



Énergie  
éolienne



# PARC EOLIEN DU VILPION (02)



**ÉTUDE DE DANGERS**

**DECEMBRE 2012**

**PARC EOLIEN NORDEX III S.A.S.  
23 RUE D'ANJOU  
750008 PARIS**



INFORMATIONS SUR LE DOCUMENT	
REDACTEUR	ILLAC Pierre
FONCTION	Chargé d'études en environnement
SOCIETE	JMB Energie
DATE DE REDACTION	Décembre 2012
NOM DU FICHIER	Etude de Dangers – Projet éolien du Vilpion





## PREAMBULE

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.

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 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).

Fin 2011, la puissance installée en France atteignait ainsi 6 640 MW, permettant la production de 11,9 TWh (contre 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 2,5 % sur l'année 2011.

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 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 dangers.

Ainsi, la présente étude s'inscrit dans une démarche réglementaire permettant de vérifier que les risques potentiels du parc éolien du Vilpion sur les communes de Houry, Voharies, Lugny et Saint Gobert (02) sont maîtrisés, et cela en toute transparence avec le grand public.

## SOMMAIRE

<b>I. INTRODUCTION .....</b>	<b>11</b>
I.1. OBJECTIF DE L'ETUDE DE DANGERS .....	11
I.2. CONTEXTE LEGISLATIF ET REGLEMENTAIRE .....	11
I.3. NOMENCLATURE DES INSTALLATIONS CLASSEES .....	12
<b>II. INFORMATION GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION .....</b>	<b>14</b>
II.1. RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS .....	14
II.2. LOCALISATION DU SITE .....	14
II.3. DEFINITION DE L'AIRE D'ETUDE .....	16
<b>III. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION .....</b>	<b>18</b>
III.1. ENVIRONNEMENT HUMAIN .....	18
III.1.1. Zones urbanisées et urbanisables .....	18
III.1.2. Etablissement Recevant du Public (ERP) .....	20
III.1.3. Installations Classées pour la Protection de l'Environnement et installations nucléaires de base .....	21
III.1.4. Autres activités .....	21
III.2. ENVIRONNEMENT NATUREL .....	23
III.2.1. Contexte climatique .....	23
III.2.2. Risques naturels .....	25
III.3. ENVIRONNEMENT MATERIEL .....	28
III.3.1. Voies de communication .....	28
III.3.2. Réseaux publics et privés .....	31
III.3.3. Autres ouvrages publics .....	31
III.4. SYNTHESE .....	33
III.4.1. Equivalent personnes permanentes .....	33
III.4.2. Cartographie .....	33
<b>IV. DESCRIPTION DE L'INSTALLATION .....</b>	<b>35</b>
IV.1. CARACTERISTIQUES DE L'INSTALLATION .....	35
IV.1.1. Caractéristiques générales d'un parc éolien .....	35
IV.1.2. Activité de l'installation .....	37
IV.1.3. Composition de l'installation .....	37
IV.2. FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION .....	39
IV.2.1. Principe de fonctionnement d'un aérogénérateur .....	39

IV.2.2. Sécurité de l'installation .....	51
IV.3. FONCTIONNEMENT DES RESEAUX DE L'INSTALLATION .....	56
IV.3.1. Raccordement électrique.....	56
IV.3.2. Autres réseaux.....	57
IV.4. EXPLOITATION ET MAINTENANCE DE L'INSTALLATION.....	57
IV.4.1. Gestion du fonctionnement de l'installation .....	57
IV.4.2. Maintenance des aérogénérateurs .....	58
IV.4.3. Gestion des déchets.....	59
<b>V. IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION .....</b>	<b>60</b>
V.1. IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS.....	60
V.1.1. Potentiels de dangers liés aux produits.....	60
V.1.2. Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation .....	61
V.2. REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS A LA SOURCE .....	62
V.2.1. Réduction des potentiels de dangers liés aux produits .....	62
V.2.2. Réduction des potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation.....	62
V.2.3. Utilisation des meilleures techniques disponibles .....	63
<b>VI. ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE .....</b>	<b>65</b>
VI.1. INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS EN FRANCE .....	65
VI.2. INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS A L'INTERNATIONAL.....	66
VI.3. SYNTHESE DES PHENOMENES DANGEREUX REDOUTES ISSUS DU RETOUR D'EXPERIENCE .....	68
VI.3.1. Analyse de l'évolution des accidents en France .....	68
VI.3.2. Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents .....	69
VI.4. LIMITES D'UTILISATION DE L'ACCIDENTOLOGIE.....	69
<b>VII. ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES .....</b>	<b>70</b>
VII.1. OBJECTIF DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES .....	70
VII.2. RECENSEMENT DES EVENEMENTS EXCLUS DE L'ANALYSE DES RISQUES.....	70
VII.3. RECENSEMENT DES AGRESSIONS EXTERNES POTENTIELLES .....	71
VII.3.1. Agression externes liées aux activités humaines.....	71
VII.3.2. Agressions externes liées aux phénomènes naturels .....	71
VII.4. SCENARIOS ETUDIES DANS L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES.....	72
VII.5. EFFETS DOMINOS .....	75
VII.6. MISE EN PLACE DES MESURES DE SECURITE .....	75

VII.7. CONCLUSION DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES.....	83
<b>VIII. ETUDE DETAILLEE DES RISQUES .....</b>	<b>85</b>
VIII.1. RAPPEL DES DEFINITIONS .....	85
VIII.1.1. Cinétique.....	85
VIII.1.2. Intensité.....	86
VIII.1.3. Gravité.....	86
VIII.1.4. Probabilité .....	87
VIII.2. CARACTERISATION DES SCENARIOS RETENUS .....	88
VIII.2.1. Effondrement de l'éolienne .....	88
VIII.2.2. Chute de glace .....	91
VIII.2.3. Chute d'éléments de l'éolienne .....	93
VIII.2.4. Projections de pales ou de fragments de pales .....	95
VIII.2.5. Projection de morceaux de glace .....	97
VIII.3. SYNTHESE DE L'ETUDE DETAILLEE DES RISQUES .....	99
VIII.3.1. Tableaux de synthèse des scénarios étudiés .....	99
VIII.3.2. Synthèse de l'acceptabilité des risques .....	100
VIII.3.3. Cartographie des risques.....	101
<b>IX. CONCLUSION GENERALE DE L'ETUDE .....</b>	<b>109</b>
<b>ANNEXE 1 – METHODE DE COMPTAGE DES PERSONNES POUR LA DETERMINATION DE LA GRAVITE POTENTIELLE D'UN ACCIDENT A PROXIMITE D'UNE EOLIENNE .....</b>	<b>111</b>
<b>ANNEXE 2 – TABLEAU DE L'ACCIDENTOLOGIE FRANÇAISE .....</b>	<b>114</b>
<b>ANNEXE 3 – SCENARIOS GENERIQUES ISSUS DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES .....</b>	<b>120</b>
<b>ANNEXE 4 – PROBABILITE D'ATTEINTE ET RISQUE INDIVIDUEL .....</b>	<b>124</b>
<b>ANNEXE 5 – GLOSSAIRE .....</b>	<b>125</b>
<b>ANNEXE 6 – BIBLIOGRAPHIE ET REFERENCES UTILISEES .....</b>	<b>129</b>



## I. INTRODUCTION

---

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

La présente étude de dangers a pour objet de rendre compte de l'examen effectué par la société « *Parc Eolien NORDEX III S.A.S.* » pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques du parc éolien du Vilpion, 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 Vilpion. 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 Vilpion, 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'accident majeur. Il impose une évaluation des accidents majeurs sur les personnes uniquement et non sur la totalité des enjeux identifiés dans l'article L. 511-1. En cohérence avec cette réglementation et dans le but d'adopter une démarche proportionnée, l'évaluation des accidents majeurs dans l'étude de dangers d'un parc d'aérogénérateurs s'intéressera prioritairement aux dommages sur les personnes. Pour les parcs éoliens, les atteintes à l'environnement, l'impact sur le fonctionnement des radars et les problématiques liées à la circulation aérienne feront l'objet d'une évaluation détaillée au sein de l'étude d'impact.

Ainsi, l'étude de dangers a pour objectif de démontrer la maîtrise du risque par l'exploitant. Elle comporte une analyse des risques qui présente les différents scénarios d'accidents majeurs susceptibles d'intervenir.

Ces scénarios sont caractérisés en fonction de leur probabilité d’occurrence, de leur cinétique, de leur intensité et de la gravité des accidents potentiels. Elle justifie que le projet permet d’atteindre, dans des conditions économiquement acceptables, un niveau de risque aussi bas que possible, compte tenu de l’état des connaissances et des pratiques et de la vulnérabilité de l’environnement de l’installation.

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

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

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

### 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 :

N°	DÉSIGNATION DE LA RUBRIQUE	A, E, D, S, C (1)	RAYON (2)
2980	Installation terrestre de production d’électricité à partir de l’énergie mécanique du vent et regroupant un ou plusieurs aérogénérateurs :		
	1. Comprenant au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m.....	A	6
	2. Comprenant uniquement des aérogénérateurs dont le mât a une hauteur inférieure à 50 m et au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur maximale supérieure ou égale à 12 m et pour une puissance totale installée :		
	a) Supérieure ou égale à 20 MW.....	A	6
	b) Inférieure à 20 MW.....	D	

(1) A : autorisation, E : enregistrement, D : déclaration, S : servitude d’utilité publique, C : soumis au contrôle périodique prévu par l’article L. 512-11 du code de l’environnement.  
 (2) Rayon d’affichage en kilomètres.

Le parc éolien du Vilpion comprend au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 mètres : 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. INFORMATION GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION

### II.1. RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS

*Une présentation détaillée de la société « Parc Eolien NORDEX III S.A.S. » est consultable dans le dossier administratif de la demande d'autorisation d'exploiter. Seuls les principaux renseignements sont repris ci-après.*

La société « Parc Eolien NORDEX III S.A.S. » est à la fois le porteur de projet et le futur exploitant du parc éolien du Vilpion.

Les principaux renseignements administratifs la concernant sont synthétisés ci-dessous.

<b>DENOMINATION</b>	Parc Eolien NORDEX III S.A.S.
<b>N° SIREN</b>	501 293 315
<b>REGISTRE DE COMMERCE</b>	R.C.S. Paris
<b>FORME JURIDIQUE</b>	Société par Action Simplifiée (S.A.S.) au capital fixe de 37 000 €
<b>GERANT/PRESIDENT</b>	GERD VON BASSEWITZ (Président)
<b>ADRESSE</b>	23 rue d'Anjou – 75 008 PARIS
<b>TELEPHONE / TELECOPIE</b>	01.55.93.94.47

La société « Parc Eolien NORDEX III S.A.S. » est une filiale du Groupe NORDEX SE.

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 2011 un chiffre d'affaire de 927 Millions d'Euros.

Aujourd'hui, il y a plus de 5 000 éoliennes NORDEX en fonctionnement à travers le monde (37 pays), représentant une puissance totale de 7 800 MW. NORDEX est représenté aux quatre coins du globe grâce à un ensemble de filiales dans 19 pays.

La présence internationale de NORDEX se traduit également par l'existence de plusieurs sites de production qui permettent de fournir les marchés de chaque continent sur lesquels ils sont situés (Amérique du Nord, Asie et Europe).

NORDEX SE, dont le siège social est basé à Hambourg 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).

### II.2. LOCALISATION DU SITE

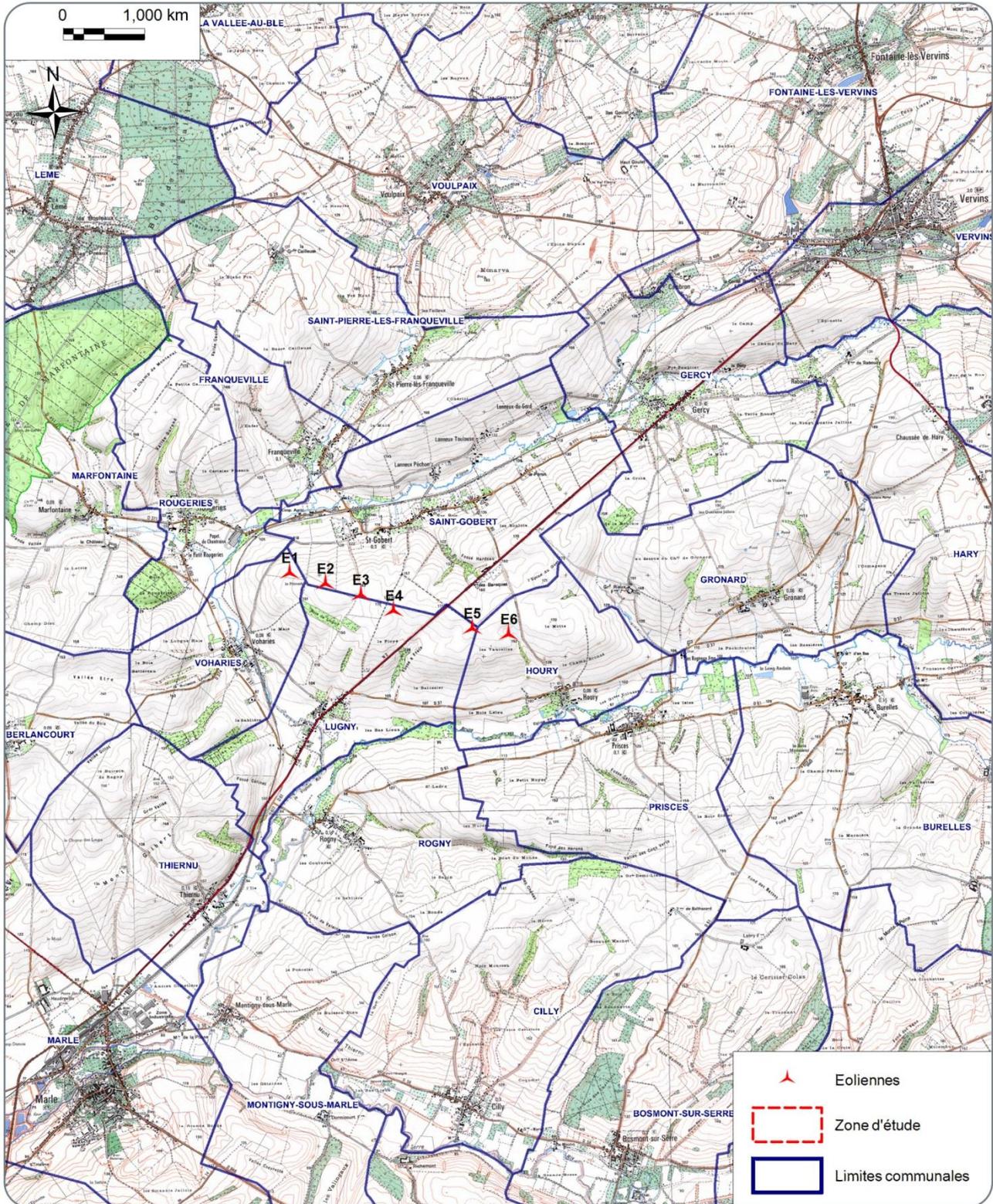
Le projet se situe au nord-est du département de l'Aisne (02), dans la région Picardie. Il appartient au pays de la Thiérache, entouré par le pays du Saint-Quentinois à l'ouest et le pays du Grand-Laonnois au sud. La zone du projet est encadrée par deux villes de taille moyenne : Marle et Vervins (environ 2 500 habitants). Le parc éolien s'étend sur 4 plus petites communes : Houry, Lugny, Saint-Gobert et Voharies.

