>PRESIDENT</b>             | Heinz LASSOWSKY  |
| <b>ADRESSE</b>               | 82, Grande Rue 60520 PONTARME                                      |
| <b>TELEPHONE / TELECOPIE</b> | 03 44 99 03 04   |

Les sociétés Vents du Nord et Nordex France ont signé un contrat de partenariat dans le cadre du développement et de l'exploitation du parc éolien du Fond du Moulin. La société Fond du Moulin bénéficie de l'ensemble des compétences de ces deux compagnies.

VENTS DU NORD (VDN) est la filiale Française de la société allemande LOSCON, société indépendante basée à Beeskow, au Sud-Est de Berlin. Forte d'une expérience de plus de 13 ans dans le développement de projet éolien, Loscon a réalisé 9 parcs en Allemagne, totalisant une puissance de 180 MW en service. Aujourd'hui, 3 projets en phase de développement avancés pour une puissance de 94 MW sont à l'étude. Loscon est également présent en Pologne et en Belgique avec des projets totalisant une puissance de 48 MW.

La société VENTS DU NORD développe des projets éoliens depuis la phase de prospection de site jusqu'à la mise en service du parc.

Le siège de la société est basé à Pontarmé, dans l'Oise. Présent notamment en Picardie, VDN opère également dans les régions Nord-Pas-de-Calais, Pays de la Loire, et Bourgogne.

NORDEX est un constructeur d'éoliennes de grande puissance adaptées à la majorité des régions et climats à travers le monde. La société emploie plus de 2 500 personnes à travers le monde et réalisait en 2012 un chiffre d'affaires de plus de 1 100 millions d'euros.

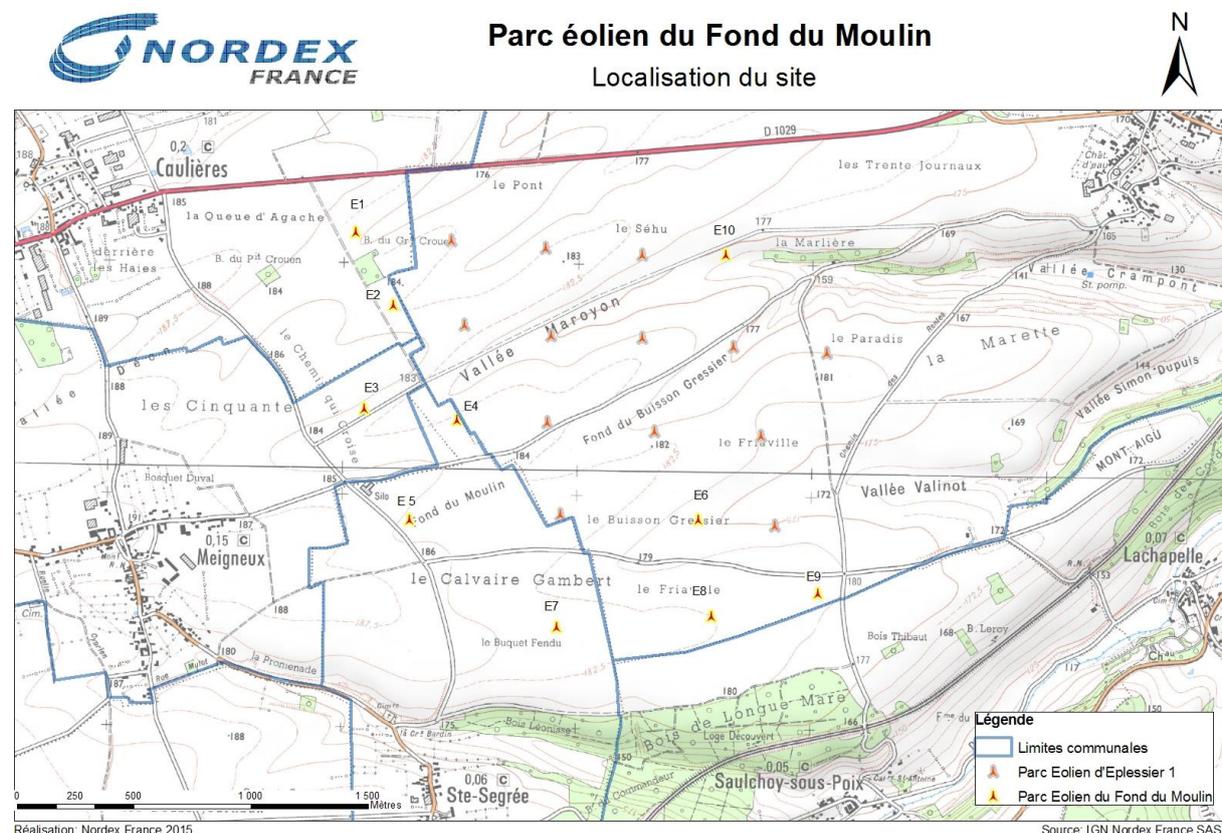
Aujourd'hui, il y a plus de 5500 éoliennes NORDEX en fonctionnement à travers le monde (34 pays), représentant une puissance totale de plus de 9000 MW. NORDEX est représenté à l'étranger grâce à un ensemble de filiales dans 19 pays.

NORDEX SE, dont le siège social est basé à Rostock en Allemagne, est la maison mère du groupe. Le siège de la direction et du conseil d'administration est à Hambourg. Le rôle de NORDEX SE est de contrôler et de coordonner les activités de ses filiales à 100%, notamment NORDEX Energy GmbH (construction et fourniture des éoliennes) et NORDEX Energy B.V. (filiales internationales).

La présente étude de dangers a été réalisée par NORDEX France S.A.S. (contributeurs : Camila Torres et Clément Lainé).

## II.2. LOCALISATION DU SITE

Le parc éolien du Fond du Moulin, composé de 10 aérogénérateurs de deux types (5 éoliennes N117 R91 et 5 éoliennes N100 R75) et 2 postes de livraison, est localisé sur les communes d'Eplèsier, Caulières, Meigneux et Sainte-Segrée dans le département de la Somme (80), en région Picardie.

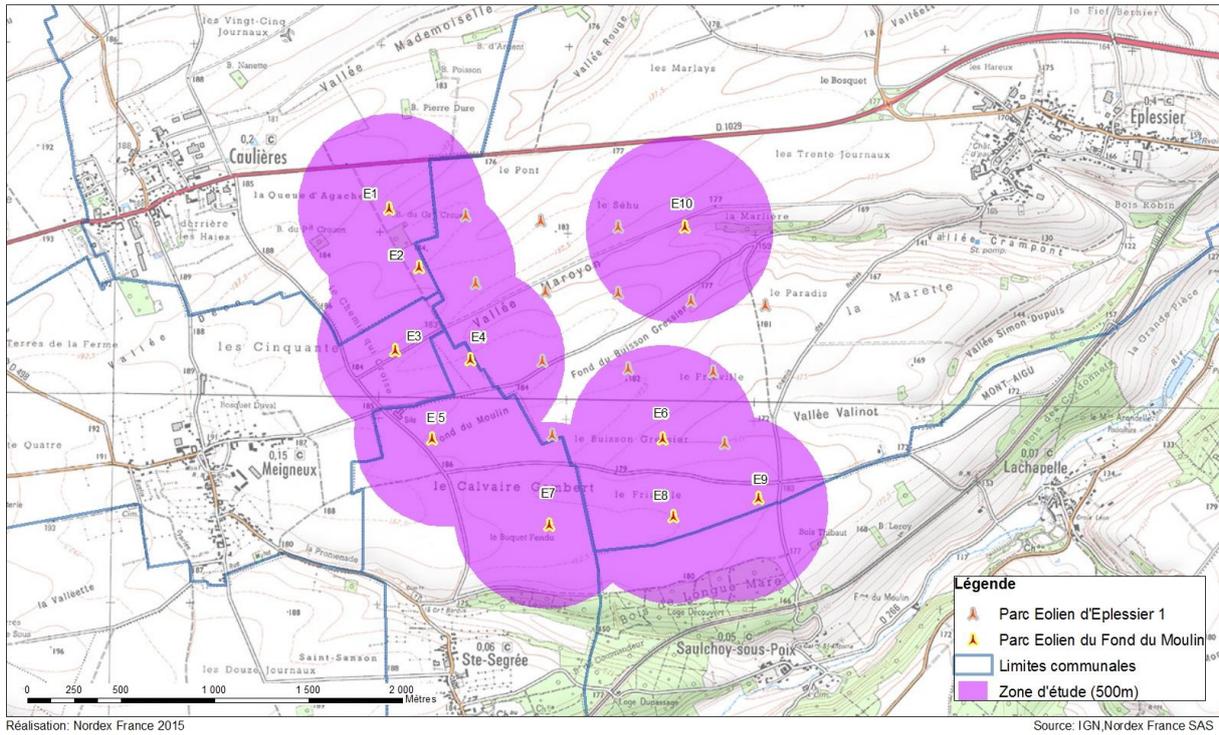


## II.3. DEFINITION DE L'AIRE D'ETUDE

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

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

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



| EOLIENNE            | EPLÉSIER | CAULIÈRES | MEIGNEUX | SAINTE-SEGRIÉE | SAULCHOY-SOUS-POIX |
|---------------------|----------|-----------|----------|----------------|--------------------|
| E1                  | o        | X         |          |                |                    |
| E2                  | o        | X         | o        |                |                    |
| E3                  | o        | o         | X        | o              |                    |
| E4                  | o        | o         | o        | X              |                    |
| E5                  |          |           | o        | X              |                    |
| E6                  | o        |           |          | X              | o                  |
| E7                  | X        |           |          | o              | o                  |
| E8                  | X        |           |          |                | o                  |
| E9                  | X        |           |          |                |                    |
| E10                 | X        |           |          |                |                    |
| POSTES DE LIVRAISON |          |           | X        | X              |                    |

*Légende : X= commune d'implantation de l'éolienne ; o= commune dont le territoire est concerné par la zone d'étude*

Au total, 5 communes sont concernées par la zone d'étude globale du projet dans le cadre de l'étude de dangers. Aussi, il sera fait référence à l'ensemble de ces communes dans la suite de la présente étude.

A noter que la commune de Saulchoy-sous-Poix n'est pas directement concernée par l'implantation du parc.

### III. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION

---

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

#### III.1. ENVIRONNEMENT HUMAIN

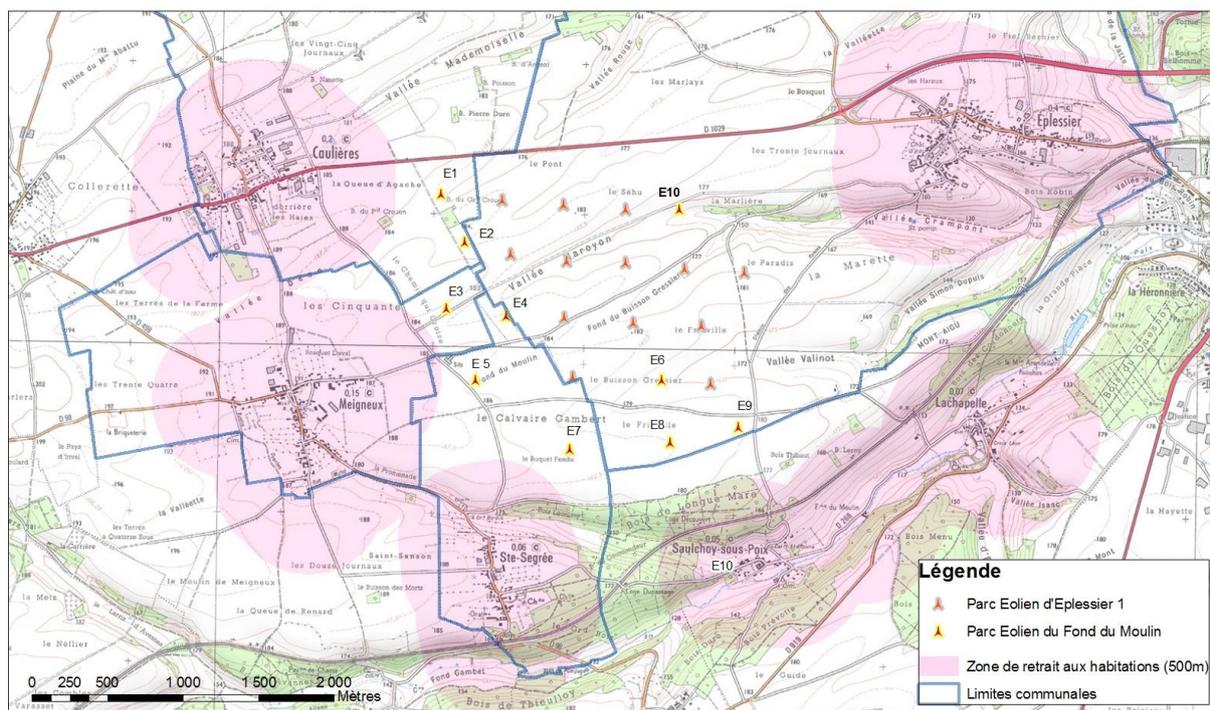
L'article 3 de l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique n°2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement, prévoit que : « *l'installation est implanté de telle sorte 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* ».

##### III.1.1. ZONES URBANISEES

Conformément à l'article cité précédemment, le parc éolien du Fond du Moulin est implanté de telle sorte que les aérogénérateurs sont situés à une distance minimale de 500 mètres de toute construction à usage d'habitation et de tout immeuble habité.

Le tableau ci-dessous liste les habitations les plus proches de l'installation pour les communes d'implantation et limitrophes du projet :

| COMMUNE/HAMEAU | DISTANCE |
|----------------|----------|
| EPLESSIER      | 1560 m   |
| CAULIERES      | 820 m    |
| MEIGNEUX       | 795 m    |
| SAINTE SEGREE  | 811 m    |
| SAULCHOY       | 930 m    |
| LACHAPELLE     | 1490 m   |



Réalisation: Nordex France 2015

Source: IGN, Nordex France SAS

Ces distances sont toutes supérieures aux 500 mètres réglementaires, et ce quelle que soit l'éolienne considérée.

Concernant les zones destinées à l'habitation telles que définies dans les documents d'urbanisme, les communes d'Epléssier, Caulières, Meigneux, et Sainte Segrée sont soumises au régime du Règlement National d'Urbanisme. Toute nouvelle construction ne peut donc se faire que dans la continuité de l'habitat existant, soit bien au-delà des 500 m de la zone d'étude.

Par ailleurs, aucune zone constructible recensée dans les documents d'urbanisme des communes limitrophes concernées par la zone d'étude du projet éolien ne se situe à moins de 500 m de la zone d'étude.

De manière générale, la zone bordant le site présente un caractère rural et les communes concernées par la zone d'étude sont de tailles modestes.

| COMMUNE/HAMEAU | NOMBRE D'HABITANTS | DENSITE DE POPULATION    |
|----------------|--------------------|--------------------------|
| EPLÉSSIER      | 382                | 27,1 hab/km <sup>2</sup> |
| CAULIERES      | 214                | 39,6 hab/km <sup>2</sup> |
| MEIGNEUX       | 236                | 30,4 hab/km <sup>2</sup> |
| ST. SEGREE     | 60                 | 26,4 hab/km <sup>2</sup> |

Recensement de la population 2011- source INSEE

A titre de comparaison, la densité de population moyenne est de 115,4 habitants/km<sup>2</sup> en France métropolitaine, de 98,7 habitants/km<sup>2</sup> en Picardie et de 92,5 habitants/km<sup>2</sup> dans la Somme.

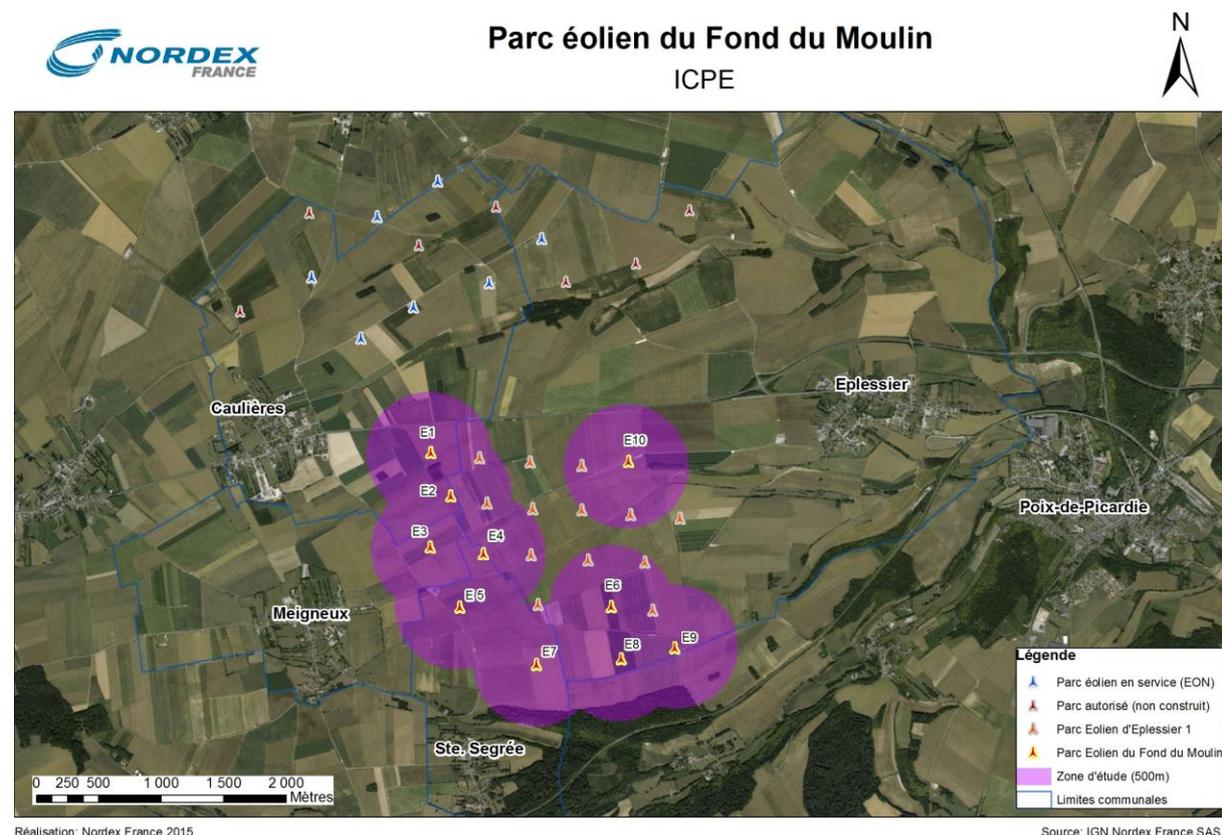
### III.1.2. ETABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC (ERP)

Le terme Etablissement Recevant du Public (ERP), défini à l'article R. 123-2 du Code de la Construction et de l'Habitation, désigne en droit français les lieux publics ou privés accueillant des clients ou des utilisateurs autres que les employés (salariés ou fonctionnaires) qui sont, eux, protégés par les règles relatives à la santé et sécurité au travail. La zone d'étude est actuellement utilisée comme zone agricole, où l'activité dominante est la céréaliculture.

**Il n'existe aucun ERP au sein de la zone d'étude.**

### III.1.3. INSTALLATIONS CLASSEES POUR LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT (ICPE) ET INSTALLATIONS NUCLEAIRES DE BASE

L'article 3 de l'arrêté du 26 août 2011 prévoit que : « l'installation est implantée de telle sorte que les aérogénérateurs sont situés à une distance minimale de [...] 300 mètres d'une installation nucléaire de base visée par l'article 28 de la loi n°2006-686 du 13 juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire ou d'une installation classée pour l'environnement soumise à l'arrêté du 10 mai 2000 susvisé en raison de la présence de produits toxiques, explosifs, comburants et inflammables ».



**Il n'existe aucune Installation Nucléaire de Base (INB) dans la zone d'étude. D'après la base de données des installations classées, les ICPE les plus proches se trouvent dans les communes d'Epléssier et de Caulières. Le tableau suivant montre les ICPE recensées sur les communes du périmètre d'étude rapproché :**

| Commune   | Régime de l'ICPE | Activité principale                       | Distance approximative du secteur d'étude |
|-----------|------------------|---|---|
| EPLESSIER | ICPE non seveso  | Parc éolien Loscon Lassowsky Ost Consult  | Inclus                                    |
|           | ICPE non seveso  | Parc éolien PROKON ENERGIES RENOUVELABLES | Inclus                                    |
|           | ICPE non seveso  | Parc éolien SYSCOM                        | Inclus                                    |
| CAULIERES | ICPE non seveso  | Parc éolien E ON ENERGY PROJETS           | 500 m                                     |

Les parcs éoliens « PROKON Energies Renouvelables, Syscom et Loscon Lassowsky Ost Consult », situés dans le secteur d'étude, constituent le projet initial de 13 éoliennes situé sur la commune d'Epléssier, à proximité immédiate du présent projet. Ce premier parc sera dénommé par la suite de l'étude « EPLESSIER 1 » et est à ce jour autorisé mais non encore construit.

Le parc éolien « EON Energy Projects » de 7 éoliennes est en service. L'éolienne plus proche de ce parc est située à 1,1km de distance des premières éoliennes du projet du Fond du Moulin.

Enfin, plusieurs parcs sont, autorisés mais non construits, est situé à plus de 1,5km au nord du Parc éolien du Fond du Moulin.

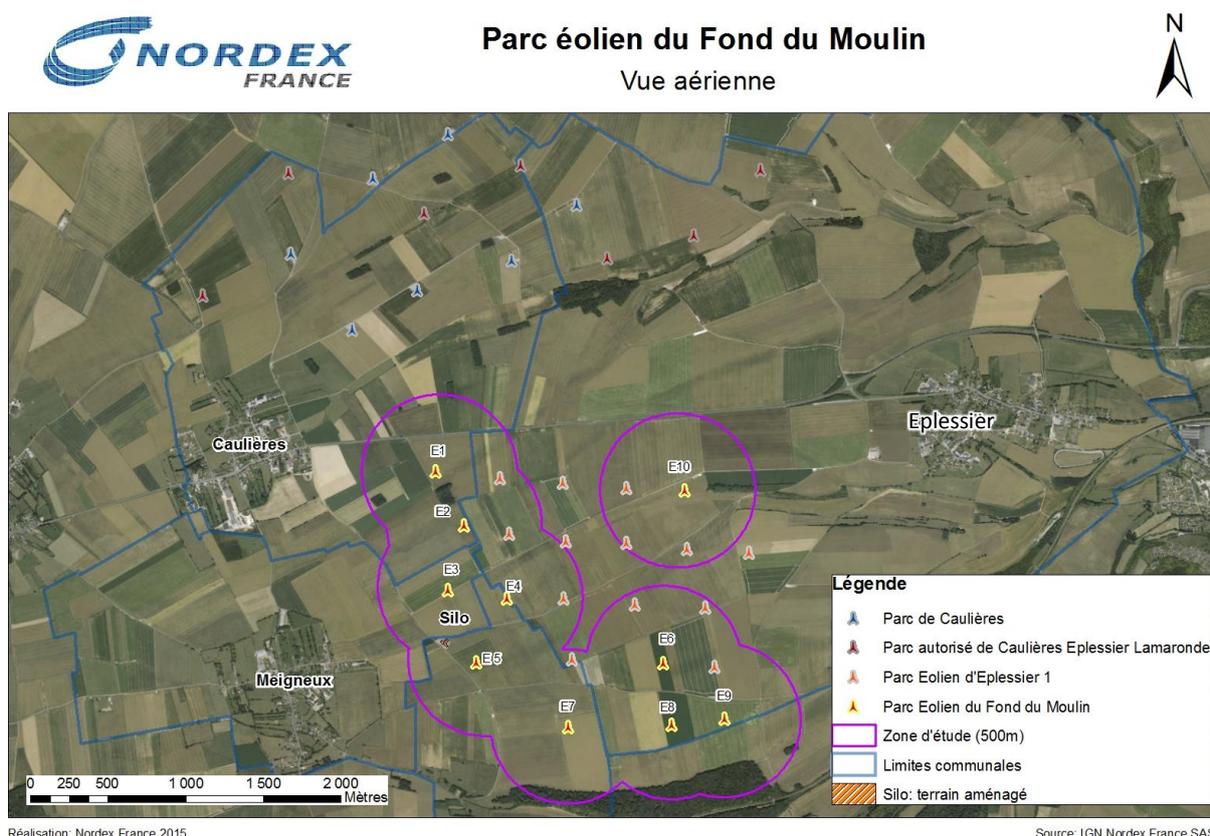
Pour ces parcs éoliens, la distance minimale de 300m préconisée dans l'article 4 de l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent est respectée. Il conviendra cependant d'étudier avec attention les interactions du projet du Fond du Moulin avec le parc d'EPLESSIER 1.

A noter que la centrale nucléaire la plus proche du projet est celle de Penly à 58 km.

### III.1.4. AUTRES ACTIVITES

L'activité économique locale repose essentiellement sur l'agriculture. Il s'agit principalement d'une agriculture intensive et mécanisée caractérisée par un système de grandes cultures à dominante céréalière. A noter la présence d'un Silo agricole à l'extrémité nord de la commune de Sainte-Gréree, situé à 310m de l'éolienne E3 (sinon non référencé comme Installation Classée pour la Protection de l'Environnement). L'activité au niveau de ce silo est très faible, il sera ainsi considéré comme « terrain aménagé potentiellement ou très fréquenté » dans la suite de l'étude.

**Il n'existe aucune activité industrielle dans la zone d'étude. En outre, la zone d'étude n'est concernée par aucune activité de tourisme et ne dispose d'aucune structure d'hébergement.**



## III.2. ENVIRONNEMENT NATUREL

### III.2.1. CONTEXTE CLIMATIQUE

Le climat picard est un climat océanique tempéré, soumis aux flux d'ouest de la façade atlantique. Les précipitations moyennes annuelles sont comprises entre 600 et 800 mm, la façade atlantique plus exposée reçoit entre 800 et 1200 mm par an mais enregistre des températures plus clémentes l'hiver.

L'influence océanique diminue et tend à laisser la place à un climat plus continental de l'ouest vers l'est du département.

La zone d'étude est située en limite sud-est du département de la Somme, à proximité de Poix-de-Picardie. La station météorologique Météo France disposant de statistiques long-terme (période 1961- 1990) la plus proche est localisée à environ 45 km au nord de la zone d'implantation. Il s'agit de la station d'Abbeville.

## LES TEMPERATURES

Sur la période 1961-1990, la température annuelle moyenne est comprise entre 9 et 10°C. Les moyennes mensuelles tournent autour de 3°C les mois d'hiver et sont voisines de 17°C en été.

La saison froide est assez prolongée (de novembre à avril) avec des températures moyennes mensuelles toujours supérieures à 0°C. La température minimale observée à Abbeville est de - 17,4°C (record du 17 janvier 1985).

La saison chaude (juin à septembre) atteint son maximum d'ensoleillement au mois de juillet. La température maximale observée à Abbeville est de 34,9 °C (record du 02 juillet 1976).

|                           | JANV. | FEV. | MARS | AVRIL | MAI  | JUIN | JUIL. | AOUT | SEPT. | OCT. | NOV. | DEC. | AN.  |
|---------------------------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|
| TEMPERATURE MAXIMALE (°C) | 5,6   | 6,5  | 9,4  | 12,4  | 16,2 | 18,9 | 21,0  | 21,3 | 18,9  | 14,8 | 9,4  | 6,5  | 13,4 |
| TEMPERATURE MINIMALE (°C) | 1,0   | 1,1  | 2,7  | 4,4   | 7,6  | 10,3 | 12,2  | 12,2 | 10,4  | 7,7  | 3,9  | 1,8  | 6,3  |
| TEMPERATURES MOYENNE (°C) | 3,3   | 3,8  | 6,0  | 8,4   | 11,9 | 14,6 | 16,6  | 16,7 | 14,7  | 11,3 | 6,7  | 4,2  | 9,8  |

*Températures moyennes relevées entre 1961 et 1990 à la station d'Abbeville – www.infoclimat.fr*

## LES PRECIPITATIONS

Sur une année, les précipitations relevées à la station d'Abbeville sont assez faibles. Elles varient de 657,7 mm (Q20) à 823,4 mm par an (Q80) pour une moyenne de 731,5 mm. La hauteur maximale de pluie observée sur 24h est de 53,4mm (record du 24 juin 1969).

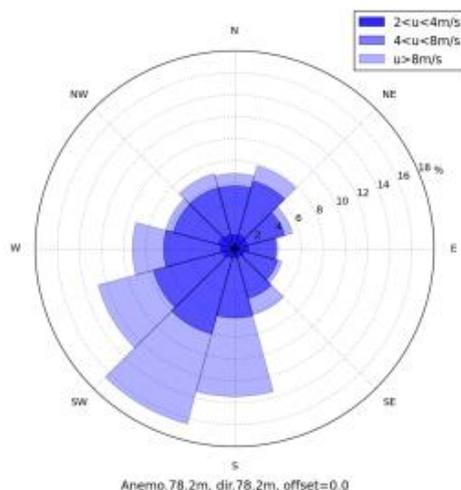
Par ailleurs, le nombre annuel de jours avec précipitations, c'est-à-dire le nombre de jours au cours desquels on recueille plus de 0,1 mm de précipitations, neige incluse, est de 125,4 jours.

|                              | JANV. | FEV. | MARS | AVRIL | MAI  | JUIN | JUIL. | AOUT | SEPT. | OCT. | NOV. | DEC. | AN.   |
|------------------------------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|-------|
| PRECIPITATIONS MOYENNES (MM) | 59,2  | 48,3 | 55,0 | 48,1  | 53,6 | 61,8 | 57,4  | 57,0 | 68,0  | 71,8 | 81,2 | 70,2 | 731,5 |

*Précipitations moyennes relevées entre 1961 et 1990 à la station d'Abbeville – www.infoclimat.fr*

## VENTS

La rose des vents du secteur indique une direction des vents prédominante sud-ouest. On observe également des vents de nord-est. La rose ci-dessous est issue des données mesurées sur site à 78m de hauteur.



### **PHENOMENES METEOROLOGIQUES**

A la station d'Abbeville, plusieurs phénomènes météorologiques sont recensés. Parmi eux, le brouillard (visibilité inférieure à 1 km) est l'un des phénomènes les plus récurrents avec 68,7 jours par an en moyenne. A titre de comparaison, la moyenne nationale est de 40 jours de brouillard par an.

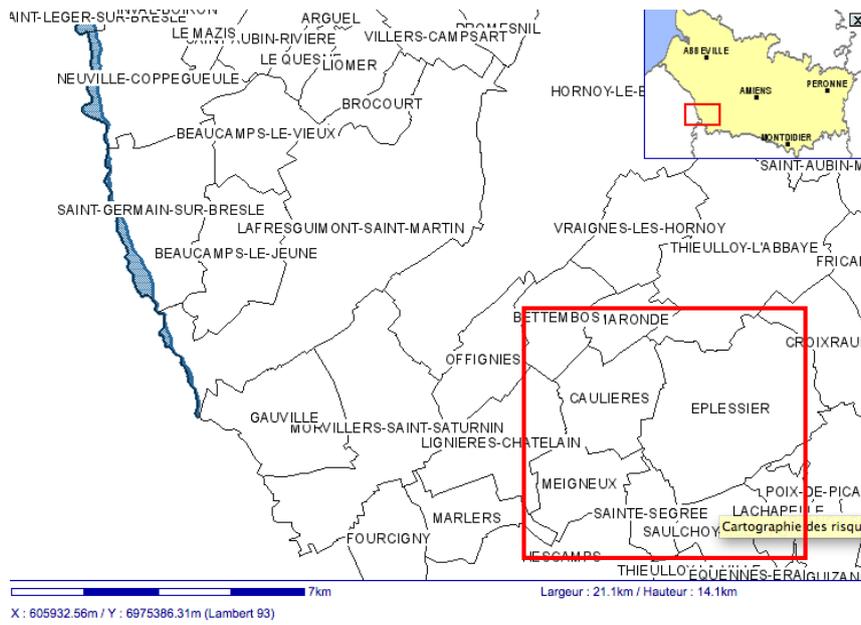
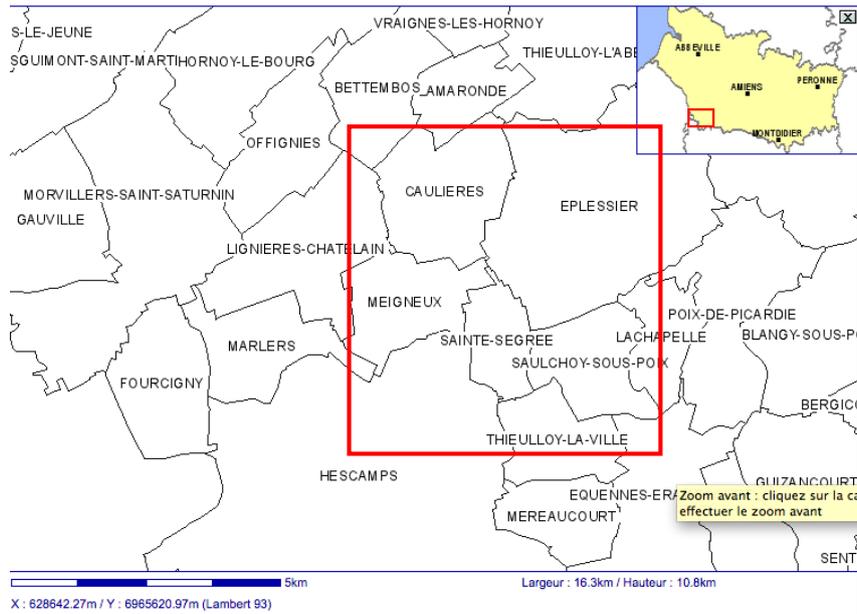
Le gel (température inférieure à 0°C) est également à noter avec 48,3 jours par an en moyenne.

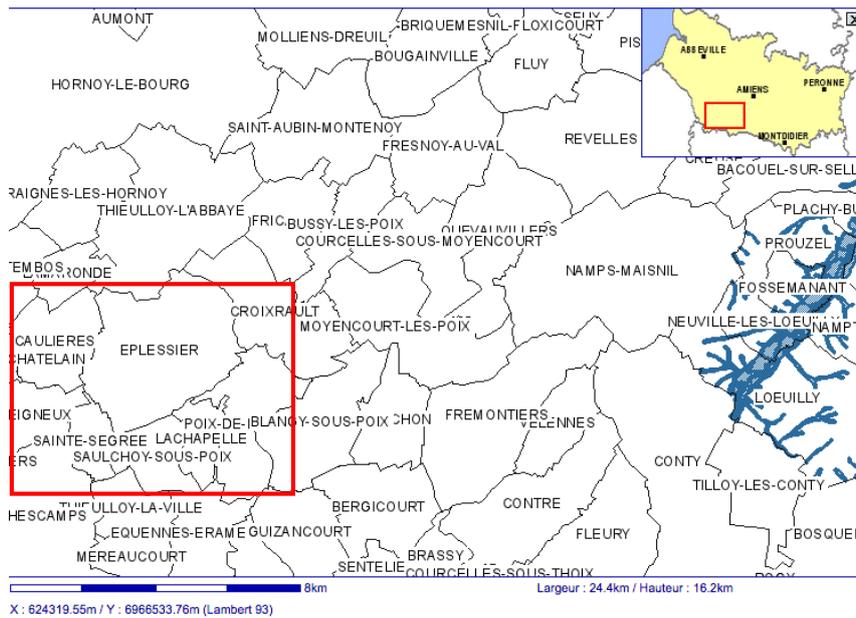
On comptabilise enfin 16,4 jours de neige par an. A titre de comparaison, la moyenne nationale est de 14 jours de neige par an.

## **III.2.2. RISQUES NATURELS**

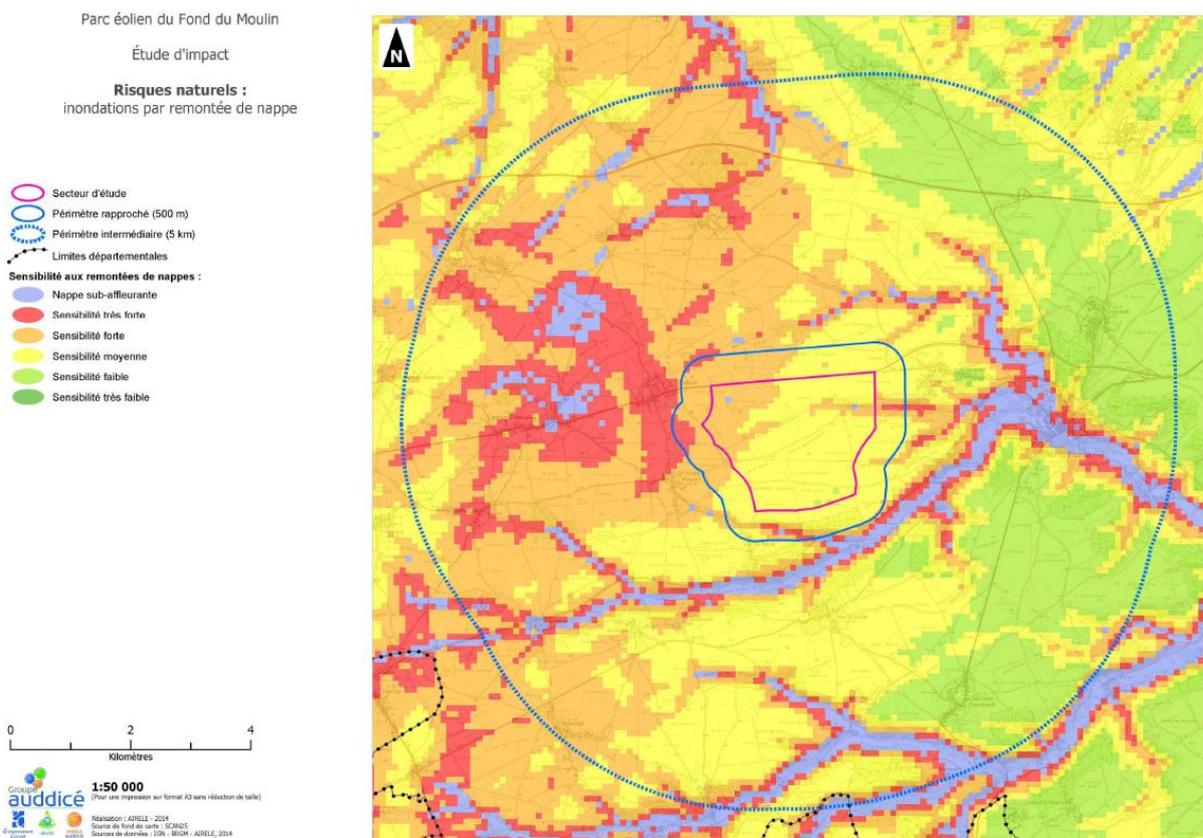
### **RISQUE D'INONDATION**

Un arrêté relatif à la reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle a été prononcé sur les communes d'Eplèsier, Caulières, Meigneux et Ste. Segrée le 29 décembre 1999 (inondations, coulées de boue et mouvements de terrain).





Zones inondables à proximité des communes d'Eplessier, Caulières, Meigneux et Ste. Segrée (source atlas Cartorisque / [www.prim.net](http://www.prim.net))

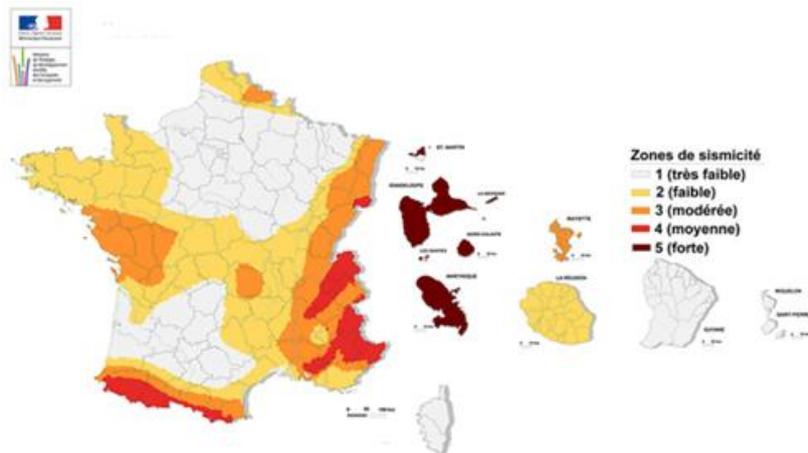


Zones inondable par remontée de nappe à proximité des communes d'Eplessier, Caulières, Meigneux et Ste. Segrée (source Groupe Auddicé)

La zone d'étude n'est pas localisée dans une zone inondable mais elle est située dans une zone de sensibilité forte à moyenne aux inondations par remontée de nappe.