Le projet de parc éolien du Vilpion se situe sur un haut plateau cultivé, orienté est-ouest, qui marque l'interfluve entre la vallée du Vilpion au nord et à l'ouest et la petite vallée de la Brune au sud. Le projet s'étend sur une distance légèrement inférieure à 3 kilomètres de l'ouest à l'est.



# PROJET ÉOLIEN DU VILPION

## Localisation du projet



### 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 mètres à partir de l'emprise du mât de l'aérogénérateur. Cette distance équivaut à la distance d'effet retenue pour les phénomènes de projection, telle que définie au paragraphe VIII.2.4.

La présente étude n'intègre pas les environs du poste de livraison. En effet, les expertises réalisées dans le cadre de la présente étude ont montré l'absence d'effet à l'extérieur du poste de livraison pour chacun des phénomènes dangereux potentiels pouvant l'affecter.

Le projet de parc éolien du Vilpion étant composé de 6 aérogénérateurs, 6 aires d'études ont été définies (cf. carte page suivante). Ces 6 aires d'études correspondent à la zone d'étude globale.

Pour certaines éoliennes, les aires d'études englobent plusieurs communes. Le tableau ci-dessous liste les communes concernées par les différentes aires d'étude :

EOLIENNE	HOURY	LUGNY	ROUGERIES	SAINT-GOBERT	VOHARIES
E1	X	O	O	O	O
E2	X	O	X	O	O
E3	X	O	X	O	X
E4	X	O	X	O	X
E5	O	O	X	O	X
E6	O	O	X	O	X

*O : Commune concernée par l'aire d'étude de l'éolienne considérée. X : Commune non concernée par l'aire d'étude de l'éolienne considérée.*

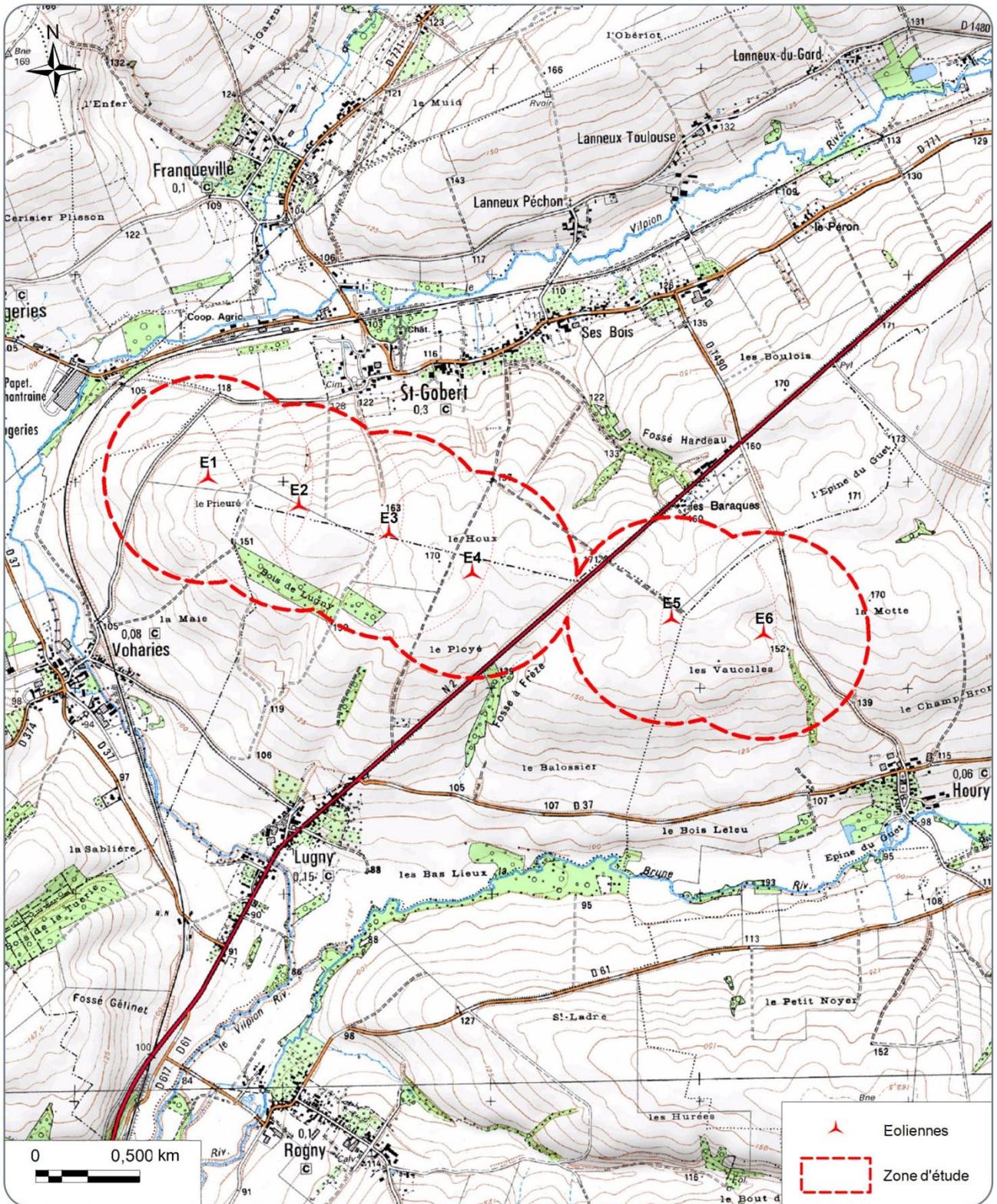
Au total, 5 communes sont concernées par la zone d'étude globale du projet dans le cadre de l'étude de dangers. Aussi, il sera fait référence à l'ensemble de ces communes dans la suite de la présente étude.

A noter que la commune de Rougeries n'est pas concernée directement par l'implantation du parc.



# PROJET ÉOLIEN DU VILPION

## Zone d'étude



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

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

#### III.1. ENVIRONNEMENT HUMAIN

##### III.1.1. ZONES URBANISEES ET URBANISABLES

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 implantée 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* ».

##### ZONES URBANISEES

Conformément à l'article cité précédemment, le parc éolien du Vilpion 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 chaque commune :

COMMUNE	HAMEAU/HABITATION	DISTANCE
HOURLY	Bourg	840 mètres
LUGNY	Bourg	1 130 mètres
ROUGERIES	Bourg	620 mètres
SAINT-GOBERT	Les Baraques	580 mètres
VOHARIES	Bourg (La Maie)	1 115 mètres

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

De manière générale, la zone bordant le site est proprement rurale et les communes concernées par le projet éolien sont de taille très modeste (moins de 310 habitants) :

	HOURLY	LUGNY	ROUGERIES	SAINT-GOBERT	VOHARIES
NOMBRE D'HABITANTS	63 habitants	128 habitants	229 habitants	309 habitants	71 habitants
DENSITE DE POPULATION	18 hab./km <sup>2</sup>	27 hab./km <sup>2</sup>	55 hab./km <sup>2</sup>	40 hab./km <sup>2</sup>	21 hab./km <sup>2</sup>

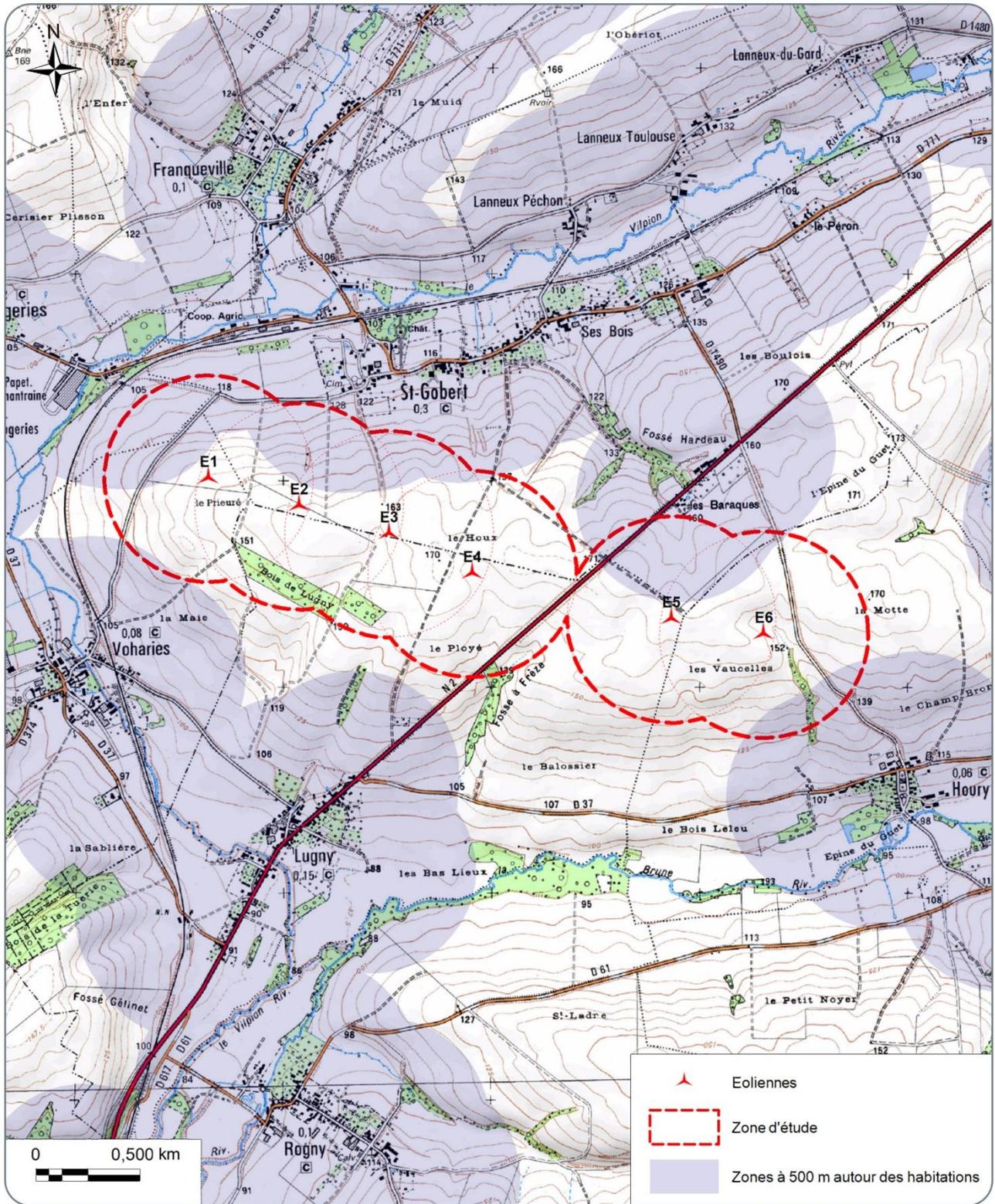
*Recensement de la population 2009 - INSEE*

A titre de comparaison, la densité de population moyenne en France est de 108 hab./Km<sup>2</sup>.



# PROJET ÉOLIEN DU VILPION

## Zones urbanisées et urbanisables



## **ZONES URBANISABLES**

Les communes de Houry, Lugny, Rougeries, Saint-Gobert et Voharies sont dépourvues de PLU ou de Carte communale. En l'absence de document d'urbanisme, c'est Règlement National d'Urbanisme (RNU) qui fait référence.

L'article L. 111-1 du Code de l'Urbanisme prévoit - concernant le RNU - que « *Les règles générales applicables, en dehors de la production agricole, en matière d'utilisation du sol, notamment en ce qui concerne la localisation, la desserte, l'implantation et l'architecture des constructions, le mode de clôture et la tenue décente des propriétés foncières et des constructions, sont déterminées par des décrets en Conseil d'État* ».

Par ailleurs, l'article L. 111-1 du Code de l'Urbanisme prévoit que « *En l'absence de plan local d'urbanisme ou de carte communale opposable aux tiers, ou de tout document d'urbanisme en tenant lieu, seules sont autorisées, en dehors des parties actuellement urbanisées de la commune :*

*1° L'adaptation, le changement de destination, la réfection ou l'extension des constructions existantes ;*

*2° Les constructions et installations nécessaires à des équipements collectifs, à la réalisation d'aires d'accueil ou de terrains de passage des gens du voyage, à l'exploitation agricole, à la mise en valeur des ressources naturelles et à la réalisation d'opérations d'intérêt national ;*

*3° Les constructions et installations incompatibles avec le voisinage des zones habitées et l'extension mesurée des constructions et installations existantes.*

*4° Les constructions ou installations, sur délibération motivée du conseil municipal, si celui-ci considère que l'intérêt de la commune, en particulier pour éviter une diminution de la population communale, le justifie, dès lors qu'elles ne portent pas atteinte à la sauvegarde des espaces naturels et des paysages, à la salubrité et à la sécurité publique, qu'elles n'entraînent pas un surcroît important de dépenses publiques et que le projet n'est pas contraire aux objectifs visés à l'article L. 110 et aux dispositions des chapitres V et VI du titre IV du livre I<sup>er</sup> ou aux directives territoriales d'aménagement précisant leurs modalités d'application ».*

Compte tenu des éléments sus cités, la zone d'implantation du projet éolien du Vilpion est compatible avec l'implantation d'aérogénérateurs. En outre, la zone destinée à l'habitation la plus proche du site d'implantation et située à 580 mètres et correspondent au hameau « *Les Baraques* » (centre associatif d'Emmaüs).

Aussi, conformément à l'article 3 de l'arrêté du 26 août 2011, le projet de parc éolien du Vilpion est implanté de telle sorte que les aérogénérateurs sont situés à une distance minimale de 500 mètres de toute zone destinée à l'habitation telle que définie dans les documents d'urbanisme opposables en vigueur au 13 juillet 2010.

### **III.1.2. ETABLISSEMENT 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. Aucun ERP n'est recensé dans la zone d'étude.

### III.1.3. INSTALLATIONS CLASSEES POUR LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT 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) ou Installation Classée pour la Protection de l'Environnement (ICPE) dans la zone d'étude.

Seule l'entreprise BAYER à Marle (à environ 6 km de la zone d'étude) dispose d'un PPI (Plan Particulier d'Intervention) datant de janvier 2006. C'est un établissement soumis à la directive « SEVESO », directive qui demande aux Etats et aux entreprises d'identifier les risques associés à certaines activités industrielles dangereuses et de prendre les mesures nécessaires pour y faire face.

Ainsi, compte tenu des informations *sus citées*, le parc éolien projeté sur les communes de Houry, Lugny, Saint-Gobert et Voharies est conforme à l'article 3 de l'arrêté du 26 août 2011.

### III.1.4. AUTRES ACTIVITES

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. A noter la présence d'un bâtiment associatif (Emmaus) à 580 mètres au nord de l'éolienne E5.

L'activité économique locale repose essentiellement sur l'agriculture. Il s'agit principalement d'une agriculture intensive et mécanisée caractérisée par un système de grande culture à dominante céréalière.

La zone d'étude est également concernée par le bois de Lugny d'une superficie modeste (moins de 9 ha) pour les éoliennes E1, E2, E3 et E4.

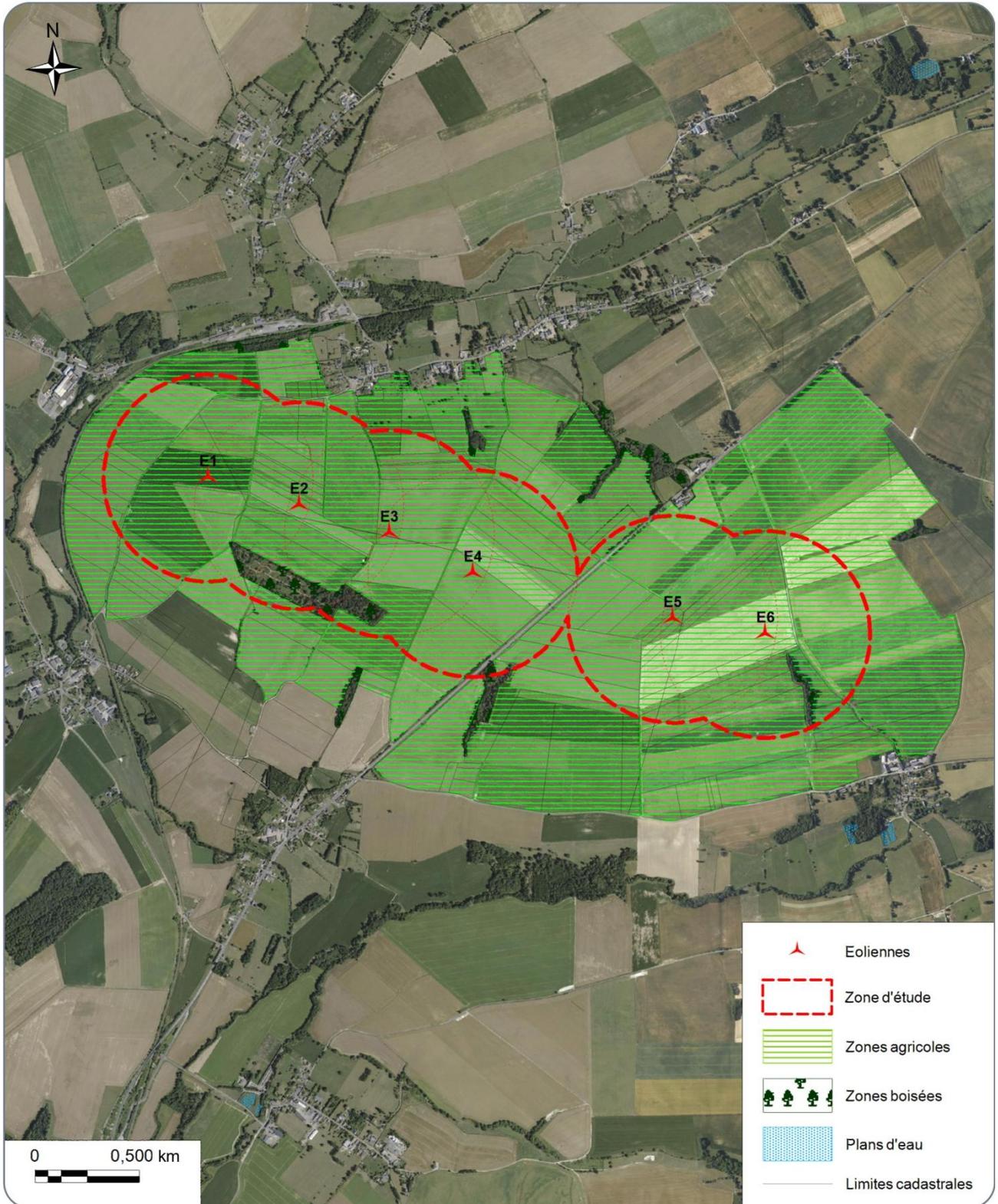
Le tableau suivant représente l'occupation du sol des différentes aires d'études :

EOLIENNE	CHAMPS CULTIVES	BOISEMENTS	AUTRES
E1	95,9%	2,0%	2,1%
E2	90,0%	8,5%	1,5%
E3	93,1%	5,6%	1,3%
E4	95,7%	0,8%	3,5%
E5	98,3%	0,0%	1,7%
E6	97,3%	1,6%	1,2%



# PROJET ÉOLIEN DU VILPION

## Occupation du sol



### III.2. ENVIRONNEMENT NATUREL

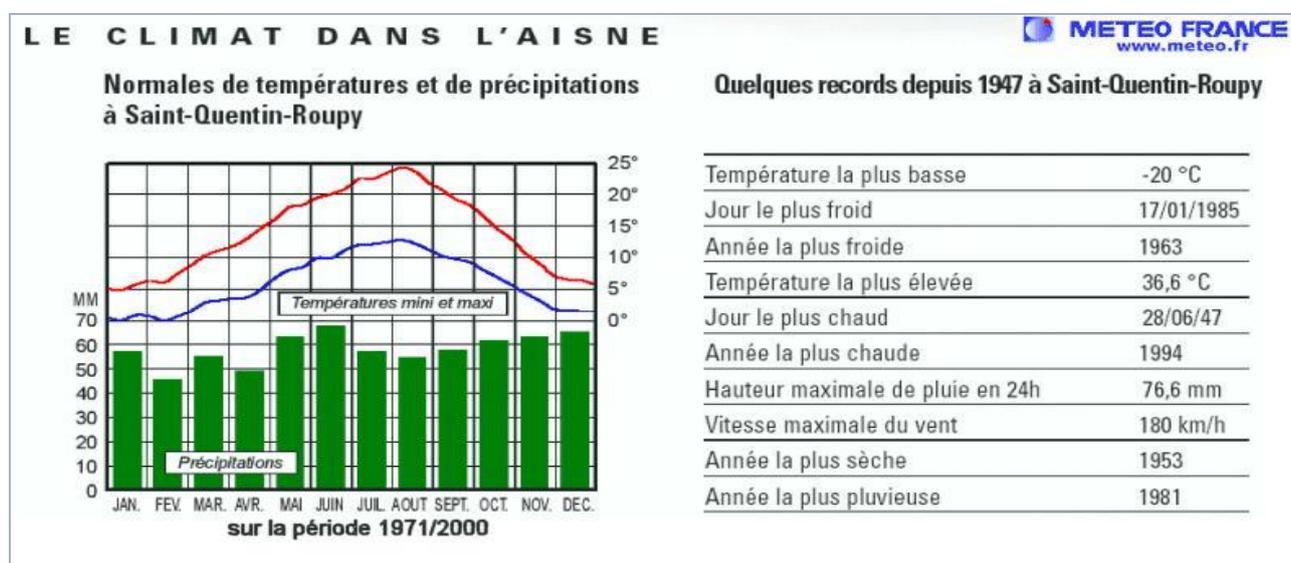
#### III.2.1. CONTEXTE CLIMATIQUE

D’après Météo France, le climat de l’Aisne est de type atlantique caractérisé par un climat humide et frais, aux vents d’ouest dominants, à forte nébulosité et au régime pluvieux régulier.

Les variations spatiales des cumuls annuels de précipitations sont faibles et liées au relief. A titre d’exemple, la Thiérache reçoit en moyenne plus de 900 mm par an ; le sud du département, entre 750 et 800 mm ; alors qu’à l’opposé le Valois et la Champagne ne reçoivent pas 650 mm par an.

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

La station d’étude climatologique la plus proche du site d’étude est localisée à environ 40 km au nord-ouest de la zone d’implantation. Il s’agit de la station Météo France de Saint-Quentin-Roupy.



#### LES TEMPERATURES

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 18°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 dans l’Aisne est de -20°C.

La saison chaude (juin à septembre) atteint son maximum d’ensoleillement au mois de juillet. La température maximale observée dans l’Aisne est de 36,6°C.

	JANV.	FEV.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT	SEPT.	OCT.	NOV.	DEC.	AN.
TEMPERATURE MAXIMALE (°C)	4,6	6,3	9,4	13	17	20,1	22,3	22,3	19,4	14,7	8,7	5,6	13,6
TEMPERATURE MINIMALE (°C)	0	0,4	2,2	4,2	7,6	10,3	11,9	11,8	9,8	7	3	0,9	5,7
TEMPERATURES MOYENNE (°C)	2,3	3,4	5,8	8,6	12,3	15,2	17,1	17,1	14,6	10,8	5,9	3,2	9,7

Températures moyennes relevées entre 1961 et 1990 à la station de Saint-Quentin-Roupy – Météo France

**LES PRECIPITATIONS**

Sur une année, les précipitations dans le département de l’Aisne sont assez faibles et liées au relief. Les précipitations varient de 650 mm à plus de 900 mm par an. Le parc éolien du Vilpion se situe dans une zone relativement pluvieuse du département, avec plus de 900 mm de précipitation annuelle. La hauteur maximale de pluie observée dans l’Aisne sur 24h est de 76,6 mm.

Par ailleurs, le nombre annuel de jours avec pluie, c’est-à-dire le nombre de jours au cours desquels on recueille plus de 0,1 mm de précipitations, neige incluse, est de 124 jours.

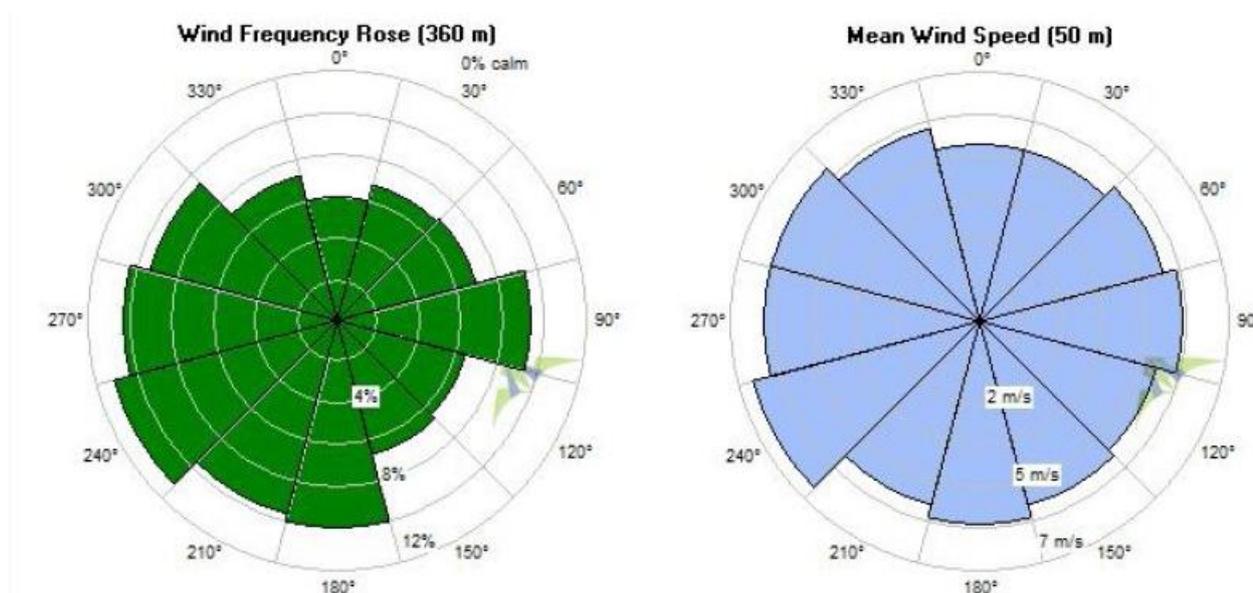
	JANV.	FEV.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT	SEPT.	OCT.	NOV.	DEC.	AN.
<b>PRECIPITATIONS (MM)</b>	57,1	47,5	57,1	50,2	63	66,2	59,5	51,6	56,7	59,1	68,1	61,1	697

*Précipitations moyennes relevées entre 1961 et 1990 à la station de Saint-Quentin-Roupy – Météo France*

**LES VENTS**

La rose des vents du mât installé sur le site du parc éolien du Vilpion permet d’observer une direction des vents prédominante sud-ouest.