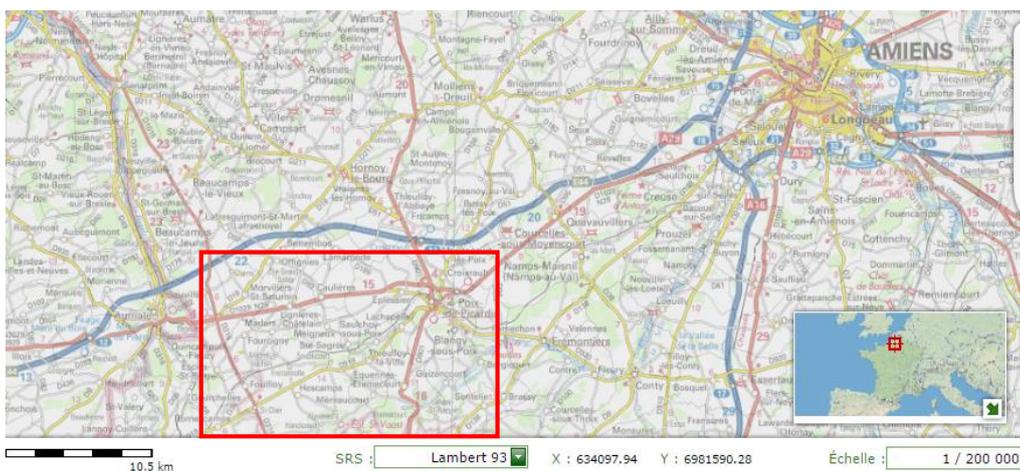
### RISQUE SISMIQUE

Le risque sismique est présent partout à la surface du globe, son intensité variant d'une région à une autre. La France n'échappe pas à la règle, puisque l'aléa sismique peut être très faible à moyen en métropole, et fort dans les DOM-TOM.



Zonage sismique de la France (source [www.planseisme.fr](http://www.planseisme.fr))

**Le risque sismique dans la Somme varie de très faible à faible (zone 1 et 2)** selon le décret n° 2010-1255 du 22 octobre 2010 portant délimitation des zones de sismicité du territoire français. Localement, le zonage sismique sur les communes d'Eplèsier, Caulières, Ste. Segrée et Meigneux sont considérés comme faible (zone 1) tout comme sur 12 autres communes environnantes du département de la Somme, du fait de la proximité géographique du bassin de risque sismique qui couvre la majeure partie de la région Nord-Pas-de-Calais. Cette classification ne signifie cependant pas l'absence de tout phénomène sismique : des secousses ont déjà été ressenties (1857, 1938, 1995) dans certaines communes (source DREAL Picardie).



| Légendes   |                                   |
|--|-----------------------------------|
| Zonage sismique  |                                   |
| <span style="display:inline-block; width:15px; height:10px; background-color:lightgrey;"></span> | Zone de sismicité 1 (très faible) |
| <span style="display:inline-block; width:15px; height:10px; background-color:yellow;"></span>    | Zone de sismicité 2 (faible)      |
| <span style="display:inline-block; width:15px; height:10px; background-color:orange;"></span>    | Zone de sismicité 3 (modérée)     |
| <span style="display:inline-block; width:15px; height:10px; background-color:red;"></span>       | Zone de sismicité 4 (moyenne)     |
| <span style="display:inline-block; width:15px; height:10px; background-color:darkred;"></span>   | Zone de sismicité 5 (forte)       |

**La zone d'étude est localisée dans une zone de sismicité 1 (risque très faible).**

### **RISQUE DE FOUROIEMENT**

D'après la base de données Météorage, le département de la Somme connaît en moyenne un niveau kéraunique de 13 (nombre de jours par an où le tonnerre a été entendu), ce qui est peu comparé à la moyenne nationale qui est d'environ 25.

Une meilleure représentation de l'activité orageuse est la densité d'arcs (Da) qui est le nombre d'arcs de foudre au sol par km<sup>2</sup> et par an. Le réseau de détection de la foudre utilisé par Météorage permet une mesure directe de cette grandeur.

La valeur moyenne de la densité d'arcs en France est de 1,55 arcs/km<sup>2</sup>/an sur la période 2003 - 2012. En ce qui concerne le département de la Somme, la densité d'arcs s'élève à 1,02 arc/km<sup>2</sup>/an.

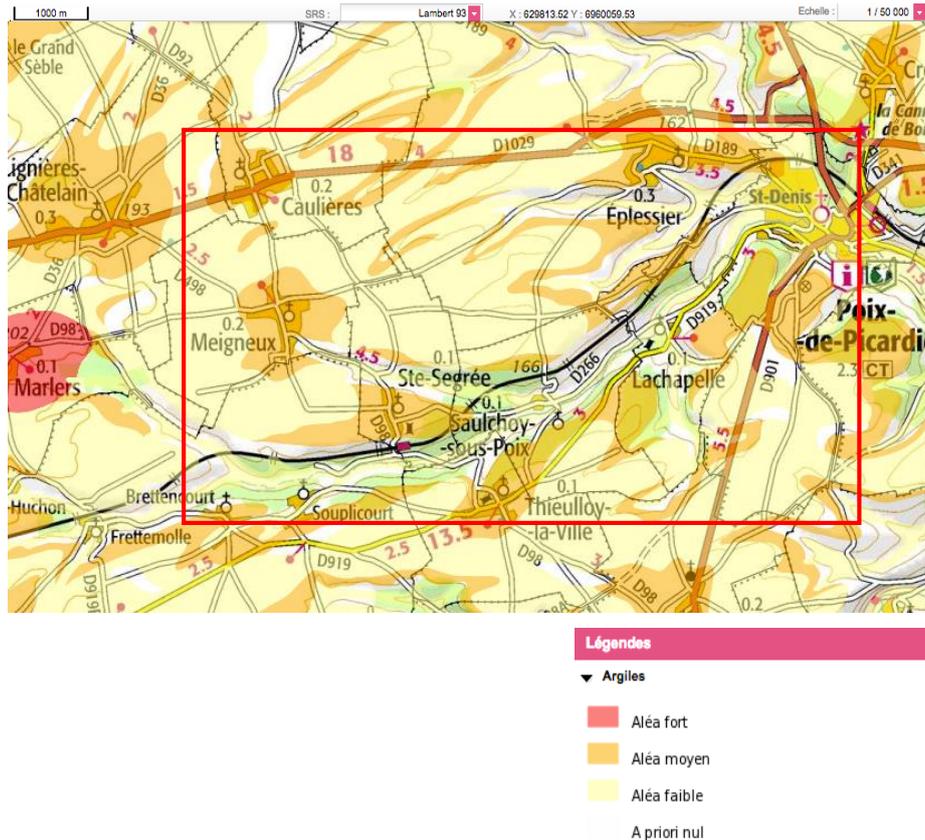
### **Densité de Foudrement (NG)**

Ce paramètre indique le nombre de coups de foudre par an et par km<sup>2</sup>. Dans la Somme, la densité de foudroiement se situe entre 0.3 coups/km<sup>2</sup>/an et 0.5 coups/km<sup>2</sup>/an, la moyenne française se situant autour de 1.2 coups/km<sup>2</sup>/an.

**Du fait de la hauteur des éoliennes et en considérant le faible niveau kéraunique sur le département, le projet est tout de même concerné par le risque foudre.**

### ALEA RETRAIT – GONFLEMENT D'ARGILES

Le phénomène de retrait – gonflement des formations argileuses est engendré par les propriétés argileuses des sols soumis à des phases successives de sécheresse et réhydratation.

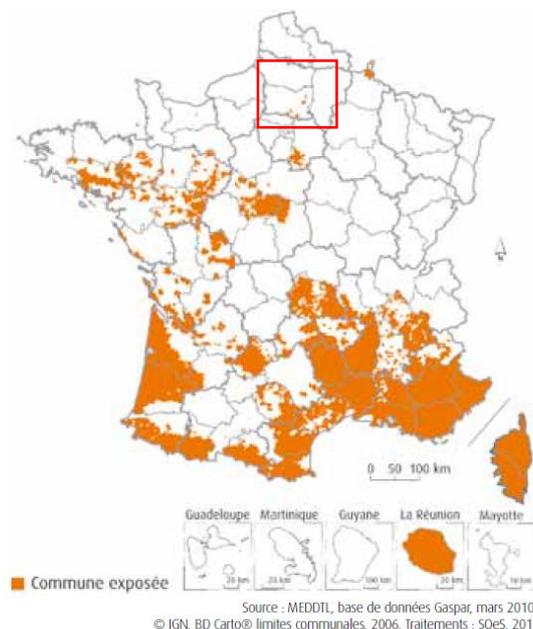


*Aléa retrait – gonflement des argiles sur les communes d'Epléssier, Caulières, Ste. Segrée et Meigneux | (source BRGM / [www.argiles.fr](http://www.argiles.fr))*

**Sur la zone d'étude et les communes d'implantation l'aléa retrait - gonflement des argiles est faible à moyen.**

### RISQUE FEUX DE FORETS

Le projet de parc éolien est situé dans une zone agricole de plateaux dénudés. Quelques haies bordent certains chemins d'exploitations agricoles. La carte ci-dessous extraite de l'étude menée en août 2011 par le Commissariat Général au Développement Durable sur le risque de feux de forêt en France confirme que la zone de projet ne présente pas de risque de feux de forêts. Compte-tenu de la densité de boisements et de forêts, ainsi que du climat de la région, le risque de feux de forêt peut donc être qualifié de faible pour le développement du projet.



*Carte de France des communes exposées au risque feux de forêt (Source : Commissariat General au Développement Durable, Etudes et Document, N°45 d'AOUT 2011, Le Risque de Feux de Forêt en France)*

Le bois le plus proche du site est le bois de Longue Mare, petit bois fragmenté d'environ 4,61ha localisé à environ 388 mètres au sud de l'éolienne E7, 329 mètres au sud de E8 et 275 mètres au sud de E9.

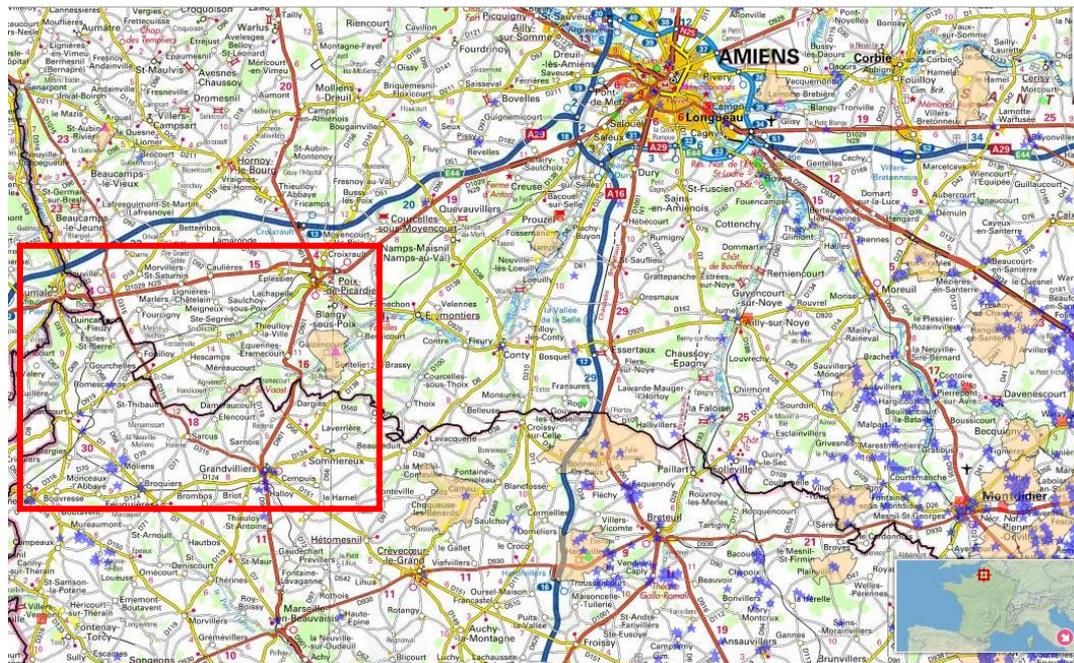
Un bois plus conséquent couvrant environ 12 ha se trouve à 3350 mètres à l'ouest de la zone d'étude, en limite ouest de la commune d'Eplessier.

Dans le département, on trouve des forêts humides pour lesquelles la probabilité de départ de feu est faible, mais la possibilité d'un incendie (provoqué par la foudre, un promeneur imprudent ou malveillant ou un problème électrique venant de l'éolienne elle-même, ...) ne peut être totalement exclue.

**Le risque de feu de forêt est considéré comme faible sur la zone d'étude.**

### **RISQUE DE MOUVEMENTS DE TERRAIN**

Bien qu'un arrêté relatif à la reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle ait été prononcé le 29 décembre 1999 pour les quatre communes concernées par la zone d'étude suite à des mouvements de terrain induits par des inondations et des coulées de boues. Les communes d'Eplessier, Caulières, Ste. Segrée et Meigneux ne sont pas concernées par le risque mouvement de terrain.



Mouvements de terrains recensés sur les communes du Fond du Moulin-échelle 1/250 000 (source BRGM / [www.infoterre.brgm.fr/](http://www.infoterre.brgm.fr/))

Le risque de mouvements de terrain est globalement considéré comme très faible dans la zone d'étude. Le seul épisode d'effondrement existant est localisé autour de la commune de Romescapms à 10km et une zone de mouvements de terrain non localisés se trouve dans la commune de Guizancourt à 6km. En tout état de cause, des études géotechniques détaillées seront réalisées au droit de chaque éolienne préalablement à toute construction afin de qualifier les caractéristiques des sols, avant un dimensionnement au cas par cas des fondations.

### RISQUE DE TEMPETES

Les tempêtes concernent une large partie de l'Europe, et notamment la France métropolitaine. Celles survenues en décembre 1999 ont montré que l'ensemble du territoire est exposé, et pas uniquement sa façade atlantique et les côtes de la Manche, fréquemment touchées.

Il n'y a toutefois pas de classement ou de risque spécifique sur la zone d'étude.

### III.3. ENVIRONNEMENT MATERIEL

#### III.3.1. VOIES DE COMMUNICATION

##### TRANSPORT ROUTIER

Plusieurs axes de communication sont situés dans la zone d'étude du parc éolien du Fond du Moulin. Tout d'abord, la route départementale D1029 (anciennement N29) qui relie Caulières à Eplossier.

Le tableau ci-après présente les distances séparant les éoliennes de la route départementale la plus proche. Seules cinq éoliennes sont concernées sont situées à moins de 500m (zone d'effet) d'une route départementale.

| EOLIENNE | ROUTE         | DISTANCE         |
|----------|---------------|------------------|
| E1       | D1029         | 220 m            |
| E2       | D1029         | 524 m            |
| E3       | D98           | 314 m            |
| E4       | D98           | 209 m            |
| E5       | D98           | 160 m            |
| E6       | D1029<br>D266 | 1568m<br>1365 m  |
| E7       | D98<br>D266   | 867 m<br>824 m   |
| E8       | D 98<br>D266  | 1471 m<br>1020 m |
| E9       | D266<br>D919  | 896 m<br>1759 m  |
| E10      | D1029         | 491 m            |

*Les distances mentionnées correspondent aux plus petites distances séparant le pied de l'éolienne de la route considérée.*

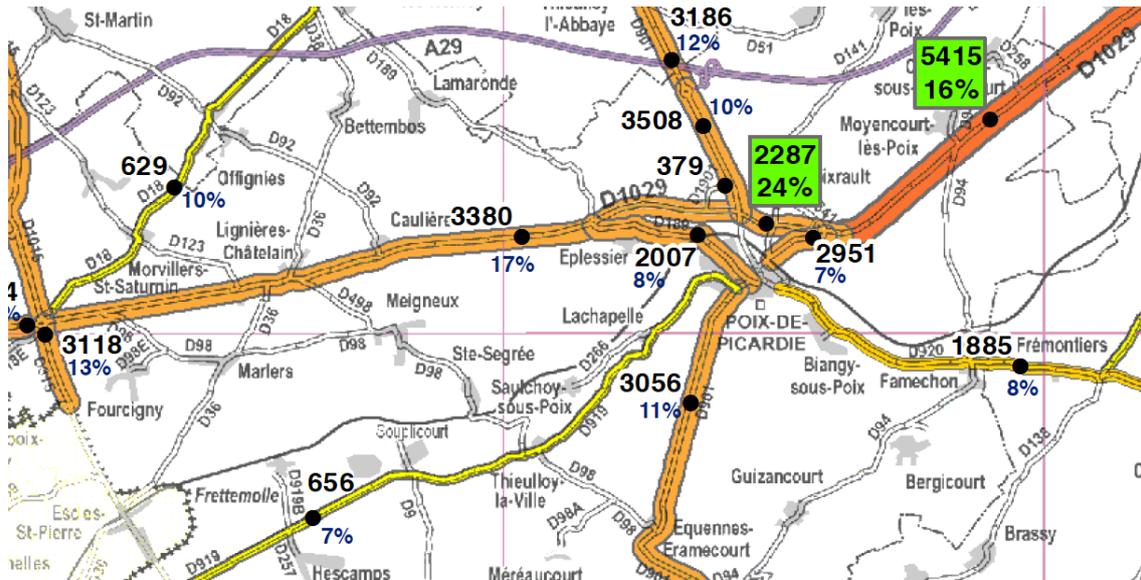
Quatre autres axes routiers passent à proximité immédiate du site mais au-delà de la zone d'effet de 500m de l'ensemble des éoliennes : les départementales D36, D919, D901, ainsi que l'autoroute A29.

Plusieurs routes communales de desserte locale sont également concernées par la zone d'effet des éoliennes du projet.

Enfin, plusieurs chemins agricoles sont situés dans la zone d'étude.

Seule la RD1029 est considérée comme « axe structurant ». En effet, le trafic moyen journalier annuel mesuré sur la D1029 à la sortie est d'Eplossier est égal à 3380 véhicules/jour.

Pour la D 919, le trafic moyen journalier annuel est égal à 656 véhicules/jour, et le trafic sur les autres axes est inférieur à 500 véhicules/jour. Ces axes ne sont donc pas considérés comme « structurants » (source : Conseil Général de la Somme).



**COMPTAGE PERMANENT**

- 1250 ← Trafic Moyen Journalier Annuel
- 11% ← Tous véhicules confondus (MJA)
- Pourcentage Poids-Lourds
- Emplacement du poste de comptage

**COMPTAGE SECONDAIRE**

- 1250 ← Trafic Moyen Journalier
- 21% ← Pourcentage Poids-Lourds
- Emplacement du poste de comptage

**Trafic Moyen Journalier Annuel (Véhicules = VL+PL)**

- inférieur à 500 véhicules
- entre 500 et 1000 véhicules
- entre 1000 et 2000 véhicules
- entre 2000 et 4000 véhicules
- entre 4000 et 8000 véhicules
- supérieur à 8000 véhicules

Comptages routiers à proximité des communes d'Epléssier, Caulières, Sainte Segrée et Meigneux (source Conseil Général de la Somme, 2012)

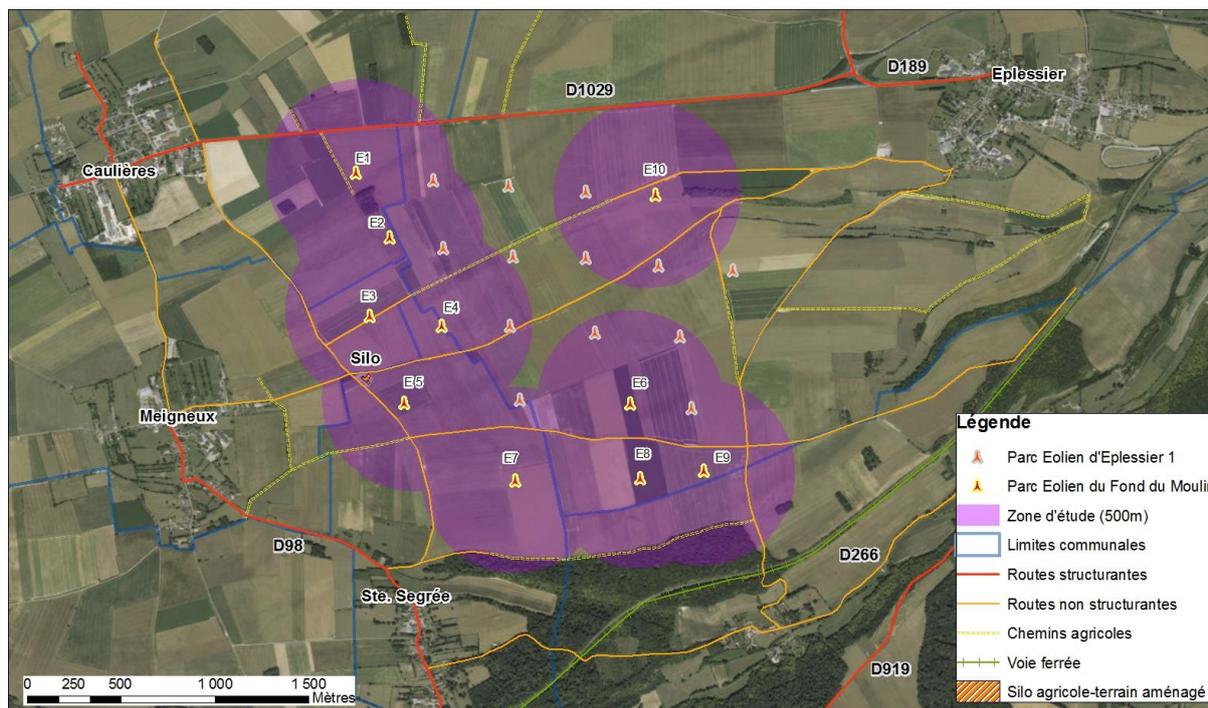
Enfin, concernant les voies de communication autoroutières, l'autoroute la plus proche est l'autoroute A29 située à 4,03 km au nord de l'éolienne E1.

**TRANSPORT FERROVIAIRE**

Il n'y a pas de ligne ferroviaire au sein de la zone d'étude. La plus proche recensée passe à plus de 600 m au sud de l'éolienne E8, au niveau de la commune de Saulchoy-sous-Poix.

**TRANSPORT FLUVIAL**

Il n'y a aucun cours d'eau dans la zone d'étude. A plus de 1400 m au sud des éoliennes E7, E8, E9 on trouve la rivière de Poix.



Réalisation: Nordex France 2015

Source: IGN, Nordex France SAS

### TRANSPORT AERIEN

La zone d'étude ne comporte ni aéroport ni aérodrome: les aérodromes les plus proches sont ceux de St Thibault-Ménantiss et de Loeuilly, situés à plus de 10,7 km et 20,3 km au sud et à l'ouest respectivement de la zone d'étude.

Les éoliennes projetées respectent les contraintes de la DGAC et de la Défense, comme cela est justifié dans l'étude d'impact.

### III.3.2. RESEAUX PUBLICS ET PRIVES

Dans la zone d'étude du projet éolien du Fond du Moulin, aucune installation de type canalisation de transport (gaz combustibles, hydrocarbures liquides ou liquéfiés et produits chimiques) ou réseau d'assainissement (stations d'épuration) n'est présente.

Seule la zone d'étude de l'éolienne E10 est concernée par un périmètre éloigné de protection des captages d'eau.

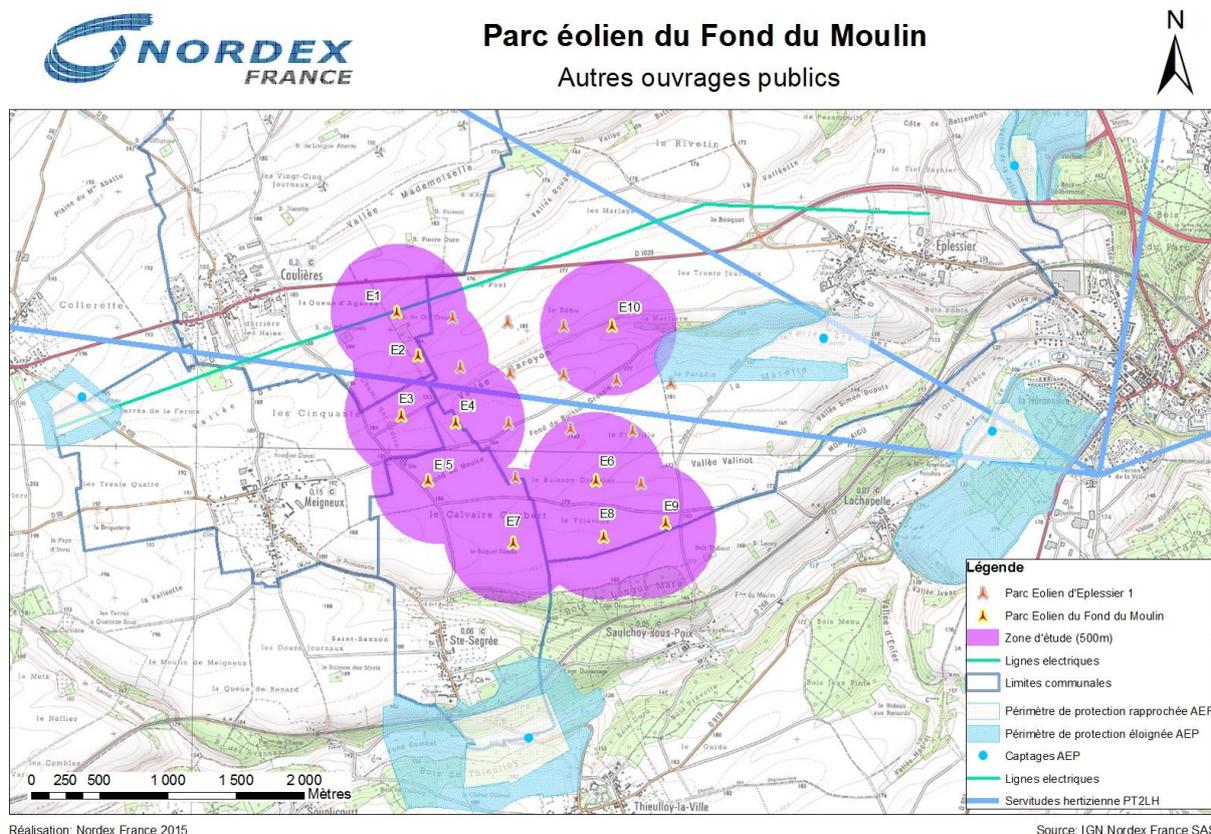
Une servitude de type radioélectrique a été identifiée au sein de la zone d'étude entre les éoliennes E2 (180m), E3 (270m) et E4 (233m). Les communes de Caulières, Epléssier, Ste. Segrée et Meigneux sont concernées par une servitude de type PT2 au nord (848m) et ouest (3,7km) de la zone d'étude.

Une ligne électrique moyenne tension est située à proximité de l'implantation retenue pour l'éolienne E1, le déplacement de la ligne et du/des pylônes concernées sera nécessaire pour respecter la réglementation et pour assurer de bonnes conditions de travail lors de la phase de construction. Une demande est en cours chez ERDF pour un chiffrage de cette opération.

Aucune ligne aérienne haute tension ne traverse la zone d'étude.

### III.3.3. AUTRES OUVRAGES PUBLICS

Aucun autre ouvrage public de type barrage, digue ou encore château d'eau n'est recensé dans la zone d'étude.



### III.4. CARTOGRAPHIE DE SYNTHESE

#### III.4.1. EQUIVALENT PERSONNES PERMANENTES

La détermination du nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) permet d'identifier les enjeux à protéger dans une zone d'étude.

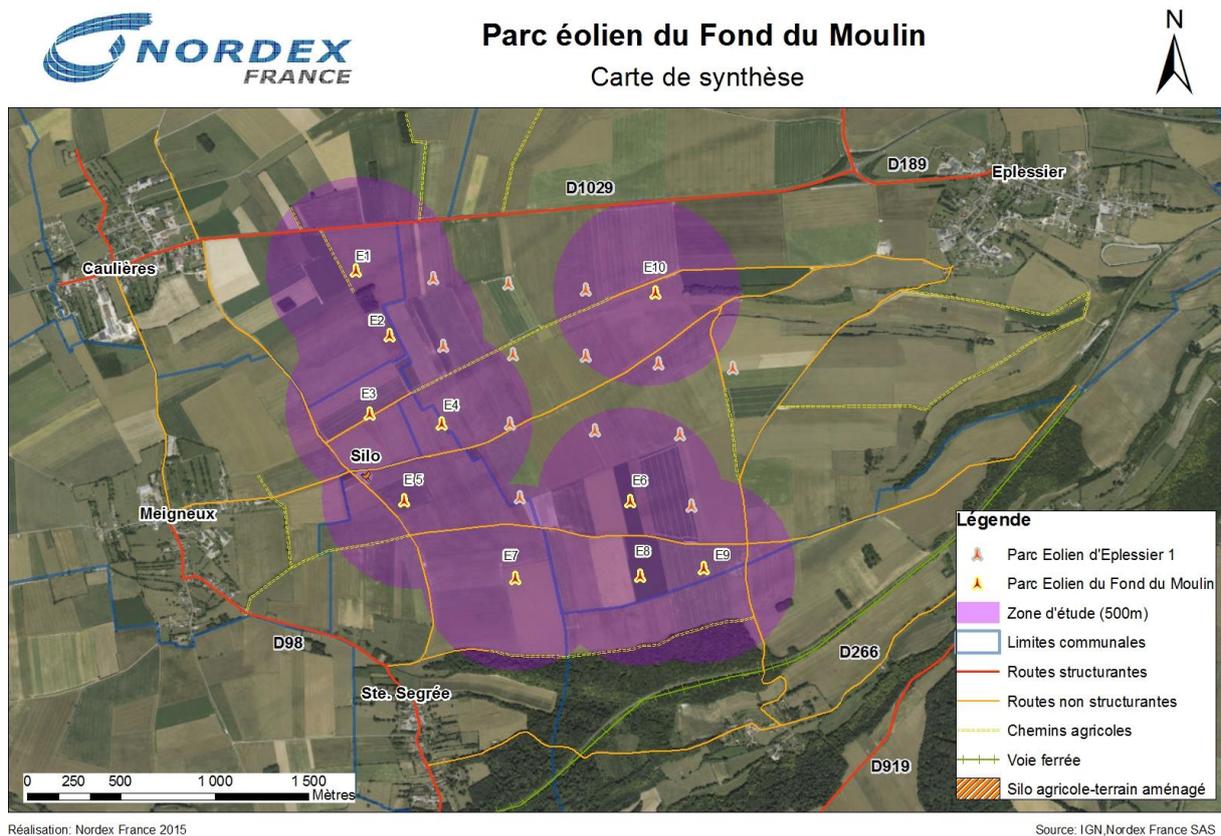
La méthode de comptage des enjeux humains dans chaque secteur/infrastructure est présentée en annexe 1. Elle se base sur la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologique applicables aux études de dangers.

| SECTEUR/INFRASTRUCTURE     | TYPE   | EQUIVALENT PERSONNES PERMANENTES                     | EOLIENNES CONCERNEES (AIRE D'ETUDE DE 500 M) |
|----------------------------|--|--|--|
| Route départementale D1029 | Voie de circulation automobile structurante (> 2 000 véhicules/jour) | 0,4 personne/km exposé/tranche de 100 véhicules-jour | E1, E10                                      |

|                             |   |                         |                      |
|-----------------------------|---|-------------------------|----------------------|
| Route de desserte communale | Voie de circulation automobile non structurante (<2 000 véhicules/jour) → Terrains aménagés mais peu fréquentés | 1 personne/10 hectares  | Toutes les éoliennes |
| Chemins agricoles           | Terrains aménagés mais peu fréquentés   | 1 personne/10 hectares  | Toutes les éoliennes |
| Champs, prairies            | Terrains non aménagés et très peu fréquentés  | 1 personne/100 hectares | Toutes les éoliennes |
| Silo                        | Zone d'activité → Terrains aménagés mais peu fréquentés   | 1 personne/ 10 hectares | E3, E4, E5           |

### III.4.2. CARTOGRAPHIE

La carte suivante permet d'identifier géographiquement les enjeux à protéger dans la zone d'étude pour chacun des 10 aérogénérateurs. Cette dernière a été réalisée à partir des données du tableau précédent.



## IV. DESCRIPTION DE L'INSTALLATION

---

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

### IV.1. CARACTERISTIQUES DE L'INSTALLATION

#### IV.1.1. CARACTERISTIQUES GENERALES D'UN PARC EOLIEN

Un parc éolien est une centrale de production d'électricité à partir de l'énergie du vent. Il est composé de plusieurs aérogénérateurs et de leurs annexes (cf. schéma du raccordement électrique au paragraphe IV.3.1) :

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

#### ❖ Éléments constitutifs d'un aérogénérateur

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

Les aérogénérateurs se composent de trois principaux éléments :

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

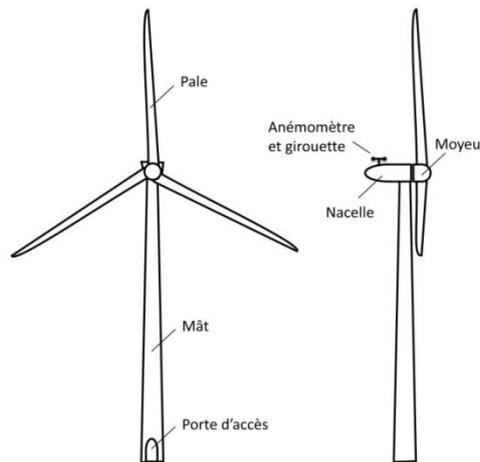


Figure 1 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur

#### ❖ Emprise au sol

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

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

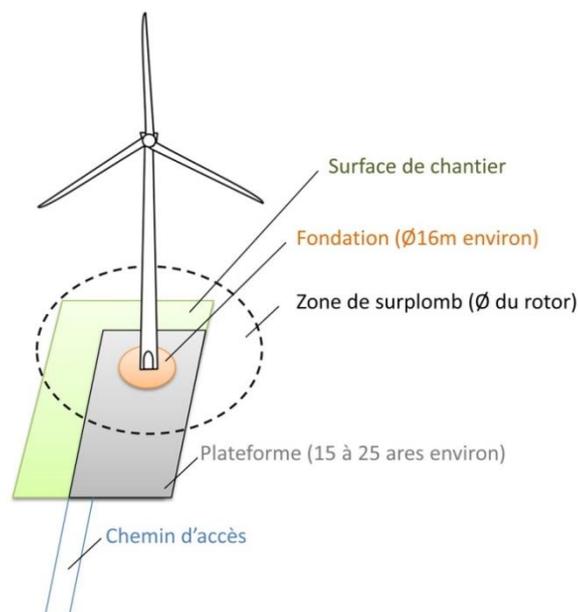


Figure 2 : Illustration des emprises au sol d'une éolienne

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

### ❖ Chemins d'accès

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

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

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

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

### **IV.1.2. ACTIVITE DE L'INSTALLATION**

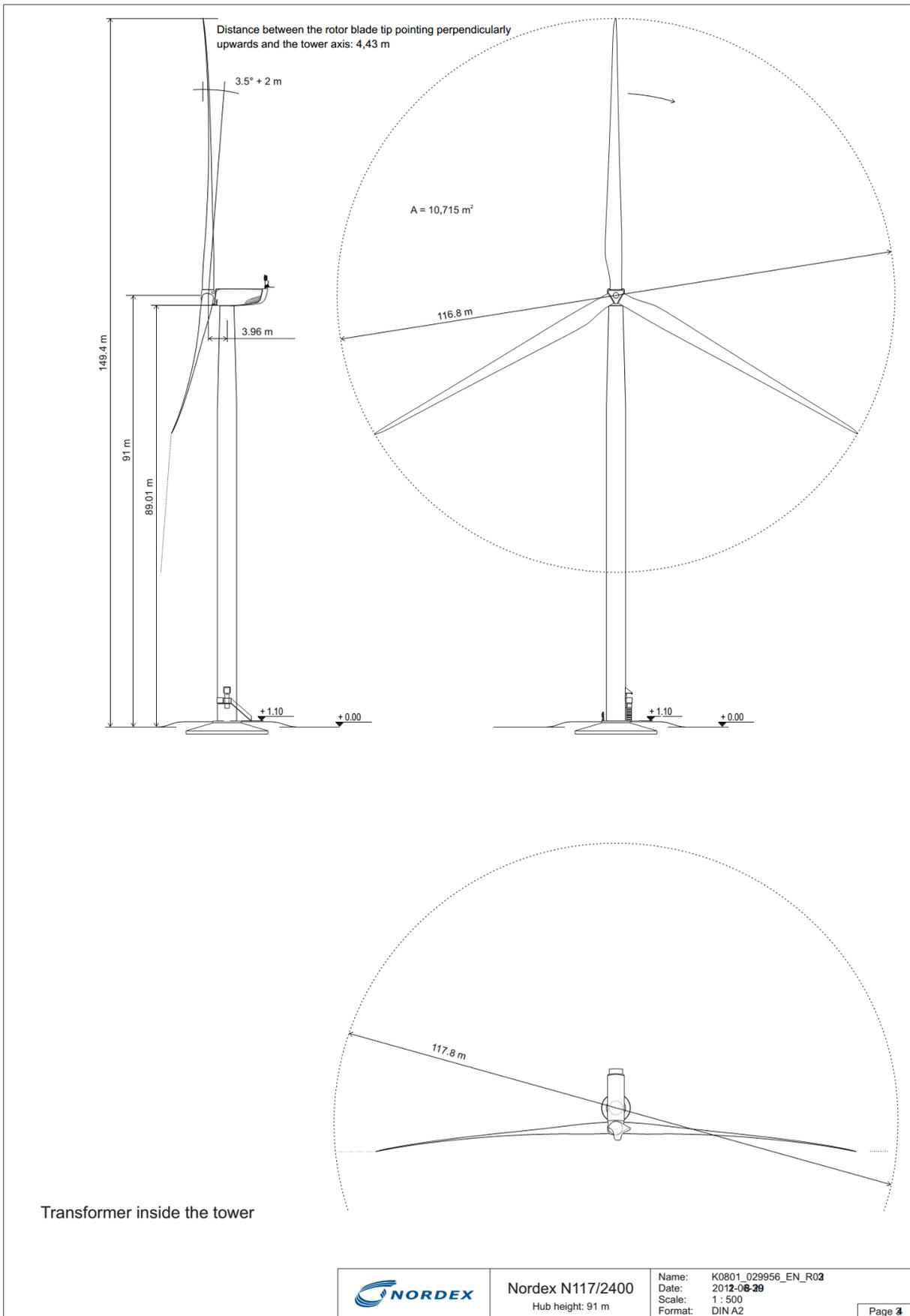
L'activité principale du parc éolien du Fond du Moulin est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent avec une hauteur (mât + nacelle) de 93 mètres (pour les modèles N117) et de 77 mètres (pour les modèles N100). Cette installation est donc soumise à la rubrique 2980 des installations classées pour la protection de l'environnement.

### **IV.1.3. COMPOSITION DE L'INSTALLATION**

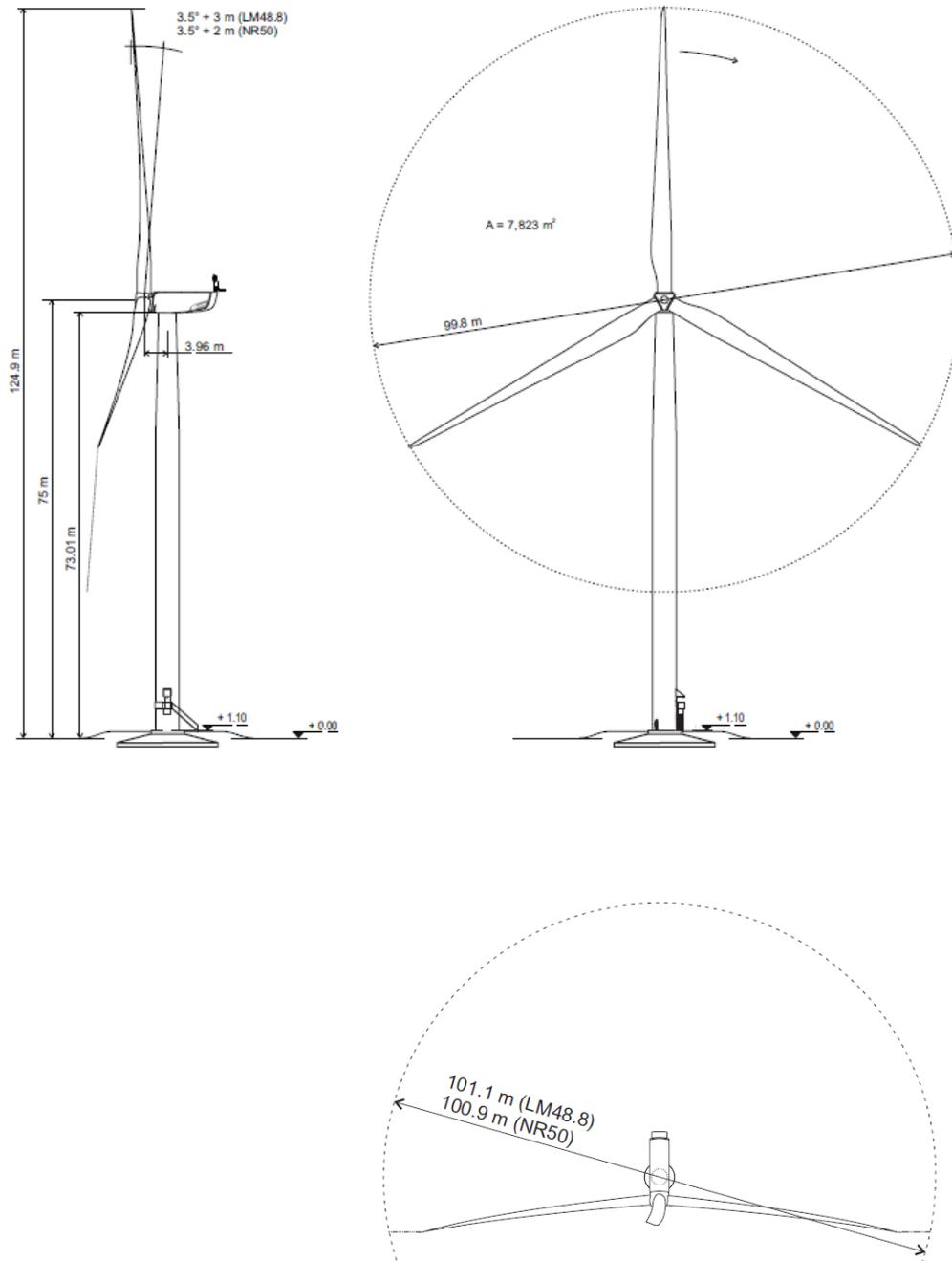
Le parc éolien du Fond du Moulin est composé de 10 aérogénérateurs et de 2 postes de livraison. Deux types d'éoliennes seront installées afin de répondre aux impératifs d'intégration paysagère :

- les éoliennes E1 à E5 seront du type N117 R91 (puissance 2,4 MW). Chaque aérogénérateur à une hauteur de moyeu de 91 m (soit une hauteur de mât + nacelle de 93 mètres au sens de la réglementation ICPE) et un diamètre de rotor 116,8 m, soit une hauteur totale en bout de pale de 149,4 m. Le diamètre de la zone de survol (disque balayé par les pales en projection verticale) est de 10715 m<sup>2</sup> du fait du déport du moyeu par rapport à l'axe de la tour. La longueur de chaque pale est de 57,3 mètres.

- les éoliennes E6 à E10 seront du type N100 R75 (puissance 2,5MW). Chaque aérogénérateur a une hauteur de moyeu de 75 m (soit une hauteur de mât + nacelle de 77 mètres au sens de la réglementation ICPE) et un diamètre de rotor 99,8m, soit une hauteur totale en bout de pale de 124,9m. Le diamètre de la zone de survol (disque balayé par les pales en projection verticale) est de 7823 m<sup>2</sup> du fait du déport du moyeu par rapport à l'axe de la tour. La longueur de chaque pale est de 48.7 mètres.



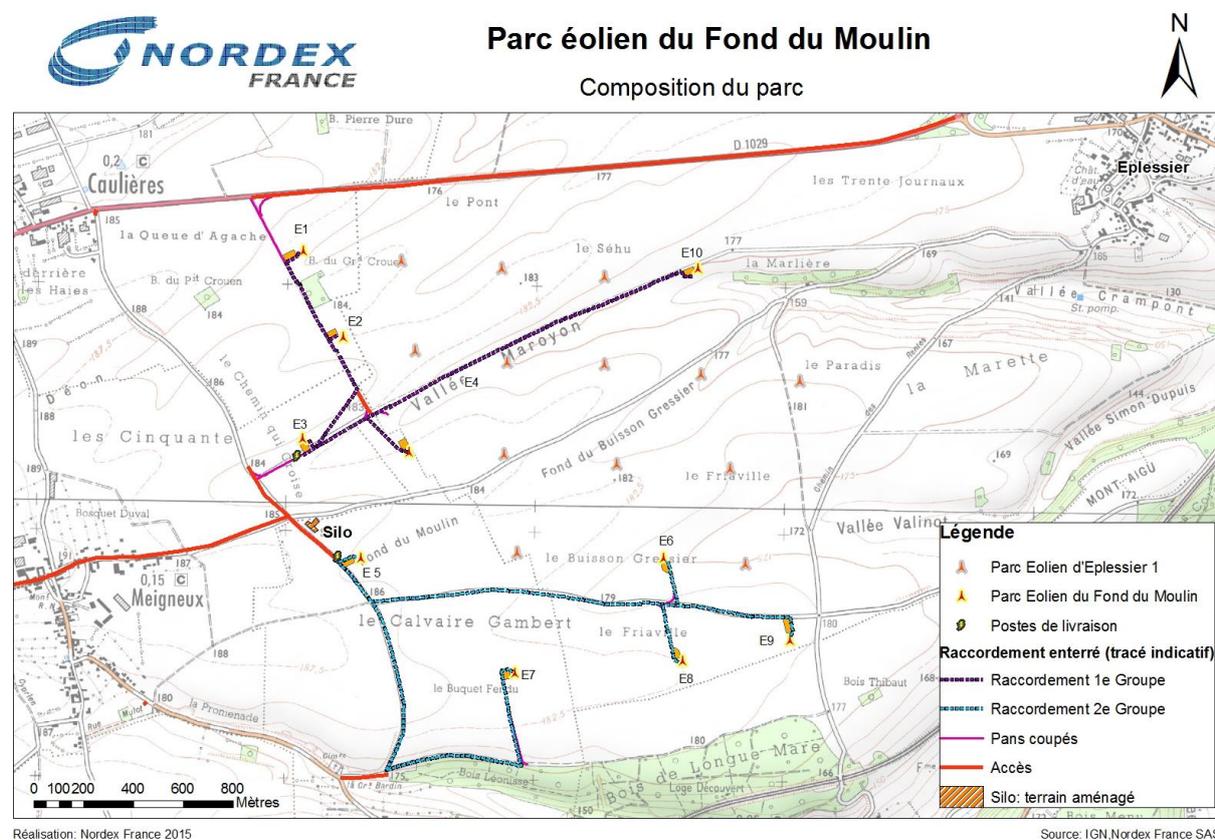
Vue d'ensemble de l'éolienne N117 R91



*Vue d'ensemble de l'éolienne N100 R75*

Le tableau suivant indique les coordonnées géographiques des aérogénérateurs (dans le système de coordonnées géographiques Lambert 93 RGF 93) et de les deux postes de livraison (PDL) :

| NUMERO DE L'ÉOLIENNE | TYPE D'ÉOLIENNE | LONGITUDE (X) | LATITUDE (Y) | ALTITUDE EN METRES NGF |
|----------------------|-----------------|---------------|--------------|------------------------|
| E1                   | N117            | 621199        | 6965008      | 182,7                  |
| E2                   | N117            | 621364        | 6964689      | 183,6                  |
| E3                   | N117            | 621241        | 6964246      | 185,5                  |
| E4                   | N117            | 621638        | 6964197      | 184,3                  |
| E5                   | N117            | 621432        | 6963769      | 185,6                  |
| E6                   | N100            | 622666        | 6963765      | 178,7                  |
| E7                   | N100            | 622060        | 6963308      | 184                    |
| E8                   | N100            | 622723        | 6963347      | 182,9                  |
| E9                   | N100            | 623175        | 6963452      | 181,8                  |
| E10                  | N100            | 622783        | 6964905      | 174,3                  |
| PDL1                 |                 | 621 212       | 6 964 191    | 185                    |
| PDL2                 |                 | 621 358       | 6 963 761    | 186                    |



## IV.2. FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

### IV.2.1. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UN AEROGENERATEUR

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

Les pales se mettent en mouvement lorsque **l'anémomètre** (positionné sur la nacelle) indique une vitesse de vent d'environ 10 km/h et c'est seulement à partir de 12 km/h que l'éolienne peut être couplée au réseau électrique. Le rotor et l'arbre dit «lent» transmettent alors l'énergie mécanique à basse vitesse (entre 8 et 14,1 tr/min) aux engrenages du multiplicateur, dont l'arbre dit «rapide» tourne environ 100 fois plus vite que l'arbre lent. Certaines éoliennes sont dépourvues de multiplicateur et la génératrice est entraînée directement par l'arbre « lent » lié au rotor. La génératrice transforme l'énergie mécanique produite par les pales en énergie électrique.

La puissance électrique produite varie en fonction de la vitesse du vent. Dès que le vent atteint environ 43 km/h à hauteur de nacelle, l'éolienne fournit sa puissance maximale. Cette puissance est dite «nominale».

Pour un aérogénérateur de 2,5 MW par exemple, la puissance électrique instantanée atteint 2 500 kW dès que le vent atteint environ 40 km/h. L'électricité produite par la génératrice correspond à un courant alternatif triphasé de fréquence 50 Hz avec une tension de 660 V. La tension est ensuite élevée jusqu'à 20 000 V par un transformateur placé dans chaque éolienne pour être ensuite injectée dans le réseau électrique public après passage par un convertisseur de puissance qui adapte l'électricité produite aux caractéristiques techniques définies par le gestionnaire de réseau..

Lorsque la mesure de vent, indiquée par l'anémomètre, atteint des vitesses de plus de 90 km/h (variable selon le type d'éoliennes), l'éolienne cesse de fonctionner pour des raisons de sécurité. Deux systèmes de freinage permettront d'assurer la sécurité de l'éolienne :

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

Les caractéristiques qui suivent sont les caractéristiques spécifiques aux éoliennes NORDEX en premier lieu de la gamme N117 et ensuite de la gamme N100, fournies par le constructeur.

#### ***a. Rotor et pales***

Le rotor permet de convertir l'énergie cinétique du vent en mouvement de rotation de l'éolienne. Il est composé de trois pales, d'un moyeu de rotor, de trois roulements et de trois entraînements pour l'orientation des pales.

- Le moyeu

Le moyeu du rotor est une construction en fonte modulaire et rigide. Le roulement d'orientation de pale et la pale sont montés dessus.

- Les pales

La longueur totale d'une pale est de 57,3 mètres (N117) et 48,7 mètres (N100). Elle est constituée de deux moitiés collées ensemble. Le matériau du noyau de cette construction à plusieurs couches est en balsa et mousse de PVC. La fibre de carbone est également employée.

Le profil aérodynamique des pales résiste bien aux salissures et à la glace, ce qui permet une réduction des pertes de puissance.

Chaque pale est pourvue d'une pointe en aluminium qui dévie le courant de foudre par un câble en acier vers le moyeu du rotor.

Les pales sont fixées au roulement d'orientation du système Pitch à l'aide de boulons en T.

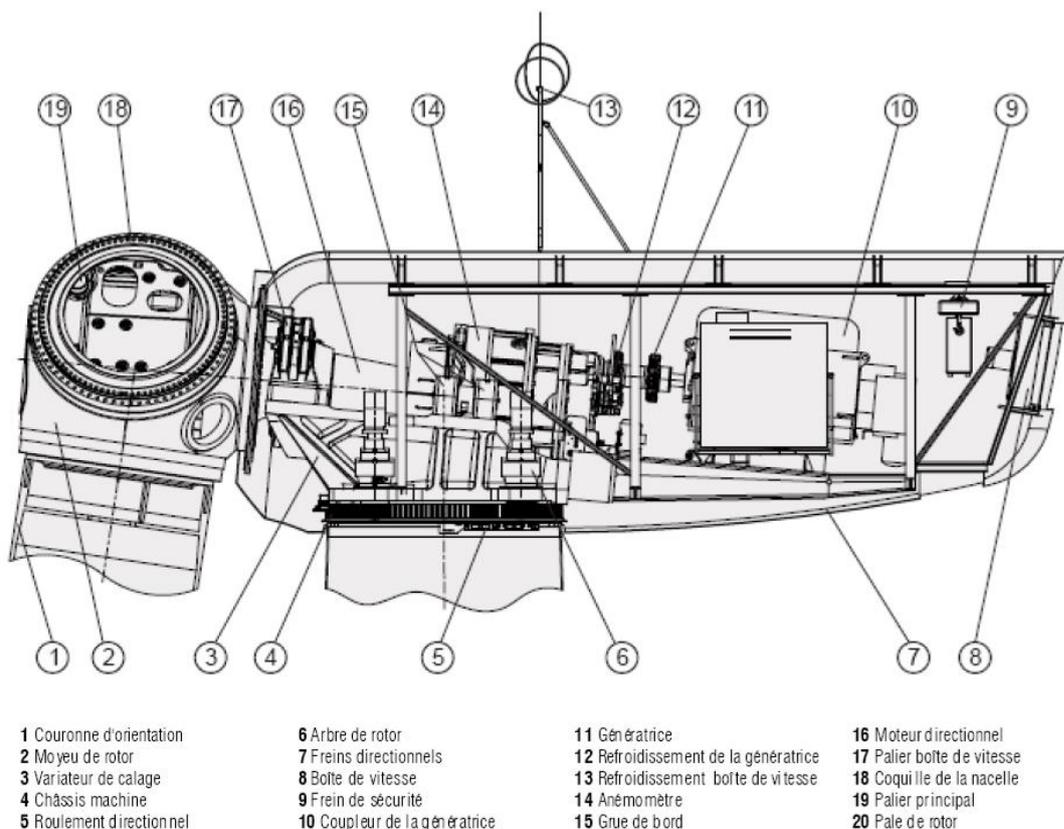
- Système à pas variable

Le système à pas variable déplace les pales du rotor dans les positions définies par le système de commande. Chaque pale est commandée et entraînée séparément par un entraînement électromagnétique avec moteur triphasé, un engrenage planétaire, et une unité de commande avec convertisseur de fréquence et alimentation électrique de secours. Le système à pas variable est le frein principal de l'éolienne.

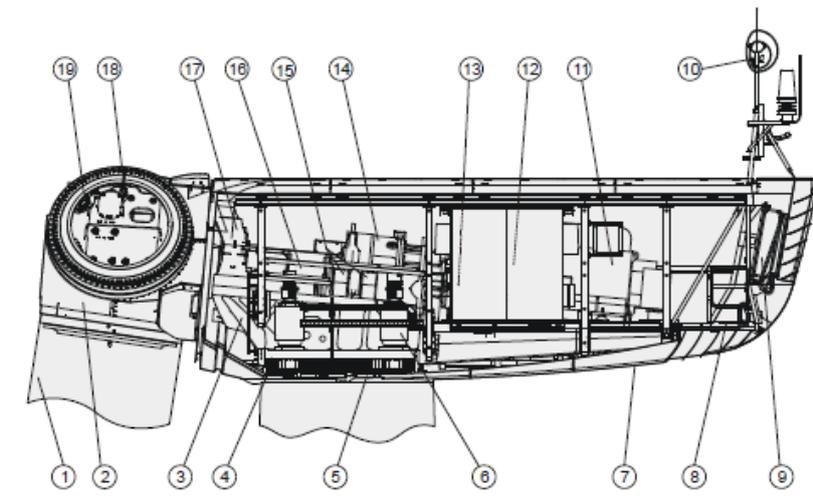
Les pales se tournent ainsi de 90° pour le freinage, ce qui interrompt la portance et crée une grande résistance de l'air provoquant ainsi le freinage du rotor (frein aérodynamique).

### ***b. Nacelle***

Une vue d'ensemble de la nacelle est présentée sur la figure suivante :



*Vue d'ensemble de la nacelle de l'éolienne N117*



III. 2: Dessin de vue d'ensemble nacelle

1. Pale de rotor
2. Moyeu de rotor
3. Châssis machine
4. Roulement de système d'orientation
5. Freins d'orientation
6. Entraînement de système d'orientation
7. Cabine de la nacelle
8. Écoutille pour la grue de bord
9. Échangeur thermique
10. Capteurs anémométriques
11. Génératrice
12. Coupleur
13. Frein de rotor
14. Multiplicateur
15. Appui du multiplicateur
16. Arbre de rotor
17. Palier de rotor
18. Roulement d'orientation de pale
19. Entraînement d'orientation de pale

#### *Vue d'ensemble de la nacelle de l'éolienne N100*

- La couronne d'orientation

La direction du vent est mesurée de manière continue à hauteur de moyeu par deux appareils indépendants. L'un d'entre eux est un appareil ultrasonique. Tous les anémomètres sont chauffés.

Si la direction du vent relevée diffère du positionnement de la nacelle d'une valeur supérieure à la valeur limite, la nacelle est réorientée via quatre entraînements constitués d'un moteur électrique, d'un engrenage planétaire à plusieurs niveaux et de pignons d'entraînement. Les freins d'orientation sont activés.

- Le train d'entraînement

Le train d'entraînement transmet le mouvement de rotation du rotor à la génératrice.

Il est constitué des composants principaux suivants :

- l'arbre de rotor : il transmet les forces radiales et axiales du rotor au châssis machine. Le roulement du rotor contient un dispositif de verrouillage mécanique du rotor,
- un multiplicateur : il augmente la vitesse de rotation au niveau nécessaire pour la génératrice. L'huile du multiplicateur assure non seulement la lubrification mais aussi le refroidissement du multiplicateur. La température des roulements du multiplicateur et de l'huile est surveillée en permanence.
- une frette de serrage qui relie entre eux l'arbre de rotor et le multiplicateur,

- un coupleur : il compense les décalages entre multiplicateur et génératrice. Une protection contre les surcharges (limitation prédéfinie de couple) est montée sur l'arbre de la génératrice. Elle empêche la transmission de pics de couple qui peuvent avoir lieu dans la génératrice en cas de panne de réseau. Le coupleur est isolé électriquement.

- La génératrice

La transformation de l'énergie éolienne en énergie électrique s'effectue grâce à une génératrice asynchrone à double alimentation de 2400 kW à 50 Hz (N117) et de 2500 kW à 50 Hz (N100).

Elle est maintenue à une température de fonctionnement optimale grâce au circuit de refroidissement.

Son stator est directement relié au réseau du parc éolien, son rotor l'est via un convertisseur de fréquence à commande spéciale.

- Les freins

L'éolienne est équipée d'un frein aérodynamique disposant de deux niveaux de freinage. Ce frein est déclenché par rotation des pales. Il peut être couplé à un deuxième système de freinage mécanique disposant lui aussi de deux niveaux de freinage.

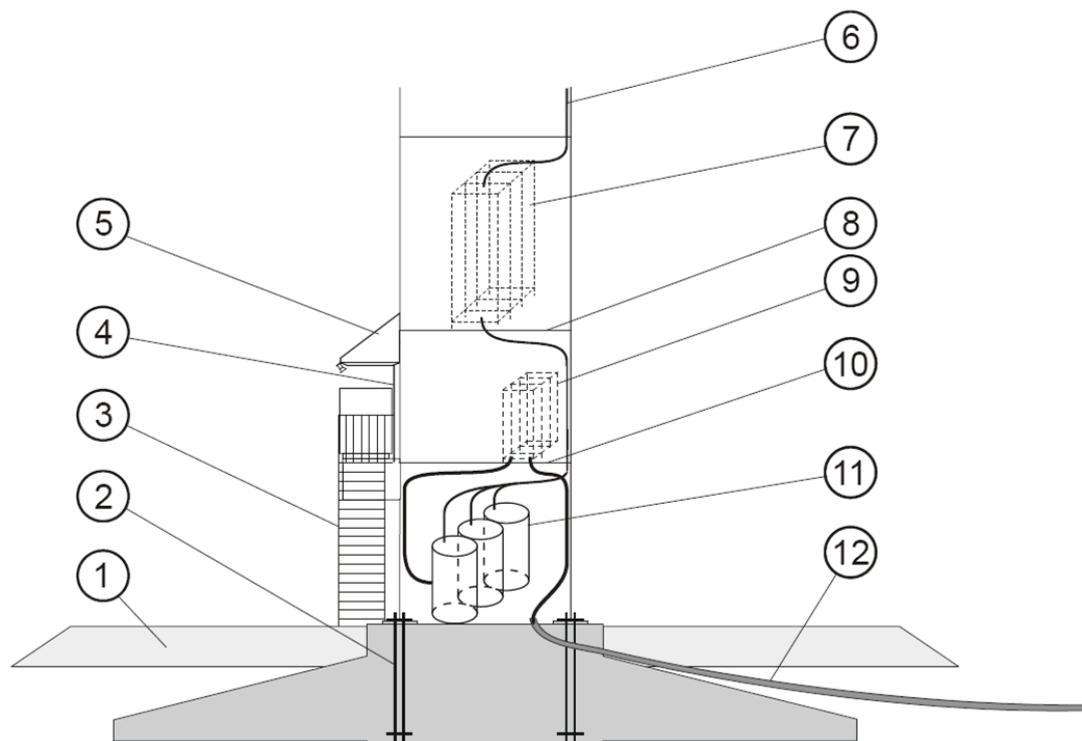
La description et les conditions de déclenchement des différents systèmes de freinage sont présentées dans le tableau suivant :

| Programme de freinage  | Description  |
|--|--|
| Freinage sans à coup (freinage aérodynamique)<br>Déclenchement en cas d'erreur ou de défaut non critique | Rotation des pales (pitch) de façon à réduire la vitesse de rotation de la génératrice => Position finale des pales : drapeau (frein mécanique rotor ouvert)<br><br>Paramètres surveillés : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diminution de la vitesse de rotation de la génératrice</li> <li>• La vitesse de rotation ne doit pas excéder la vitesse de déconnexion</li> </ul> <b>Si une de ces conditions n'est pas satisfaite =&gt; Programme de freinage suivant (freinage critique)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• En cas de défaut du réseau électrique ou si l'éolienne ne se trouve plus dans la plage de fonctionnement du convertisseur principal, le convertisseur principal est immédiatement déconnecté du réseau</li> </ul> |
| Freinage critique (freinage aérodynamique)<br>Déclenchement en cas d'erreur ou de défaut critique        | Rotation des pales (pitch) à une vitesse définie<br>=> Position finale des pales : drapeau (frein mécanique rotor ouvert)  |

|   |   |
|---|---|
|   | <p>Paramètres surveillés :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La vitesse de rotation ne doit pas excéder la vitesse de déconnexion</li> <li>• <b>Si cette condition n'est pas satisfaite =&gt; Programme de freinage suivant</b></li> <li>• En cas de défaut du réseau électrique ou si l'éolienne ne se trouve plus dans la plage de fonctionnement du convertisseur principal, le convertisseur principal est immédiatement déconnecté du réseau</li> </ul>   |
| <p>Freinage critique (freinage aérodynamique + freinage mécanique)</p> <p>Déclenchement en cas d'erreur ou de défaut critique nécessitant l'arrêt du rotor avec recours au frein mécanique</p>  | <p>Rotation des pales (pitch) à une vitesse définie<br/>       δ Position finale des pales : drapeau (frein mécanique rotor fermé)</p> <p>A une vitesse de rotation donnée, une durée définie après que les pales ont atteint leur position finale : fermeture du frein</p> <p>Paramètres surveillés :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La vitesse de rotation de la génératrice ne doit pas excéder la vitesse définie pour le déclenchement de la protection contre la survitesse</li> <li>• La vitesse de rotation du rotor ne doit pas excéder la vitesse définie pour le déclenchement de la protection contre la survitesse</li> </ul> <p><b>Si une de ces conditions n'est pas satisfaite =&gt; Programme de freinage suivant (freinage d'urgence)</b></p> |
| <p>Freinage d'urgence (freinage aérodynamique + freinage mécanique)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vitesse de rotation de la génératrice supérieure à la vitesse définie pour le déclenchement de la protection contre la survitesse</li> <li>• Vitesse de rotation du rotor supérieure à la vitesse définie pour le déclenchement de la protection contre la survitesse</li> <li>• Déclenchement de la chaîne de sécurité</li> </ul> | <p>Rotation des pales (pitch) à une vitesse définie</p> <p>Position finale des pales : drapeau</p> <p>Convertisseur principal et génératrice immédiatement déconnectés du réseau électrique</p> <p>Activation immédiate du frein rotor pour soutenir le freinage aérodynamique (rotor immobilisé dans un délai de 20 s)</p>   |

### c. Le pied du mât

Une vue d'ensemble du pied du mât est présentée sur la figure suivante :



|                    |                            |                                      |                                       |
|--------------------|----------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| 1 Remblai de terre | 4 Porte de mât             | 7 Armoire électrique                 | 10 1 <sup>ère</sup> plateforme du mât |
| 2 Ancrage du mât   | 5 Aération/refroidissement | 8 2 <sup>ème</sup> plateforme du mât | 11 Transformateur                     |
| 3 Escalier         | 6 Câble électrique         | 9 Commutation moyenne tension        | 12 Gains                              |

*Vue d'ensemble du pied du mât de l'éolienne N117, N100*

Le mât est un mât tubulaire cylindrique en acier.

L'échelle d'ascension avec son système de protection antichute et les plateformes de repos et de travail à l'intérieur du mât permettent un accès à la nacelle à l'abri de la météo.

- Fondation

La construction des fondations dépend de la nature du sol du site d'implantation prévu. Pour l'ancrage du mât, une cage d'ancrage est bétonnée dans les fondations. Le mât et la cage d'ancrage sont vissés ensemble.

- Le transformateur électrique

Le transformateur électrique sec (permettant d'élever la tension de 660 Volts en sortie de la génératrice à 20 000 Volts dans le réseau inter-éoliennes) est installé dans le mât de chaque éolienne. Il remplit les conditions de classe de protection incendie F1.

- L'armoire électrique

Les composants électroniques les plus importants sont situés dans l'armoire électrique dans le pied du mât. L'armoire électrique contient, séparément, le convertisseur de fréquence, l'ordinateur de gestion d'exploitation, l'écran de contrôle d'ordinateur, l'interrupteur principal, les fusibles ainsi que des connexions pour la communication et les câbles de puissance.

- Convertisseur de fréquence

Le convertisseur principal de l'éolienne est intégré dans l'armoire électrique dans le pied du mât. Il se trouve sur la deuxième plateforme la plus basse depuis le bas du mât et est pourvu d'un refroidissement à air et un à eau.

Grace à un système générateur-convertisseur à régime variable, les pics de charge et pointes de surtension sont limités.

#### ***d. Systèmes auxiliaires***

- Circuits de refroidissement et filtration

Le multiplicateur, la génératrice et le convertisseur de l'éolienne ont des systèmes de refroidissement indépendants les uns des autres.

Tous les systèmes sont conçus de manière à garantir des températures de fonctionnement optimales même en cas de températures extérieures élevées. La température de chaque roulement de multiplicateur, de l'huile du multiplicateur, des bobinages et des roulements de la génératrice ainsi que du réfrigérant est contrôlée en permanence et en partie de manière redondante par le système contrôle-commande.

Les trois systèmes de refroidissement sont présentés dans le tableau suivant :

| Constituant de l'éolienne  | Système de refroidissement |  |    |                             |   |
|----------------------------|----------------------------|--|----|-----------------------------|---|
|                            | Réfrigérant                | Système de refroidissement   | de | Système de filtration       | Pompe   |
| Multiplicateur             | Huile                      | Echangeur thermique huile/air avec 1 ventilateur à 2 étages (0,8/3 kW) |    | Oui (2 filtres 50 et 10 µm) | 1 pompe avec deux étages de pompage (52 et 105 L/min) |
| Génératrice                | Mélange antigél eau/glycol | Echangeur thermique eau/air avec 1 ventilateur à 2 étages (0,8/3 kW)   |    | Non                         | 1 pompe centrifugeuse (70L/min)                       |
| Convertisseur de fréquence | Mélange antigél eau/glycol | Echangeur thermique eau/air avec 1 ventilateur à 2 étages (1.1/1.8 kW) |    | Non                         | 1 pompe centrifugeuse (50L/min)                       |

*Systèmes de refroidissement utilisés sur l'éolienne N117*

- Système hydraulique

Le système hydraulique fournit en cours de fonctionnement la pression d'huile nécessaire pour le frein d'orientation et le frein mécanique du rotor. La puissance nominale de la pompe hydraulique est de 1,5 kW pour les éoliennes N117 et N100.

- Système de lubrification

Le palier de rotor, le multiplicateur, les deux roulements de la génératrice, les engrenages des trois roulements d'orientation de pale et les engrenages de roulement du système d'orientation de pale sont équipés de systèmes de lubrification automatiques et indépendants.

- Climatisation

Les armoires de commande dans le moyeu du rotor, la nacelle et le pied du mât de l'éolienne sont équipées de capteurs de température. Si certaines limites de température prédéfinies sont dépassées vers le haut ou le bas, des climatiseurs / chauffages s'activent pour garder la température de l'air dans l'armoire électrique à l'intérieur des limites de fonctionnement.

- Chauffage

Quand la température ambiante est basse, certains composants doivent être chauffés avant de pouvoir être utilisés. Le multiplicateur, la génératrice, l'agrégat hydraulique, les diverses armoires de commande et la nacelle sont équipés de chauffages qui s'enclenchent automatiquement en cas de besoin.

- Réseau électrique basse tension

Il y a deux réseaux basse tension dans l'éolienne. Le réseau de 660 V transporte le courant produit vers le point de transfert du réseau d'alimentation via le transformateur moyenne tension. Le réseau à 400 V alimente tous les systèmes électriques de l'éolienne.

- Mise à la terre

L'installation de mise à la terre est nécessaire pour la compensation de potentiel entre les parties de l'installation électrique et représente une partie importante du système de protection contre la foudre. Elle est fabriquée conformément à la norme IEC 61400-24 et aux schémas des fondations. La résistance de mise à la terre de l'éolienne ne dépasse pas 10 Ω.

| Élément De L'installation | Fonction   | Caractéristiques  |
|---------------------------|--|---|
| <b>Fondation</b>          | Ancrer et stabiliser l'éolienne dans le sol  | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ En béton armé, de forme circulaire</li> <li>▪ <u>Dimension</u> : design adapté en fonction des études géotechnique et hydrogéologique réalisées avant la construction. En standard, 19 m de diamètre à leur base et se resserre jusqu'à 4,90 m de diamètre représentant environ 520 m<sup>3</sup></li> <li>▪ <u>Profondeur</u> : en standard 2,70 m</li> </ul> |
| <b>Mât</b>                | Supporter la nacelle et le rotor   | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tubulaire en acier</li> <li>▪ Hauteur de 89,01 m (91 m au moyeu-N117), hauteur de 73 m (75m au moyeu-N100).</li> <li>▪ Composé de 4 tronçons</li> </ul>  |
| <b>Nacelle</b>            | Supporter le rotor<br>Abriter le dispositif de conversion de l'énergie mécanique en électricité (génératrice, etc.) Ainsi que les dispositifs de contrôle et de sécurité | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>Un arbre en rotation</u>, entraîné par les pales</li> <li>▪ <u>Le multiplicateur</u>, à engrenage cylindrique à 3 trains planétaires, a pour objectif d'augmenter le nombre de rotation de l'arbre – Tension nulle</li> <li>▪ <u>La génératrice annulaire</u>, asynchrone, à double alimentation, qui produit l'électricité – Tension de 660 V</li> </ul>   |
| <b>Rotor / Pales</b>      | Capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice  | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 3 pales par machine</li> <li>▪ Longueur : 57,3 m (N117), 48,7 m (N100)</li> <li>▪ Pales constituées de plastique armé à fibre de verre (résine époxyde), structure renforcée en fibres de carbone</li> </ul>   |
| <b>Transformateur</b>     | Elever la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau   | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tension de 20 kV à la sortie</li> </ul>  |
| <b>Poste de Livraison</b> | Adapter les caractéristiques du courant électrique à l'interface entre le réseau privé et le réseau public   | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Equipé de différentes cellules électriques et automates qui permettent la connexion et la déconnexion du parc éolien au réseau 20 kV</li> </ul>  |

*Synthèse du fonctionnement des aérogénérateurs selon le tableau type de l'INERIS/SER/FEE, 2012*

**a. Règles de conception et système qualité**

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

Les aérogénérateurs N117 (Classe 3) et N100 (Classe 2) font l'objet d'évaluations de conformité (tant lors de la conception que lors de la construction), de certifications de type (certifications CE) par un organisme agréé et de déclarations de conformité aux standards et directives applicables. Les équipements projetés répondront aux normes internationales de la Commission électrotechnique internationale (CEI) et Normes françaises (NF) homologuées relatives à la sécurité des éoliennes, et notamment :

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

D'autres normes de sécurité sont applicables :

- la génératrice est construite suivant le standard IEC 60034 et les équipements mécaniques répondent aux règles fixées par la norme ISO 81400-4.
- la protection foudre de l'éolienne répond au standard IEC61400-24 et aux standards non spécifiques aux éoliennes comme IEC 62305-1, IEC 62305-3 et IEC 62305-4.
- la directive 2004/108/CE du 15 décembre 2004 relative aux réglementations qui concernent les ondes électromagnétiques.
- le traitement anticorrosion des éoliennes répond à la norme ISO 9223.

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

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

**b. Conformité aux prescriptions de l'arrêté ministériel**

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

Cela concerne notamment :

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

La description détaillée des différents systèmes de sécurité de l'installation sera quant à elle effectuée au stade de l'analyse préliminaire des risques.

### ***c. Gestion à distance du fonctionnement des éoliennes***

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

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

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

De plus, les éoliennes N117 et N100 sont équipées d'un système de contrôle à distance des données. La supervision peut s'effectuer à distance par accès sécurisé depuis un ordinateur équipé d'une connexion internet. Le logiciel de supervision (SCADA – Supervising Control And Data Acquisition) utilisé est le Nordex Control 2.

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

#### ***d. Méthodes et moyens d'intervention***

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

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

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

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

Enfin, des consignes en cas d'urgence sont implantées au niveau du pied de la tour ainsi qu'au niveau des nacelles, afin de donner la procédure à suivre aux personnes présentes dans l'éolienne en cas d'accident. Ci-après, un modèle de ces consignes, qui sera bien entendu adapté à chaque éolienne du parc.

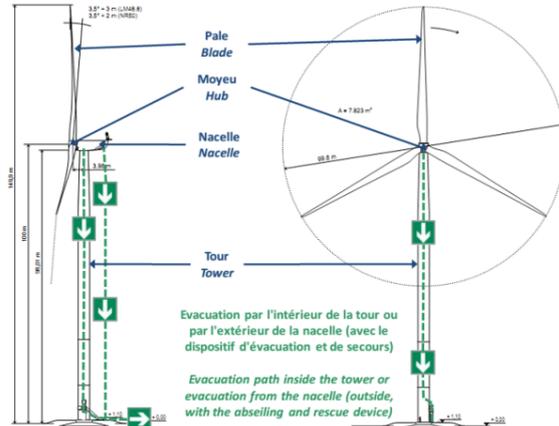
On rappelle enfin la présence d'extincteurs ainsi que de trousse de premiers soins, au pied de la tour ainsi que dans la nacelle. Les véhicules des techniciens de maintenance sont également équipés de trousse de premiers soins.

**CONSIGNES EN CAS D'URGENCE**  
**EMERGENCY INSTRUCTIONS**

|  |           |   |  |
|--|-----------|---|--|
| <b>[NOM DU PARC EOLIEN]</b>  |           |   |  |
| <b>[Adresse du parc éolien]</b>  |           |   |  |
| <b>Identifiant Eolienne / WTG ID</b>   |           | <b>Coordonnées GPS (WGS 84) / GPS Coordinates (WGS 84)</b>  |  |
| <b>00</b><br><small>Position sur parc éolien<br/>Position on wind farm</small> | <b>NX</b> | <b>00000</b><br><small>N°Série (affiché sur l'éolienne)<br/>Serial Nr. (mentioned on the WTG)</small> | <b>Latitude</b><br><b>[N/S 00.000000]</b>  |
|  |           |   | <b>Longitude</b><br><b>[E/W 00.000000]</b> |

**ACCIDENT - URGENCE MÉDICALE**  
**ACCIDENT - MEDICAL EMERGENCY**

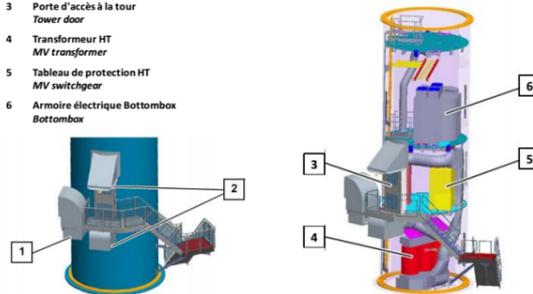
- Appeler ou faire appeler le **112**  
*Dial or ask someone to dial 112*
- Préciser :  
*Precise :*
  - Le lieu de l'accident: au moins nom et adresse du parc éolien et numéro de l'éolienne  
*The accident place: at least name and location of the wind farm and WTG identification number*
  - La nature de l'accident (chute de hauteur, électrisation...)  
*The type of accident (fall from height, electrical accident...)*
  - Le nombre de victimes  
*The number of injured persons*
  - L'état de la (des) victime(s) : saignement, conscience, nature et siège des lésions...  
*The status of the injured person(s): bleeding, awareness, kind of injuries, parts of body injured...*
  - La position de la ou des victime(s) : dans la nacelle, au sol, dans la tour, suspendu dans son harnais... Dans le cas d'une intervention en hauteur, demander l'intervention du GRIMP et préciser si la porte de l'éolienne doit être forcée  
*The location of the victim(s): in the nacelle, on the ground, in the tower, suspended in harness... In case of rescue at height, request "GRIMP" intervention and precise if the WTG door has to be broken*
  - S'il persiste un danger pour les équipes de secours  
*If there is still a danger for the emergency services*
- Suivre les instructions  
*Follow the instructions*  
**NE JAMAIS RACCROCHER AVANT LES SECOURS**  
**DO NOT HANG UP BEFORE THE OPERATOR TELLS YOU TO**
- Si possible, organiser l'accueil des secours  
*If possible, prepare for the arrival of emergency services*



**INCENDIE**  
**FIRE**

- Si possible, déconnecter l'éolienne du réseau électrique  
*If possible, disconnect the wind turbine from the grid*
- Dans la mesure du possible, attaquer le feu. Sinon, évacuer l'éolienne.  
*If possible, fight the fire. Otherwise, evacuate the wind turbine.*
- Appeler ou faire appeler le **112**  
*Dial or ask someone to dial 112*
- Préciser le lieu de l'incident  
*Precise the incident place*
- Suivre les instructions  
*Follow the instructions*  
**NE JAMAIS RACCROCHER AVANT LES SECOURS**  
**DO NOT HANG UP BEFORE THE OPERATOR TELLS YOU TO**
- Si possible, organiser l'accueil des secours  
*If possible, prepare for the arrival of emergency services*  
**PERIMETRE DE SECURITE A ETABLIR AUTOUR DE L'EOLIENNE**  
**DANGER AREA TO BE DEFINED AROUND THE WIND TURBINE**

- Echangeur de chaleur pour refroidissement convertisseur  
*Heat exchanger for converter cooling*
- Entrée et/ou sortie d'air  
*Air inlet and/or outlet openings*
- Porte d'accès à la tour  
*Tower door*
- Transformateur HT  
*MV transformer*
- Tableau de protection HT  
*MV switchgear*
- Armoire électrique Bottombox  
*Bottombox*



**EXPLOITANT DU PARC ÉOLIEN / WIND FARM OPERATOR**

**[Nom de la société exploitante / Company name]**  
[N°, rue, avenue... / Street, Nr.]  
[Code postal et Commune / Zip code & City]  
**Contact : [Numéro de téléphone / Phone number]**

**NUMERO D'URGENCE NORDEX (24 / 7) - Urgence sur une éolienne Nordex**  
**NORDEX EMERGENCY NUMBER (24 / 7) - Emergency on or by Nordex wind turbines**

**+ 49 381 6663 3727**

### IV.2.3. OPERATIONS DE MAINTENANCE DE L'INSTALLATION

#### **a. Gestion du fonctionnement de l'installation**

Au quotidien, l'exploitation des éoliennes ne fait pas l'objet d'une présence humaine sur le site considéré. En effet, le fonctionnement du parc éolien est entièrement automatisé et contrôlé à distance grâce à un Automate Programmable Industriel.