La vitesse moyenne des vents est de 5,8 m/s (à une hauteur de 50 mètres).



*Rose des vents du mât de mesure installé sur site*

**PHENOMENES METEOROLOGIQUES**

Dans le département de l’Aisne, plusieurs phénomènes météorologiques sont recensés. Parmi-eux, le brouillard (visibilité inférieure à 1 km) est l’un des phénomènes les plus récurrent avec plus de 75 jours par an. A titre de comparaison, la moyenne nationale est de 40 jours de Brouillard par an.

Le gel (température inférieure à 0°C) est également présent dans le département avec environ 62 jours par an.

En ce qui concerne la neige, il est dénombré environ 19 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

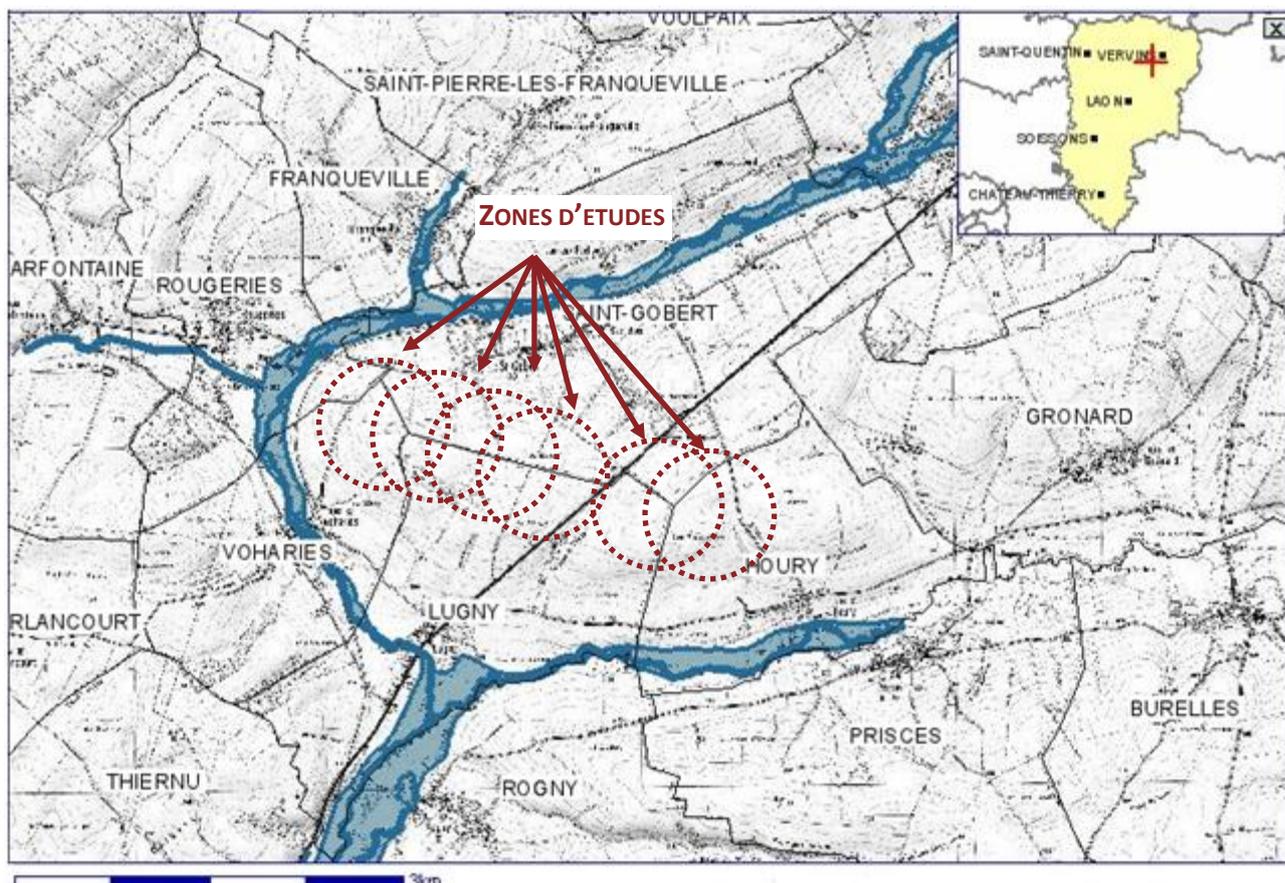
En premier lieu, il est précisé qu'hormis la commune de Houry, les communes de Lugny, Rougeries, Saint-Gobert et Voharies disposent d'un Document d'Information Communale sur les Risques Majeurs (DICRIM). Cet outil renseigne sur l'ensemble des risques majeurs encourus sur un territoire.

#### RISQUE D'INONDATION ET DE REMONTEES DE NAPPES

Des arrêtés relatifs à la reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle ont été prononcés sur l'ensemble des communes concernées par la zone d'étude suite à des inondations et des coulées de boue.

Par ailleurs, d'après la base de données *prim.net*, le risque naturel « Inondation » avec enjeu humain existe pour les communes de Lugny, de Rougeries, de Saint-Gobert et de Voharies compte tenu de la présence de la rivière du Vilpion et ses affluents (Vallées de la Serre et Vilpion).

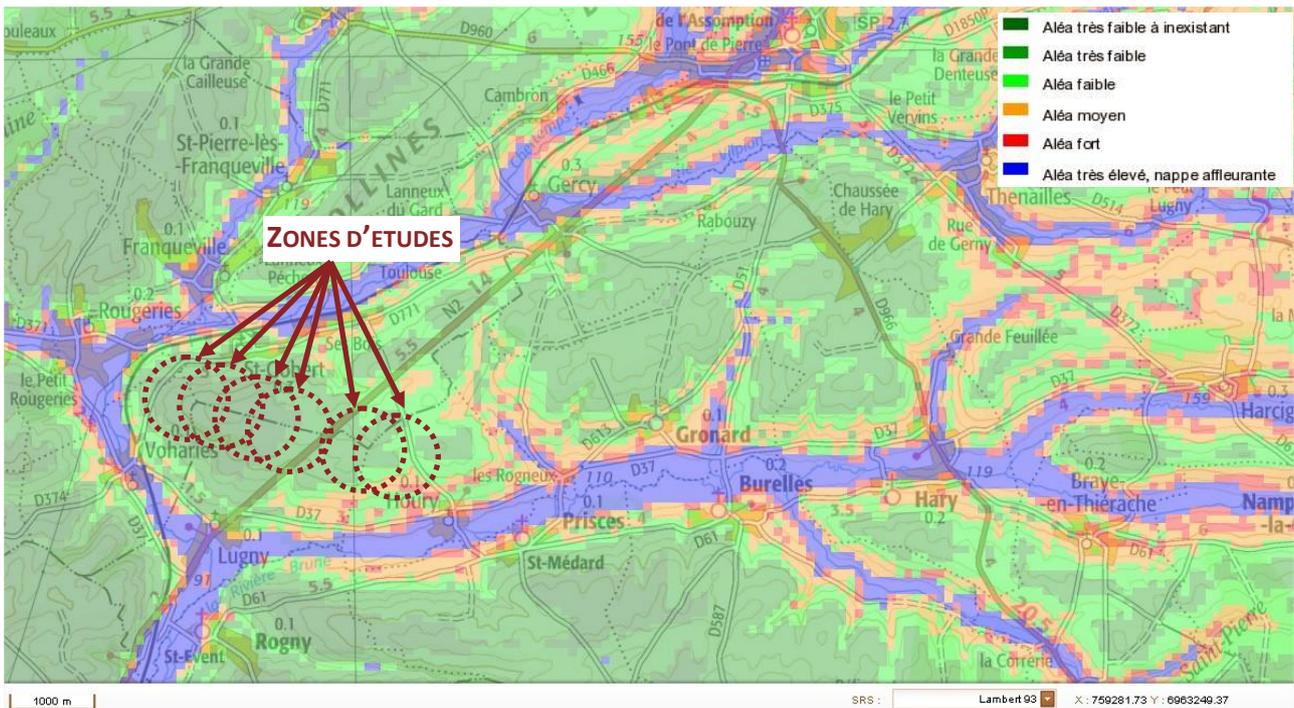
Enfin, d'après l'atlas des zones inondables la zone d'étude n'est pas localisée en zone inondable (cf. carte ci-après). Le tracé traduit l'aléa d'inondation et correspond au lit majeur du cours d'eau. Ce document n'a pas de valeur réglementaire, il est établi à titre d'information.



*Aléa inondation - Source : Cartorisque*

Le projet n'est donc pas concerné par le risque « Inondation », même si ce risque est identifié pour certaines communes de la zone d'étude.

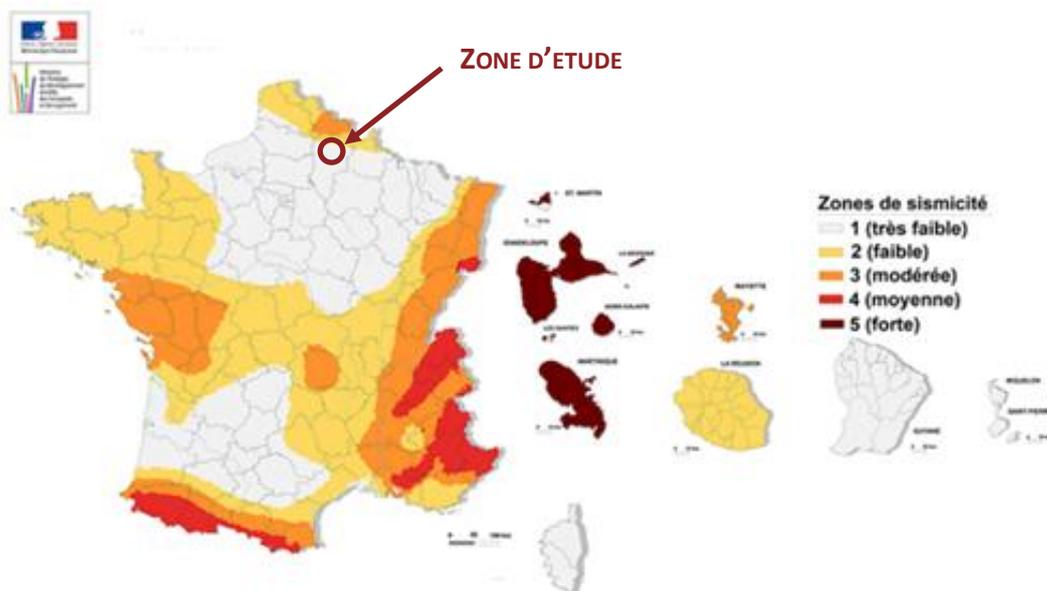
Concernant le risque de remontées de nappe, le site projeté est localisé dans un secteur à très faible risque.



Risque lié à la remonté de nappe – Source : BRGM

**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

Le risque sismique dans l’Aisne varie de très faible à faible (zone 1 et 2). Localement, le zonage sismique sur le site projeté est très faible (zone 1). Cette classification ne signifie cependant pas l’absence de tout phénomène sismique. Une vingtaine de séismes ont été ressentis depuis le début du 20<sup>ème</sup> siècle dans l’Aisne.

Dans un rayon de 30 kilomètres autour du projet, 1 secousse modérée (niveau macrosismique 4) et 3 secousses fortes (niveau macrosismique 5) ont été recensées par le BRGM.

Le risque de tremblements de terre au niveau du parc éolien du Vilpion existe mais apparaît comme très faible.

### **RISQUE DE FOUDROIEMENT**

D'après Météorage, le département de l'Aisne connaît en moyenne 9 jours d'orage par an, ce qui est peu comparé à la valeur nationale qui est de 12 jours d'orage par an.

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.

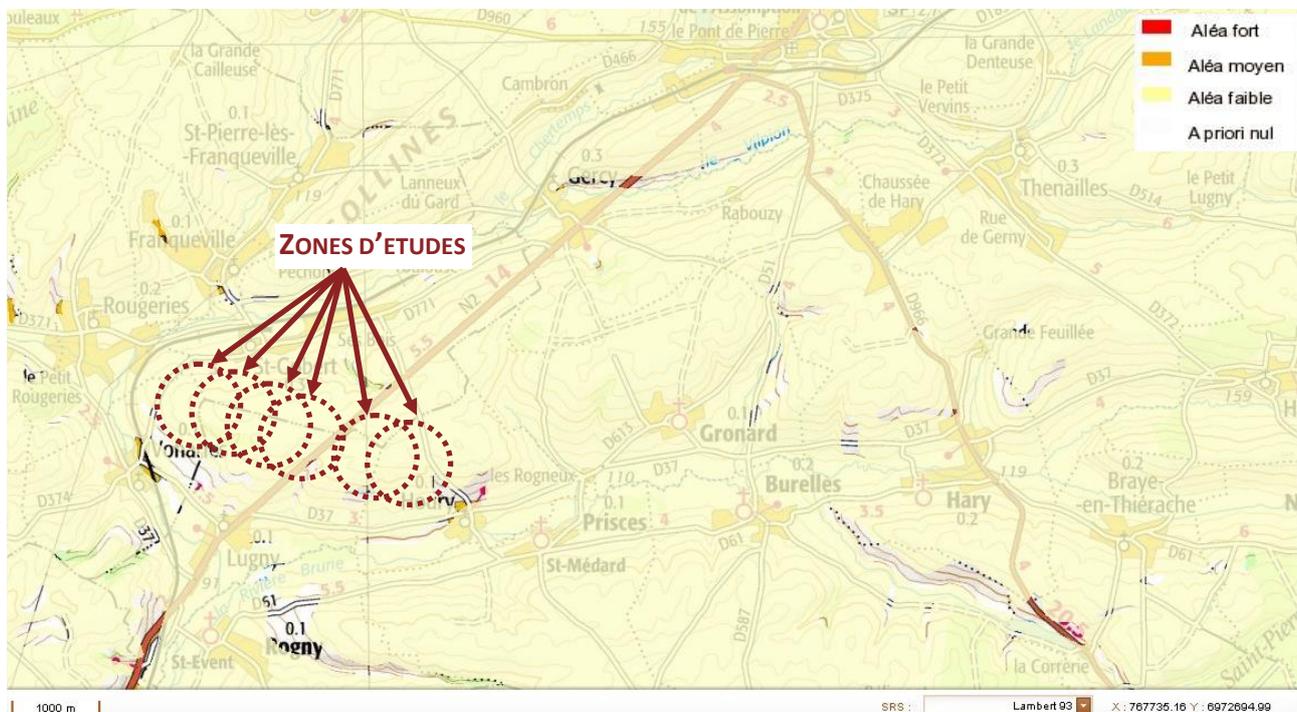
La valeur moyenne de la densité d'arcs, en France, est de 1,84 arcs/km<sup>2</sup>/an. En ce qui concerne le département de l'Aisne, la densité d'arcs s'élève à 1,39 arc par km<sup>2</sup> et par an.

Du fait de la hauteur des éoliennes et malgré 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 est engendré par les propriétés argileuses des sols soumis à des phases successives de sécheresse et réhydratation.

Sur la zone d'étude l'aléa retrait – gonflement des argiles est faible (Source : BRGM).



Zones de retrait et gonflement des argiles – Source : BRGM

### RISQUE FEUX DE FORETS

Le projet de parc éolien est situé dans une zone partagée entre plateaux dénudés et végétation. La forêt la plus proche du site est le bois de Lugny localisé à environ 300 mètres de l'éolienne la plus proche (E2).

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 tout de même 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 a été prononcé en décembre 1999 pour l'ensemble des communes concernées par la zone d'étude suite à des mouvements de terrain induits par des inondations et des coulées de boues, la zone d'étude n'est pas concernée par le risque de mouvement de terrain (Source : BRGM).

### RISQUE DE TEMPETES

Aucun arrêté de catastrophe naturel n'est à déclarer sur les communes de Houry, Lugny, Rougeries, Saint-Gobert et Voharies. Par ailleurs, le département de l'Aisne fait état d'un classement actuel jugé « faible » concernant le risque de tempête, ce qui ne signifie pas nul.

## III.3. ENVIRONNEMENT MATERIEL

### III.3.1. VOIES DE COMMUNICATION

#### TRANSPORT ROUTIER

Plusieurs axes de communication sont situés à proximité du parc éolien du Vilpion.

Tout d'abord, l'axe routier principal sur le secteur d'étude est la route nationale N2 reliant Paris à la Belgique qui traverse le parc éolien entre les éoliennes E4 et E5. Le trafic routier sur cet axe en 2011 est de 5 289 véhicules/jour dont 24,4% de poids lourd (Source : DIR Nord).

A noter qu'une infrastructure routière est considérée comme « structurante » si le trafic routier journalier est supérieur à 2 000 véhicules. Aussi, la route N2 est considérée comme « structurante ».

Le tableau ci-après présente les distances séparant la route N2 et les différents aérogénérateurs projetés.

EOLIENNE	RN2	EOLIENNE	RN2
E1	1 550 mètres	E4	365 mètres
E2	1 160 mètres	E5	415 mètres
E3	775 mètres	E6	765 mètres

Les valeurs mesurées correspondent aux plus petites distances séparant le pied de l'éolienne de la route considérée. Sont représentées sur fond gris les distances inférieures à 500 mètres, c'est-à-dire pour lesquelles la route traverse les aires d'études.

Au regard de ce tableau, il apparaît que la distance entre une éolienne et la route N2 est toujours largement supérieure à 365 mètres.

Des routes départementales et communales reliant les différentes communes alentours sont également situées à proximité du projet :

- la départementale D771, au nord du projet reliant Saint-Gobert à Vervins ;
- la départementale D37, au sud du projet reliant Lugny à Houry ;
- la route communale 1490, à l'est du projet reliant Saint-Gobert à Houry ;
- la voie communale n°3 dite « *Chemin de Saint-Gobert* » reliant Voharies à Saint-Gobert.

Seules les deux voies communales sont situées dans la zone d'étude du parc éolien projeté (respectivement à 150 mètres et 250 mètres des éoliennes E6 et E1).

A noter également que quelques chemins ruraux non goudronnés peu fréquentés servant seulement à accéder à des champs se trouvent à proximité du parc.

Le trafic routier sur ces axes de communication secondaires au droit de la zone d'étude est relativement faible. En effet, le trafic routier journalier est bien inférieur à 2 000 véhicules/jour et ne sont donc pas considérés comme « *structurante* » (Source : Conseil Général de l'Aisne).

On précisera pour la suite, que dans le cadre du présent projet le maître d'ouvrage a instauré un recul une distance de sécurité de 150 mètres par rapport aux axes de circulation de type route départementale. Cette distance de sécurité a été portée à 300 mètres pour les axes de circulation principaux dont la fréquentation dépasse 5 000 véhicules par jour en moyenne (la route N2).

Enfin, concernant les voies de communication autoroutières, l'autoroute la plus proche est l'A26 à plus de 20 km au sud-ouest de la zone de projet.

#### **TRANSPORT FERROVIAIRE**

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

L'infrastructure la plus proche est localisée au nord-ouest du parc éolien à environ 600 mètres de l'éolienne E1.

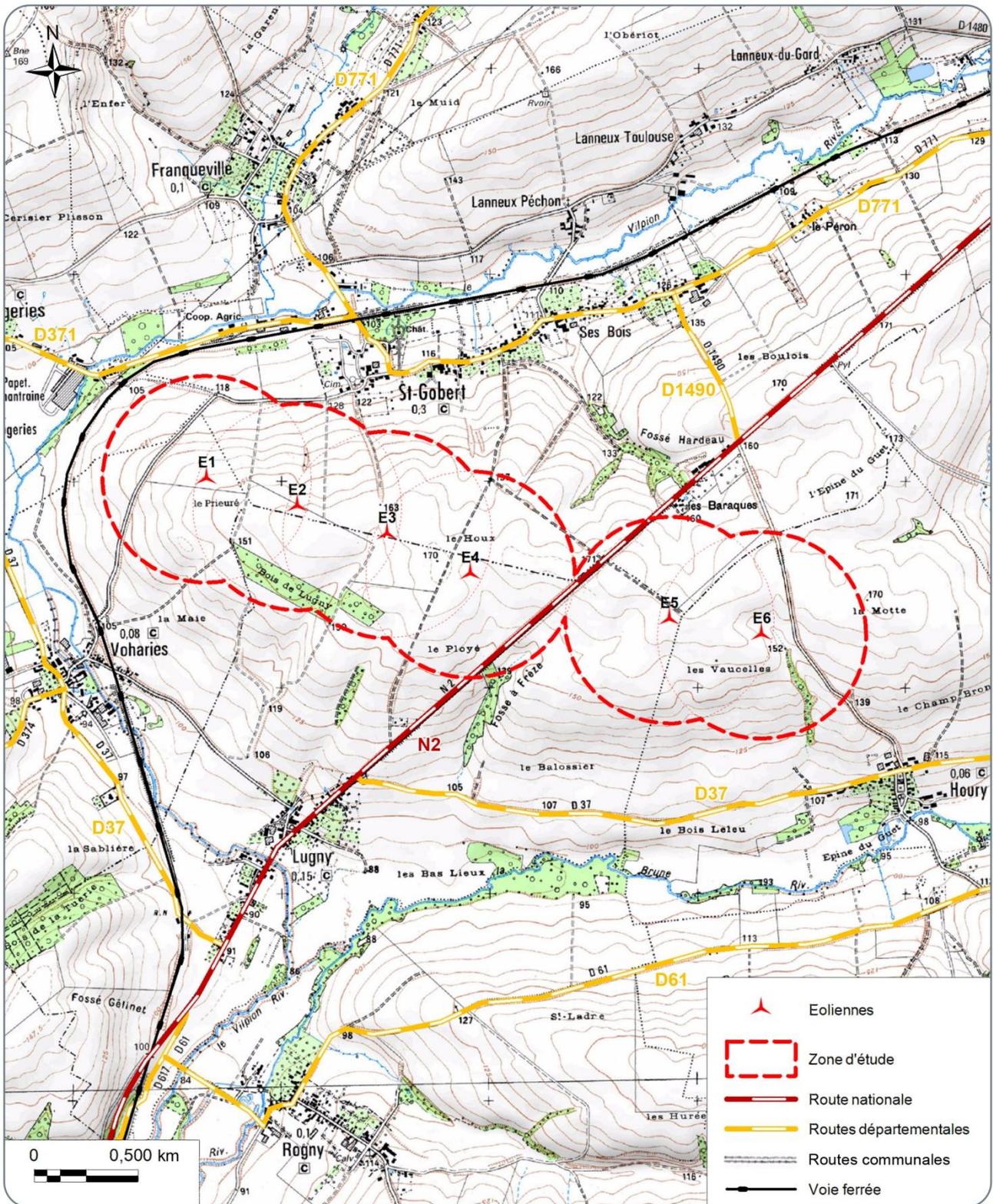
#### **TRANSPORT FLUVIAL**

Il n'y a aucun cours d'eau dans la zone d'étude.



# PROJET ÉOLIEN DU VILPION

## Voies de communication



### **TRANSPORT AERIEN**

La zone d'étude ne comporte ni aéroport ni aérodrome : l'aérodrome le plus proche est celui de Reims-Champagne, situé à 21,5 km de la zone d'étude. En revanche elle est concernée par différentes servitudes aéronautiques.

Tout d'abord, la zone d'étude intercepte les zones militaires R45N (2500ASFC / 800ASFC), R53A (1650ASFC/-), R26A4 (+/3500), qui, après vérification auprès des autorités militaires, ne constituent pas une contrainte à l'implantation d'aérogénérateurs de 150 mètres de hauteur.

En ce qui concerne l'Aviation Civile, la partie sud-est de la zone est concernée par l'Altitude Minimale de Secteur (MSA) de l'aérodrome de Reims Champagne, qui impose de ne pas dépasser 335 mètres en bout de pale. Ceci implique de ne pas implanter des éoliennes de 150 mètres de hauteur à une altitude supérieure à 185 mètres (seuls quelques reliefs de la zone d'étude dépassent ponctuellement cette altitude).

La zone d'étude n'est donc concernée par aucune contrainte aéronautique majeure, à condition de respecter la MSA de Reims Champagne.

Les éoliennes projetées respectent les contraintes de la DGAC et de la Défense.

### **III.3.2. RESEAUX PUBLICS ET PRIVES**

Au droit de la zone d'étude du projet éolien du Vilpion, aucune installation de type canalisations de transport (gaz combustibles, hydrocarbures liquides ou liquéfiés et produits chimiques), réseaux d'assainissement (stations d'épuration), réseaux d'alimentation en eau potable (captage AEP, zones de protection des captages) n'est présente. A noter que la commune de Saint-Gobert est traversée par un gazoduc de diamètre 100 mm, reliant Vervins à Marle. Cette canalisation traverse Saint-Gobert à l'opposé du site d'implantation prévue des éoliennes, à environ 900 mètres du parc éolien (hors zone d'étude).

Aucune servitude de type radioélectrique n'a été identifiée au sein de la zone d'étude.

Enfin, une ligne aérienne Moyenne Tension (20 kV) traverse la zone d'étude au niveau de l'éolienne E5. Dans le cadre du présent projet éolien du Vilpion, il est prévu d'enterrer cette ligne électrique sur les tronçons les plus proches afin de supprimer les éventuels impacts et également de faciliter le passage des convois sur le chemin rural. Aussi, cette infrastructure ne sera pas prise en compte pour la suite de l'étude de dangers.

A noter également la présence d'une ligne aérienne HTA (63 kV) qui se trouve en périphérie de la zone d'étude à environ 700 mètres au nord-ouest du parc éolien (hors zone d'étude).

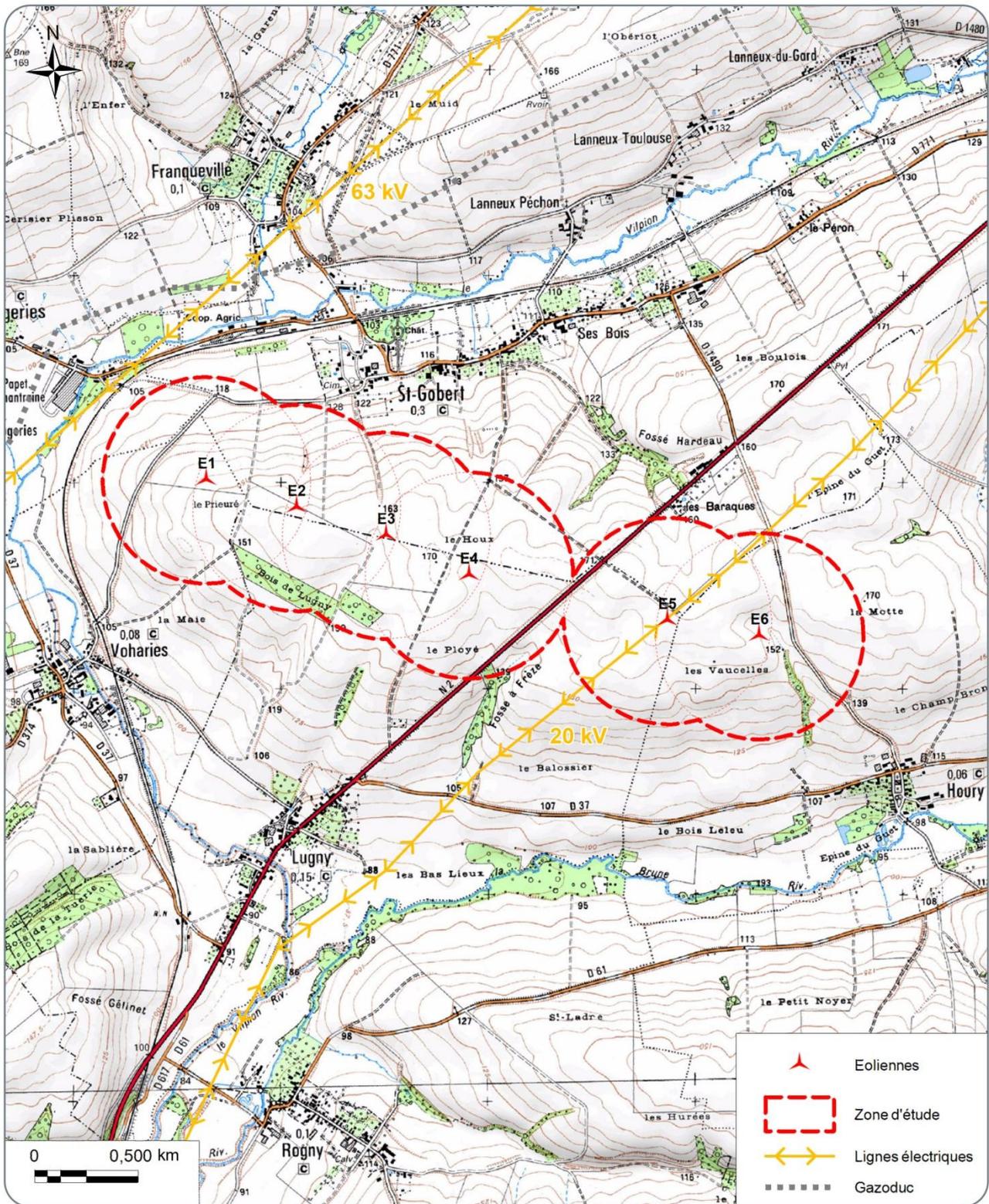
### **III.3.3. AUTRES OUVRAGES PUBLICS**