Pour cela, les installations NORDEX sont équipées d'un système SCADA 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.

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

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 lié à des déclenchements de capteurs de sécurité (déclenchement du détecteur d'arc ou d'incendie, pression basse d'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.

En outre, conformément à l'article 13 de l'arrêté du 26 août 2011, les personnes étrangères à l'installation n'auront pas d'accès libre à l'intérieur des aérogénérateurs. De même les accès à l'intérieur de chaque aérogénérateur et du poste de livraison seront maintenus fermés à clef afin d'empêcher les personnes non-autorisées d'accéder aux équipements.

Enfin, conformément à l'article 17 de l'arrêté du 26 août 2011, le fonctionnement de l'installation sera assuré par un personnel compétent disposant d'une formation portant sur les risques présentés par l'installation, ainsi que sur les moyens mis en œuvre pour les éviter. Le personnel connaîtra les procédures à suivre en cas d'urgence et procède à des exercices d'entraînement, le cas échéant, en lien avec les services de secours.

#### **b. Maintenance des aérogénérateurs**

La maintenance des éoliennes sera assurée par le constructeur NORDEX qui, dans le cadre d'un contrat global de performances, garantit entre autre la fiabilité et la disponibilité de ses machines.

La première année d'exploitation est sujette à un plus grand nombre d'interventions qui servent à affiner les paramètres de réglages des éoliennes.

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

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

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

Pour la maintenance, une équipe de techniciens spécialisés est implantée à Crèvecœur-le-Grand (60), distante d'environ 20 km du parc éolien. Cette antenne a pour l'instant en charge l'entretien de tous les parcs éoliens équipés par Nordex dans l'Oise et la Somme. En cas de déviance sur la production ou d'avaries techniques, une équipe de maintenance interviendra sur le site.

En outre, conformément à l'article 15 de l'arrêté du 26 août 2011, suivant une périodicité qui ne pourra excéder 1 an, l'exploitant réalisera une vérification de l'état fonctionnel des équipements de mise à l'arrêt, de mise à l'arrêt d'urgence et de mise à l'arrêt depuis un régime de survitesse en application des préconisations du constructeur de l'aérogénérateur.

De même, conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011, trois mois, puis un an après la mise en service industrielle, puis suivant une périodicité qui ne peut excéder trois ans, l'exploitant procédera à un contrôle de l'aérogénérateur consistant en un contrôle des brides de fixations, des brides de mât, de la fixation des pâles et un contrôle visuel du mât. Selon une périodicité qui ne peut excéder un an, l'exploitant procédera à un contrôle des systèmes instrumentés de sécurité. Ces contrôles feront l'objet d'un rapport qui sera tenu à la disposition de l'inspection des installations classées.

Enfin, conformément à l'article 19 de l'arrêté du 26 août 2011, l'exploitant disposera d'un manuel d'entretien de l'installation dans lequel seront précisées la nature et les fréquences des opérations d'entretien afin d'assurer le bon fonctionnement de l'installation. L'exploitant tiendra à jour pour chaque installation un registre dans lequel seront consignées les opérations de maintenance ou d'entretien et leur nature, les défaillances constatées et les opérations correctives engagées.

#### **IV.2.4. STOCKAGE ET FLUX DE PRODUITS DANGEREUX**

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

De même, conformément à l'article 20 de l'arrêté du 26 août 2011, l'exploitant éliminera ou fera éliminer les déchets produits dans des conditions propres à garantir les intérêts visés à l'article L. 511-1 du code de l'environnement. L'exploitant s'assurera que les installations utilisées pour cette élimination sont régulièrement autorisées à cet effet. Le brûlage des déchets à l'air libre sera interdit.

Enfin, conformément à l'article 21 de l'arrêté du 26 août 2011, les déchets non dangereux (par exemple bois, papier, verre, textile, plastique, caoutchouc) et non souillés par des produits toxiques ou polluants seront récupérés, valorisés ou éliminés dans des installations autorisées. Les seuls modes d'élimination qui seront autorisés pour les déchets d'emballage seront la valorisation par réemploi, recyclage ou toute autre action visant à obtenir des matériaux utilisables ou de l'énergie.

## IV.3. FONCTIONNEMENT DES RESEAUX DE L'INSTALLATION

### IV.3.1. RACCORDEMENT ELECTRIQUE

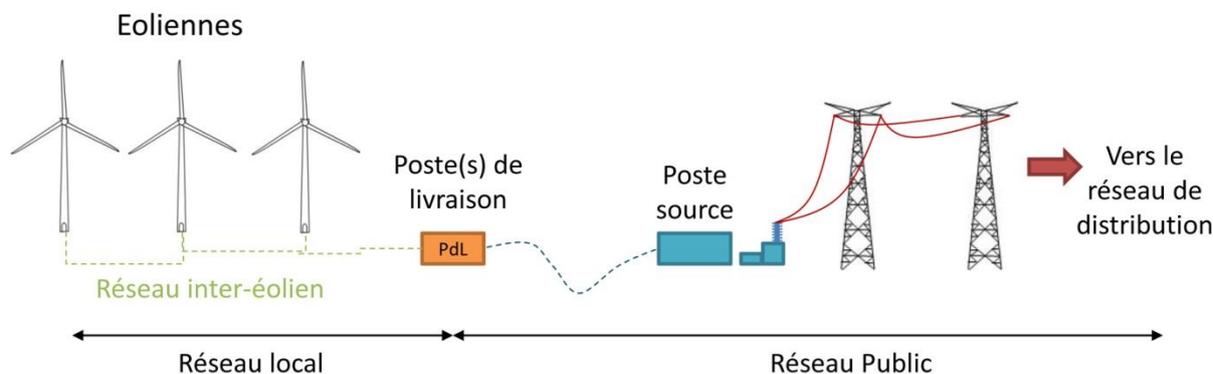


Figure 3 : Raccordement électrique des installations

#### ❖ Réseau inter-éolien

Le réseau inter-éolien permet de relier le transformateur, intégré dans le mât de chaque éolienne, au point de raccordement avec le réseau public. Ce réseau comporte également une liaison de télécommunication qui relie chaque éolienne au terminal de télésurveillance. Ces câbles constituent le réseau interne de la centrale éolienne. L'ensemble est réalisé en lignes de 20 000 volts enterrées à une profondeur de 1 m. Pour chaque câble, des gaines blindées seront utilisées pour assurer la protection et réduire le niveau de rayonnement électromagnétique.

#### ❖ Poste de livraison

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

Il comprend :

- un compteur électrique,
- des cellules de protection,
- des sectionneurs,
- des filtres électriques.

La tension limitée de cet équipement (20 000 volts, ce qui correspond à la tension des lignes électriques sur pylônes bétonnés standards des réseaux communs de distribution de l'électricité) n'entraîne pas de risque électromagnétique important.

Le parc éolien du Fond du Moulin possède deux postes de livraison. Le premier est situé à proximité de l'éolienne E3 l'autre est situé à proximité de l'éolienne E5 (Cf. plan ci-après).

#### ❖ Réseau électrique externe

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

#### IV.3.2. APPROBATION DE CONSTRUCTION ET DE L'EXPLOITATION DES OUVRAGES DE TRANSPORT ET DE DISTRIBUTION D'ELECTRICITE (ART. L323-11 CODE DE L'ENERGIE)

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.

##### **Caractéristiques principales de l'ouvrage**

Le câblage électrique du parc comprend deux parties distinctes : le câblage inter éolienne (objet de la présente demande) et le câblage de raccordement du parc éolien au poste source le plus proche. La jonction entre les deux parties se fait au niveau du poste de livraison du parc éolien.

##### **Réseau inter éolien**

L'ensemble est réalisé en ligne 20 000 Volts en alternatif triphasé à une fréquence 50 Hz, enterré à une profondeur située entre 0,65 et 1,2 mètre (Vue en coupe : figure 5) :

Tableau a : profondeur du réseau

|                         |        |
|-------------------------|--------|
| <b>Sous accotement</b>  | 0.65m  |
| <b>Sous chaussée</b>    | 0.85 m |
| <b>Terrain Agricole</b> | 1.20   |

Un grillage avertisseur est placé à 30 cm des canalisations.

Les câbles seront de type C33226, l'âme du conducteur sera en aluminium. Le tableau ci-dessous résume les longueurs et les sections de câbles qui seront utilisées :

| Désignation (Section mm <sup>2</sup> ) | Longueur en mètres |
|--|--------------------|
| <b>3x95<sup>2</sup></b>                | 6530               |
| <b>3x150<sup>2</sup></b>               | 1705               |
| <b>3x240<sup>2</sup></b>               | 170                |

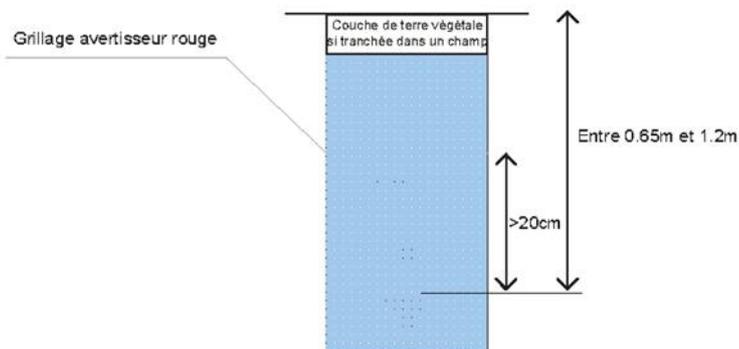
Tableau b : longueur du réseau

Le transformateur électrique (permettant d'élever la tension de 660 Volts en sortie de la génératrice à 20 000 Volts dans le réseau) sera logé au sein de la tour de l'éolienne.

L'éolienne produit en 660 V en sortie de génératrice et dispose d'un transformateur élévateur de tension BT/MT (660 V/20 000 V) qui est logé au sein de la tour de l'éolienne. L'énergie électrique produite est alors dirigée vers le point de livraison qui est raccordé au réseau MT d'ERDF.

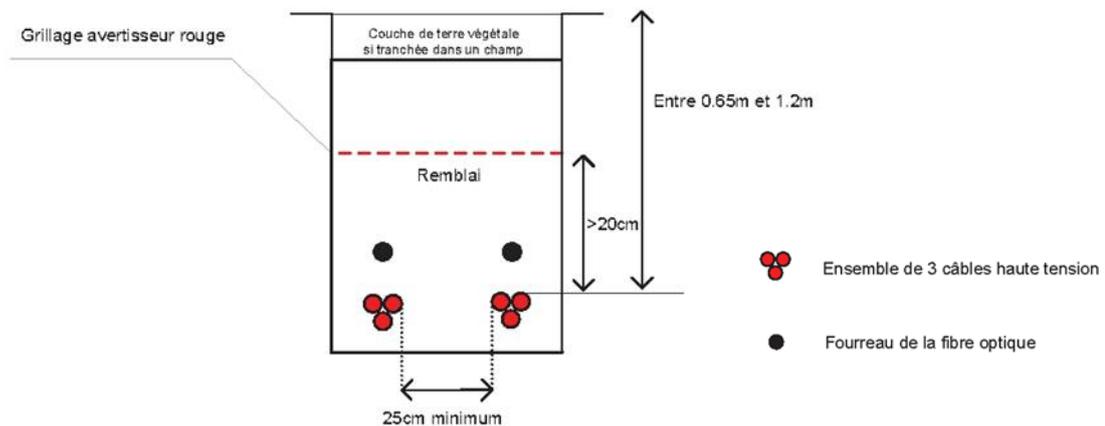
|   |                                |     |          |                       |              |
|---|--------------------------------|-----|----------|-----------------------|--------------|
|  | <i>Spécification Technique</i> | Rev | Date     | Auteur / Vérificateur | Commentaires |
|   |                                | 0   | 14/03/11 | CEU/FVA               | Création     |
| Tranchées pour le passage des câbles haute tension 20kV et de la fibre optique    |                                |     |          |                       |              |

### Tranchée simple



### Tranchée double

Ne pas utiliser pour un câble de 240mm<sup>2</sup> Alu dans lequel transite la puissance produite par 5 éoliennes.



*Figure a : coupes-types de tranchées*

La tranchée doit être dimensionnée pour y placer:

- Un jeu de 3 câbles haute tension (HTA) permettant d'évacuer l'énergie produite par les éoliennes vers le poste de livraison. Ils peuvent être d'une section de 95mm<sup>2</sup>, 150mm<sup>2</sup>, 240mm<sup>2</sup> ou 300mm<sup>2</sup>.
- Un fourreau pour le passage de la fibre optique (PEHD).
- Eventuellement un deuxième jeu de 3 câbles haute tension et un deuxième fourreau pour la fibre optique dans le cas d'un aller-retour de câbles sur un chemin d'accès par exemple.

Les 3 câbles haute tension doivent être de type C33-226 avec enterrabilité directe renforcée. Ils doivent être torsadés ensemble et recouverts d'un tissu géotextile permettant d'assurer une protection mécanique et un refroidissement du câble.

Pour être en accord avec la norme C13-200 et garantir un facteur de charge convenable, un câble de 240mm<sup>2</sup> Alu dans lequel transite la puissance produite par 5 éoliennes doit être seul dans sa tranchée et espacé d'au moins 1m de n'importe quel autre câble électrique. Une autre solution est d'utiliser une section de 300mm<sup>2</sup>.

### **Poste de livraison**

Les postes de livraison sont des bûts préfabriqués de 20m<sup>2</sup> répondant aux spécifications suivantes :

- guide technique EDF B81, normes NF C13-100, C13-200 et C15-100, la fabrication est réalisée suivant un système qualité certifié AFAQ ISO9002. Les postes de livraison sont placés de manière à optimiser le raccordement au réseau électrique en direction du poste source. Ils comprennent : un compteur électrique, des cellules de protection, des sectionneurs, des filtres électriques. La tension limitée de cet équipement (20 000 Volts, ce qui correspond à la tension des lignes électriques sur pylônes EDF bétonnés standards des réseaux communs de distribution de l'énergie) n'entraîne pas de risque électromagnétique important. Son impact est donc globalement limité à son emprise au sol : perte de terrain, aspect esthétique. Le poste de livraison est compris dans un local préfabriqué de 8 m x 2,92 m, soit une emprise au sol de 23 m<sup>2</sup>.

### **Nature des sols**

Le site d'étude est localisé vers le centre du Bassin Parisien, présentant des roches (ou faciès) relativement récentes datant du Crétacé supérieur, et repose essentiellement sur des dépôts crayeux.

Le site est par ailleurs sur l'axe d'un anticlinal orienté Nord-Ouest / Sud-Est, point haut du paysage.

Les sols du plateau picard sont constitués essentiellement de limon. Il s'agit de sols riches et fertiles sur lequel se développe une agriculture céréalière intensive « open-field ».

Aucun cours d'eau ne traverse la zone d'implantation du projet. Le plus proche est la rivière de Poix à 1,3 km au Sud du projet.

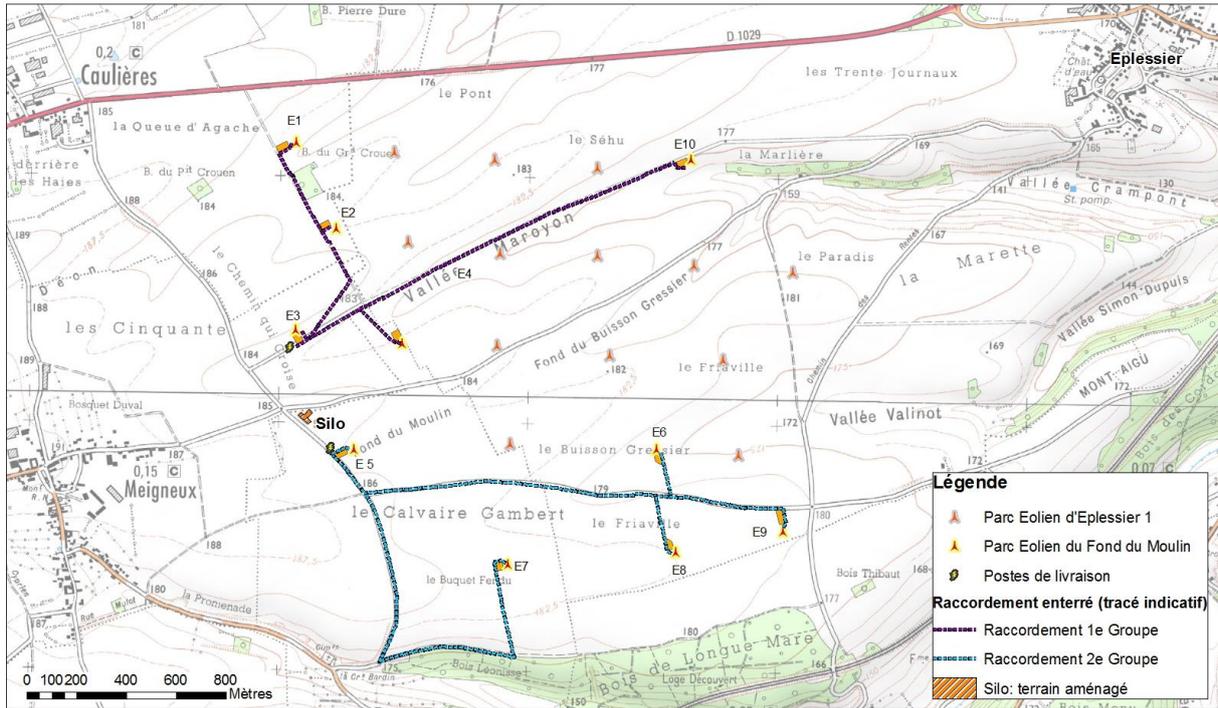
### **Démarche préalables à la réalisation de l'ouvrage**

Une première consultation des exploitants de réseaux a été effectuée. Avant la phase travaux, une consultation à travers le portail DICT sera réalisée.

Le pétitionnaire a obtenu les accords avec les propriétaires et exploitants concernés pour les passages en domaine privé. Des conventions de voiries seront, elles, conclues avec les différents gestionnaires de voiries avant la phase chantier.

### **Plans et schémas électriques de l'ouvrage**

Plan au 1/25 000 des ouvrages électriques du projet. .



Réalisation: Nordex France 2015

Source: IGN, Nordex France SAS

Voir plans de raccordement par éolienne dans le dossier de Demande d'Autorisation d'Exploiter.

### Date prévisionnelle des travaux

La date prévisionnelle des travaux de construction des ouvrages de transport et de distribution de l'électricité est 2018.

### IV.3.3. AUTRES RESEAUX

Le parc éolien du Fond 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.

## V. IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION

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

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

### V.1. POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX PRODUITS

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

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

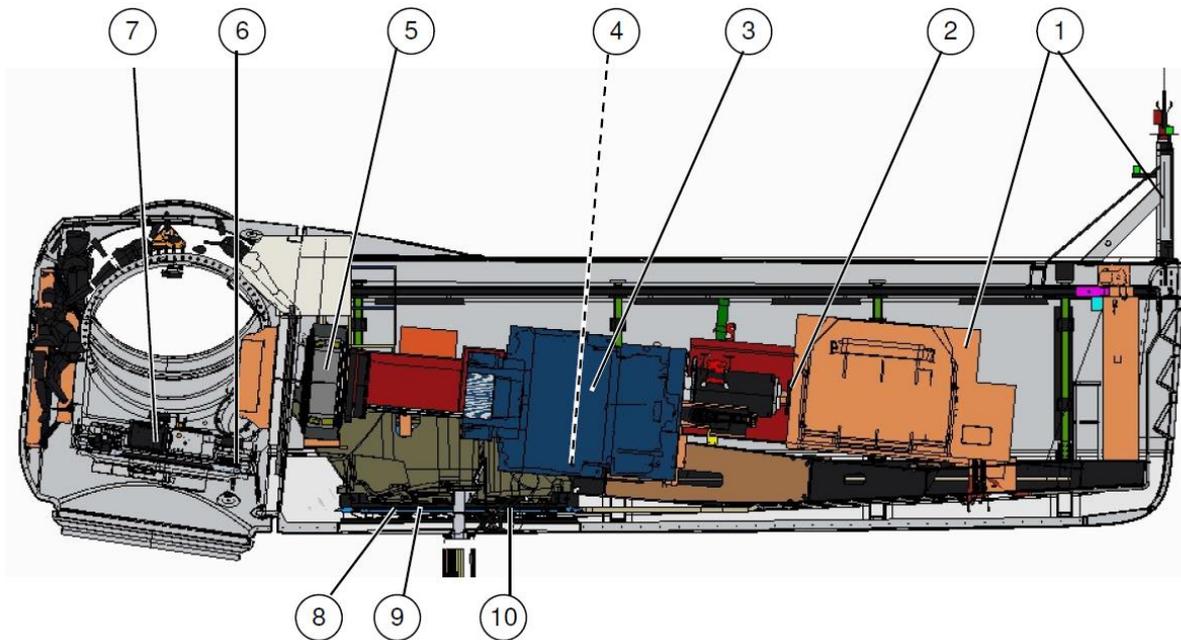
- produits nécessaires au bon fonctionnement des installations (graisses et huiles de transmission, huiles hydrauliques pour systèmes de freinage,...), qui une fois usagés sont traités en tant que déchets industriels spéciaux ;
- produits de nettoyage et d'entretien des installations (solvants, dégraissants,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

Les produits chimiques utilisés pour le bon fonctionnement des éoliennes NORDEX N117 et N100 sont les suivants :

|   | LIEU DE LUBRIFICATION                                   | DESIGNATION   | LUBRIFIANT   | QUANTITE                          | CLASSE DE MATIERE DANGEREUSE |
|---|---|---|--|-----------------------------------|------------------------------|
| 1 | Système de refroidissement (génératrice, convertisseur) | Varidos FSK 45  | Liquide de refroidissement                               | Environ 150 L (N117), 70 L (N100) | Xn                           |
| 2 | Roulements de la génératrice                            | Klüberplex BEM 41-132   | Graisse  | 12 kg(N117), 9,4 kg (N100)        | -                            |
| 3 | Multiplicateurs, circuit de refroidissement inclus      | Mobilgear XMP 320<br>Mobilgear SHC XMP 320<br>Castrol Optigear Synthetic X320( N117)<br>Optigear Synthetic/ A320<br>Optigear Synthetic (N100) | Huile minérale<br>Huile synthétique<br>Huile synthétique | Environ 570 L                     | -                            |
| 4 | Système Hydraulique                                     | Shell Tellus S4 VX 32   | Huile minérale   | Environ 25 L                      | -                            |
| 5 | Roulement de rotor                                      | Mobil SHC Grease 460 WT   | Graisse  | Environ 60 kg (N117), 30kg (N100) | -                            |
| 6 | Roulements d'orientation des pales - Voie de roulement  | Fuchs Gleitmo 585K (N117), Mobil SHC Graisse 460 WT (N100)  | Graisse  | Environ 35 kg, 3x 4,9kg (N100)    | -                            |

|   | LIEU DE LUBRIFICATION   | DESIGNATION  | LUBRIFIANT        | QUANTITE                           | CLASSE DE MATIERE DANGEREUSE |
|---|---|--|-------------------|------------------------------------|------------------------------|
| 7 | Engrenages du mécanisme d'orientation des pales                       | Mobil SHC 629( N117, N100)                                 | Huile synthétique | 3 x 11 L                           | -                            |
| 8 | Engrenages du système d'orientation de la nacelle                     | Mobil SHC 629(N117, N100)                                  | Huile synthétique | 4 x 27 L                           | -                            |
| 9 | Roulements du système d'orientation de la nacelle - Voie de roulement | Fuchs Gleitmo 585K (N117), Mobil SHC Graisse 460 WT (N100) | Graisse           | Environ 13 kg (N117), 3,8kg (N100) | -                            |

*Nota : Graisse = lubrifiant solide ; huile = lubrifiant liquide.*



*Localisation des lubrifiants utilisés dans l'éolienne N117*

Ces produits, utilisés dans de faibles quantités en circuit fermé, ont une toxicité limitée. En cas de fuite, leur impact ne dépassera pas les limites intérieures de l'éolienne.

Les huiles peuvent cependant être considérées comme des produits combustibles. Nous retiendrons par conséquent le risque d'incendie sur le circuit de refroidissement du multiplicateur (inventaire le plus important).

Il est rappelé que conformément à l'article 16 de l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation, aucun produit inflammable ou combustible ne sera stocké dans les aérogénérateurs ou les postes de livraison.

En conclusion, il ressort que les produits ne présentent pas de réel danger, si ce n'est lorsqu'ils sont soumis à un incendie, ils vont entretenir cet incendie.

## V.2. POTENTIELS DE DANGERS LIES AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

Les dangers liés au fonctionnement du parc éolien du Fond du Moulin sont de cinq types :

- chute d'éléments de l'aérogénérateur (boulons, morceaux d'équipements, etc.) ;
- projection d'éléments (morceau de pale, brides de fixation, etc.) ;
- effondrement de tout ou partie de l'aérogénérateur ;
- échauffement de pièces mécaniques ;
- courts-circuits électriques (aérogénérateur ou poste de livraison).

Ces dangers potentiels sont recensés dans le tableau suivant :

| INSTALLATION OU SYSTEME                                  | FONCTION   | PHENOMENE REDOUTE             | DANGER POTENTIEL                                     |
|--|--|-------------------------------|--|
| <b>Système de transmission</b>                           | Transmission d'énergie mécanique                               | Survitesse                    | Echauffement des pièces mécaniques et flux thermique |
| <b>Pale</b>  | Prise au vent  | Bris de pale ou chute de pale | Energie cinétique d'éléments de pales                |
| <b>Aérogénérateur</b>                                    | Production d'énergie électrique à partir d'énergie éolienne    | Effondrement                  | Energie cinétique de chute                           |
| <b>Poste de livraison, intérieur de l'aérogénérateur</b> | Réseau électrique  | Court-circuit interne         | Arc électrique                                       |
| <b>Nacelle</b>   | Protection des équipements destinés à la production électrique | Chute d'éléments              | Energie cinétique de projection                      |
|  |  | Chute de nacelle              | Energie cinétique de chute                           |
| <b>Rotor</b>   | Transformer l'énergie éolienne en énergie mécanique            | Projection d'objets           | Energie cinétique des objets                         |

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

## V.3. REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS A LA SOURCE

### V.3.1. REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX PRODUITS

Les produits présents sur chaque éolienne (huile, fluide de refroidissement) sont des produits classiques utilisés dans ce type d'activité.

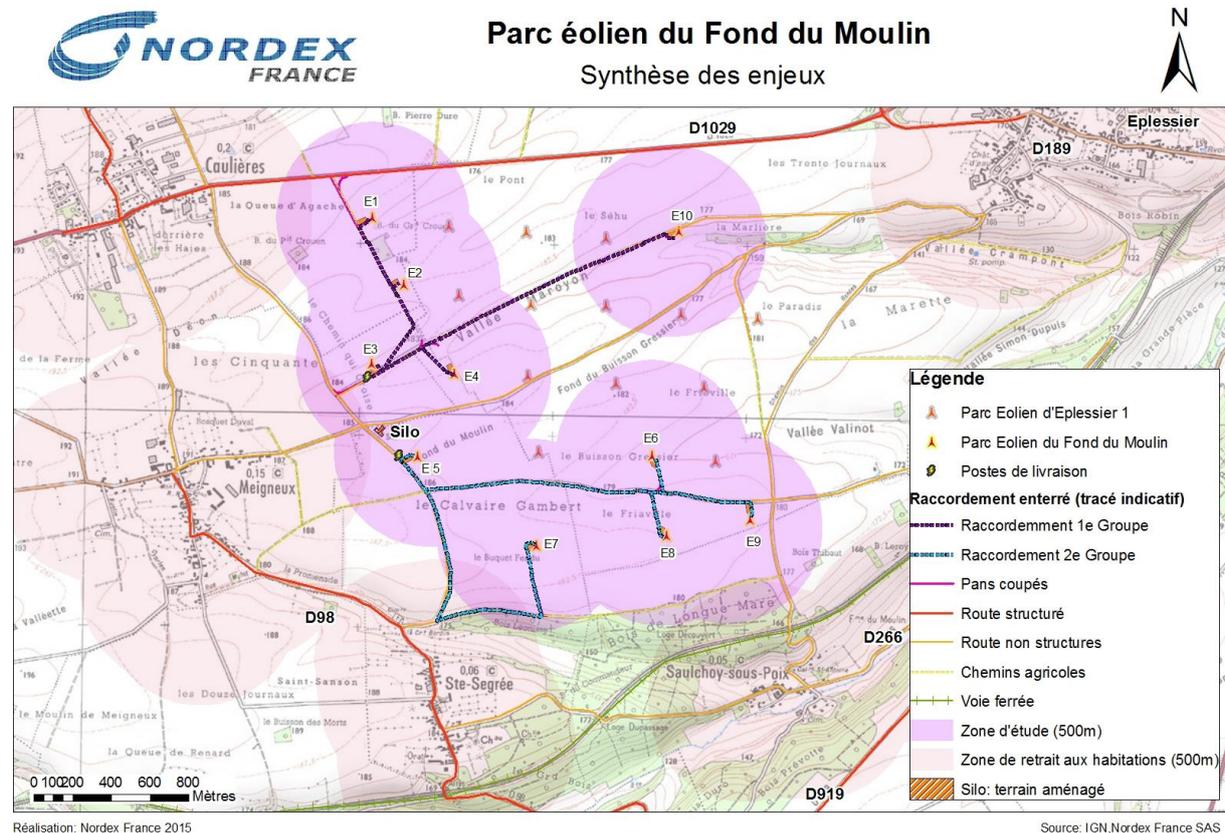
Ils ne présentent pas de caractère dangereux marqué et les quantités mises en œuvre sont adaptées aux volumes des équipements.

La gravité de cet évènement étant minime, il ne sera pas étudié plus en détail dans la suite de l'analyse de risque.

### V.3.2. REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS LIES AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

Dans le cadre de la définition de son projet, le maître d'ouvrage a pris en compte les contraintes sécuritaires du site d'étude et a décidé d'implanter les aérogénérateurs à une distance sécuritaire minimale de :

- plus de 200 mètres de part et d'autre des axes de circulation de type route départementale ;
- 750 mètres vis-à-vis des premières habitations (distance supérieure aux 500 mètres règlementaires) ;



En outre, les mesures générales de prévention limitant les risques d'accident sur le parc éolien du Fond du Moulin sont les suivantes :

- Le balisage des éoliennes permet de les distinguer plus facilement de jour comme de nuit et permet d'éviter des collisions.
- Une maintenance régulière permet de prévenir les accidents type bris de pales, chute d'objets.
- NORDEX, fournisseur des éoliennes et assurant leur maintenance, dispose d'un système de management HSE respecté par tous ses salariés.
- Le respect des règles de conduite et la limitation de la vitesse de circulation des engins et véhicules seront imposés. Un plan de circulation sera établi pour l'accès depuis les routes les plus proches.
- Les interventions se font par du personnel possédant l'habilitation électrique et la législation du travail dans les installations en hauteur, après visite de conformité par un organisme de contrôle agréé. Les techniciens de NORDEX sont formés, entraînés et autorisés.
- Des procédures d'installation et de maintenance claires et détaillées seront disponibles pour chacun des équipements.

- Le design et l'assemblage des équipements respectent les normes en vigueur et normes constructeur.
- Le port des EPI adaptés (et vêtements de travail) et le respect des règles de sécurité lors des interventions sur site sont définis et doivent être respectés pour éviter des accidents de type électrocution, chute de grande hauteur. Des formations sécurité pour les techniciens intervenants sur le site seront dispensées. On notera également la présence sur le site de trousse de premiers secours, et d'un système d'éclairage d'urgence. Des protections antibruit sont apportées par le personnel intervenant lors de leurs interventions sur site.
- Les marches d'accès à l'éolienne seront dotées d'un système anti-dérapiage.
- Des systèmes anti-chutes ainsi que des points d'ancrages seront présents dans le mât de l'éolienne.
- Une surveillance constante effectuée via les capteurs placés sur l'éolienne permet de détecter les dérives de fonctionnement du système.
- Concernant les incendies, la majorité des matériaux composants les éoliennes sont incombustibles. La maintenance permettra également de repérer et d'endiguer (si besoin est) les fuites de lubrifiants. La voie d'accès sera entretenue de manière régulière pour faciliter le passage des pompiers. On notera également la présence d'extincteurs et de systèmes de protection anti-incendie dans chaque éolienne.
- Concernant les risques d'emballlement du rotor en cas de vents violents/tempêtes, les éoliennes sont équipées d'un système de sécurité et de capteurs de vibration qui bloquent leur fonctionnement dès lors que la vitesse du vent dépasse 25 m/s. En cas de défaut du système de freinage, elles sont également conçues pour résister à des pointes de vent de 59,5 m/s pendant au moins 3 s.
- Concernant les dangers associés à la foudre, des systèmes parafoudres internes et externes (paratonnerre) sont prévus pour chaque éolienne.
- Concernant la projection de glace, la réduction des dangers est assurée via l'installation de détecteurs de givre sur les pales, la mise en place de périmètres de sécurité voire l'arrêt complet de la machine en cas de gel sévère. Des panneaux d'information doivent être mis en place pour informer les riverains des risques éventuels.
- Aucune mesure de réduction de danger particulière n'est mise en place pour des phénomènes naturels de type sismiques car ces risques sont considérés comme faibles dans la région. Concernant les inondations dues à la remontée du niveau de la nappe phréatique, ce risque doit être pris en compte dans le dimensionnement des installations.

### **V.3.3. UTILISATION DES MEILLEURES TECHNIQUES DISPONIBLES**

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

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

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

## VI. ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE

---

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

### VI.1. INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS EN FRANCE

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

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

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

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

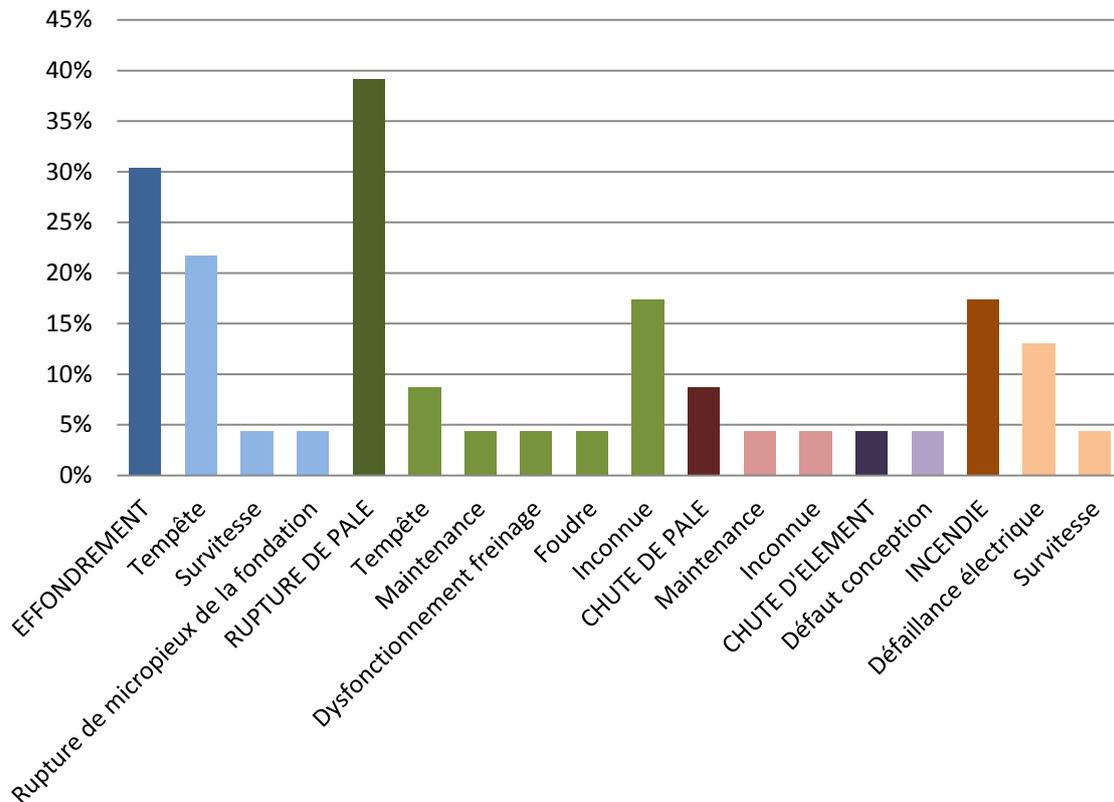
Dans l'état actuel, la base de données élaborée par le groupe de travail de SER/FEE ayant élaboré le guide technique d'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens apparaît comme représentative des incidents majeurs ayant affecté le parc éolien français depuis l'année 2000. L'ensemble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

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

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

- La répartition des événements effondrement, rupture de pale, chute de pale, chute d'éléments et incendie, par rapport à la totalité des accidents observés en France. 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.

### Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateurs français entre 2000 et 2011



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

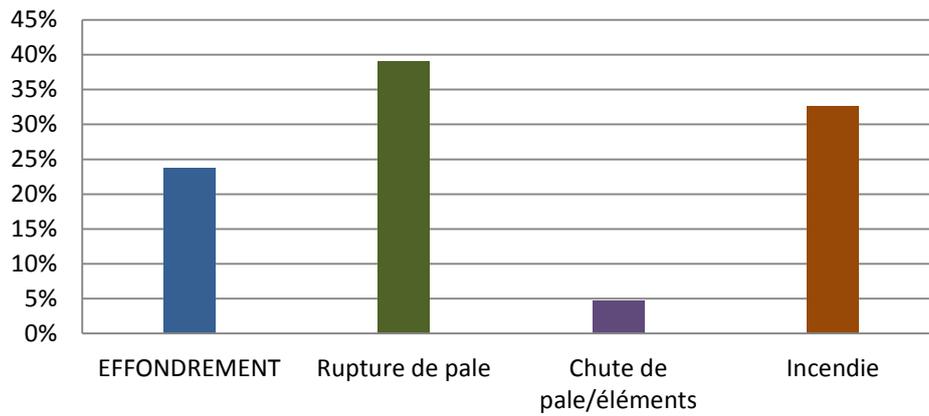
#### VI.2. INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS A L'INTERNATIONAL

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.

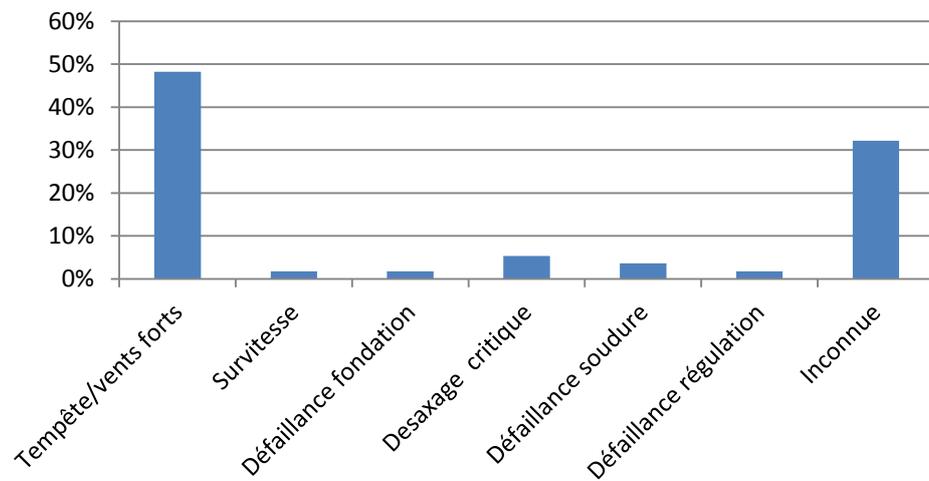
Le graphique suivant montre la répartition des événements accidentels par rapport à la totalité des accidents analysés.

### Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2011

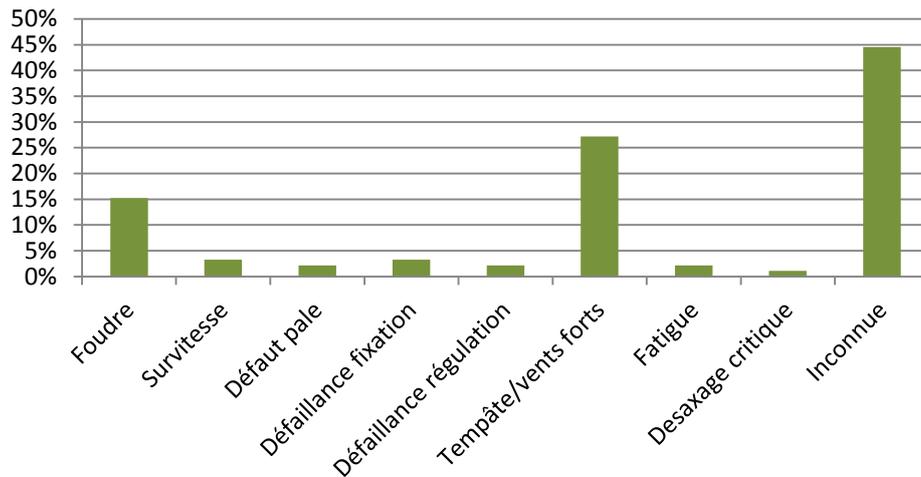


Ci-après, est présenté le recensement des causes premières pour chacun des événements accidentels recensés (données en répartition par rapport à la totalité des accidents analysés).

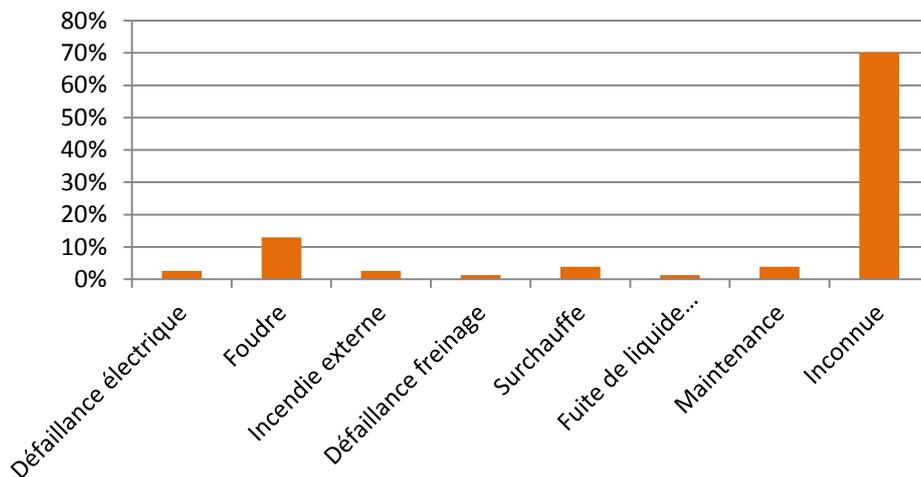
### Répartition des causes premières d'effondrement



### Répartition des causes premières de rupture de pale



### Répartition des causes premières d'incendie



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

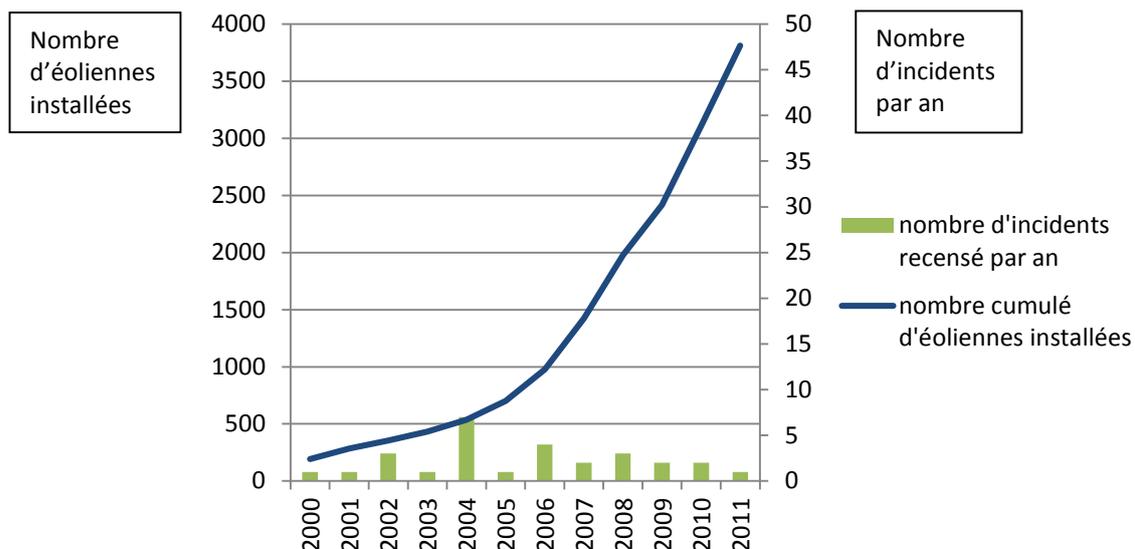
## VI.3. SYNTHÈSE DES PHÉNOMÈNES DANGEREUX REDOUTÉS ISSUS DU RETOUR D'EXPÉRIENCE

### VI.3.1. ANALYSE DE L'ÉVOLUTION DES ACCIDENTS EN FRANCE

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

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

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



**Evolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées (INERIS/SER/FEE)**  
*On note bien l'essor de la filière française à partir de 2005, alors que le nombre d'accident reste relativement constant*

### VI.3.2. ANALYSE DES TYPOLOGIES D'ACCIDENTS LES PLUS FREQUENTS

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

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

### VI.4. LIMITES D'UTILISATION DE L'ACCIDENTOLOGIE

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

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

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

## **VII. ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES**

---

### **VII.1. OBJECTIF DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES**

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

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

### **VII.2. RECENSEMENT DES EVENEMENTS INITIATEURS EXCLUS DE L'ANALYSE DES RISQUES**

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

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

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

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

### VII.3. RECENSEMENT DES AGRESSIONS EXTERNES POTENTIELLES

#### VII.3.1. AGRESSIONS EXTERNES LIEES AUX ACTIVITES HUMAINES

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

| Infrastructure                | Fonction                 | Événement redouté   | Danger potentiel                                   | Périmètre |
|-------------------------------|--------------------------|---|--|-----------|
| <b>Voies de circulation</b>   | Transport                | Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules | Energie cinétique des véhicules et flux thermiques | 200 m     |
| <b>Aérodrome</b>              | Transport aérien         | Chute d'aéronef   | Energie cinétique de l'aéronef, flux thermique     | 2000 m    |
| <b>Ligne THT</b>              | Transport d'électricité  | Rupture de câble  | Arc électrique, surtensions                        | 200 m     |
| <b>Autres aérogénérateurs</b> | Production d'électricité | Accident générant des projections d'éléments                      | Energie cinétique des éléments projetés            | 500 m     |

Dans le cadre du parc éolien du Fond du Moulin, la départementale D1029 se situe à plus de 200m des éoliennes E1 et E2. Elle est considérée comme un axe structurant du fait de sa fréquentation.

Il n'y a pas d'aérodrome à moins de 2000m.

D'autres aérogénérateurs sont autorisés (non construits à ce jour) : ceux du Parc éolien d'Epléssier 1 à moins de 500m du projet éolien du Fond du Moulin. La distance minimale de 300m préconisée dans l'article 4 de l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent (autorisation –rubrique 2890) sera respectée dans la cadre du choix de l'implantation définitive de l'extension du Parc éolien d'Epléssier appelé Parc éolien du fond du Moulin.

Enfin, une ligne électrique aérienne est située à moins de 200m de l'éolienne E1. Cette ligne devra être déplacée pour respecter la réglementation et pour assurer de bonnes conditions de travail lors de la phase de construction. Une demande est en cours chez ERDF pour un chiffrage de cette opération.

#### VII.3.2. AGRESSIONS EXTERNES LIEES AUX PHENOMENES NATURELS

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

| Agression externe                                | Intensité  |
|--|--|
| <b>Vents et tempête</b>                          | Dernière tempête en date : décembre 1999                   |
| <b>Foudre</b>                                    | Faible densité d'arcs (inférieure à la moyenne nationale). |
| <b>Glissement de sols / affaissement miniers</b> | Non recensé sur le territoire                              |

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

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

#### VII.4. SCENARIOS ETUDIES DANS L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

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

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

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

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

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

| N°  | Événement initiateur                                      | Événement intermédiaire                             | Événement redouté central                                   | Fonction de sécurité (intitulé générique)  | Phénomène dangereux  | Intensité |
|-----|---|---|---|--|--|-----------|
| G01 | Conditions climatiques favorables à la formation de glace | Dépôt de glace sur les pales, le mât et la nacelle  | Chute de glace lorsque les éoliennes sont arrêtées          | Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace (N°2)                      | Impact de glace sur les enjeux                                     | 1         |
| G02 | Conditions climatiques favorables à la formation de glace | Dépôt de glace sur les pales                        | Projection de glace lorsque les éoliennes sont en mouvement | Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de la glace (N°1) | Impact de glace sur les enjeux                                     | 2         |
| I01 | Humidité / Gel  | Court-circuit                                       | Incendie de tout ou partie de l'éolienne                    | Prévenir les courts-circuits (N°5)   | Chute/projection d'éléments enflammés<br>Propagation de l'incendie | 2         |
| I02 | Dysfonctionnement électrique                              | Court-circuit                                       | Incendie de tout ou partie de l'éolienne                    | Prévenir les courts-circuits (N°5)   | Chute/projection d'éléments enflammés<br>Propagation de l'incendie | 2         |
| I03 | Survitesse  | Echauffement des parties mécaniques et inflammation | Incendie de tout ou partie de l'éolienne                    | Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3)                   | Chute/projection d'éléments enflammés<br>Propagation de l'incendie | 2         |

| N°  | Evénement initiateur  | Evénement intermédiaire  | Evénement redouté central                | Fonction de sécurité (intitulé générique)  | Phénomène dangereux  | Intensité |
|-----|---|--|--|--|--|-----------|
|     |   |  |  | Prévenir la survitesse (N°4)   |  |           |
| I04 | Désaxage de la génératrice / Pièce défectueuse / Défaut de lubrification      | Echauffement des parties mécaniques et inflammation                                | Incendie de tout ou partie de l'éolienne | Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3)   | Chute/projection d'éléments enflammés<br>Propagation de l'incendie                               | 2         |
| I05 | Conditions climatiques humides  | Surtension   | Court-circuit                            | Prévenir les courts-circuits (N°5)<br>Protection et intervention incendie (N°7)                                  | Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6)<br>Propagation de l'incendie | 2         |
| I06 | Rongeur   | Surtension   | Court-circuit                            | Prévenir les courts-circuits (N°5)<br>Protection et intervention incendie (N°7)                                  | Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6)<br>Propagation de l'incendie | 2         |
| I07 | Défaut d'étanchéité   | Perte de confinement   | Fuites d'huile isolante                  | Prévention et rétention des fuites (N°8)   | Incendie au poste de transformation<br>Propagation de l'incendie                                 | 2         |
| F01 | Fuite système de lubrification<br>Fuite convertisseur<br>Fuite transformateur | Ecoulement hors de la nacelle et le long du mât, puis sur le sol avec infiltration | Infiltration d'huile dans le sol         | Prévention et rétention des fuites (N°8)   | Pollution environnement  | 1         |
| F02 | Renversement de fluides lors des opérations de maintenance                    | Ecoulement   | Infiltration d'huile dans le sol         | Prévention et rétention des fuites (N°8)   | Pollution environnement  | 1         |
| C01 | Défaut de fixation  | Chute de trappe  | Chute d'élément de l'éolienne            | Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)   | Impact sur cible   | 1         |
| C02 | Défaillance fixation anémomètre   | Chute anémomètre   | Chute d'élément de l'éolienne            | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9) | Impact sur cible   | 1         |

| N°         | Evénement initiateur                                   | Evénement intermédiaire                      | Evénement redouté central         | Fonction de sécurité (intitulé générique)  | Phénomène dangereux                     | Intensité |
|------------|--|--|-----------------------------------|--|---|-----------|
| <b>C3</b>  | Défaut fixation nacelle – pivot central – mât          | Chute nacelle                                | Chute d'élément de l'éolienne     | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9) | Impact sur cible                        | 1         |
| <b>P01</b> | Survitesse   | Contraintes trop importante sur les pales    | Projection de tout ou partie pale | Prévenir la survitesse (N°4)   | Impact sur cible                        | 2         |
| <b>P02</b> | Fatigue<br>Corrosion                                   | Chute de fragment de pale                    | Projection de tout ou partie pale | Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)   | Impact sur cible                        | 2         |
| <b>P03</b> | Serrage inapproprié<br>Erreur maintenance – desserrage | Chute de fragment de pale                    | Projection de tout ou partie pale | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9) | Impact sur cible                        | 2         |
| <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                                      | 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>E05</b> | Crash d'aéronef  | Agression externe et fragilisation structure | Effondrement éolienne             | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9) | Projection/chute fragments et chute mât | 2         |
| <b>E07</b> | Effondrement engin de levage travaux                   | Agression externe et fragilisation structure | Effondrement éolienne             | Actions de prévention mises en œuvre dans le cadre du plan de prévention (N°13)                                  | Chute fragments et chute mât            | 2         |
| <b>E08</b> | Vents forts  | Défaillance fondation                        | Effondrement éolienne             | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9) | Projection/chute fragments et chute mât | 2         |

| N°  | Événement initiateur       | Événement intermédiaire | Événement redouté central | Fonction de sécurité (intitulé générique)   | Phénomène dangereux                     | Intensité |
|-----|----------------------------|-------------------------|---------------------------|---|---|-----------|
|     |                            |                         |                           | Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort (N°12)  |   |           |
| E09 | Fatigue                    | Défaillance mât         | Effondrement éolienne     | Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)  | Projection/chute fragments et chute mât | 2         |
| E10 | Désaxage critique du rotor | Impact pale – mât       | Effondrement éolienne     | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9)<br>Prévenir les erreurs de maintenance (N°10) | Projection/chute fragments et chute mât | 2         |

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.

## VII.5. EFFETS DOMINOS

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

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

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

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

Le guide technique à l'élaboration des études de dangers dans le cadre des parcs éoliens préconise de prendre en compte les effets dominos dans un périmètre de 100m autour des éoliennes en projet. On peut cependant ajouter que le seul risque concerné par d'éventuels effets domino entre le projet d'Eplessier 1 et les éoliennes du projet du Fond du Moulin est le risque de projection d'élément de l'éolienne (Cf. partie VIII, Etude détaillée des risques). La zone d'effet retenue est de 500m pour ce risque, mais on peut souligner que dans le cas où un élément de pale viendrait toucher une éolienne voisine, ce serait donc en pied de mât, et les dommages sur l'éolienne touchée ne seraient pas de nature à engendrer de nouveaux dangers au niveau de celle-ci. On peut donc raisonnablement écarter le risque d'effet domino sur ce point.

## VII.6. MISE EN PLACE DES MESURES DE SECURITE

La troisième étape de l'analyse préliminaire des risques consiste à identifier les barrières de sécurité installées sur les aérogénérateurs et qui interviennent dans la prévention et/ou la limitation des phénomènes dangereux listés dans le tableau APR et de leurs conséquences.

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

- **Fonction de sécurité** : il est proposé ci-dessous un tableau par fonction de sécurité. Cet intitulé décrit l'objectif de la ou des mesure(s) de sécurité : il s'agira principalement de « empêcher, éviter, détecter, contrôler ou limiter » ; il sera en relation avec un ou plusieurs événements conduisant à un accident majeur identifié dans l'analyse des risques. Plusieurs mesures de sécurité peuvent assurer une même fonction de sécurité.
- **Numéro de la fonction de sécurité** : ce numéro vise à simplifier la lecture de l'étude de dangers en permettant des renvois à l'analyse de risque par exemple.
- **Mesures de sécurité** : cette ligne permet d'identifier les mesures assurant la fonction concernée. Dans le cas de systèmes instrumentés de sécurité, tous les éléments de la chaîne de sécurité sont présentés (détection + traitement de l'information + action).
- **Description** : cette ligne permet de préciser la description de la mesure de maîtrise des risques, lorsque des détails supplémentaires sont nécessaires.
- **Indépendance** (« oui » ou « non ») : cette caractéristique décrit le niveau d'indépendance d'une mesure de maîtrise des risques vis-à-vis des autres systèmes de sécurité et des scénarios d'accident. Cette condition peut être considérée comme remplie (renseigner « oui ») ou non (renseigner « non »).
- **Temps de réponse** (en secondes ou en minutes) : cette caractéristique mesure le temps requis entre la sollicitation et l'exécution de la fonction de sécurité.
- **Efficacité** (100% ou 0%) : l'efficacité mesure la capacité d'une mesure de maîtrise des risques à remplir la fonction de sécurité qui lui est confiée pendant une durée donnée et dans son contexte d'utilisation.
- **Test (fréquence)** : dans ce champ sont rappelés les tests/essais qui seront réalisés sur les mesures de maîtrise des risques. Conformément à la réglementation, des essais 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 |
|----------------------------|--|-------------------------------|---|
| <b>Mesures de sécurité</b> | Système de détection ou de déduction de la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. Procédure adéquate de redémarrage.  |                               |   |
| <b>Description</b>         | <p>Chaque aérogénérateur est équipé en standard d'un système de détection, qui permet d'efficacement détecter la présence de givre aussi bien sur une éolienne en rotation que sur une éolienne à l'arrêt.</p> <p>Les trois méthodes redondantes de détection utilisées sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ comparaison des mesures de vent par deux anémomètres sur la nacelle, l'un étant chauffé, l'autre non, associé à des paramètres climatiques additionnels (notamment critère de température) ;</li> <li>▪ analyse de données de fonctionnement de l'éolienne, le dépôt de givre modifiant le profil aérodynamique de la pale et impactant par conséquent la production électrique de la machine ;</li> <li>▪ système de mesure des oscillations et des vibrations qui sont causées par le balourd provoqué par la formation de glace sur les pales qui peuvent, en cas extrême, déclencher un arrêt d'urgence (intégré dans la chaîne de sécurité de l'éolienne, cf. fonction de sécurité « <i>survitesse</i> » ci-après).</li> </ul> <p>Ces trois méthodes sont associées à l'envoi de codes d'état et d'information via le système SCADA.</p> <p>En cas de danger particulièrement élevé sur un site, des systèmes de détection redondants additionnels peuvent être envisagés, en sus des trois précédemment cités (par exemple système de mesure des fréquences propres d'oscillation des pales ou bien azimut de l'éolienne dans une position prédéfinie suite à la détection de givre).</p> <p>En cas de détection de glace, l'aérogénérateur est automatiquement mis à l'arrêt. Le redémarrage peut se faire :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ soit automatiquement après disparition des conditions de givre (ie. lorsque le système de détection conclut à l'absence de glace) ;</li> <li>▪ soit manuellement sur site, au terme d'une inspection visuelle concluant à l'absence de glace sur l'aérogénérateur.</li> </ul> <p>Tous les arrêts et redémarrages des éoliennes sont enregistrés et répertoriés dans le système SCADA.</p> |                               |   |
| <b>Indépendance</b>        | Oui. Le système se base sur trois procédés de détections, dont deux indépendants. Ces procédés fonctionnent en redondance.   |                               |   |
| <b>Temps de réponse</b>    | Immédiat (l'alarme est déclenchée dès que le capteur est gelé ou détecte de la neige).   |                               |   |
| <b>Efficacité</b>          | 100 %  |                               |   |
| <b>Tests</b>               | Tests menés par le concepteur au moment de la construction de l'éolienne   |                               |   |
| <b>Maintenance</b>         | Vérification des capteurs du système de détection de givre lors des maintenances préventives annuelles puis maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement  |                               |   |

| Fonction de sécurité | Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace  | N° de la fonction de sécurité | 2 |
|----------------------|--|-------------------------------|---|
| Mesures de sécurité  | Panneautage en pied de machine / en bordure des chemins d'accès au-delà de la zone d'exposition<br>Eloignement des zones habitées et fréquentées     |                               |   |
| Description          | Mise en place de panneaux informant de la possible formation de glace en pied de machines (conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011). |                               |   |
| Indépendance         | Oui  |                               |   |
| Temps de réponse     | NA   |                               |   |
| Efficacité           | 100 %. Nous considérerons que compte tenu de l'implantation des panneaux et de l'entretien prévu, l'information des promeneurs sera systématique.    |                               |   |
| Tests                | NA   |                               |   |
| Maintenance          | Vérification de l'état général du panneau, de l'absence de détérioration, entretien de la végétation afin que le panneau reste visible.              |                               |   |

| Fonction de sécurité | Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques   | N° de la fonction de sécurité | 3 |
|----------------------|--|-------------------------------|---|
| Mesures de sécurité  | Capteurs de température des pièces mécaniques<br>Définition de seuils critiques de température pour chaque type de composant avec alarmes<br>Mise à l'arrêt ou bridage jusqu'à refroidissement<br>Systèmes de refroidissement indépendants pour le multiplicateur et la génératrice  |                               |   |
| Description          | Tous les principaux composants sont équipés de capteurs de température. Un certain nombre de seuils sont prédéfinis dans le système de contrôle de l'éolienne.<br>En cas de dépassement de seuils (caractéristiques et prédéfinis sur chaque type d'aérogénérateur et type de composant), des codes d'état associés à des alarmes sont activés et peuvent, le cas échéant, entraîner un ralentissement de la machine (bridage préventif) voire un arrêt de la machine.<br>Tout phénomène anormal est ainsi automatiquement répertorié, tracé via le système SCADA du parc et donne lieu à des analyses et si nécessaire interventions de maintenance sur site afin de corriger les problèmes constatés |                               |   |
| Indépendance         | Oui  |                               |   |
| Temps de réponse     | NA   |                               |   |
| Efficacité           | 100 %  |                               |   |
| Tests                | Vérification à chaque maintenance de la cohérence des valeurs des capteurs dédiés.   |                               |   |
| Maintenance          | Maintenance préventive semestrielle de la génératrice et de son système de refroidissement, ainsi que du multiplicateur (y compris le système de refroidissement de l'huile du multiplicateur).<br>Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.  |                               |   |

| Fonction de sécurité       | Prévenir la survitesse  | N° de la fonction de sécurité | 4 |
|----------------------------|---|-------------------------------|---|
| <b>Mesures de sécurité</b> | Détection de survitesse et système de freinage.<br>Eléments du système de protection contre la survitesse conformes aux normes IEC 61508 (SIL 2) et EN 954-1.   |                               |   |
| <b>Description</b>         | <p>Systèmes de coupure s'enclenchant en cas de dépassement des seuils de vitesse prédéfinis, indépendamment du système de contrôle commande.</p> <p>Le système de freinage comprend un frein aérodynamique principal et un frein mécanique auxiliaire.</p> <p>Le frein aérodynamique est assuré par trois pales de l'éolienne, chacune équipée de contrôleurs indépendants, de moteurs de calage et d'alimentation de secours, assurant un niveau élevé de redondance.</p> <p>Le freinage aérodynamique devient effectif en pivotant les pales jusqu'à la position dite en drapeau, avec la possibilité d'obtenir différentes vitesses de calage pour éviter les efforts trop importants. Chaque système de calage est complètement indépendant. En cas de perte de réseau, les moteurs de calage sont alimentés par des jeux d'accumulateurs.</p> <p>La force de freinage liée au réglage d'une seule pale est suffisante pour ralentir l'éolienne à une vitesse sécurisée. Le système de freinage est donc trois fois redondant.</p> <p>Le système de freinage du rotor mécanique est installé sur l'arbre rapide. Il est activé en cas de défaillance partielle ou totale des systèmes de sécurité principaux et arrête le rotor conjointement au système de réglage des pales. Il est également utilisé pour immobiliser le rotor une fois celui-ci arrêté par le système de freinage aérodynamique afin de sécuriser les opérations de maintenance.</p> <p>Le système de freinage est conçu pour remplir la fonction « <i>fail safe</i> ». Cela signifie qu'en cas de dysfonctionnement d'un composant du système, l'éolienne est arrêtée en toute sécurité.</p> <p>Des systèmes de coupure au niveau du rotor et au niveau du multiplicateur s'enclenchant en cas de dépassement de seuils de vitesse prédéfinis sont directement intégrés à la chaîne de sécurité de l'aérogénérateur.</p> <p>La chaîne de sécurité de l'aérogénérateur est un circuit à câblage direct dans lequel tous les contacts sont couplés en série pour déclencher un arrêt d'urgence, indépendamment du bon fonctionnement du système de contrôle commande.</p> <p>Lorsque la chaîne de sécurité est interrompue, l'éolienne s'arrête immédiatement. La remise en marche n'est admissible que si la cause qui a entraîné son déclenchement a été éliminée.</p> |                               |   |
| <b>Indépendance</b>        | Oui   |                               |   |
| <b>Temps de réponse</b>    | 15 à 60s (arrêt de l'éolienne selon le programme de freinage adapté).<br>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.  |                               |   |
| <b>Maintenance</b>         | Maintenance préventive annuelle de l'éolienne avec notamment contrôle de l'usure du frein et de pression du circuit de freinage d'urgence.<br>Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.  |                               |   |

| Fonction de sécurité | Prévenir les courts-circuits   | N° de la fonction de sécurité | 5 |
|----------------------|--|-------------------------------|---|
| Mesures de sécurité  | Coupure de la transmission électrique en cas de fonctionnement anormal d'un composant électrique.  |                               |   |
| Description          | Les organes et armoires électriques de l'éolienne sont équipés d'organes de coupures et de protection adéquats et correctement dimensionnés. Tout déclenchement ou fonctionnement anormal des composants électriques donne lieu à l'envoi de codes d'état et, le cas échéant, d'alarmes via le système SCADA.  |                               |   |
| Indépendance         | Oui  |                               |   |
| Temps de réponse     | De l'ordre de la seconde   |                               |   |
| Efficacité           | 100 %  |                               |   |
| Tests                | /  |                               |   |
| Maintenance          | Des vérifications de tous les composants électriques ainsi que des mesures d'isolement et de serrage des câbles sont intégrées dans la plupart des mesures de maintenance préventive mises en œuvre.<br>Les installations électriques sont contrôlées avant la mise en service du parc puis à une fréquence annuelle, conformément à l'article 10 de l'arrêté du 26 août 2011. |                               |   |

| Fonction de sécurité | Prévenir les effets de la foudre   | N° de la fonction de sécurité | 6 |
|----------------------|--|-------------------------------|---|
| Mesures de sécurité  | Mise à la terre et protection des éléments de l'aérogénérateur.  |                               |   |
| Description          | L'éolienne est pourvue d'une installation de protection anti-foudre et satisfait au degré de protection défini dans la norme IEC 61 400-24 (juin 2010). La foudre est capturée par des récepteurs dans les pales du rotor et déviée depuis le rotor vers le mât via des contacts glissants et des éclateurs au niveau du moyeu et du châssis de la nacelle. Le courant de foudre est ainsi évacué dans le sol via des prises de terre de fondation.<br>Parasurtenseurs sur les circuits électriques.<br>Mise à la terre (nacelle/mât, sections de mât, mât/fondation).<br>La valeur de mise à la terre est contrôlée avant la mise en service. |                               |   |
| Indépendance         | Oui  |                               |   |
| Temps de réponse     | Immédiat - dispositif passif   |                               |   |
| Efficacité           | 100 %  |                               |   |
| Tests                | /  |                               |   |
| Maintenance          | Contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre inclus dans les opérations de maintenance, conformément à l'article 9 de l'arrêté du 26 août 2011.<br>Contrôle de l'état de l'installation de mise à la terre dans le mât à chaque maintenance préventive.  |                               |   |

| Fonction de sécurité       | Protection et intervention incendie  | N° de la fonction de sécurité | 7 |
|----------------------------|--|-------------------------------|---|
| <b>Mesures de sécurité</b> | Capteurs de températures sur les principaux composants de l'éolienne pouvant permettre, en cas de dépassement des seuils, la mise à l'arrêt de la machine<br>Système de détection incendie relié à une alarme transmise à un poste de contrôle<br>Intervention des services de secours   |                               |   |
| <b>Description</b>         | <p>Le design global d'une l'éolienne est fait pour minimiser les risques d'incendie :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ utilisation de transformateurs secs dans un compartiment dédié et condamné, en pied de tour ;</li> <li>▪ transport de l'énergie produite par l'éolienne entre nacelle et pied de mât par gaine –barres, afin d'assurer une protection optimale en cas de court-circuit ;</li> <li>▪ capteurs de températures sur les principaux composants de l'éolienne agissant si nécessaire, en cas de dépassements de seuils, sur le fonctionnement de la machine (bridage voire mise à l'arrêt automatique et envoi d'alarme via le système SCADA).</li> </ul> <p>En outre, un système de détection incendie relié à une alarme est mis en œuvre : des détecteurs sont placés au voisinage des principaux composants électriques (transformateur, convertisseur, génératrice) et permettent, en cas de détection :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ d'arrêter l'éolienne ;</li> <li>▪ d'émettre une alarme sonore afin d'informer les éventuelles équipes de maintenance en cours d'intervention dans l'éolienne ;</li> <li>▪ d'émettre une alarme informant immédiatement de la survenance de l'incendie, ce qui permet d'informer les services de secours.</li> </ul> <p>Il est enfin à noter que si un incendie se déclare en nacelle ou dans le mât, le système de freinage principal de l'éolienne (frein aérodynamique par pitch) reste fonctionnel et permet la mise en arrêt de l'éolienne. Si un incendie se déclare dans le moyeu, il est considéré comme improbable qu'il entraîne simultanément, sans défaillance préalable et sans signe avant-coureur, la mise hors d'état des trois systèmes autonomes et indépendants de pitch. De plus, le système de freinage secondaire d'urgence par le frein mécanique sur l'arbre du rotor ne pourrait être affecté instantanément par un incendie dans le moyeu et dans la nacelle.</p> <p>Par conséquent, quelle que soit la situation, une éolienne à l'intérieur de laquelle un incendie se déclarerait serait arrêtée et mise en position de sécurité, sans redémarrage incontrôlé possible.</p> <p>L'éolienne est également équipée d'extincteurs qui peuvent être utilisés par les personnels d'intervention (cas d'un incendie se produisant en période de maintenance)</p> |                               |   |
| <b>Indépendance</b>        | Oui  |                               |   |
| <b>Temps de réponse</b>    | < 1 minute pour les détecteurs et l'enclenchement de l'alarme L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur. Le temps d'intervention des services de secours est quant à lui dépendant de la zone géographique.  |                               |   |
| <b>Efficacité</b>          | 100 %  |                               |   |
| <b>Tests</b>               | Vérification de la plausibilité des mesures de température   |                               |   |
| <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.<br>Le matériel incendie (type extincteurs) est contrôlé périodiquement par le fabricant du matériel ou un organisme extérieur.<br>Maintenance curative suite à une défaillance du matériel.  |                               |   |

| Fonction de sécurité       | Prévention et rétention des fuites   | N° de la fonction de sécurité | 8 |
|----------------------------|--|-------------------------------|---|
| <b>Mesures de sécurité</b> | Détecteurs de niveau d'huiles<br>Procédure d'urgence<br>Kit antipollution<br>Bacs de rétention   |                               |   |
| <b>Description</b>         | Nombreux détecteurs de niveau d'huile permettant de détecter les éventuelles fuites d'huile et d'arrêter l'éolienne en cas d'urgence.<br>Présence de plusieurs bacs collecteurs au niveau des principaux composants.<br>Les opérations de vidange font l'objet de procédures spécifiques. Dans tous les cas, le transfert des huiles s'effectue de manière sécurisée via un système de tuyauterie et de pompes directement entre l'élément à vidanger et le camion de vidange.<br>Des kits de dépollution d'urgence composés de grandes feuilles de textile absorbant pourront être utilisés afin : <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, une société spécialisée récupérera et traitera le gravier souillé via les filières adéquates, puis le remplacera par un nouveau revêtement. |                               |   |
| <b>Indépendance</b>        | Oui  |                               |   |
| <b>Temps de réponse</b>    | Dépendant du débit de fuite  |                               |   |
| <b>Efficacité</b>          | 100 %  |                               |   |
| <b>Tests</b>               | /  |                               |   |
| <b>Maintenance</b>         | Inspection des niveaux d'huile plusieurs fois par an   |                               |   |

| Fonction de sécurité | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)   | N° de la fonction de sécurité | 9 |
|----------------------|---|-------------------------------|---|
| Mesures de sécurité  | Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides, joints, etc.)<br>Procédures qualité<br>Attestation du contrôle technique (procédure permis de construire)  |                               |   |
| Description          | La norme IEC 61 400-1 « <i>Exigence pour la conception des aérogénérateurs</i> » 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.<br>Ainsi la nacelle, le moyeu, les fondations et la tour répondent au standard IEC 61 400-1. Les pales respectent le standard IEC 61 400-1 ; 12 ; 23.<br>Les éoliennes sont équipées de capteurs de vibration, qui entraînent l'arrêt en cas de dépassement des seuils définis.<br>Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223 (peinture et revêtement anti-corrosion).<br>Les procédures de certification-type des aérogénérateurs, couplées aux procédures de qualification fournisseurs, contrôles qualité, respect scrupuleux des instructions de montage et maintenance des machines, permettent d'assurer un niveau de sécurité important. |                               |   |
| Indépendance         | Oui   |                               |   |
| Temps de réponse     | NA  |                               |   |
| Efficacité           | 100 %   |                               |   |
| Tests                | Déclenchement manuel des capteurs de vibration et vérification de la réponse du système   |                               |   |
| Maintenance          | Les couples de serrage (brides sur les diverses sections de la tour, bride de raccordement des pales au moyeu, bride de raccordement du moyeu à l'arbre lent, éléments du châssis, éléments du système d'orientation des pales, couronne d'orientation de la nacelle, boulons de fixation de la nacelle...) sont vérifiés au bout de 3 mois de fonctionnement puis tous les 3 ans, conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011.<br>Inspection visuelle du mât et, si besoin, nettoyage lors des maintenances préventives annuelles.   |                               |   |

| Fonction de sécurité | Prévenir les erreurs de maintenance                                | N° de la fonction de sécurité | 10 |
|----------------------|--|-------------------------------|----|
| Mesures de sécurité  | Procédure maintenance  |                               |    |
| Description          | Préconisations du manuel de maintenance<br>Formation du personnel  |                               |    |
| Indépendance         | Oui  |                               |    |
| Temps de réponse     | NA   |                               |    |
| Efficacité           | 100 %  |                               |    |
| Tests                | /  |                               |    |
| Maintenance          | Recyclage périodique des formations des techniciens de maintenance |                               |    |

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

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

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

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

## VII.7. CONCLUSION DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

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

| Nom du scénario exclu   | Justification  |
|---|--|
| Incendie de l'éolienne (effets thermiques)  | <p>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.</p> <p>Néanmoins il peut être redouté que des chutes d'éléments (ou des projections) interviennent lors d'un incendie. Ces effets sont étudiés avec les projections et les chutes d'éléments.</p> |
| Incendie du poste de livraison ou du transformateur   | <p>En cas d'incendie de ces éléments, les effets ressentis à l'extérieur des bâtiments (poste de livraison) seront mineurs ou inexistant du fait notamment de la structure en béton. De plus, la réglementation encadre déjà largement la sécurité de ces installations (arrêté du 26 août 2011, respect des normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200)</p>  |
| Chute et projection de glace dans les cas particuliers où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0°C | <p>Lorsqu'un aérogénérateur est implanté sur un site où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0°C, il peut être considéré que le risque de chute ou de projection de glace est nul.</p> <p>Des éléments de preuves doivent être apportés pour identifier les implantations où de telles conditions climatiques sont applicables.</p>   |
| Infiltration d'huile dans le sol  | <p>En cas d'infiltration d'huiles dans le sol, les volumes de substances libérées dans le sol restent mineurs.</p>   |

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

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

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

## VIII. ETUDE DETAILLEE DES RISQUES

---

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

### VIII.1. RAPPEL DES DEFINITIONS

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

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

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

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

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

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

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

#### VIII.1.1. CINETIQUE

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

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

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

#### VIII.1.2. INTENSITE

L'intensité des effets des phénomènes dangereux est définie par rapport à des valeurs de référence exprimées sous forme de seuils d'effets toxiques, d'effets de surpression, d'effets thermiques et d'effets liés à l'impact d'un projectile, pour les hommes et les structures (article 9 de l'arrêté du 29 septembre 2005 [13]).

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### VIII.1.3. GRAVITE

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

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

### VIII.1.4. PROBABILITE

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><br>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><br>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><br>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><br>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><br>Possible mais non rencontré au niveau mondial. N'est pas impossible au vu des connaissances actuelles.   | $\leq 10^{-5}$                              |

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

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

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

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

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

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

$P_{\text{ERC}}$  = 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.

## VIII.2. CARACTERISATION DES SCENARIOS RETENUS

### VIII.2.1. EFFONDREMENT DE L'ÉOLIENNE

#### ❖ Zone d'effet

La zone d'effet de l'effondrement d'une éolienne correspond à une surface circulaire de rayon égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale, soit 149,4 m (N117) soit 124,9 m (N100) dans le cas des éoliennes du parc du Fond du Moulin. Cette méthodologie se rapproche de celles utilisées dans la bibliographie (références [5] et [6]). Les risques d'atteinte d'une personne ou d'un bien en dehors de cette zone d'effet sont négligeables et ils n'ont jamais été relevés dans l'accidentologie ou la littérature spécialisée.

#### ❖ Intensité

Pour le phénomène d'effondrement de l'éolienne, le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface projetée au sol des pales et du mât, d'une part, et la superficie de la zone d'effet du phénomène, d'autre part.

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène d'effondrement de l'éolienne dans le cas du parc éolien du Fond du Moulin. R est le rayon du rotor ( $R = 58,4$  m), H la hauteur du moyeu ( $H = 91$  m), L la plus grande largeur du mât ( $L = 4,03$  m), LB la plus grande largeur à la base de la pale ( $LB = 3,5$  m) pour les éoliennes N117. Pour les éoliennes N100 les mesures sont les suivantes : R est le rayon du rotor ( $R = 49,9$  m), H la hauteur du moyeu ( $H = 75$  m), L la plus grande largeur du mât ( $L = 4,03$  m), LB la plus grande largeur à la base de la pale ( $LB = 3,5$  m).

| Effondrement de l'éolienne<br>(dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale) |   |  |   |                           |
|---|---|--|---|---------------------------|
| Type d'éolienne   | Zone d'impact en $m^2$  | Zone d'effet du phénomène étudié en $m^2$  | Degré d'exposition du phénomène étudié en % | Intensité                 |
| N100  | $Z_i = (H) \times L + 3 \times R \times LB / 2$ <p>La zone d'impact <math>Z_i</math> est de 557,9 <math>m^2</math></p>  | $Z_e = \pi \times (H+R)^2$ <p>La zone d'effet est de 48 071,7 <math>m^2</math></p> | $d = Z_i / Z_e = 1,15\%$ <p>(&gt;1 %)</p>   | <b>Exposition forte</b>   |
| N117  | $Z_i = (H) \times L + 3 \times R \times LB / 2$ <p>La zone d'impact <math>Z_i</math> est de 673,34 <math>m^2</math></p> | $Z_e = \pi \times (H+R)^2$ <p>La zone d'effet est de 70 121,5 <math>m^2</math></p> | $d = Z_i / Z_e = 0,96\%$ <p>(&lt; 1 %)</p>  | <b>Exposition modérée</b> |

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

## ❖ Gravité

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

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

Le tableau suivant indique, pour chaque aérogénérateur, le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène d'effondrement et la gravité associée. Conformément à la méthodologie proposée par l'INERIS/SER/FEE, il est pris en compte 1 personne pour 10 hectares pour les chemins agricoles et/ou voies non structurantes, et 1 personne pour 100 hectares pour les champs et prairies. De manière conservatrice, la largeur considérée pour les voies non structurantes est de 6 mètres pour les chemins agricoles, 8 mètres pour les routes communales et 10 mètres pour la route départementale.

| <b>Effondrement de l'éolienne</b><br><b>(dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)</b> |   |                |
|---|---|----------------|
| <i>Eolienne</i>   | <i>Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)</i>                | <i>Gravité</i> |
| <b>E1 (N117)</b>  | <b>0,003 (champs, prairies, voies non structurantes dans le rayon de 149,4 mètres)</b>      | <b>Modérée</b> |
| <b>E2 (N117)</b>  | <b>0,007 (champs dans un rayon de 149,4 mètres)</b>   | <b>Modérée</b> |
| <b>E3 (N117)</b>  | <b>0,025 (champs, prairies et/ou voies non structurantes dans un rayon de 149,4 mètres)</b> | <b>Modérée</b> |
| <b>E4 (N117)</b>  | <b>0,007 (champs, prairies dans un rayon de 149,4 mètres)</b>                               | <b>Modérée</b> |
| <b>E5 (N117)</b>  | <b>0,028 (champs, prairies et/ou voies non structurantes dans un rayon de 149,4 mètres)</b> | <b>Modérée</b> |
| <b>E6 (N100)</b>  | <b>0,030 (champs, prairies dans un rayon de 124,9 mètres)</b>                               | <b>Sérieux</b> |
| <b>E7 (N100)</b>  | <b>0,005 (champs, prairies dans un rayon de 124,9 mètres)</b>                               | <b>Sérieux</b> |
| <b>E8 (N100)</b>  | <b>0,005 (champs, prairies dans un rayon de 124,9 mètres)</b>                               | <b>Sérieux</b> |
| <b>E9 (N100)</b>  | <b>0,030 (champs, prairies et/ou voies non structurantes dans un rayon de 124,9 mètres)</b> | <b>Sérieux</b> |
| <b>E10 (N100)</b>   | <b>0,024 (champs, prairies et/ou voies non structurantes dans un rayon de 124,9 mètres)</b> | <b>Sérieux</b> |

## ❖ Probabilité

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

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

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

Le retour d'expérience français montre également une classe de probabilité « C ». En effet, il a été recensé seulement 7 événements pour 15 667 années d'expérience<sup>1</sup>, soit une probabilité de  $4,47 \times 10^{-4}$  par éolienne et par an.

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

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

Néanmoins, les dispositions constructives des éoliennes ayant fortement évolué, le niveau de fiabilité est aujourd'hui bien meilleur. Des mesures de maîtrise des risques supplémentaires ont été mises en place sur les machines récentes et permettent de réduire significativement la probabilité d'effondrement. Ces mesures de 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
- vérification du dimensionnement des fondations par un organisme certificateur

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

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

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

<sup>1</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.

### ❖ Acceptabilité

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

| <b>Effondrement de l'éolienne</b><br><b>(dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)</b> |                |                         |
|---|----------------|-------------------------|
| <i>Eolienne</i>   | <i>Gravité</i> | <i>Niveau de risque</i> |
| <b>Pour toutes les éoliennes</b>  | <b>Modérée</b> | <b>Acceptable</b>       |

**Ainsi, pour le parc éolien du Fond du Moulin, le phénomène d'effondrement des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.**

## VIII.2.2. CHUTE DE GLACE

### ❖ Considérations générales

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

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

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

### ❖ Zone d'effet

Le risque de chute de glace est cantonné à la zone de survol des pales, soit un disque de rayon égal à un demi-diamètre balayé par le rotor autour du mât de l'éolienne en projection verticale. Pour le parc éolien du Fond du Moulin, **la zone d'effet à donc un rayon de 58,9 mètres pour les éoliennes de type N117 et une zone d'effet de 50,6 mètres pour les éoliennes N100.** Cependant, il convient de noter que, lorsque l'éolienne est à l'arrêt, les pales n'occupent qu'une faible partie de cette zone.

### ❖ Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute de glace dans le cas du parc éolien du Fond du Moulin.  $Z_i$  est la zone d'impact,  $Z_e$  est la zone d'effet,  $R$  est le rayon égal à un demi-diamètre balayé par le rotor autour du mât de l'éolienne en projection verticale ( $R = 58,9$  m pour la N117 ;  $R = 50,6$  m pour la N100),  $SG$  est la surface du morceau de glace majorant ( $SG = 1$  m<sup>2</sup>).

| Chute de glace<br>(dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol) |  |  |   |                    |
|--|--|--|---|--------------------|
| Type d'éolienne  | Zone 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          |
| N100   | $Z_i = SG$<br>La zone d'impact $Z_i$ est de 1 m <sup>2</sup> | $Z_E = \pi \times R^2$<br>La zone d'effet est de 8 043,6 m <sup>2</sup>  | $d = Z_i/Z_E = 0,0124\%$<br>( < 1 % )       | Exposition modérée |
| N117   | $Z_i = SG$<br>La zone d'impact $Z_i$ est de 1 m <sup>2</sup> | $Z_E = \pi \times R^2$<br>La zone d'effet est de 10 898,9 m <sup>2</sup> | $d = Z_i/Z_E = 0,0092\%$<br>( < 1 % )       | Exposition modérée |

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

#### ❖ Gravité

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

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

Le tableau suivant indique, pour chaque aérogénérateur, le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène de chute de glace et la gravité associée. Conformément à la méthodologie proposée par l'INERIS/SER/FEE, il est pris en compte 1 personne pour 10 hectares pour les chemins agricoles et/ou voies non structurantes, et 1 personne pour 100 hectares pour les champs et prairies. De manière conservatrice, la largeur considérée pour les voies non structurantes est de 6 mètres pour les chemins agricoles, 8 mètres pour les routes communales et 10 mètres pour la route départementale.

| Chute de glace |   |         |
|----------------|---|---------|
| Eolienne       | Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)               | Gravité |
| E1 (N117)      | 0,001 (champs, prairies dans un rayon de 58,9 mètres)                               | Modérée |
| E2 (N117)      | 0,001 (champs, prairies dans un rayon de 58,9 mètres)                               | Modérée |
| E3 (N117)      | 0,008 (champs, prairies et/ou voies non structurantes dans un rayon de 58,9 mètres) | Modérée |

|            |   |                |
|------------|---|----------------|
| E4 (N117)  | 0,001 (champs, prairies dans un rayon de 58,9 mètres)                               | <i>Modérée</i> |
| E5 (N117)  | 0,001 (champs, prairies dans un rayon de 58,9 mètres)                               | <i>Modérée</i> |
| E6 (N100)  | 0,001 (champs, prairies dans un rayon de 50,6 mètres)                               | <i>Modérée</i> |
| E7 (N100)  | 0,001 (champs, prairies dans un rayon de 50,6 mètres)                               | <i>Modérée</i> |
| E8 (N100)  | 0,001 (champs, prairies dans un rayon de 50,6 mètres)                               | <i>Modérée</i> |
| E9 (N100)  | 0,001 (champs, prairies dans un rayon de 50,6 mètres)                               | <i>Modérée</i> |
| E10 (N100) | 0,006 (champs, prairies et/ou voies non structurantes dans un rayon de 50,6 mètres) | <i>Modérée</i> |

❖ **Probabilité**

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

❖ **Acceptabilité**

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

| <b>Chute de glace</b><br>(dans un rayon inférieur ou égal à $D/2$ = zone de survol) |                |                         |
|---|----------------|-------------------------|
| <i>Eolienne</i>   | <i>Gravité</i> | <i>Niveau de risque</i> |
| <b>Pour toutes les éoliennes</b>  | <b>Modérée</b> | <b>Acceptable</b>       |

**Ainsi, pour le parc éolien du Fond du Moulin, le phénomène de chute de glace des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.**

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

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

❖ **Zone d'effet**

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

Le risque de chute d'élément est cantonné à la zone de survol des pales, c'est-à-dire une zone d'effet correspondant à un disque de rayon égal à un demi-diamètre balayé par le rotor autour du mât de l'éolienne en projection verticale **soit 58,9 m (N117) et de 50,6 m (N100)**.

#### ❖ Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du parc éolien du Fond du Moulin.  $d$  est le degré d'exposition,  $Z_I$  la zone d'impact,  $Z_E$  la zone d'effet,  $R_{PALE}$  la longueur d'une pale ( $R = 57,3$  m pour la N117 ;  $R = 48,7$  m pour la N100),  $R_{SURVOL}$  le rayon égal à un demi-diamètre balayé par le rotor autour du mât de l'éolienne en projection verticale ( $R_{SURVOL} = 58,9$  m pour la N117 ;  $R_{SURVOL} = 50,6$  m pour la N100) et  $LB$  la plus grande largeur à la base de la pale ( $LB = 3,5$  m).

| Chute d'éléments de l'éolienne<br>(dans un rayon inférieur ou égal à $D/2$ = zone de survol) |   |  |   |                           |
|--|---|--|---|---------------------------|
| Type d'éolienne  | Zone d'impact en $m^2$  | Zone d'effet du phénomène étudié en $m^2$  | Degré d'exposition du phénomène étudié en % | Intensité                 |
| N100   | $Z_I = R_{PALE} * LB / 2$<br><b>La zone d'impact <math>Z_I</math> est de 85,2 <math>m^2</math></b>  | $Z_E = \pi \times R_{SURVOL}^2$<br><b>La zone d'effet est de 8 043,6 <math>m^2</math></b>  | $d = Z_I / Z_E = 1,06\%$<br>( $< 1\%$ )     | <b>Exposition forte</b>   |
| N117   | $Z_I = R_{PALE} * LB / 2$<br><b>La zone d'impact <math>Z_I</math> est de 100,3 <math>m^2</math></b> | $Z_E = \pi \times R_{SURVOL}^2$<br><b>La zone d'effet est de 10 898,9 <math>m^2</math></b> | $d = Z_I / Z_E = 0,92\%$<br>( $< 1\%$ )     | <b>Exposition modérée</b> |

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

#### ❖ Gravité

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

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

Le tableau suivant indique, pour chaque aérogénérateur, le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène de chute d'éléments et la gravité associée. Conformément à la méthodologie proposée par l'INERIS/SER/FEE, il est pris en compte 1 personne pour 10 hectares pour les chemins agricoles et/ou voies non structurantes, et 1 personne pour 100 hectares pour les champs et prairies. De manière conservatrice, la largeur considérée pour les voies non structurantes est de 6 mètres pour les chemins agricoles, 8 mètres pour les routes communales et 10 mètres pour la route départementale.

| <b>Chute d'éléments de l'éolienne</b> |   |                       |
|---------------------------------------|---|-----------------------|
| <i>Eolienne</i>                       | <i>Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)</i>                | <i>Gravité</i>        |
| <b>E1 (N117)</b>                      | <b>0,001 (champs et prairies dans un rayon de 58,9 mètres)</b>                              | <b><i>Modérée</i></b> |
| <b>E2 (N117)</b>                      | <b>0,001 (champs et prairies dans un rayon de 58,9 mètres)</b>                              | <b><i>Modérée</i></b> |
| <b>E3 (N117)</b>                      | <b>0,008 (champs, prairies et/ou voies non structurantes dans un rayon de 58,9 mètres)</b>  | <b><i>Modérée</i></b> |
| <b>E4 (N117)</b>                      | <b>0,001 (champs et prairies dans un rayon de 58,9 mètres)</b>                              | <b><i>Modérée</i></b> |
| <b>E5 (N117)</b>                      | <b>0,001 (champs et prairies dans un rayon de 58,9 mètres)</b>                              | <b><i>Modérée</i></b> |
| <b>E6 (N100)</b>                      | <b>0,001 (champs et prairies dans un rayon de 50,6 mètres)</b>                              | <b><i>Sérieux</i></b> |
| <b>E7 (N100)</b>                      | <b>0,001(champs et prairies dans un rayon de 50,6 mètres)</b>                               | <b><i>Sérieux</i></b> |
| <b>E8 (N100)</b>                      | <b>0,001(champs et prairies dans un rayon de 50,6 mètres)</b>                               | <b><i>Sérieux</i></b> |
| <b>E9 (N100)</b>                      | <b>0,001 (champs et prairies dans un rayon de 50,6 mètres)</b>                              | <b><i>Sérieux</i></b> |
| <b>E10 (N100)</b>                     | <b>0,006 (champs, prairies et/ ou voies non structurantes dans un rayon de 50,6 mètres)</b> | <b><i>Sérieux</i></b> |

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

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

#### ❖ Acceptabilité

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

| <b>Chute d'éléments de l'éolienne</b><br>(dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol) |                |                         |
|---|----------------|-------------------------|
| <i>Eolienne</i>   | <i>Gravité</i> | <i>Niveau de risque</i> |
| <b>E1 à E5 (N117)</b>   | <b>Modérée</b> | <b>Acceptable</b>       |
| <b>E6 à E10 (N100)</b>  | <b>Sérieux</b> | <b>Acceptable</b>       |

Même si la gravité pour les éoliennes E6 à E10 est « sérieuse » (dû à une exposition forte), le nombre de personnes exposées étant inférieur à 1, le niveau de risque reste acceptable.

Ainsi, pour le parc éolien du Fond du Moulin, le phénomène de chute d'éléments des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

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

##### ❖ Zone d'effet

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

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

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

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

### ❖ Intensité

Pour le phénomène de projection de pale ou de fragment de pale, le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface d'un élément (cas majorant d'une pale entière) et la superficie de la zone d'effet du phénomène (disque de rayon 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 Fond 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 ( $R = 57,3$  m pour la N117 ;  $48,7$  m pour la N100) et  $LB$  la plus grande largeur à la base de la pale ( $LB = 3,5$  m).

| Projection de pale ou de fragment de pale<br>(zone de 500 m autour de chaque éolienne) |  |  |   |                           |
|--|--|--|---|---------------------------|
| Type d'éolienne  | Zone d'impact en $m^2$   | Zone d'effet du phénomène étudié en $m^2$  | Degré d'exposition du phénomène étudié en % | Intensité                 |
| N100   | $Z_I = R \cdot LB / 2$<br><b>La zone d'impact <math>Z_I</math> est de 85,23 <math>m^2</math></b> | $Z_E = \pi \times 500^2$<br><b>La zone d'effet est de 785 398 <math>m^2</math></b> | $d = Z_I / Z_E = 0,011\%$<br>( $< 1\%$ )    | <b>Exposition modérée</b> |
| N117   | $Z_I = R \cdot LB / 2$<br><b>La zone d'impact <math>Z_I</math> est de 100,3 <math>m^2</math></b> | $Z_E = \pi \times 500^2$<br><b>La zone d'effet est de 785 398 <math>m^2</math></b> | $d = Z_I / Z_E = 0,013\%$<br>( $< 1\%$ )    | <b>Exposition modérée</b> |

### ❖ Gravité

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

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

Le tableau suivant indique, pour chaque aérogénérateur, le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène de projection et la gravité associée. Conformément à la méthodologie proposée par l'INERIS/SER/FEE, il est pris en compte 1 personne pour 10 hectares pour les chemins agricoles et/ou voies non structurantes, et 1 personne pour 100 hectares pour les champs et prairies. De manière conservatrice, la largeur considérée pour les voies non structurantes est de 6 mètres pour les chemins agricoles, 8 mètres pour les routes communales et 10 mètres pour la route départementale.

| Projection de pale ou de fragment de pale<br>(zone de 500 m autour de chaque éolienne) |   |                |
|--|---|----------------|
| <i>Eolienne</i>  | <i>Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)</i>  | <i>Gravité</i> |
| <b>E1 (N117)</b>   | <b>0,086 (voie structurante, chemins agricoles, champs, prairies et/ou voies non structurantes dans un rayon de 500 mètres)</b>                             | <b>Modérée</b> |
| <b>E2 (N117)</b>   | <b>0,085 (chemins agricoles et/ou voies non structurantes dans un rayon de 500 mètres)</b>  | <b>Modérée</b> |
| <b>E3 (N117)</b>   | <b>0,103 (chemins agricoles, champs, prairies, terrains aménagés potentiellement fréquentés, et/ou voies non structurantes dans un rayon de 500 mètres)</b> | <b>Modérée</b> |
| <b>E4 (N117)</b>   | <b>0,096 (chemins agricoles, champs, prairies, terrains aménagés potentiellement fréquentés, et/ou voies non structurantes dans un rayon de 500 mètres)</b> | <b>Modérée</b> |
| <b>E5 (N117)</b>   | <b>0,101(chemins agricoles, champs, prairies, et/ou voies non structurantes dans un rayon de 500 mètres)</b>  | <b>Modérée</b> |
| <b>E6 (N100)</b>   | <b>0,189 (chemins agricoles, champs, prairies et/ou voies non structurantes dans un rayon de 500 mètres)</b>  | <b>Modérée</b> |
| <b>E7 (N100)</b>   | <b>0,112 (chemins agricoles, champs, prairies et/ou voies non structurantes dans un rayon de 500 mètres)</b>  | <b>Modérée</b> |
| <b>E8 (N100)</b>   | <b>0,197 (champs, prairies et/ou voies non structurantes dans un rayon de 500 mètres)</b>   | <b>Modérée</b> |
| <b>E9 (N100)</b>   | <b>0,276 (chemins agricoles, champs, prairies et/ou voies non structurantes dans un rayon de 500 mètres)</b>  | <b>Modérée</b> |
| <b>E10 (N100)</b>  | <b>0,242 (chemins agricoles, champs, prairies, voies structurantes et/ou voies non structurantes dans un rayon de 500 mètres)</b>                           | <b>Modérée</b> |

Note : pour les éoliennes E3, E4 et E5, un silo agricole se trouve dans le rayon de 500m. Vu la très faible activité au niveau de ce silo, il a été considéré comme « terrain aménagé et potentiellement fréquenté ou très fréquenté ». Pour les calculs, la superficie du silo comprise dans la zone d'effet a été multipliée par le ratio correspondant, de 1 personne pour 10 hectares.

#### ❖ Probabilité

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

| Source  | Fréquence             | Justification   |
|---|-----------------------|---|
| Site specific hazard assessment for a wind farm project [4] | $1 \times 10^{-6}$    | 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                     |

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

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

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

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

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

- les dispositions de la norme IEC 61 400-1
- les dispositions des normes IEC 61 400-24 et EN 62 305-3 relatives à la foudre
- système de détection des survitesses et un système redondant de freinage
- système de détection des vents forts et un système redondant de freinage et de mise en sécurité des installations
- 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 donc considéré que la classe de probabilité de l'accident est « D » :** « *S'est produit mais a fait l'objet de mesures correctrices réduisant significativement la probabilité* ».

#### ❖ Acceptabilité

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

| Projection de pale ou de fragment de pale<br>(zone de 500 m autour de chaque éolienne) |         |                  |
|--|---------|------------------|
| Eolienne   | Gravité | Niveau de risque |
| Toutes les éoliennes   | Modérée | Acceptable       |

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

### VIII.2.5. PROJECTION DE GLACE

#### ❖ Zone d'effet

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

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

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

$$= 262,2\text{m pour la N100 et } 311,7\text{m pour la N117}$$

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

#### ❖ Intensité

Pour le phénomène de projection de glace, le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface d'un morceau de glace (cas majorant de 1 m<sup>2</sup>) et la superficie de la zone d'effet du phénomène.

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de glace dans le cas du parc du Fond du Moulin. d est le degré d'exposition, Z<sub>I</sub> la zone d'impact, Z<sub>E</sub> la zone d'effet, R est le rayon du rotor (R = 58,4 m - N117, R= 48.7 m - N100), H la hauteur au moyeu (H = 91 m-N117, H= 75 m-N100), et SG la surface majorante d'un morceau de glace (1 m<sup>2</sup>).

| Projection de morceaux de glace |  |  |   |                    |
|---------------------------------|--|--|---|--------------------|
| Type d'éolienne                 | Zone 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          |
| N100                            |  | Distance d'effet = 262.2 m   |   |                    |
|                                 | Z <sub>I</sub> = SG<br>La zone d'impact Z <sub>I</sub> est de 1 m <sup>2</sup> | Z <sub>E</sub> = π x [1,5*(H + 2*R)] <sup>2</sup><br>La zone d'effet est de 210 091 m <sup>2</sup> | d = Z <sub>I</sub> /Z <sub>E</sub> = 4.8 x 10 <sup>-5</sup><br>( < 1 %) | Exposition modérée |

|      |   |   |  |                               |
|------|---|---|--|-------------------------------|
| N117 |   | Distance d'effet =<br>311.7 m   |  |                               |
|      | $Z_I = SG$<br><b>La zone d'impact<br/><math>Z_I</math> est de 1 m<sup>2</sup></b> | $Z_E = \pi \times [1,5 \times (H + 2 \times R)]^2$<br><b>La zone d'effet est<br/>de<br/>305 228 m<sup>2</sup></b> | $d = Z_I / Z_E = 3,3 \times 10^{-5}$<br>( < 1 %) | <b>Exposition<br/>modérée</b> |

#### ❖ Gravité

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

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

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

Le tableau suivant indique, pour chaque aérogénérateur, le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène de projection de glace et la gravité associée. Conformément à la méthodologie proposée par l'INERIS/SER/FEE, il est pris en compte 1 personne pour 10 hectares pour les chemins agricoles et/ou voies non structurantes, et 1 personne pour 100 hectares pour les champs et prairies. De manière conservatrice, la largeur considérée pour les voies non structurantes est de 6 mètres pour les chemins agricoles, 8 mètres pour les routes communales et 10 mètres pour la route départementale.

| Projection de morceaux de glace |  |                       |
|---------------------------------|--|-----------------------|
| <i>Eolienne</i>                 | <i>Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)</i>   | <i>Gravité</i>        |
| <b>E1 (N117)</b>                | <b>0,055 (chemins agricoles, champs et prairies, voies structurantes dans un rayon de 311,7 mètres)</b>  | <b><i>Modérée</i></b> |
| <b>E2 (N117)</b>                | <b>0,033 (chemins agricoles, champs et prairies dans un rayon de 311,7 mètres)</b>   | <b><i>Modérée</i></b> |
| <b>E3 (N117)</b>                | <b>0,038 (chemins agricoles, champs, prairies et/ou voies non structurantes dans un rayon de 311,7 mètres)</b>   | <b><i>Modérée</i></b> |
| <b>E4 (N117)</b>                | <b>0,038 (chemins agricoles, champs, prairies et/ou voies non structurantes dans un rayon de 311,7 mètres)</b>   | <b><i>Modérée</i></b> |
| <b>E5 (N117)</b>                | <b>0,047 (chemins agricoles, champs, terrains aménagés potentiellement fréquentés, prairies et/ou voies non structurantes dans un rayon de 311,7 mètres)</b> | <b><i>Modérée</i></b> |
| <b>E6 (N100)</b>                | <b>0,049 (champs et prairies et/ou voies non structurantes dans un rayon de 262,2 mètres)</b>  | <b><i>Modérée</i></b> |
| <b>E7 (N100)</b>                | <b>0,022 (champs, prairies dans un rayon de 262,2 mètres)</b>  | <b><i>Modérée</i></b> |
| <b>E8 (N100)</b>                | <b>0,049 (champs, prairies et/ou voies non structurantes dans un rayon de 262,2 mètres)</b>  | <b><i>Modérée</i></b> |
| <b>E9 (N100)</b>                | <b>0,045 (champs, prairies et/ou voies non structurantes dans un rayon de 262,2 mètres)</b>  | <b><i>Modérée</i></b> |
| <b>E10 (N100)</b>               | <b>0,063 (chemins agricoles, champs, prairies et/ou voies non structurantes dans un rayon de 262,2 mètres)</b>   | <b><i>Modérée</i></b> |

*Note : pour l'éolienne E5, un silo agricole se trouve dans le rayon de 311 m. Vu la très faible activité au niveau de ce silo, il a été considéré comme « terrain aménagé et potentiellement fréquenté ou très fréquenté ». Pour les calculs, la superficie du silo comprise dans la zone d'effet a été multipliée par le ratio correspondant, de 1 personne pour 10 hectares.*

#### ❖ Probabilité

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

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

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

#### ❖ Acceptabilité

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

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

| <b>Projection de morceaux de glace</b><br><b>(dans un rayon de 311,7 m)</b> |                |   |                         |
|---|----------------|---|-------------------------|
| <i>Eolienne</i>   | <i>Gravité</i> | <i>Présence de système d'arrêt en cas de détection ou déduction de glace et de procédure de redémarrage</i> | <i>Niveau de risque</i> |
| <b>Toutes les éoliennes</b>   | <b>Modérée</b> | <b>oui</b>  | <b>Acceptable</b>       |

**Ainsi, pour le parc éolien du Fond du Moulin, le phénomène de projection de glace constitue un risque acceptable pour les personnes.**

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

#### VIII.3.1. TABLEAUX DE SYNTHÈSE DES SCÉNARIOS ÉTUDIÉS

Les tableaux suivants récapitulent, pour chaque événement redouté central retenu, les paramètres de risques : la cinétique, l'intensité, la gravité et la probabilité. Les tableaux regrouperont les éoliennes qui ont le même profil de risque.

| Scénario                               | Zone d'effet   | Cinétique | Intensité  | Probabilité                                     | Gravité  |
|--|--|-----------|--|---|--|
| Effondrement de l'éolienne             | Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale d'éolienne en bout de pale = 149,4 m (N117) et 124,9 m (N100) | Rapide    | exposition modérée (N117) ;<br>exposition forte (N100) | D<br>(pour des éoliennes récentes) <sup>2</sup> | <b>Modérée (E1 à E5),<br/>Sérieux (E6 à E10)</b> |
| Chute de glace                         | Zone de survol = disque de 58,9 m (N117) et 50,6 m (N100) de rayon   | Rapide    | exposition modérée                                     | A   | <b>Modérée</b><br>Pour toutes les éoliennes      |
| Chute d'éléments de l'éolienne         | Zone de survol = disque de 58,9 m (N117) et 50,6 m (N100) de rayon   | Rapide    | exposition modérée (N117) ;<br>exposition forte (N100) | C   | <b>Modérée (E1 à E5),<br/>Sérieux (E6 à E10)</b> |
| Projection de pale ou fragment de pale | 500 m autour de l'éolienne   | Rapide    | exposition modérée                                     | D<br>(pour des éoliennes récentes) <sup>3</sup> | <b>Modérée</b><br>pour toutes les éoliennes      |
| Projection de glace                    | 311,7 m (N117) et 262,2 m (N100) autour de l'éolienne  | Rapide    | exposition modérée                                     | B   | <b>Modérée</b><br>pour toutes les éoliennes      |

#### VIII.3.2. SYNTHÈSE DE L'ACCEPTABILITÉ DES RISQUES

Enfin, la dernière étape de l'étude détaillée des risques consiste à rappeler l'acceptabilité des accidents potentiels pour chacun des phénomènes dangereux étudiés.

Pour conclure à l'acceptabilité, la matrice de criticité ci-dessous, adaptée de la circulaire du 29 septembre 2005 reprise dans la circulaire du 10 mai 2010 mentionnée ci-dessus sera utilisée.

<sup>2</sup> Voir paragraphe VIII.2.1

<sup>3</sup> Voir paragraphe VIII.2.4

| Conséquence    | Classe de Probabilité |   |   |                                   |                              |
|----------------|-----------------------|---|---|-----------------------------------|------------------------------|
|                | E                     | D   | C   | B                                 | A                            |
| Désastreux     |                       |   |   |                                   |                              |
| Catastrophique |                       |   |   |                                   |                              |
| Important      |                       |   |   |                                   |                              |
| Sérieux        |                       | E6 à E10<br>Effondrement de l'éolienne  | E6 à E10<br>Chute d'éléments de l'éolienne  |                                   |                              |
| Modéré         |                       | Projection de pales ou de fragments de pales (pour E1 à E10) ;<br>Effondrement de l'éolienne (pour E1 à E5) | E1 à E5 :<br>Chute d'éléments de l'éolienne | E1 à E10 :<br>Projection de glace | E1 à E10 :<br>Chute de glace |

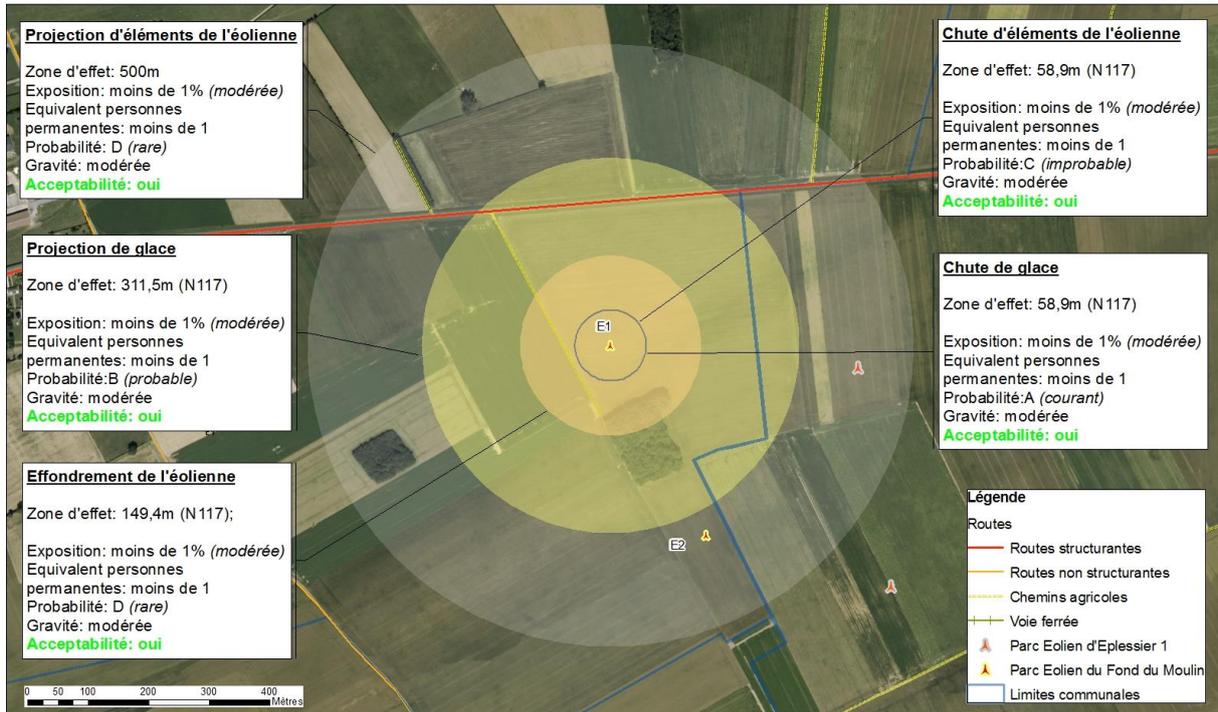
#### Légende de la matrice

| 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. Deux accidents (Chute de glace pour E1 à E10 et chute d'éléments de l'éolienne pour E6 à E10) figurent en case jaune. Pour ces accidents, il convient de souligner que les fonctions de sécurité détaillées dans la partie VII.6 sont mises en place.

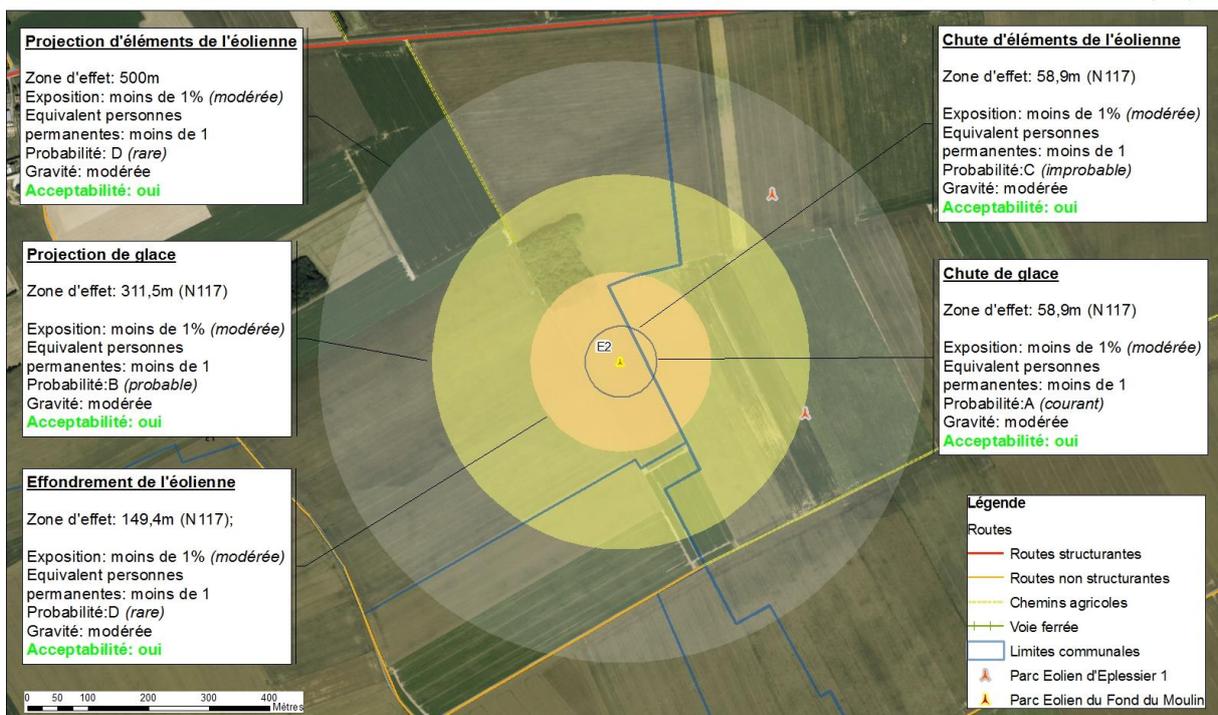
### VIII.3.3. CARTOGRAPHIE DES RISQUES

Les cartes ci-après présentent la synthèse des risques concernant chaque éolienne. Une carte de synthèse sur l'ensemble du parc est également proposée.