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



# PROJET ÉOLIEN DU VILPION

## Servitudes et réseaux



### III.4. SYNTHÈSE

#### 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)
N2	Voie de circulation automobile structurante (>2 000 véhicules/jour)	0,4 personne par km exposé par tranche de 100 véhicules/jour	E4 ; E5
la route communale 1490	Voie de circulation automobile non structurante (<2 000 véhicules/jour) → Terrains aménagés mais peu fréquentés	1 personne/10 hectares	E6
la voie communale n°3	Voie de circulation automobile non structurante (<2 000 véhicules/jour) → Terrains aménagés mais peu fréquentés	1 personne/10 hectares	E1
Chemins agricoles	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1 personne/10 hectares	E1 ; E2 ; E3 ; E4 ; E5 ; E6
Champs, prairies, Boisements	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	1 personne/100 hectares	E1 ; E2 ; E3 ; E4 ; E5 ; E6

Dans le cadre du présent projet éolien, la principale sensibilité est liée à la présence de la route nationale N2 qui est considérée comme une infrastructure « structurante » (trafic supérieur à 2 000 véhicules par jour).

#### III.4.2. CARTOGRAPHIE

La carte page suivante, permet d'identifier géographiquement les enjeux à protéger dans la zone d'étude pour chacun des 6 aérogénérateurs. Cette dernière a été réalisée à partir des données du tableau précédent.



# PROJET ÉOLIEN DU VILPION

## Synthèse des sensibilités



## 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

##### a. Généralités

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

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

##### b. Eléments constitutifs d'un aérogénérateur

Au sens du l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement, les aérogénérateurs 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 :

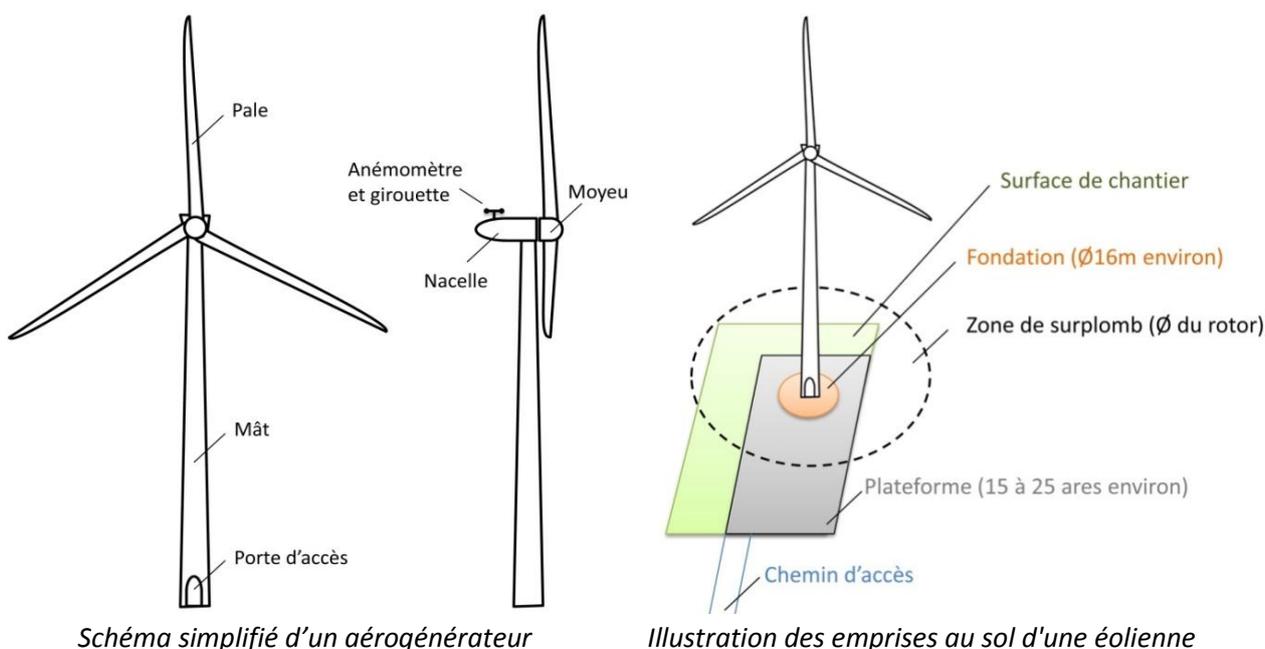
- Le rotor qui est composé de trois pales (éoliennes actuelles) construites en matériaux composites et réunies au niveau du moyeu. Il se prolonge dans la nacelle pour constituer l'arbre lent ;
- Le mât est généralement composé de 3 à 5 tronçons en acier ou 15 à 20 anneaux de béton surmonté d'un ou plusieurs 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 qui 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.

### c. Emprise au sol

Plusieurs emprises au sol sont nécessaires pour la construction et l'exploitation d'un parc éolien :

- 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.



#### d. Chemins d'accès

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

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

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

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

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

L'activité principale du parc éolien du Vilpion est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent avec une hauteur de moyeu d'environ 100 mètres. Cette installation est donc soumise à la rubrique n°2980 des installations classées pour la protection de l'environnement.

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

Le parc éolien du Vilpion sera composé de 6 aérogénérateurs et de 2 postes de livraison.

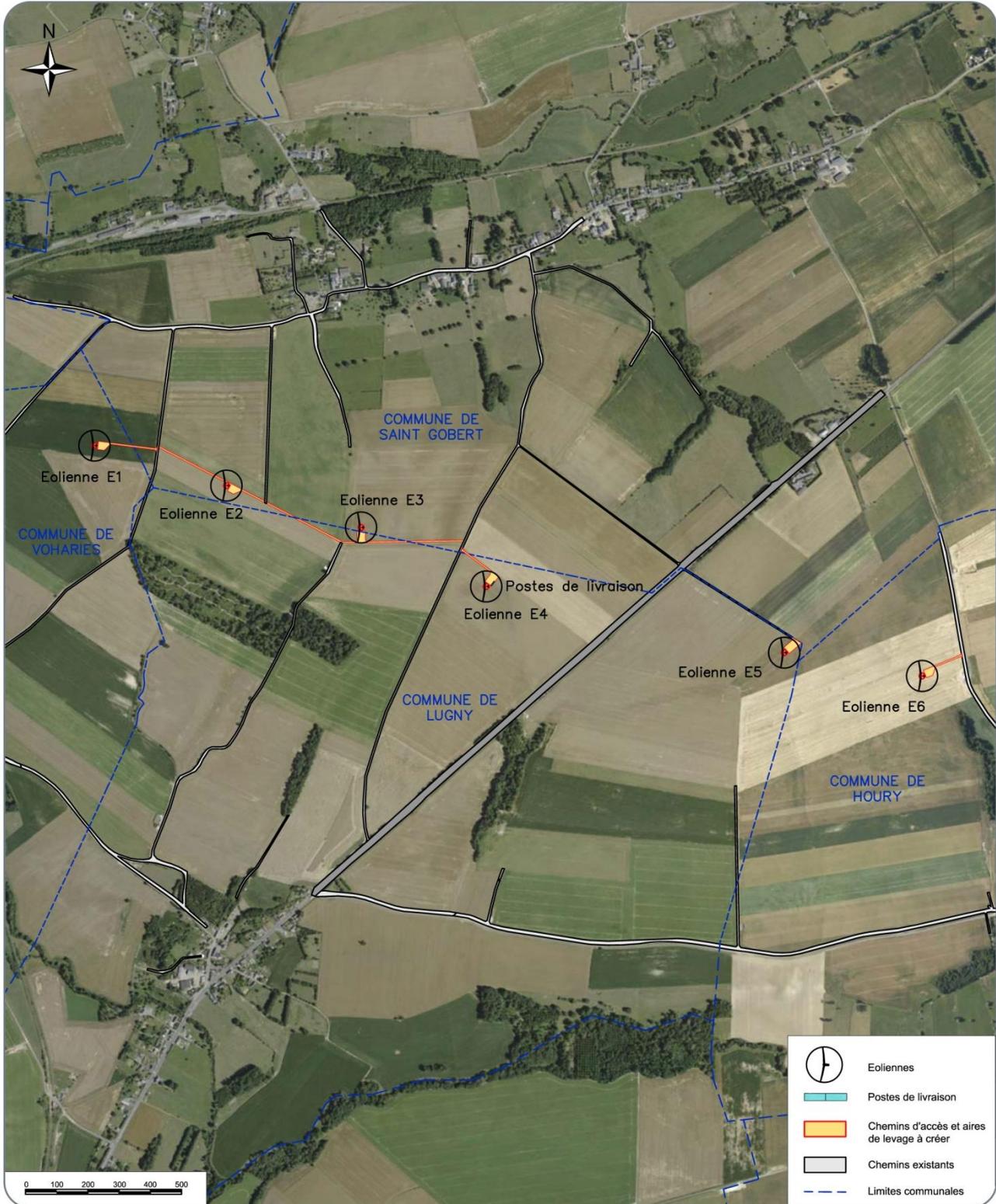
Le tableau suivant indique les coordonnées géographiques des aérogénérateurs et des postes de livraison :

INSTALLATION	X (RGF 93)	Y (RGF 93)	ALTITUDE EN METRES NGF
<b>Eolienne 1</b>	757 928	6 966 698	145 m NGF
<b>Eolienne 2</b>	758 362	6 966 560	155 m NGF
<b>Eolienne 3</b>	758 793	6 966 423	161 m NGF
<b>Eolienne 4</b>	759 191	6 966 226	162 m NGF
<b>Eolienne 5</b>	760 147	6 965 997	167 m NGF
<b>Eolienne 6</b>	760 591	6 965 920	159 m NGF
<b>Poste de livraison 1</b>	759 215	6 966 239	162 m NGF
<b>Poste de livraison 2</b>	759 210	6 966 232	162 m NGF



# PROJET ÉOLIEN DU VILPION

## Implantation projetée



## IV.2. FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

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

#### a. Généralités

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

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

La puissance électrique produite varie en fonction de la vitesse de rotation du rotor. Dès que le vent atteint environ 50 km/h à hauteur de nacelle, l'éolienne fournit sa puissance maximale. Cette puissance est dite « nominale ».

Pour un aérogénérateur de 2,5 MW par exemple, la production électrique atteint 2 500 kWh dès que le vent atteint environ 50 km/h. L'électricité produite par la génératrice correspond à un courant alternatif de fréquence 50 Hz avec une tension de 400 à 690 V. La tension est ensuite élevée jusqu'à 20 000 V par un transformateur placé dans chaque éolienne pour être ensuite injectée dans le réseau électrique public.

Lorsque la mesure de vent, indiquée par l'anémomètre, atteint des vitesses de plus de 100 km/h (variable selon le type d'éoliennes), l'éolienne cesse de fonctionner pour des raisons de sécurité. Deux systèmes de freinage permettront d'assurer la sécurité de l'éolienne :

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

*Les données qui suivent sont les caractéristiques spécifiques des éoliennes projetées dans le cadre du parc éolien du Vilpion : Nordex N100.*

#### b. 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 trois raccords rotatifs et de trois entraînements à pas pour la variation de pas des pales. Les pales sont réalisées en plastique renforcé de fibres de verre (PRV) de haute qualité.

Chaque pale est commandée et entraînée indépendamment des autres. Les pales du rotor sont équipées d'un système de protection contre la foudre composé d'électrodes de capture déviant la foudre vers le moyeu.

CARACTERISTIQUES DU ROTOR	
Diamètre du rotor	99,8 mètres
Surface couverte	7 823 m <sup>2</sup>
Vitesse maximale de la pointe des pales	Env. 77 m/s
Puissance nominale/surface	320 W/m <sup>2</sup>
Angle d'inclinaison de l'arbre rotor	5°
Angle de cône des pales	3,5°
Poids total	Env. 55 tonnes

MOYEU DE ROTOR	
Matériau	Fonte à graphite sphéroïdal EN-GJS-400-18U-LT
Poids total, y compris le système à pas de pale	Env. 25 tonnes

PALES DU ROTOR	
Matériau	Plastique renforcé de fibres de verre
Longueur totale	48,7 mètres
Poids par pale	Env. 9,8 tonnes

### **SYSTEME A PAS**

Le système à pas déplace les pales du rotor dans les positions définies par la commande. Il constitue le frein principal de l'éolienne. Pendant le fonctionnement, l'angle des pales du rotor est modifié dans la plage 0° - 90°. Le système à pas comprend – pour chaque pale – un entraînement électromagnétique avec moteur triphasé, un engrenage avec pignons d'entraînement, et une unité de commande avec convertisseur de fréquence et alimentation électrique de secours. Cette dernière peut, en cas de panne d'alimentation, faire tourner les pales du rotor pour qu'elles ne soient plus dans le vent. Le rotor tourne alors au ralenti.

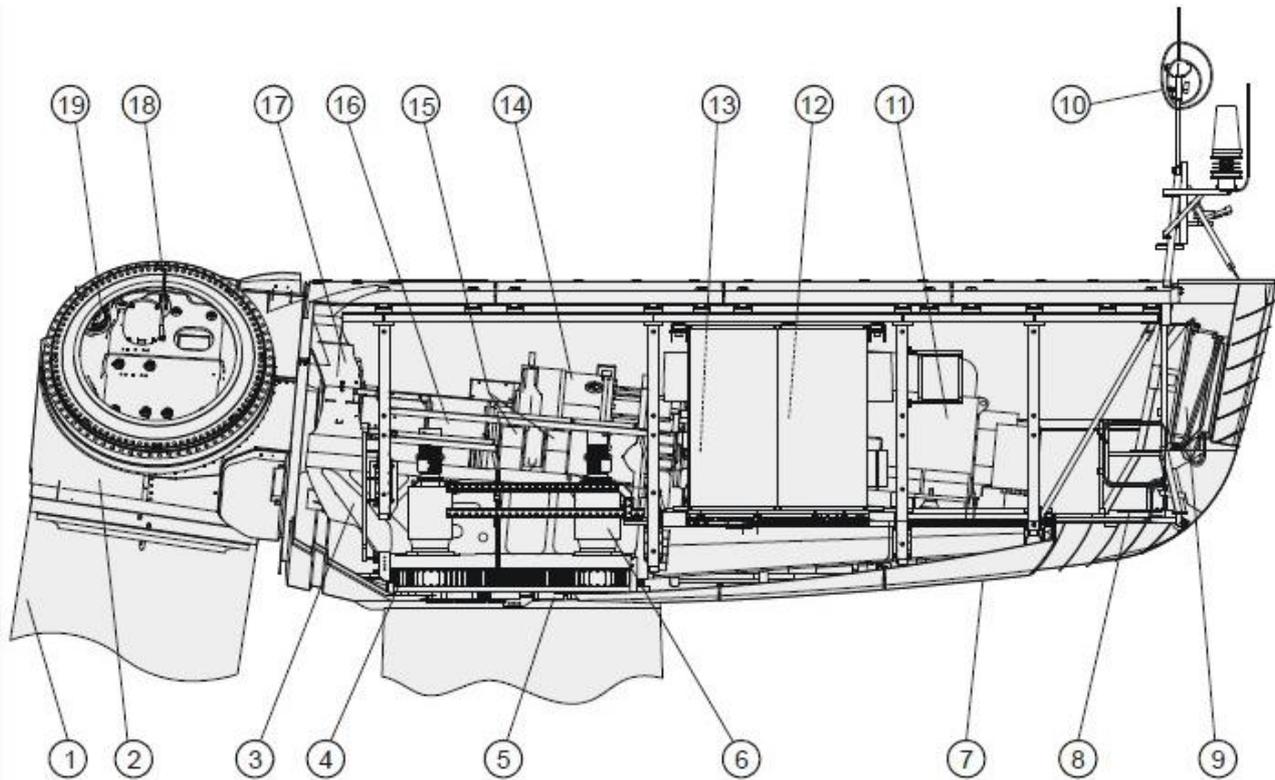
SYSTEME DE CALAGE	
Palier de pale de rotor	Palier à 4 points, 2 rangées
Lubrification	Lubrification automatique avec graisse
Entraînement	Moteur triphasé comprenant un frein à ressort, engrenage planétaire à plusieurs étages Engrenage planétaire à plusieurs niveaux
Alimentation courant d'urgence	Accumulateurs en plomb

### *c. Nacelle*

La nacelle se situe au sommet de la tour et abrite les composants mécaniques, hydrauliques, électriques et électroniques, nécessaires au fonctionnement de l'éolienne.

La structure porteuse de la nacelle est composée d'un châssis machine coulé, d'un châssis générateur soudé et d'une structure porteuse métallique pour la grue de bord. La structure porteuse métallique a également pour fonction l'accueil du revêtement de la nacelle. Celui-ci est constitué de plastique renforcé de fibres de verre.

NACELLE	
Matériel du châssis machine	Fonte à graphite sphéroïdal EN-GJS-400-18U-LT
Matériel du châssis générateur et de la structure métallique porteuse	Acier de construction S235JR
Matériel du revêtement de la nacelle	Plastique renforcé de fibres de verre



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

*Vue d'ensemble de la NORDEX N100/2500 – Source : NORDEX*

### LE MULTIPLICATEUR

Le multiplicateur est un engrenage planétaire à plusieurs étages avec un étage à roue dentée droite.

On peut aussi alternativement mettre en œuvre un engrenage différentiel. Le système de refroidissement consiste en un circuit huile/air à capacité de refroidissement graduelle. Les roulements et engrenages sont

constamment lubrifiés par de l'huile refroidie. La température des roulements et de l'huile est surveillée en permanence.

MULTIPLICATEUR	
Type	Engrenage planétaire à plusieurs étages + étage à roue dentée droite ou entraînement différentiel
Puissance nominale	2 775 kW
Rapport de multiplication	50 Hz : 1 : 77,5 60 Hz : 1 : 93,2
Lubrification	Graissage sous pression
Quantité d'huile, y compris circuit de refroidissement	Env. 450–550 l (selon le fabricant)
Type d'huile	VG 320
Vidange d'huile	Contrôle semestriel, vidange en cas de besoin
Poids	Env. 18,5 - 20,0 tonnes (selon le fabricant)

### **LE GENERATEUR**

Le générateur est une génératrice asynchrone à double alimentation. Elle est maintenue à une température de fonctionnement optimale grâce au circuit de refroidissement.

GENERATRICE	
Degré de protection	IP 54
Puissance nominale	2 500 kW
Tension nominale	660 V
Fréquence	50 ou 60 Hz
Plage de vitesse de rotation	50 Hz : 740...1 300 min <sup>-1</sup> 60 Hz : 890...1 560 min <sup>-1</sup>
Pôles	6
Poids	Env. 10 tonnes

### **LA CONNEXION AU RESEAU ELECTRIQUE PUBLIC**

Les éoliennes d'un même champ éolien sont ensuite raccordées au réseau électrique de distribution (ERDF ou régies) ou de transport (RTE) via un ou plusieurs postes de livraison. Ces postes font ainsi l'interface entre les installations et le réseau électrique.

Chaque poste est équipé d'appareils de comptage d'énergie indiquant l'énergie soutirée au réseau mais également celle injectée. Il comporte aussi la protection générale dont le but est de protéger les éoliennes et le réseau inter-éolien en cas de défaut sur le réseau électrique amont.

Les liaisons électriques entre éoliennes et poste(s) de livraison sont assurées par des câbles souterrains.

### **SYSTEME D'ORIENTATION**

La direction du vent est mesurée de manière continue à hauteur de moyeu par deux appareils indépendants. Si la direction du vent relevée diffère du positionnement de la nacelle d'une valeur

supérieure à celle autorisée, la nacelle est réorientée. La poursuite se fait via quatre moteurs d'orientation. Si la nacelle n'est pas orientée, alors les freins du système d'orientation sont activés.

Ces derniers sont disposés à deux endroits différents : d'une part, ils sont répartis sur la circonférence où se trouve aussi le raccord tournant azimutal (système hydraulique) ; d'autre part dans l'entraînement, du côté rapide de l'entraînement en gisement (système électrique).

RACCORD ROTATIF AZIMUTAL	
Type	Roulement à billes
Matériau	42CrMo4
Poids	Env. 2,3 tonnes

RACCORD D'ORIENTATION	
Moteur	Moteurs asynchrones
Multiplicateur	Engrenage planétaire à 4 étages
Nombre d'entraînements	4
Lubrification	Huile, ISO VG 620
Vitesse d'orientation	Env. 0,5 °/s

RACCORD ROTATIF AZIMUTAL	
1. Type	Frein à disque avec étriers de frein hydrauliques
Matériau des garnitures de frein	Organique
Nombre d'étriers de frein	14
2. Type	Frein électrique à ressort sur chacun des moteurs d'entraînement

### **SYSTEME DE FREINAGE**

Le frein aérodynamique est réalisé à l'aide de trois pales commandées indépendamment et de manière redondante et pouvant pivoter de 90° autour de leur propre axe. L'orientation des pales du rotor est contrôlée par un système de sécurité. Après une coupure inopinée de la tension d'alimentation, une alimentation électrique de secours est commutée automatiquement dans le système à pas, qui oriente les pales perpendiculairement au sens de rotation.

De plus, l'éolienne est équipée d'un frein mécanique. Ce frein soutient le frein aérodynamique dès qu'un régime défini n'est plus atteint et ralentit le rotor jusqu'à l'arrêt. La force de freinage est réglée par divers programmes de freinage permettant d'éviter les pics de charge. Une fois l'éolienne arrêtée, le rotor peut être bloqué.

FREIN AERODYNAMIQUE	
Type	Orientation individuelle des pales
Activation	Électrique

FREIN MECANIQUE	
Type	Frein à disque à actionnement actif
Emplacement	Sur l'arbre rapide
Diamètre du disque	1 030 mm
Nombre d'étriers de frein	1

Matériau des garnitures de frein	Métal fritté
----------------------------------	--------------

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

PROGRAMME DE FREINAGE	DESCRIPTION
<p>Freinage sans à coup (freinage aérodynamique)</p> <p><i>Déclenchement en cas d'erreur ou de défaut non critique</i></p>	<p>Rotation des pales (pitch) de façon à réduire la vitesse de rotation de la génératrice → Position finale des pales : drapeau (frein mécanique rotor ouvert).</p> <p>Paramètres surveillés :</p> <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> <p>Si une de ces conditions n'est pas satisfaite → Programme de freinage suivant (freinage critique)</p> <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>
<p>Freinage critique (freinage aérodynamique)</p> <p><i>Déclenchement en cas d'erreur ou de défaut critique</i></p>	<p>Rotation des pales (pitch) à une vitesse définie → Position finale des pales : drapeau (frein mécanique rotor ouvert)</p> <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>▪ Si cette condition n'est pas satisfaite → Programme de freinage suivant ;</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><i>Déclenchement en cas d'erreur ou de défaut critique nécessitant l'arrêt du rotor avec recours au frein mécanique</i></p>	<p>Rotation des pales (pitch) à une vitesse définie → 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>Si une de ces conditions n'est pas satisfaite → Programme de freinage suivant (freinage d'urgence).</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</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>

PROGRAMME DE FREINAGE	DESCRIPTION
pour le déclenchement de la protection contre la survitesse ; <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Déclenchement de la chaîne de sécurité.</li> </ul>	

*d. Mât et fondations*

La NORDEX N100/2500 repose sur des mâts tubulaires en acier ou des tours hybrides pour différentes hauteurs de moyeu.

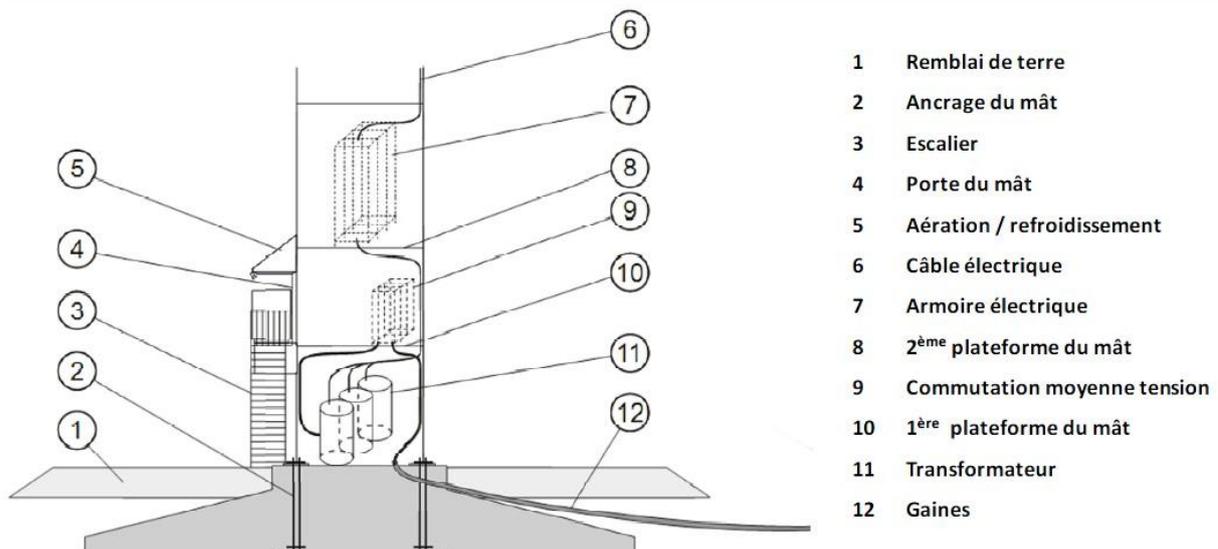
HAUTEUR DE MOYEU	
Classe de vent	DIBt 2 IEC 3a
Nombre de sections de mât	5
Hauteur du mât	98,01 mètres
Hauteur du moyeu	100 mètres
Poids tous composants compris	296,7 tonnes

Un ascenseur de service, l'échelle de montée avec un système antichute, les plates-formes de repos et de travail se trouvent à l'intérieur du mât.

La protection anticorrosion du mat tubulaire est garantie par un système de recouvrement de la surface, conformément à la norme ISO 12944.

La construction des fondations dépend de la nature du sol du lieu 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.

MAT TUBULAIRE EN ACIER	
Matériau	S355
Protection contre la corrosion	Revêtement multicouche résine époxy
Fixation du pied du mât	Cage d'ancrage noyée dans le béton
Largeur à la base du mât	4,3 mètres



Vue d'ensemble du pied de mât – Source / NORDEX

e. Autres dispositifs et systèmes

**SYSTEME 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 liquide de refroidissement (mélange antigel eau/glycol) est contrôlée en permanence et en partie de manière redondante par le système contrôle-commande.

▪ Refroidissement du multiplicateur

L'évacuation de la chaleur du multiplicateur s'effectue via le circuit d'huile dans un refroidisseur huile/air. Une pompe avec deux étages de pompage transporte l'huile du multiplicateur via deux filtres (un filtre grossier de 50 µm et un filtre fin de 10 µm) dans le circuit de refroidissement. La fonction des filtres (fin ou gros) est d'éliminer les particules solides se trouvant dans l'huile du multiplicateur. Le degré d'encrassement de la cartouche de filtre est surveillé par le système contrôle-commande (mesure de pression différentielle).