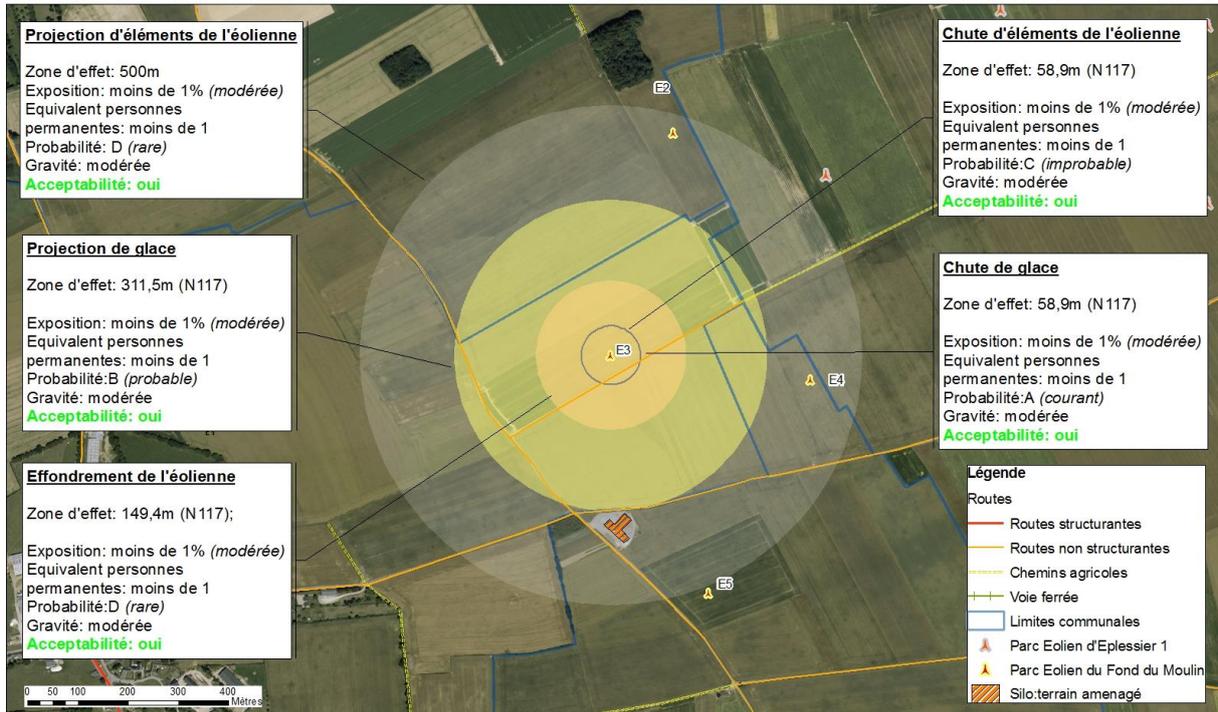
Réalisation: Nordex France 2015

Source: IGN, Nordex France SAS



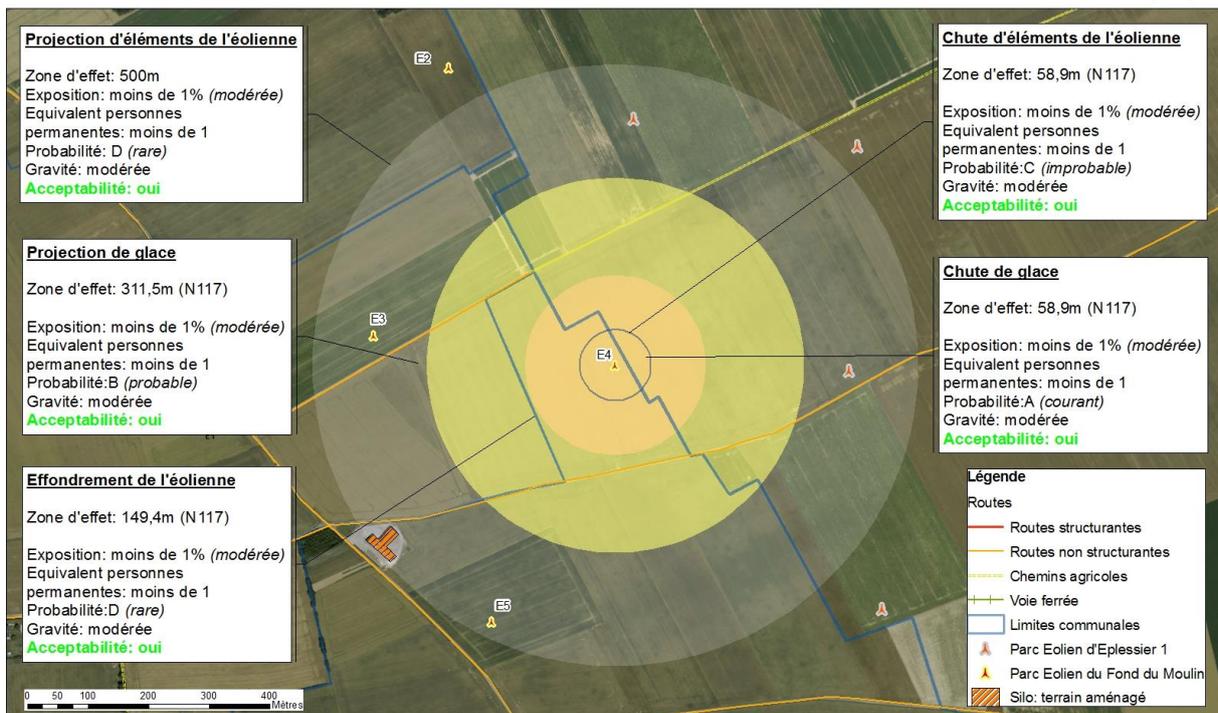
Réalisation: Nordex France 2015

Source: IGN, Nordex France SAS



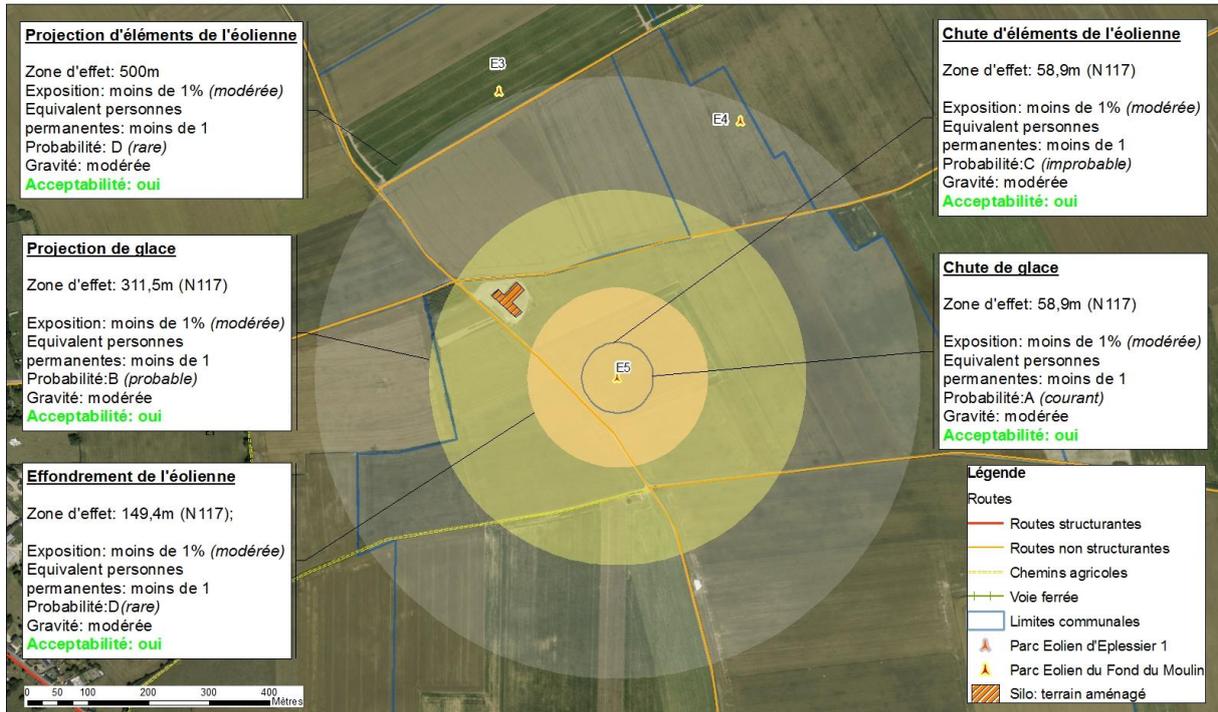
Réalisation: Nordex France 2015

Source: IGN, Nordex France SAS



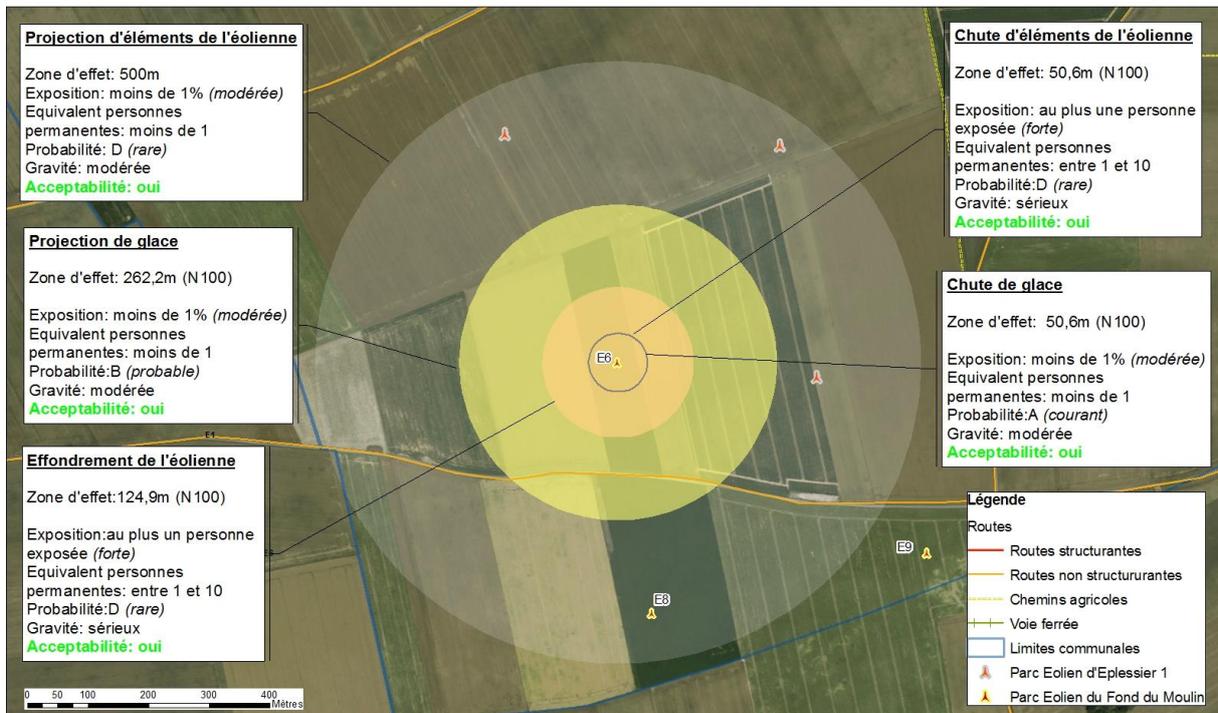
Réalisation: Nordex France 2015

Source: IGN, Nordex France SAS



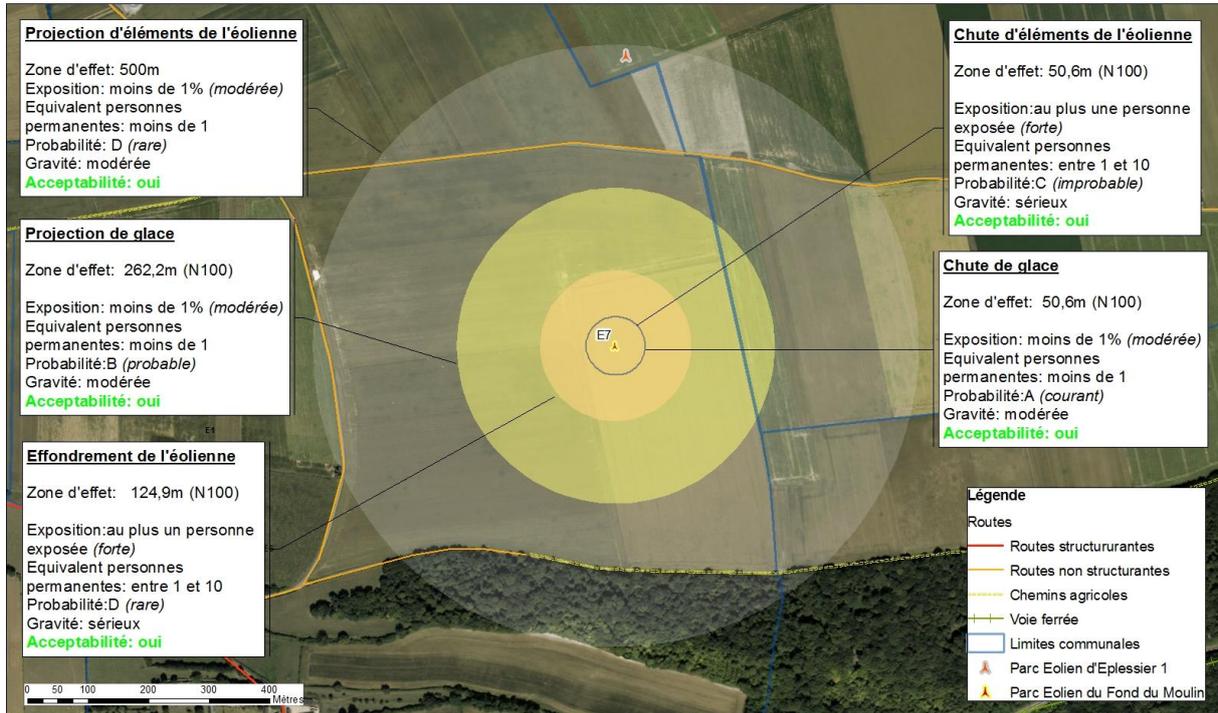
Réalisation: Nordex France 2015

Source: IGN, Nordex France SAS



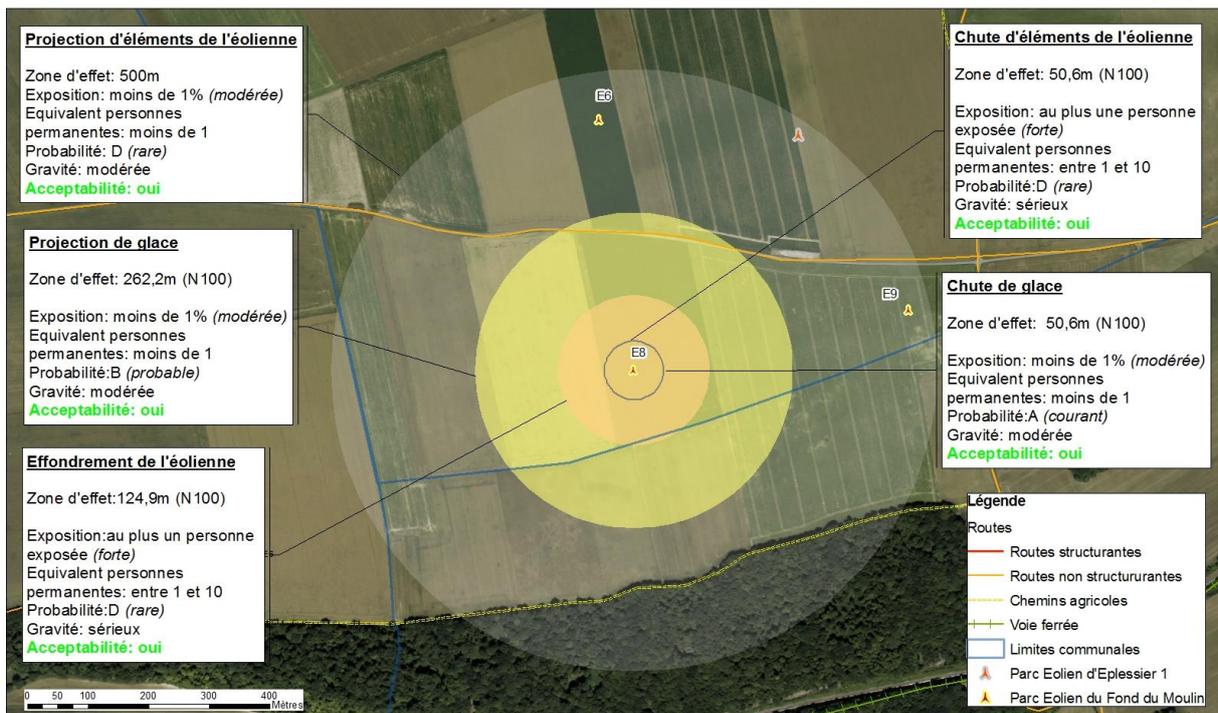
Réalisation: Nordex France 2015

Source: IGN, Nordex France SAS



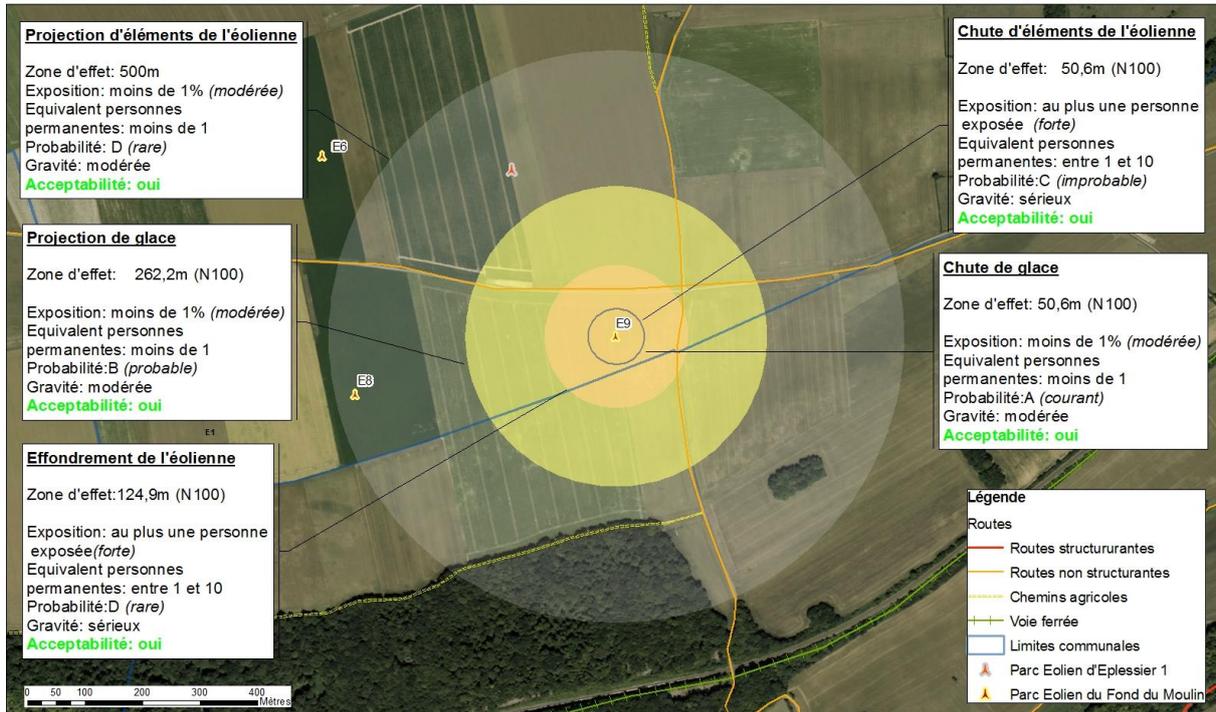
Réalisation: Nordex France 2015

Source: IGN, Nordex France SAS



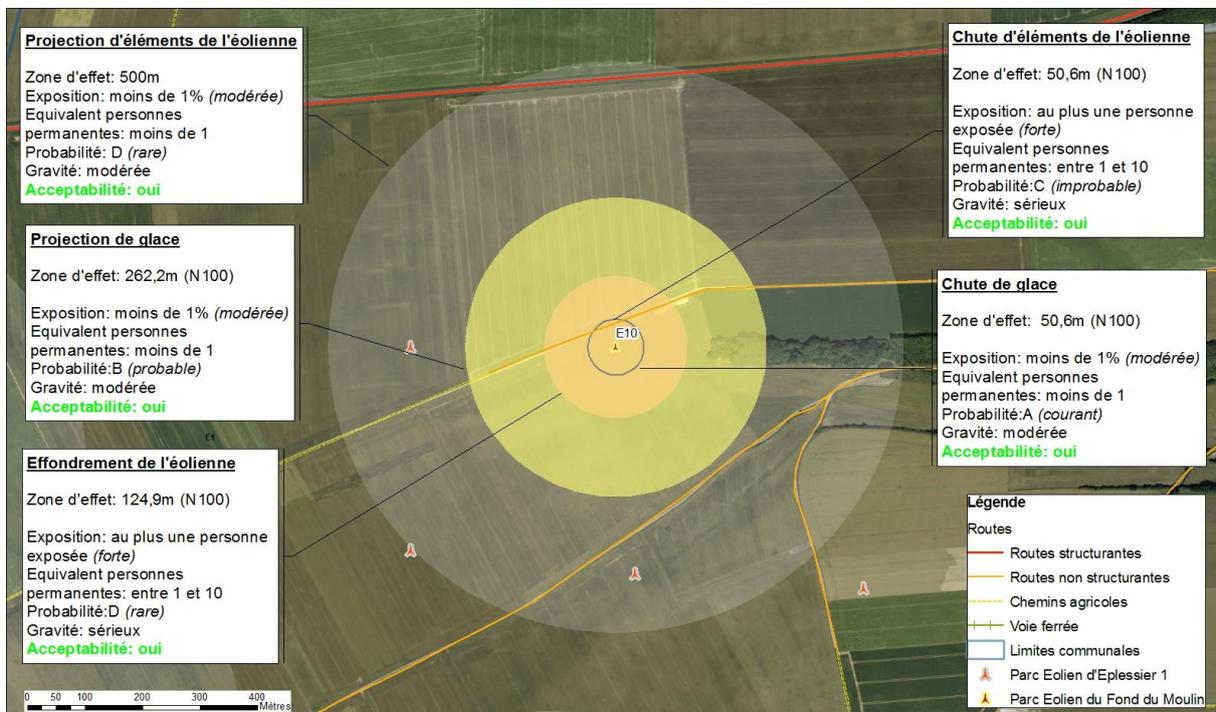
Réalisation: Nordex France 2015

Source: IGN, Nordex France SAS



Réalisation: Nordex France 2015

Source: IGN, Nordex France SAS

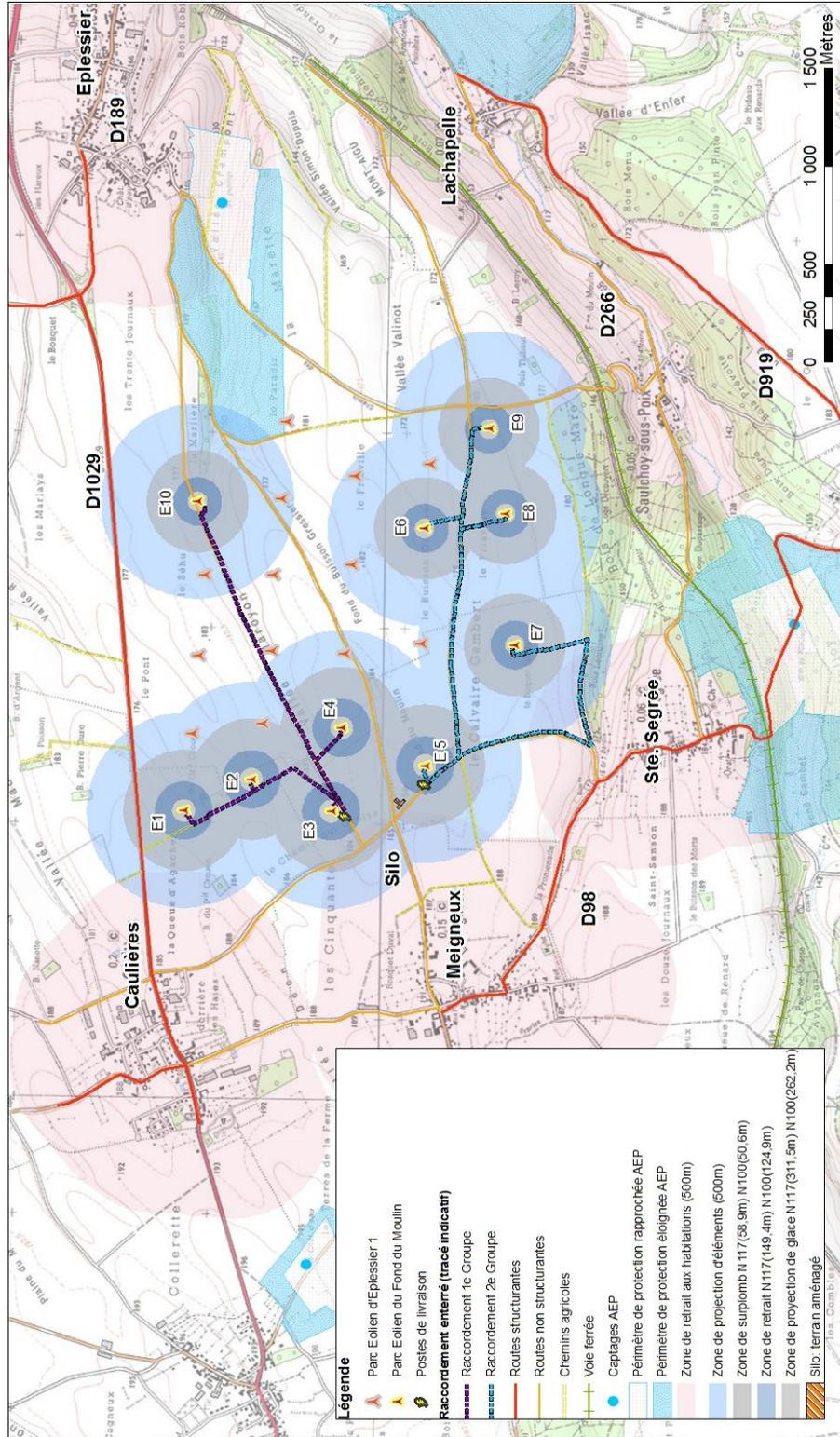


Réalisation: Nordex France 2015

Source: IGN, Nordex France SAS

# Parc éolien du Fond du Moulin

## Synthèse des enjeux



## IX. CONCLUSION

---

**Les principaux accidents majeurs identifiés** pour le parc du Fond du Moulin sont ceux retenus par le guide de l'étude de dangers réalisé par l'INERIS/SER/FEE à savoir :

- L'effondrement de l'éolienne,
- La chute de glace,
- La chute d'éléments,
- Le bris de pale,
- La projection de glace.

**La probabilité d'atteinte** d'un enjeu par un projectile est variable en fonction du scenario :

- D pour l'effondrement de l'éolienne ;
- A pour la chute de glace ;
- C pour la chute d'éléments ;
- D pour la projection d'une pale ou d'un fragment de pale ;
- B pour la projection de glace.

**Il y a une voie de circulation considérée comme structurante dans la zone d'étude du parc éolien du Fond du Moulin (D1029), située à plus de 200m de toutes les éoliennes projetées.**

Dans la zone de surplomb des éoliennes (58,9m pour la N117 ; 50,6m pour la N100), là où s'observent les risques de chute de glace et d'éléments, l'enjeu humain est inférieur à 1 personne pour les éoliennes de type N117 (E1 à E5), ce qui représente une gravité modérée. Pour les éoliennes de type N100 (E6 à E10) dans l'événement de chute d'éléments, l'enjeu humain est au plus d'une personne exposée, ce qui représente une gravité sérieuse.

Dans la zone d'effondrement de la machine (149,4m pour la N117 ; 124,9m pour la N100), l'enjeu humain est inférieur à 1 personne (enjeux maximal : 0,030) pour les machines N117 (E1 à E5), ce qui représente une gravité modérée. Pour les éoliennes de type N100 (E6 à E10) l'enjeu humain est au plus d'une personne exposée, ce qui représente un niveau de gravité sérieuse.

Dans la zone de projection de glace (311,7m pour la N117 ; 262,2m pour la N100), l'enjeu humain est inférieur à 1 personne (enjeux maximal : 0,63), ce qui représente une gravité modérée.

Dans la zone de projection de pale et d'autres éléments de l'éolienne (500m), l'enjeu humain maximal est de 0.103 personnes, ce qui représente une gravité modérée.

Le degré d'exposition de tous les phénomènes étudiés est inférieur à 1% (correspondant à une **intensité modérée**), à l'exception des risques d'effondrement de l'éolienne et de chute d'éléments pour les éoliennes de type N100 (E6 à E10). Pour ces deux derniers, le degré d'exposition est supérieur à 1%. Ceci correspond à une **intensité forte**.

Pour chacun des événements étudiés, **la gravité s'avère être modérée** avec l'exception des événements d'effondrement de l'éolienne et la chute d'éléments de l'éolienne pour les machines N100 (E6 à E10). Pour ces derniers **la gravité est considérée comme sérieuse**.

Le niveau de risque reste **acceptable pour toutes les éoliennes**.

Toutefois il convient de définir des mesures pour maîtriser les risques potentiels.

**Les principales mesures de maîtrise des risques** mises en place pour prévenir ou limiter les conséquences de ces accidents majeurs sont :

- Des barrières de prévention avec :
  - ✓ Des balisages des éoliennes ;
  - ✓ Des détecteurs de feux ;
  - ✓ Des détecteurs de survitesse ;
  - ✓ Un système antifoudre ;
  - ✓ Des protections contre la projection de glace ;

- ✓ Des panneaux d'information du risque de chute de glace ;
  - ✓ Des protections contre l'échauffement des pièces mécaniques ;
  - ✓ Des protections contre les courts-circuits ;
  - ✓ Des protections contre la pollution environnementale.
- Une maintenance préventive et de vérification :
    - ✓ Planning de maintenance préventive ;
    - ✓ Maintenance des installations électriques ;
    - ✓ Vérifications électrique et incendie annuelles par un organisme agréé.
  - Un personnel formé ;
  - Des machines certifiées ;

L'ensemble des scénarios étudiés conclut à des risques pour lesquels les mesures de sécurité sont jugées suffisantes et la maîtrise des risques concernés est assurée et démontrée par l'exploitant (contrôles appropriés pour éviter tout écart dans le temps).

**Les mesures de maîtrise des risques mises en place sur l'installation sont suffisantes pour garantir un risque acceptable pour chacun des phénomènes dangereux retenus dans l'étude détaillée.**

## **ANNEXE 1 – METHODE DE COMPTAGE DES PERSONNES POUR LA DETERMINATION DE LA GRAVITE POTENTIELLE D'UN ACCIDENT A PROXIMITE D'UNE EOLIENNE**

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, 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 =  $0,4 \times 0,5 \times 20\,000/100 = 40$  personnes.*

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

### Voies ferroviaires

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

### Voies navigables

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

### Chemins et voies piétonnes

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

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

### Logements

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

### Etablissements recevant du public (ERP)

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

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

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

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

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

### ***Zones d'activité***

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

## ANNEXE 2 – TABLEAU DE L'ACCIDENTOLOGIE FRANÇAISE

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

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

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

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

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

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

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

## **ANNEXE 3 – SCENARIOS GENERIQUES ISSUS DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE 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 l'étude de dangers. Il peut être considéré comme représentatif des scénarios d'accident pouvant potentiellement se produire sur les éoliennes et pourra par conséquent être repris à l'identique dans les études de dangers.

La numérotation des scénarios ci-dessous reprend celle utilisée dans le tableau de l'analyse préliminaire des risques, avec un regroupement des scénarios par thématique, en fonction des typologies d'événement redoutés centraux identifiés grâce au retour d'expérience par le groupe de travail précédemment cité (« G » pour les scénarios concernant la glace, « I » pour ceux concernant l'incendie, « F » pour ceux concernant les fuites, « C » pour ceux concernant la chute d'éléments de l'éolienne, « P » pour ceux concernant les risques de projection, « E » pour ceux concernant les risques d'effondrement).

### ***Scénarios relatifs aux risques liés à la glace (G01 et G02)***

#### **Scénario G01**

En cas de formation de glace, les systèmes de préventions intégrés stopperont le rotor. La chute de ces éléments interviendra donc dans l'aire surplombée par le rotor, le déport induit par le vent étant négligeable.

Plusieurs procédures/systèmes permettront de détecter la formation de glace :

- Système de détection de glace
- Arrêt préventif en cas de déséquilibre du rotor
- Arrêt préventif en cas de givrage de l'anémomètre.

#### **Scénario G02**

La projection de glace depuis une éolienne en mouvement interviendra lors d'éventuels redémarrage de la machine encore « glacée », ou en cas de formation de glace sur le rotor en mouvement simultanément à une défaillance des systèmes de détection de givre et de balourd.

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

### ***Scénarios relatifs aux risques d'incendie (I01 à I07)***

Les éventuels incendies interviendront dans le cas où plusieurs conditions seraient réunies (Ex : Foudre + défaillance du système parafoudre = Incendie).

Le moyen de prévention des incendies consiste en un contrôle périodique des installations.

Dans l'analyse préliminaire des risques seulement quelques exemples 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 (survitesses). Plusieurs moyens sont mis en place en matière de prévention :

- Concernant le défaut de conception et fabrication : Contrôle qualité
- Concernant le non-respect des instructions de montage et/ou de maintenance : Formation du personnel intervenant, Contrôle qualité (inspections)
- Concernant les causes externes dues à l'environnement : Mise en place de solutions techniques visant à réduire l'impact. Suivant les constructeurs, certains dispositifs sont de série ou en option. Le choix des options est effectué par l'exploitant en fonction des caractéristiques du site.

L'emballement peut notamment intervenir lors de pertes d'utilités. Ces pertes d'utilités peuvent être la conséquence de deux phénomènes :

- Perte de réseau électrique : l'alimentation électrique de l'installation est nécessaire pour assurer le fonctionnement des éoliennes (orientation, appareils de mesures et de contrôle, balisage, ...);
- Perte de communication : le système de communication entre le parc éolien et le superviseur à distance du parc peut être interrompu pendant une certaine durée.

Concernant la perte du réseau électrique, celle-ci peut être la conséquence d'un défaut sur le réseau d'alimentation du parc éolien au niveau du poste source. En fonction de leurs caractéristiques techniques, le comportement des éoliennes face à une perte d'utilité peut être différent (fonction du constructeur). Cependant, deux systèmes sont couramment rencontrés :

- Déclenchement au niveau du rotor du code de freinage d'urgence, entraînant l'arrêt des éoliennes ;
- Basculement automatique de l'alimentation principale sur l'alimentation de secours (batteries) pour arrêter les aérogénérateurs et assurer la communication vers le superviseur.

Concernant la perte de communication entre le parc éolien et le superviseur à distance, celle-ci n'entraîne pas d'action particulière en cas de perte de la communication pendant une courte durée.

En revanche, en cas de perte de communication pendant une longue durée, le superviseur du parc éolien concerné dispose de plusieurs alternatives dont deux principales :

- Mise en place d'un réseau de communication alternatif temporaire (faisceau hertzien, agent technique local...);
- Mise en place d'un système autonome d'arrêt à distance du parc par le superviseur.

Les solutions aux pertes d'utilités étant diverses, les porteurs de projets pourront apporter dans leur étude de danger une description des protocoles qui seront mis en place en cas de pertes d'utilités.

## ***Scénarios relatifs aux risques de fuites (F01 à F02)***

Les fuites éventuelles interviendront en cas d'erreur humaine ou de défaillance matérielle.

Une attention particulière est à porter aux mesures préventives des parcs présents dans des zones protégées au niveau environnemental, notamment en cas de présence de périmètres de protection de captages d'eau potable (identifiés comme enjeux dans le descriptif de l'environnement de l'installation). Dans ce dernier cas, un hydrogéologue agréé devra se prononcer sur les mesures à prendre en compte pour préserver la ressource en eau, tant au niveau de l'étude d'impact que de l'étude de danger. Plusieurs mesures pourront être mises en place (photographie du fond de fouille des fondations pour montrer que la nappe phréatique n'a pas été atteinte, comblement des failles karstiques par des billes d'argile, utilisation de graisses végétales pour les engins, ...).

### **Scénario F01**

En cas de rupture de flexible, perçage d'un contenant ..., il peut y avoir une fuite d'huile ou de graisse ... alors que l'éolienne est en fonctionnement. Les produits peuvent alors s'écouler hors de la nacelle, couler le long du mât et s'infiltrer dans le sol environnant l'éolienne.

Plusieurs procédures/actions permettront d'empêcher l'écoulement de ces produits dangereux :

- Vérification des niveaux d'huile lors des opérations de maintenance

- Détection des fuites potentielles par les opérateurs lors des maintenances
- Procédure de gestion des situations d'urgence

Deux événements peuvent être aggravants :

- Ecoulement de ces produits le long des pales de l'éolienne, surtout si celle-ci est en fonctionnement. Les produits seront alors projetés aux alentours.
- Présence d'une forte pluie qui dispersera rapidement les produits dans le sol.

## **Scénario F02**

Lors d'une maintenance, les opérateurs peuvent accidentellement renverser un bidon d'huile, une bouteille de solvant, un sac de graisse ... Ces produits dangereux pour l'environnement peuvent s'échapper de l'éolienne ou être renversés hors de cette dernière et infiltrer les sols environnants.

Plusieurs procédures/actions permettront d'empêcher le renversement et l'écoulement de ces produits :

- Kits anti-pollution associés à une procédure de gestion des situations d'urgence
- Sensibilisation des opérateurs aux bons gestes d'utilisation des produits

Ce scénario est à adapter en fonction des produits utilisés.

Événement aggravant : fortes pluies qui disperseront rapidement les produits dans le sol.

## ***Scénarios relatifs aux risques de chute d'éléments (C01 à C03)***

Les scénarii de chutes concernent les éléments d'assemblage des aérogénérateurs : ces chutes sont déclenchées par la dégradation d'éléments (corrosion, fissures, ...) ou des défauts de maintenance (erreur humaine).

Les chutes sont limitées à un périmètre correspondant à l'aire de survol.

## ***Scénarios relatifs aux risques de projection de pales ou de fragments de pales (P01 à P06)***

Les événements principaux susceptibles de conduire à la rupture totale ou partielle de la pale sont liés à 3 types de facteurs pouvant intervenir indépendamment ou conjointement :

- Défaut de conception et de fabrication
- Non-respect des instructions de montage et/ou de maintenance
- Causes externes dues à l'environnement : glace, tempête, foudre...

Si la rupture totale ou partielle de la pale intervient lorsque l'éolienne est à l'arrêt on considère que la zone d'effet sera limitée au surplomb de l'éolienne

L'emballement de l'éolienne constitue un facteur aggravant en cas de projection de tout ou partie d'une pale. Cet emballement peut notamment être provoqué par la perte d'utilité décrite au 2.2 de la présente partie C (scénarios incendies).

## **Scénario P01**

En cas de défaillance du système d'arrêt automatique de l'éolienne en cas de survitesse, les contraintes importantes exercées sur la pale (vent trop fort) pourraient engendrer la casse de la pale et sa projection.

## **Scénario P02**

Les contraintes exercées sur les pales - contraintes mécaniques (vents violents, variation de la répartition de la

masse due à la formation de givre...), conditions climatiques (averses violentes de grêle, foudre...) - peuvent entraîner la dégradation de l'état de surface et à terme l'apparition de fissures sur la pale.

Prévention : Maintenance préventive (inspections régulières des pales, réparations si nécessaire)

Facteur aggravant : Infiltration d'eau et formation de glace dans une fissure, vents violents, emballement de l'éolienne

### **Scénarios P03**

Un mauvais serrage de base ou le desserrage avec le temps des goujons des pales pourrait amener au décrochage total ou partiel de la pale, dans le cas de pale en plusieurs tronçons.

### ***Scénarios relatifs aux risques d'effondrement des éoliennes (E01 à E10)***

Les événements pouvant conduire à l'effondrement de l'éolienne sont liés à 3 types de facteurs pouvant intervenir indépendamment ou conjointement :

- Erreur de dimensionnement de la fondation : Contrôle qualité, respect des spécifications techniques du constructeur de l'éolienne, étude de sol, contrôle technique de construction ;
- Non-respect des instructions de montage et/ou de maintenance : Formation du personnel intervenant ;
- Causes externes dues à l'environnement : séisme, ...

## ANNEXE 4 – PROBABILITE 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 5 – GLOSSAIRE

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Phénomène dangereux** : Libération d'énergie ou de substance produisant des effets, au sens de l'arrêté du 29 septembre 2005, susceptibles d'infliger un dommage à des enjeux (ou éléments vulnérables) vivants ou matériels, sans préjuger de l'existence de ces derniers. 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, les acronymes employés dans le présent guide sont listés et explicités ci-dessous :

**ADEME** : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie

**AEP** : Alimentation en Eau Potable

**AFP** : Agence France Presse

**API** : Automate Programmable Industriel

**APR** : Analyse Préliminaire des Risques

**ARIA** : base de données Analyse, Recherche et Information sur les Accidents

**BRGM** : Bureau de Recherches Géologiques et Minières

**CE** : Conformité Européenne

**CEI** : Commission Electrotechnique Internationale

**CGM** : Conseil Général des Mines

**CTA** : Centre de Traitement des Appels

**CWIF** : association Caithness Wind Information Forum

**DGAC** : Direction Générale de l'Aviation Civile

**EDD** : Etude De Dangers

**EN** : Standard européen

**EPI** : Equipement de Protection Individuel

**ERC** : Evènement Redouté Central

**ERDF** : Électricité Réseau Distribution France

**ERP** : Etablissement Recevant du Public

**FED** : Fédération Environnement Durable

**FEE** : association France Energie Eolienne

**GRIMP** : Groupe de Reconnaissances et d'Intervention en Milieu Périlleux

**ICPE** : Installations Classées pour la Protection de l'Environnement

**IEC** : International Electrotechnical Commission

**INB** : Installation Nucléaire de Base

**INERIS** : Institut National de l'EnviRonnement Industriel et des riSques

**INSEE** : Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques

**IPPC** : Integrated Pollution Prevention and Control  
**ISO** : International Organization for Standardization  
**kV** : kilovolt, unité de mesure de la tension électrique  
**MW** : mégawatts, unité de mesure de puissance électrique  
**NA** : Non Applicable  
**NF** : Norme Française  
**NGF** : Nivellement Général de la France  
**OACI** : Organisation de l'Aviation Civile Internationale  
**PERC** : Probabilité que l'évènement redouté central se produise  
**POPE** : loi de Programme fixant les Orientations de la Politique Energétique  
**PPI** : Programmation Pluri-annuelle des Investissements  
**PPRN** : Plan de Prévention des Risques Naturels  
**PPRT** : Plan de Prévention des Risques Technologiques  
**REX** : Retour d'EXpérience  
**RTE** : Réseau de transport d'électricité  
**SASU ou S.A.S.U.** : Société par Actions Simplifiée Unipersonnelle  
**SCADA** : Supervising Control And Data Acquisition  
**SE** : Société Européenne (*societas europaea*)  
**SER** : Syndicat des Energies Renouvelables  
**TWh** : térawattheure, unité de mesure de l'énergie électrique produite

## ANNEXE 6 – BIBLIOGRAPHIE ET REFERENCES UTILISEES

### Bibliographie principale :

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

### **Principales références réglementaires citées dans l'étude de dangers :**

Directive 96/61/CE du Conseil du 24 septembre 1996 relative à la prévention et à la réduction intégrées de la pollution

Directive 2001/77/CE du Parlement européen et du Conseil du 27 septembre 2001 relative à la promotion de l'électricité produite à partir de sources d'énergie renouvelables sur le marché intérieur de l'électricité

Directive 2004/108/CE du Parlement européen et du Conseil du 15 décembre 2004 relative au rapprochement des législations des États membres concernant la compatibilité électromagnétique et abrogeant la directive 89/336/CEE

Directive 2006/42/CE du Parlement européen et du Conseil du 17 mai 2006 relative aux machines et modifiant la directive 95/16/CE (refonte)

Directive 2009/28/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 avril 2009 relative à la promotion de l'utilisation de l'énergie produite à partir de sources renouvelables et modifiant puis abrogeant les directives 2001/77/CE et 2003/30/CE

Loi n° 2000-108 du 10 février 2000 relative à la modernisation et au développement du service public de l'électricité

Loi n° 2003-699 du 30 juillet 2003 relative à la prévention des risques technologiques et naturels et à la réparation des dommages

Loi n° 2005-781 du 13 juillet 2005 de programme fixant les orientations de la politique énergétique

Loi n° 2006-686 du 13 juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire

Loi n° 2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement

Loi n° 2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement

Décret n° 2010-1255 du 22 octobre 2010 portant délimitation des zones de sismicité du territoire français

Décret n° 2011-984 du 23 août 2011 modifiant la nomenclature des installations classées

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 modifié 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 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

Arrêté du 15 décembre 2009 relatif à la programmation pluriannuelle des investissements de production d'électricité

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

Circulaire du 29 septembre 2005 relative aux critères d'appréciation de la démarche de maîtrise des risques d'accidents susceptibles de survenir dans les établissements dits « SEVESO », visés par l'arrêté du 10 mai 2000 modifié

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

**Autres références bibliographiques citées :**

Atlas de la sismicité de la France, [www.sisfrance.net](http://www.sisfrance.net)

Base de données aléa retrait-gonflement des argiles du BRGM, [www.argiles.fr](http://www.argiles.fr)

Base de données ARIA (Analyse, Recherche et Information sur les Accidents), [www.aria.developpement-durable.gouv.fr](http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr)

Base de données des installations classées, [www.installationsclassées.developpement-durable.gouv.fr/](http://www.installationsclassées.developpement-durable.gouv.fr/)

Base de données INSEE, [www.insee.fr](http://www.insee.fr)

Base de données mouvements de terrains du BRGM, [www.bdmvt.net](http://www.bdmvt.net)

Bilan électrique 2012, RTE, janvier 2013

Carte des trafics routiers du réseau départemental, édition 2012, Conseil général de la Somme

Guide technique - Elaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens, INERIS/SER/FEE, mai 2012

Portail de la prévention des Risques Majeurs, [www.prim.net](http://www.prim.net)

Portail d'information géographique Infoterre, BRGM, [infoterre.brgm.fr](http://infoterre.brgm.fr)

Réseau français de détection de la foudre, [www.meteorage.fr](http://www.meteorage.fr)

Site internet de l'association Caithness Wind Information Forum, [www.caithnesswindfarms.co.uk](http://www.caithnesswindfarms.co.uk)

Site internet Infoclimat, [www.infoclimat.fr](http://www.infoclimat.fr)

Statistiques climatiques de la France 1971-2000, Direction de la climatologie, Météo-France, Toulouse, 2009, 288 p.

Zonage sismique de la France, [www.planseisme.fr](http://www.planseisme.fr)

## **ANNEXE 7 : RESUME NON TECHNIQUE DE L'ETUDE DE DANGERS**



## **PARC ÉOLIEN DU FOND DU MOULIN**

### **DEMANDE D'AUTORISATION UNIQUE RESUME NON TECHNIQUE DE L'ETUDE DE DANGERS**

**FOND DU MOULIN S.A.S.U.  
82, GRANDE RUE  
60520 PONTARME**

**Juin 2015**

# SOMMAIRE

|  |            |
|--|------------|
| <b>INTRODUCTION .....</b>  | <b>138</b> |
| <b>I. INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION.....</b>            | <b>139</b> |
| <b>II. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION .....</b>          | <b>140</b> |
| II.1. Environnement humain .....   | 140        |
| II.2. Environnement naturel .....  | 141        |
| II.3. Environnement matériel.....  | 141        |
| II.4. Synthèse des sensibilités .....                                      | 142        |
| <b>III. DESCRIPTION DE L'INSTALLATION .....</b>                            | <b>143</b> |
| <b>IV. IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION.....</b> | <b>146</b> |
| IV.1. Produits utilisés .....  | 146        |
| IV.2. Fonctionnement de l'installation.....                                | 146        |
| IV.3. Réduction des potentiels dangers à la source .....                   | 146        |
| <b>V. ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE .....</b>                           | <b>147</b> |
| V.1. Inventaire et évolution des accidents en France .....                 | 147        |
| V.2. Les principaux évènements redoutés.....                               | 147        |
| <b>VI. ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES .....</b>                          | <b>148</b> |
| <b>VII. ETUDE DETAILLEE DES RISQUES .....</b>                              | <b>148</b> |
| <b>VIII. CONCLUSION.....</b>   | <b>149</b> |

## INTRODUCTION

La société « Fond du Moulin S.A.S », détenue par la société Vents du Nord, souhaite réaliser un parc éolien constitué de 10 éoliennes et 2 postes de livraison électriques sur les communes d'Eplèsier, Caulières, Sainte-Segrée et Meigneux.

Ce projet est soumis à la réglementation relative aux Installations Classées pour la Protection de l'Environnement. Conformément à cette réglementation, une étude de dangers des installations a été réalisée, selon la trame type reconnue par la profession et validée par l'Institut national de l'environnement industriel et des risques (INERIS), ainsi que la Direction Générale de la Prévention des Risques (DGPR) du Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie.

La zone d'étude sur laquelle l'analyse des dangers a été réalisée est de 500 mètres autour de chaque éolienne. Il s'agit d'une distance conservatrice majorante par rapport aux effets les plus éloignés observés dans le cadre de l'analyse des cas d'accidents d'éoliennes au niveau mondial (cas de projection de fragments de pales d'éoliennes).

Les différentes activités et infrastructures présentes dans cette zone ont fait l'objet d'une attention particulière afin de déterminer le niveau de risque représenté par chaque éolienne. Ainsi, la surface agricole mais aussi les fréquentations des routes et chemins ont été répertoriées et comptabilisées pour permettre de définir l'intensité et la gravité par type d'accident potentiel généralement considéré dans le cadre d'un parc éolien. Les résultats sont développés dans la partie « analyse des risques ».

Les calculs précis effectués pour chaque éolienne, dans les périmètres définis pour chaque scénario retenu dans l'analyse des risques, ont permis de définir comme acceptables les risques d'accidents. Il est important de noter que la plupart des éléments nécessaires aux calculs des zones d'impacts ont été majorés afin de ne pas sous estimer l'intensité et la gravité des phénomènes retenus dans l'analyse des risques.

## X. INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION

La société « *Fond du Moulin S.A.S.* » est une société d'exploitation dédiée au projet du Fond du Moulin. Elle a été créée spécifiquement pour le projet par la société Vents du Nord. Elle constitue une filiale appartenant à 100% à Vents du Nord. Les sociétés Vents du Nord et Nordex France ont signé un contrat de partenariat dans le cadre du développement et de l'exploitation du parc éolien du Fond du Moulin. La société Fond du Moulin bénéficie de l'ensemble des compétences de ces deux compagnies.

Le parc éolien du Fond du Moulin, composé de 10 aérogénérateurs de deux types (5 éoliennes N117 R91 et 5 éoliennes N100 R75) et 2 postes de livraison, est localisé sur les communes d'Eplèsier, Caulières, Meigneux et Sainte-Segrée dans le département de la Somme (80), en région Picardie.

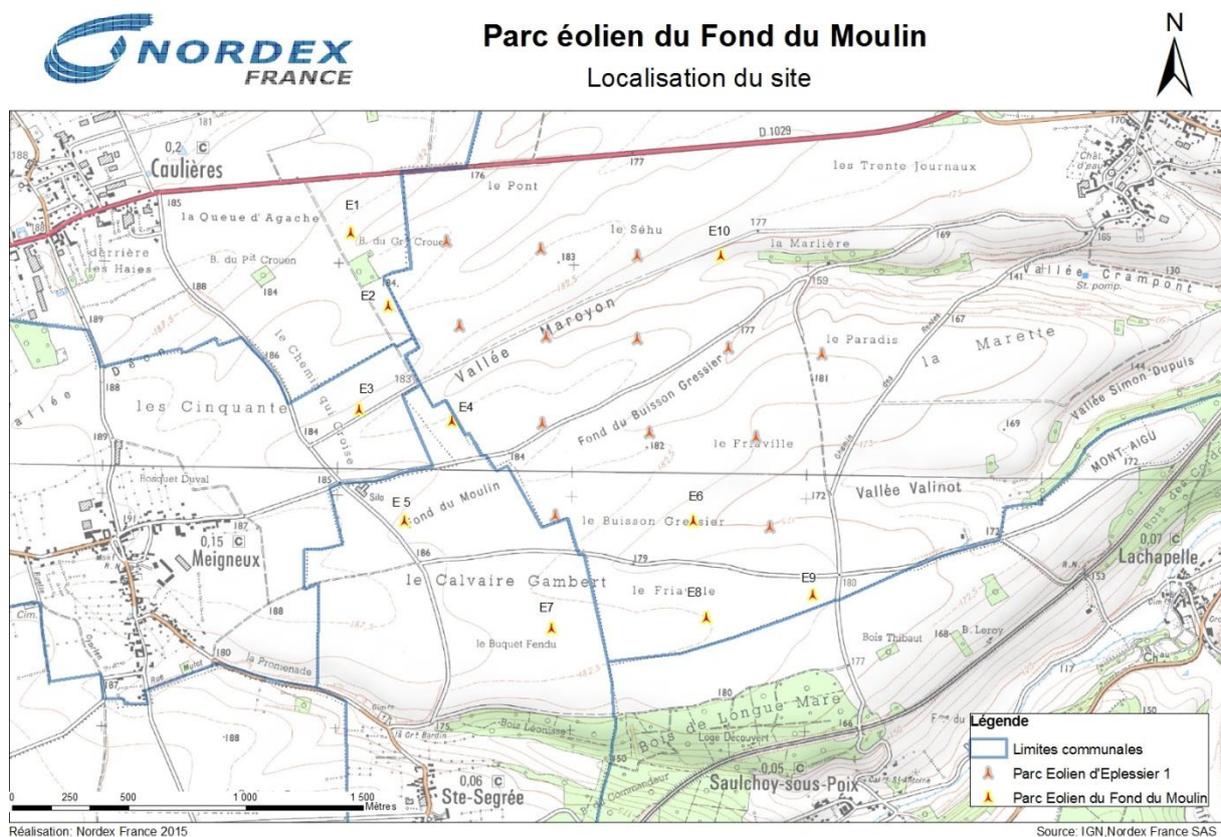


Figure 4 : Localisation du parc éolien du Fond du Moulin

## XI. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION

### XI.1. ENVIRONNEMENT HUMAIN

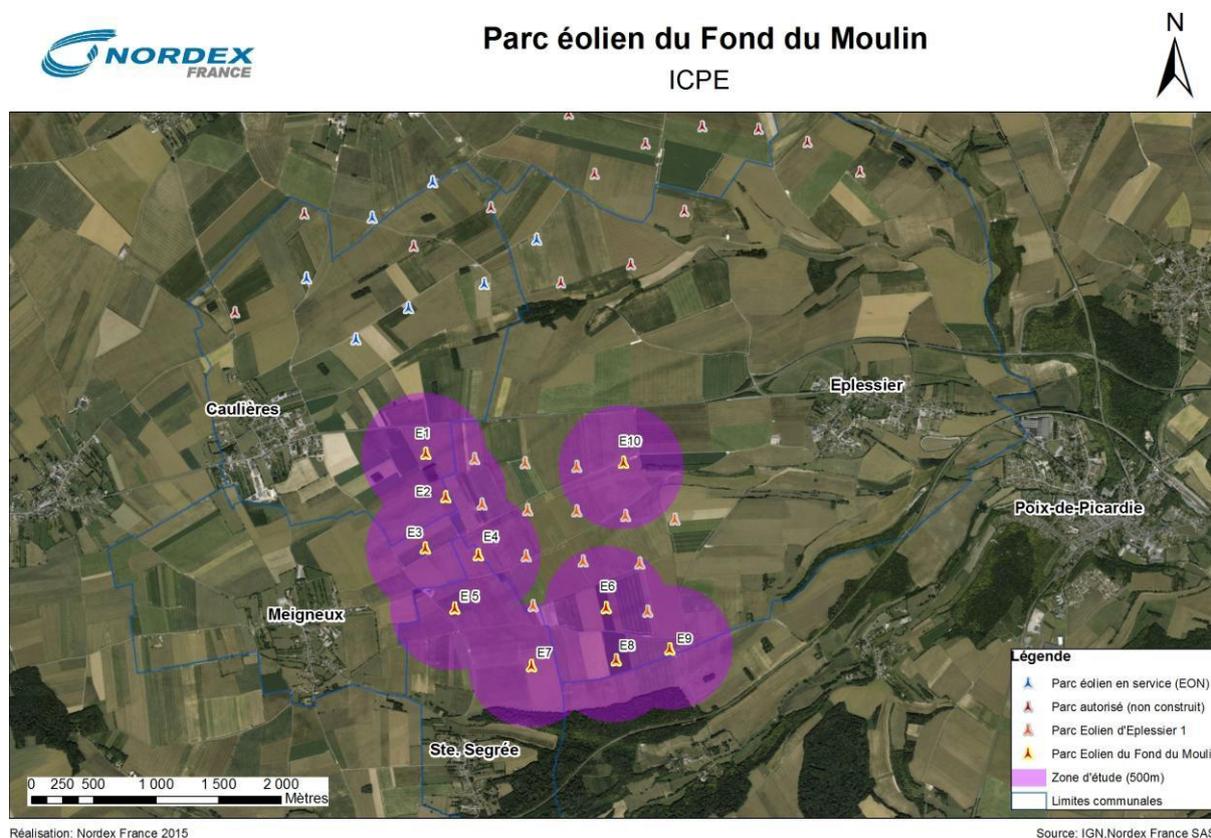


Figure 5 : Plan de situation et zone d'étude du parc éolien du Fond du Moulin

Le site d'implantation du parc éolien du Fond du Moulin est localisé dans un secteur formé principalement de grandes cultures céréalières.

Aucune habitation ou zone constructible, aucune activité industrielle ou commerciale, aucun Etablissement Recevant du Public (ERP) au sens de l'article R123-2 du Code de la Construction et de l'Habitat, aucune Installation Nucléaire de Base (INB), n'est recensé dans la zone d'étude de 500 m des futures éoliennes. A noter que la centrale nucléaire la plus proche du projet est celle de Penly à 58km.

Les ICPE recensées sur les communes du périmètre d'étude rapproché sont les suivantes :

- Les parcs éoliens « PROKON Energies Renouvelables, Syscom et Loscon Lassowsky Ost Consult », situés dans le secteur d'étude, constituent le projet initial de 13 éoliennes situé sur la commune d'Eplessier, à proximité immédiate du présent projet. Ce premier parc sera dénommé par la suite de l'étude « Eplessier 1 » est à ce jour autorisé mais non encore construit.
- Le parc éolien « EON Energy Projects » de 7 éoliennes est en service. L'éolienne la plus proche de ce parc est située à 1.1km de distance des premières éoliennes du projet du Fond du Moulin.
- Enfin, plusieurs parcs sont autorisés mais non construits, au nord du Parc éolien du Fond du Moulin, dont l'éolienne la plus proche est située à plus de 1,5km.

Pour ces parcs éoliens, la distance minimale de 300m préconisée dans l'article 4 de l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent est respectée. Il

conviendra cependant d'étudier avec attention les interactions du projet du Fond du Moulin avec le parc d'Epléssier 1.

En outre, la zone d'étude n'est concernée par aucune activité de tourisme et ne dispose d'aucune structure d'hébergement.

## **XI.2. ENVIRONNEMENT NATUREL**

La zone d'étude est située au sud du département de la Somme, à proximité de Poix-de-Picardie. Le climat picard est un climat océanique tempéré, soumis aux flux d'ouest de la façade atlantique. L'influence océanique diminue et tend à laisser la place à un climat plus continental de l'ouest vers l'est du département.

La rose des vents du secteur indique une direction des vents prédominante sud-ouest. On observe également des vents de nord-est.

La station météorologique Météo France disposant de statistique long-terme (période 1961-1990) la plus proche est localisée à environ 45km au nord de la zone d'implantation. Il s'agit de la station d'Abbeville. Plusieurs phénomènes météorologiques y sont recensés. Parmi eux, le brouillard (visibilité inférieure à 1 km) est l'un des phénomènes les plus récurrents avec 68,7 jours par an en moyenne. Le gel (température inférieure à 0°C) est également à noter avec 48,3 jours par an en moyenne. On comptabilise enfin 16,4 jours de neige par an.

Les risques naturels ont également été recensés. La zone d'étude n'est pas localisée en zone inondable mais elle est située dans une zone de sensibilité forte à moyenne aux inondations par remontée de nappe. Le zonage sismique sur les quatre communes impliquées est considéré comme faible. L'aléa retrait - gonflement des argiles est faible à moyen. Le risque de feu de forêt est considéré comme faible. Le risque de mouvements de terrain est globalement considéré comme très faible. Il n'y a pas de risque spécifique de tempête.

## **XI.3. ENVIRONNEMENT MATERIEL**

Plusieurs axes de communication sont situés dans la zone d'étude du parc éolien du Fond du Moulin. Il s'agit de la route départementale D1029 (ancienne N29) qui relie Amiens à Rouen, de routes de desserte communale, et de chemins agricoles. Quatre autres axes routiers passent à proximité immédiate du site mais au-delà de la zone d'effet de 500m de l'ensemble des éoliennes : les départementales D36, D919, D901, ainsi que l'autoroute A29.

Seule la RD1029 est considérée comme « axe structurant ». En effet, le trafic moyen journalier annuel mesuré sur la D1029 à la sortie est d'Epléssier est égal à 3380 véhicules/jour.

Pour la D919, le trafic moyen journalier annuel est égal à 656 véhicules/jour, et le trafic sur les autres axes est inférieur à 500 véhicules/jour. Ces axes ne sont donc pas considérés comme « structurants » (source : Conseil Général de la Somme).

Aucune voie ferroviaire ou fluviale n'est recensée dans la zone d'étude.

La zone d'étude ne comporte ni aéroport ni aérodrome. Le projet a fait l'objet de consultations des services de l'aviation civile et militaire.

Aucune installation de type canalisation de transport (gaz combustibles, hydrocarbures liquides ou liquéfiés et produits chimiques) ou réseau d'assainissement (stations d'épuration) n'est présente dans la zone d'étude.

Plusieurs captages d'eau sont recensés à proximité de la zone d'étude, mais pour la majorité au-delà de celle-ci. Les éoliennes en elles-mêmes sont bien en dehors de l'ensemble des périmètres de protection avec une exception pour l'éolienne E10. L'éolienne E10 est concernée par un périmètre éloigné de protection des captages d'eau.

Une servitude de type radioélectrique a été identifiée au sein de la zone d'étude entre les éoliennes E2 (180m), E3 (270m) et E4 (233m). Les communes de Caulières, Epléssier, Ste. Segrée et Meigneux sont concernées par une servitude de type PT2 au nord (848m) et ouest (3,7km) de la zone d'étude.

Une ligne électrique moyenne tension est située à proximité de l'implantation retenue pour l'éolienne E1, le déplacement de la ligne et du/des pylônes concernés sera nécessaire pour respecter la réglementation et pour assurer de bonnes conditions de travail lors de la phase de construction. Une demande est en cours chez ERDF pour un chiffrage de cette opération.

Aucune ligne aérienne haute tension ne traverse la zone d'étude.

Aucun autre ouvrage public de type barrage, digue ou encore château d'eau n'est recensé dans la zone d'étude.

#### XI.4. SYNTHÈSE DES SENSIBILITÉS

Dans le cadre du projet éolien du Fond du Moulin, la principale sensibilité est liée à la présence de la route départementale D1029. Cette sensibilité est relative compte-tenu de la faible fréquentation de cette route.

En dehors de cette sensibilité, la zone d'études est composée en très grande majorité de terres agricoles, et également de voies communales et de chemins d'exploitation agricoles, tous à très faible fréquentation.

Aussi, pour les éoliennes E3, E4 et E5, un silo agricole se trouve dans le rayon de 500m. Vu la très faible activité au niveau de ce silo, il a été considéré comme « terrain aménagé et potentiellement fréquenté ou très fréquenté ». Sa présence a été incluse dans les calculs pour l'étude des événements de risque.

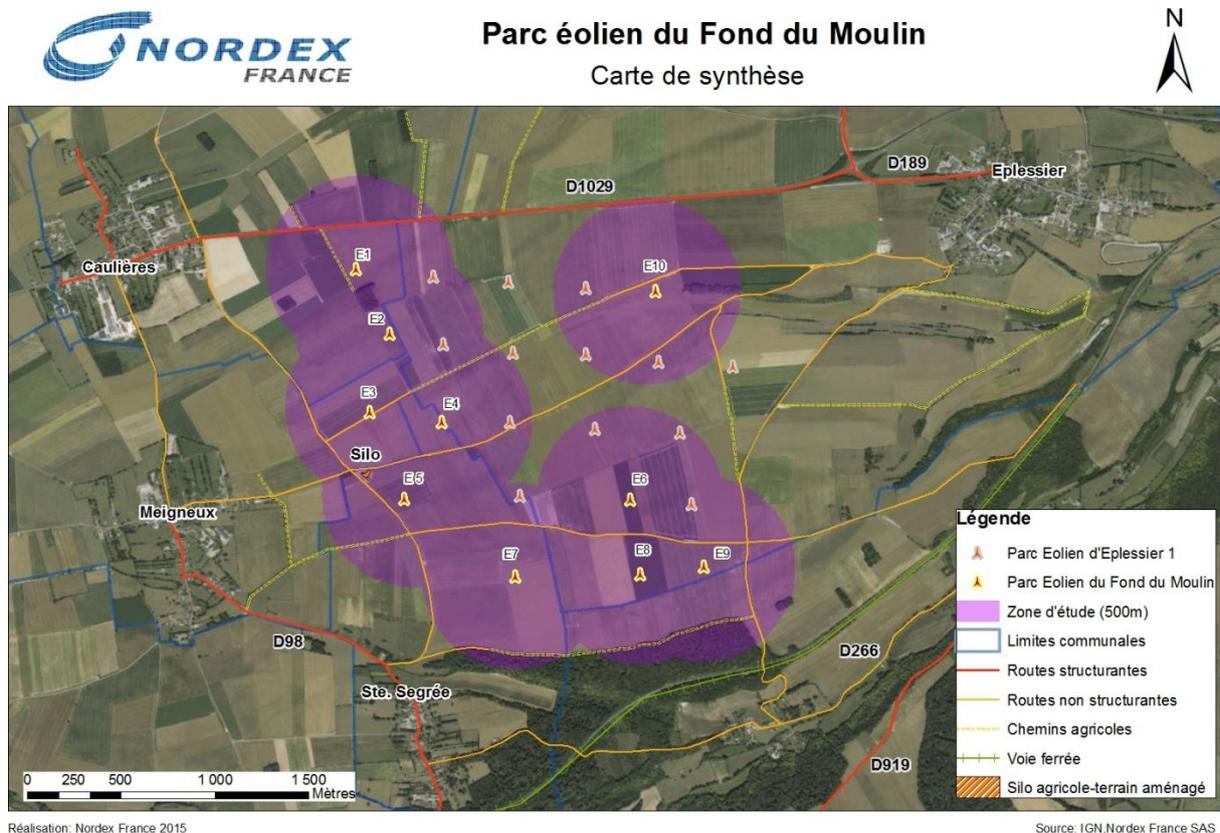


Figure 6 : Principales sensibilités sur la zone d'étude

## **XII. DESCRIPTION DE L'INSTALLATION**

---

Le parc éolien du Fond du Moulin est composé de 10 aérogénérateurs et de 2 postes de livraison. Deux types d'éoliennes seront installés afin de répondre aux impératifs d'intégration paysagère :

- Les éoliennes E1 à E5 seront du type N117 R91 (puissance 2,4 MW). Chaque éolienne a une hauteur de moyeu de 91 mètres (soit une hauteur de mât + nacelle de 93 mètres au sens de la réglementation ICPE) et un diamètre de rotor de 116,8 mètres, soit une hauteur totale en bout de pale de 149,4 mètres. Le diamètre de la zone de survol (disque balayé par les pales en projection verticale) est de 10715 m<sup>2</sup> du fait du déport du moyeu par rapport à l'axe de la tour. La longueur de chaque pale est de 57,3 mètres.
- Les éoliennes E6 à E10 seront du type N100 R75 (puissance 2,5 MW). Chaque éolienne a une hauteur de moyeu de 75 mètres (soit une hauteur de mât + nacelle de 77 mètres au sens de la réglementation ICPE) et un diamètre de rotor de 99,8 mètres, soit une hauteur totale en bout de pale de 124,9 mètres. Le diamètre de la zone de survol (disque balayé par les pales en projection verticale) est de 7823 m<sup>2</sup> du fait du déport du moyeu par rapport à l'axe de la tour. La longueur de chaque pale est de 48,7 mètres. Chaque éolienne possède 3 pales.

Les éoliennes seront construites et exploitées dans le respect de l'ensemble des normes, certifications, et réglementations applicables aux parcs éoliens.

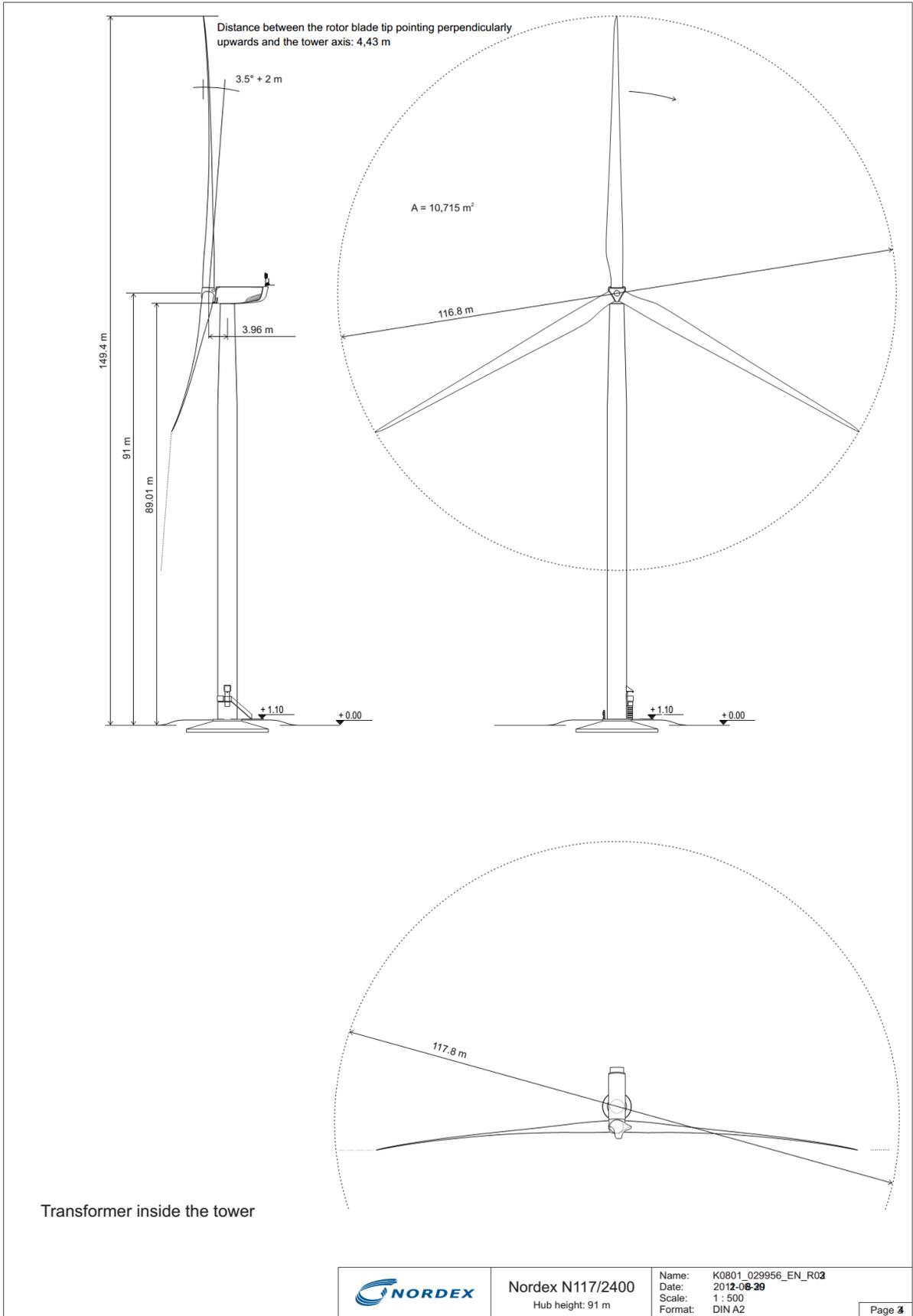


Figure 7 : Vue d'ensemble de l'éolienne N117 R91

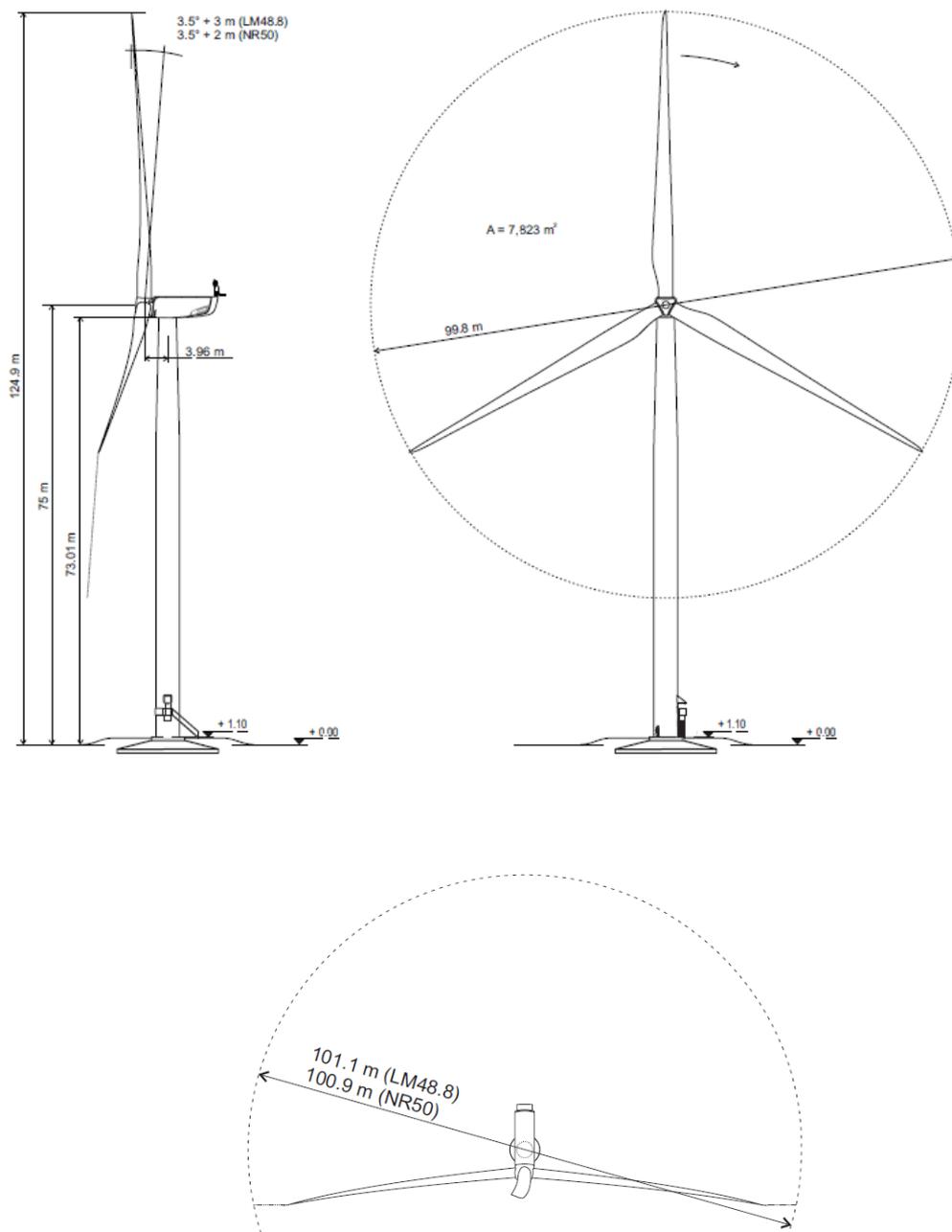


Figure 5 : Vue d'ensemble de l'éolienne N100 R75

## **XIII. IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION**

---

### **XIII.1. PRODUITS UTILISES**

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

Les produits utilisés dans le cadre du parc éolien du Fond du Moulin (principalement des lubrifiants) sont nécessaires pour le bon fonctionnement des éoliennes, leur maintenance et leur entretien. Ces produits, utilisés dans de faibles quantités en circuit fermé, ont une toxicité limitée. En cas de fuite, leur impact ne dépassera pas les limites intérieures de l'éolienne.

### **XIII.2. FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION**

Les dangers liés au fonctionnement du parc éolien du Fond du Moulin sont de cinq types :

- chute d'éléments de l'aérogénérateur (boulons, morceaux d'équipements, etc.) ;
- projection d'éléments (morceaux de pale, brides de fixation, etc.) ;
- effondrement de tout ou partie de l'aérogénérateur ;
- échauffement de pièces mécaniques ;
- courts-circuits électriques (aérogénérateur ou poste de livraison).

### **XIII.3. REDUCTION DES POTENTIELS DANGERS A LA SOURCE**

Dans le cadre de la définition de son projet, la maître d'ouvrage a pris en compte les contraintes sécuritaires du site d'étude et a décidé d'implanter les éoliennes à une distance sécuritaire minimale de :

- 200 mètres de part et d'autre des axes de circulation de type route départementale ;
- 750 mètres vis-à-vis des premières habitations (distance supérieure aux 500 mètres règlementaires) ;

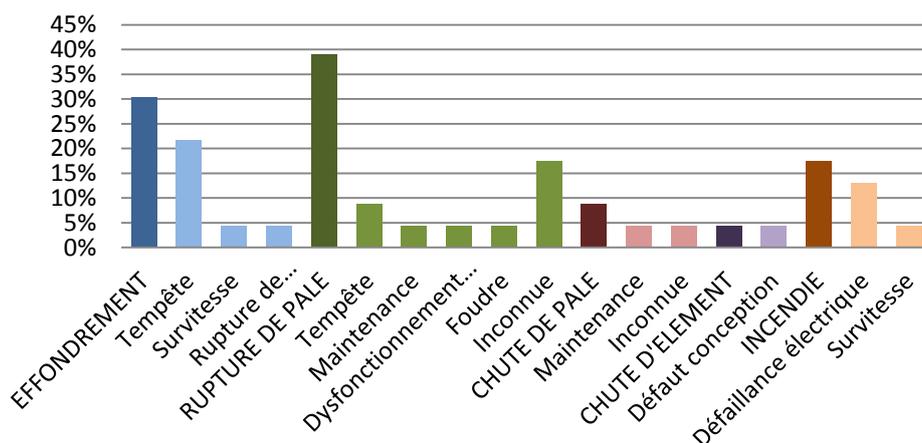
Par ailleurs, l'ensemble des systèmes de sécurité ainsi que les opérations de maintenance de l'installation réalisées par le constructeur contribuent à réduire à la source les potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation.

## XIV. ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE

### XIV.1. INVENTAIRE ET EVOLUTION DES ACCIDENTS EN FRANCE

Un inventaire des incidents et accidents en France a été réalisé afin d'identifier les principaux phénomènes dangereux potentiels pouvant affecter le parc éolien du Fond du Moulin. 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 en date de mai 2012.

**Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateurs français entre 2000 et 2011**



Il apparaît dans ce recensement que les éoliennes accidentées sont principalement des modèles anciens ne bénéficiant généralement pas des dernières avancées technologiques. La principale cause de ces accidents est les tempêtes.

Pour autant, le nombre d'accidents n'augmente pas proportionnellement à la multiplication très importante du nombre d'éoliennes installées ces dernières années. 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.

### XIV.2. LES PRINCIPAUX EVENEMENTS REDOUTES

Le retour d'expérience de la filière éolienne française et internationale a permis d'identifier les principaux événements redoutés : effondrements, ruptures de pales, chutes de pales et d'éléments de l'éolienne et incendie.

## **XV. ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES**

---

Dans le cadre de l'étude de dangers, il a été utilisé la méthode préconisée par le guide technique national relatif à l'étude de dangers dans le cadre d'un parc éolien dans sa version de mai 2012.

Après avoir analysé les scénarios d'accidents potentiels en fonction des agressions externes potentielles d'une part, ainsi que les mesures de sécurité mises en place d'autre part, plusieurs scénarios ont été exclus.

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

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

## **XVI. ETUDE DETAILLEE DES RISQUES**

---

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

L'étude détaillée réalisée sur le projet éolien du Fond du Moulin a permis de vérifier l'acceptabilité de l'ensemble des risques potentiels générés par l'installation.

Pour les cinq scénarios retenus (effondrement de l'éolienne, chute d'élément de l'éolienne, chute de glace, projection d'élément de l'éolienne et projection de glace), il apparaît qu'aucun ne présente de risque important dans le cas du projet éolien du Fond du Moulin. Les risques sont de nature faible ou très faible. Il convient de souligner, pour ces scénarios d'accidents, que des fonctions de sécurité sont mises en place.

Les principales mesures de maîtrise des risques mises en place pour prévenir ou limiter les conséquences de ces accidents majeurs sont :

- Des barrières de prévention avec :
  - ✓ Des balisages des éoliennes ;
  - ✓ Des détecteurs de feux ;
  - ✓ Des détecteurs de survitesse ;
  - ✓ Un système antifoudre ;
  - ✓ Des protections contre la projection de glace ;
  - ✓ Des panneaux d'information du risque de chute de glace ;
  - ✓ Des protections contre l'échauffement des pièces mécaniques ;
  - ✓ Des protections contre les courts-circuits ;
  - ✓ Des protections contre la pollution environnementale.
- Une maintenance préventive et de vérification :
  - ✓ Planning de maintenance préventive ;
  - ✓ Maintenance des installations électriques ;
  - ✓ Vérifications électrique et incendie annuelles par un organisme agréé.
- Un personnel formé ;
- Des machines certifiées.

La carte ci-après représente les zones d'effet des différents risques considérés dans l'étude :

- La zone d'effet correspondant aux risques « chute de glace » et « chute d'éléments » (N117 : 58,9 mètres ; N100 : 50,6 mètres autour des éoliennes)
- La zone d'effet correspondant au risque « effondrement » (N117 : 149,4 mètres ; N100 : 124,9 mètres autour des éoliennes)
- La zone d'effet correspondant au risque « projection de glace » (N117 : 311,7 mètres, N100 : 262,2 mètres autour des éoliennes)
- La zone d'effet correspondant au risque « projection de pale ou de fragment de pale » (500 mètres autour des toutes les éoliennes)

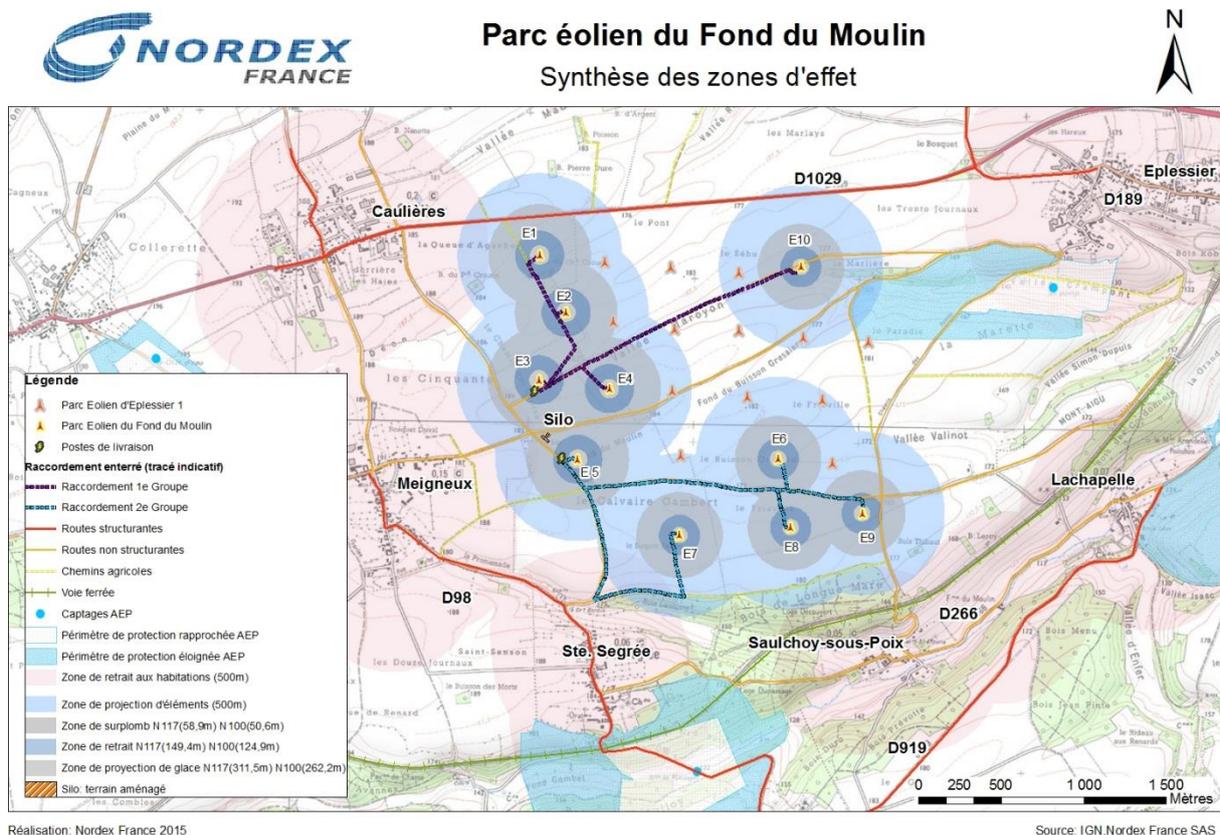


Figure 6 : Synthèse des zones d'effet du parc éolien du Fond du Moulin

## XVII. CONCLUSION

L'étude de dangers a démontré que l'implantation du parc éolien du Fond du Moulin ne présente aucun risque inacceptable.

L'ensemble des scénarios étudiés conclut à des risques pour lesquels les mesures de sécurité sont jugées suffisantes et la maîtrise des risques concernés est assurée et démontrée par l'exploitant (contrôles appropriés pour éviter tout écart dans le temps).

**Les mesures de maîtrise des risques mises en place sur l'installation sont suffisantes pour garantir un risque acceptable pour chacun des phénomènes dangereux retenus dans l'étude détaillée des risques.**