▪ Refroidissement de la génératrice

L'évacuation de la chaleur hors de la génératrice se fait via un circuit de refroidissement à eau. La chaleur est transmise à l'eau de refroidissement au sein de la génératrice via un refroidissement par air intégrée. A l'aide d'une pompe centrifuge ne nécessitant aucun entretien, l'eau de refroidissement est conduite vers un échangeur thermique eau/air. La pompe se met en route dès que la température des composants de la génératrice dépasse une valeur définie et ramène l'eau de refroidissement et donc la génératrice à une température de fonctionnement optimale. Le refroidisseur est également équipé d'un ventilateur qui se met en service suivant la température de l'eau.

▪ Refroidissement du convertisseur

Le convertisseur principal de l'éolienne est intégré à la Bottombox. Il se trouve sur la plateforme la plus basse du mât et est pourvu d'un refroidissement à air et un à eau. Une pompe conduit l'eau de refroidissement à travers le convertisseur principal et conduit l'eau réchauffée vers un échangeur thermique eau/air avec ventilateur. Lorsque des températures prédéterminées sont atteintes, celui-ci connecte les composants du convertisseur et évacue la chaleur vers l'extérieur.

SYSTEME DE REFROIDISSEMENT				
CONSTITUANT DE L'EOLIENNE	REFRIGERANT	SYSTEME DE REFROIDISSEMENT	SYSTEME DE FILTRATION	POMPE
Multiplicateur	Huile	Echangeur thermique huile/air avec 1 ventilateur	Oui (2 filtres 50	1 pompe avec deux étages de

SYSTEME DE REFROIDISSEMENT				
CONSTITUANT DE L'ÉOLIENNE	REFRIGÉRANT	SYSTEME DE REFROIDISSEMENT	SYSTEME DE FILTRATION	POMPE
		à 2 étages (0,8/3 kW)	et 10 µm)	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 (0,8/3 kW)	Non	1 pompe centrifugeuse (50L/min)

### SYSTEME HYDRAULIQUE

Le système hydraulique fournit en cours de fonctionnement la pression d'huile nécessaire pour le frein azimutal du système d'orientation et le frein du rotor. Le blocage hydraulique du rotor peut être ouvert ou fermé manuellement.

SYSTEME HYDRAULIQUE	
Huile hydraulique	VG 32
Quantité d'huile	Env. 20 litres
Puissance nominale de la pompe hydraulique	1,1 kW
Protection thermique	PT100 intégrée

### DISPOSITIF DE MANUTENTION

Dans la machine, un palan à chaînes installé de manière fixe sert au hissage d'outils, de composants et d'autres matériaux de travail à partir du sol, jusque dans la nacelle. Un second pont-grue amovible sert à déplacer les matériaux au sein de la nacelle.

La capacité de charge des deux grues de bord est de 1 000 kg.

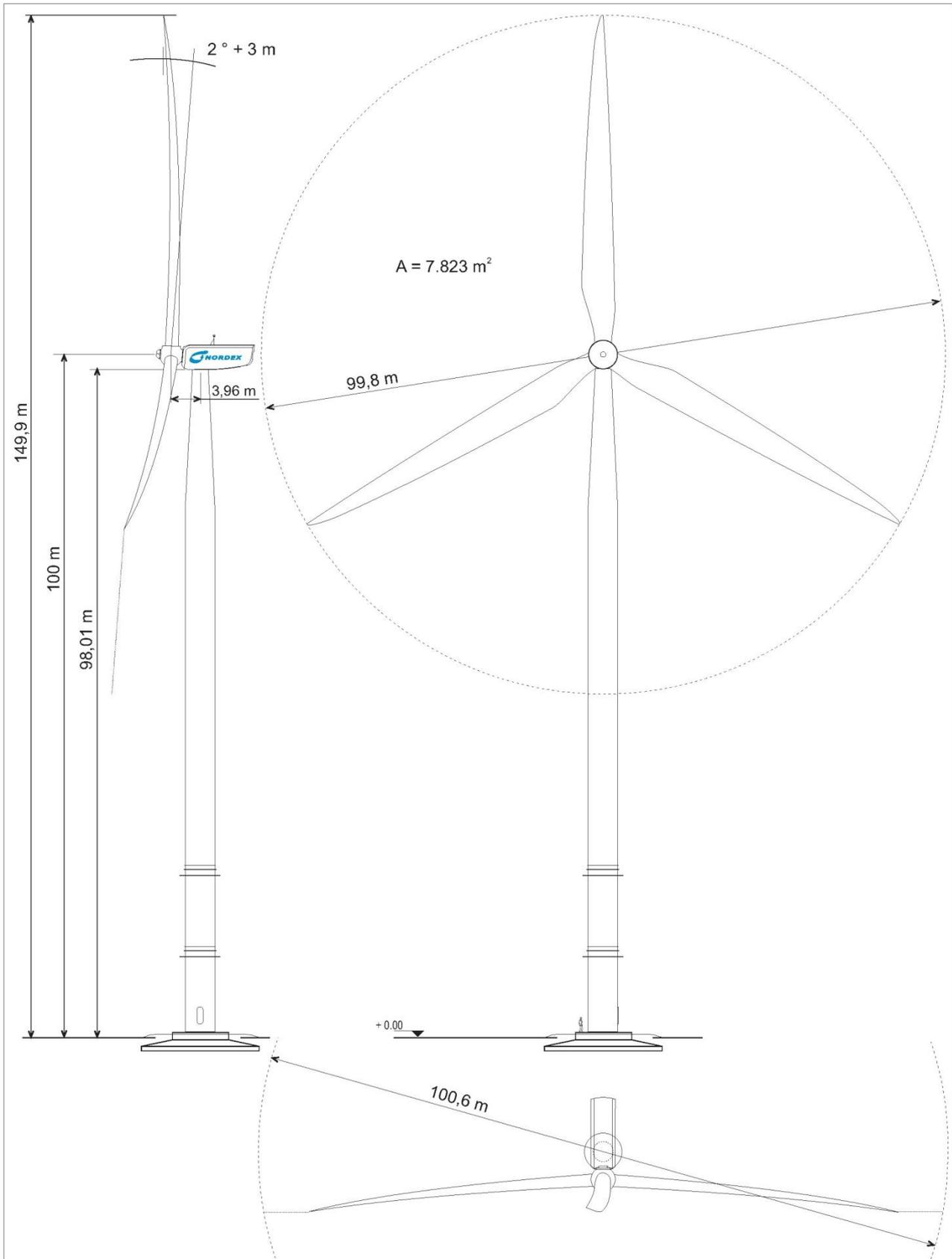
### CLIMATISATION/CHAUFFAGE

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.

Quand l'éolienne est refroidie par des températures ambiantes basses, 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.

### RESEAU ELECTRIQUE BASSE TENSION

Il y a deux réseaux basse tension dans l'éolienne. Le réseau de 660V 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.



SC – partnervertraulich, Status E3



**NORDEX N100**  
 Nabenhöhe: 100 m  
 Klassifizierung: DIBT 2/IEC 3

Maßstab: 1 : 500  
 Format: DIN A3  
 Datum: 20.06.2007  
 Datei: N100-2-R100MT-DIBt2-IEC3-de

### f. Domaine et paramètres de fonctionnement des éoliennes projetées

Le domaine de fonctionnement des aérogénérateurs NORDEX N100/2500 est le suivant :

- puissance nominale à partir de vitesse du vent : Env. 12,5 m/s
- plage de vitesse rotor : 9,6 à 14,85 min<sup>-1</sup>
- vitesse du vent de démarrage : Env. 3 m/s
- vitesse du vent de coupure : 20 m/s
- vitesse du vent de redémarrage : 18 m/s
- durée de vie théorique : 20 ans
- température ambiante minimale et maximale : -20°C à + 50°C.

Si un des paramètres ci-dessus se trouve hors du domaine de fonctionnement, l'éolienne est mise à l'arrêt.

La principale tâche de la gestion de l'éolienne est de surveiller et de respecter continuellement les paramètres de l'éolienne pendant le fonctionnement. Les capteurs sont interrogés toutes les 40 ms. Les paramètres sont prédéterminés par NORDEX et adaptés à chaque site. Ceci permet de garantir le fonctionnement automatique et sûr de l'éolienne, quelle que soit la situation.

Si la vitesse de mise en service n'est pas atteinte, l'éolienne reste en état de repos (mode économique), c'est-à-dire que seul l'ordinateur de contrôle fonctionne et saisit les données (météorologiques). Les autres systèmes ne seront activés qu'en cas de besoin et ne gaspillent donc pas de courant. Les seules exceptions sont les fonctions de sécurité, comme le système de freinage (pompe hydraulique). Le rotor tourne au ralenti.

Si la vitesse de démarrage est atteinte, l'éolienne passe à l'état « *prêt à démarrer* ». Tous les systèmes sont maintenant soumis à un contrôle et la nacelle s'oriente en fonction du vent. Si la force du vent augmente, le rotor commence à tourner plus rapidement. Lorsque la vitesse de rotation déterminée est atteinte, la génératrice est raccordée au réseau et l'éolienne commence à produire de l'électricité.

Pendant le fonctionnement, la nacelle suit la direction du vent. La nacelle peut tourner plusieurs fois autour de son axe. Si une valeur limite est toutefois dépassée, l'éolienne est stoppée et la nacelle tourne en sens inverse, c'est-à-dire que les câbles du mât se « *détorsadent* ». L'éolienne est ensuite remise en route.

En cas de dépassement de la vitesse du vent de coupure, l'éolienne s'arrête : l'angle de calage des pales du rotor se fixe à environ 90°, c'est la mise en drapeau. Le rotor freine. Il se met au ralenti jusqu'à ce que la vitesse du vent soit redescendue en dessous de la vitesse du vent de redémarrage.

Tous les systèmes et de nombreux composants de l'éolienne sont équipés de capteurs informant le système contrôle-commande de leur état. Des valeurs de consigne sont attribuées à chaque point de mesure (paramètres d'exploitation) ; celles-ci doivent être respectées. Si une valeur mesurée s'écarte de la valeur de consigne, le système de contrôle-commande réagit en conséquence.

Le dépassement de valeurs limites de température prédéterminées provoque par exemple en premier lieu la mise en service de la pompe du circuit de refroidissement. Lorsque la valeur de consigne prédéterminée est à nouveau atteinte, la pompe se remet hors circuit. Si la valeur limite supérieure est dépassée, un avertissement est envoyé à la télésurveillance.

Celle-ci est active 24 heures sur 24 et décide en fonction de toutes les données de fonctionnement en sa possession des mesures à prendre. Si la température redescend sous une valeur limite prédéterminée, l'avertissement est annulé. Si une troisième valeur limite est dépassée, l'éolienne s'arrête immédiatement. Cette troisième valeur limite est choisie de sorte que l'éolienne ne soit pas encore endommagée.

Dans cet exemple, six valeurs limites sont affectées ainsi à un point de mesure de température, trois valeurs limites de température supérieures et trois valeurs limites de température inférieures.

En cas de dépassement de limites de fonctionnement de l'éolienne prédéterminées, l'éolienne s'arrête immédiatement, par ex. en cas de dépassement de la vitesse du vent de coupure ou en cas de chute de pression dans le système hydraulique. En cas de causes extérieures comme une vitesse du vent trop élevée ou une erreur de réseau, l'éolienne est freinée en douceur. En cas de causes liées à la sécurité, un freinage d'urgence est mis en œuvre et le rotor est freiné le plus rapidement possible.

À partir des données de vent, la commande calcule des valeurs moyennes sur 3 secondes. De ces valeurs moyennes, on déduit des valeurs moyennes sur 30 secondes, et à nouveau des valeurs moyennes sur 10 minutes. Ces valeurs sont utilisées pour réguler l'éolienne. La moyenne sur 10 minutes de vitesse du vent est utilisée pour la commande, pour éviter qu'en raison de turbulences de vent, l'éolienne ne se mette trop fréquemment ou trop vite hors circuit. Pour éviter de brèves et fortes rafales, qui peuvent ne pas être prises en considération dans une moyenne, ne provoquent de dommages, la valeur moyenne sur 3 secondes est également consultée. Ainsi, l'éolienne s'arrête, si la valeur moyenne sur 10 minutes est supérieure à 20 m/s ou si la valeur moyenne sur 3 secondes est supérieure à 26 m/s. Un arrêt en cas de tempête est ainsi garanti.

#### IV.2.2. SECURITE DE L'INSTALLATION

*La description des différents systèmes de sécurité de l'installation sera effectuée au stade de l'analyse préliminaire des risques, dans la partie VII.6 de la présente étude de dangers. Seule une présentation des principaux éléments de sécurité sont présentés ci-après.*

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

La société NORDEX, fournissant les machines et en assurant la maintenance, est certifiée ISO 9 001. Le système de management de la qualité et tous les processus de production sont conformes à la norme ISO 9 001.

La conception générale des éoliennes fait l'objet de règles techniques strictes définies par des organismes externes qualifiés qui délivrent des certifications. Les principales normes prises en compte pour la résistance des éoliennes sont :

- IEC 61 400-1 (anciennement IEC 1 400-1) ;
- EN 1 991-1-3 (neige) et EN 1 991-1-1-4 (vent).

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'installations sont conformes aux spécifications NORDEX.

### b. Commande et système de sécurité

La commande de l'éolienne est assurée par le logiciel NORDEX Control 2, qui interroge et évalue en continu tous les capteurs raccordés et détermine, sur la base des résultats, les paramètres de commande de l'éolienne.

L'éolienne travaille avec deux instruments de mesure pour capter les données du vent. Un instrument est employé pour la commande et le deuxième surveille le premier. En cas de panne d'un instrument de mesure, l'autre contrôle l'éolienne.

Un écran de contrôle d'ordinateur du PC - que ce soit au sein de la centrale éolienne ou encore à distance - permet de surveiller et de contrôler toutes les données d'exploitation. Les fonctions telles que la mise en route, l'arrêt ou l'orientation peuvent être exécutées par ce biais.

En outre, l'éolienne est équipée d'un système de télésurveillance. La transmission des données et des signaux s'effectue par liaison RNIS et à l'aide du logiciel « *Internet Explorer* ».

La commande de l'éolienne est dotée d'un système d'alimentation sans coupure (ASC). En combinaison avec les batteries logées dans le système à pas, l'éolienne peut être arrêtée en toute sécurité en cas de coupure de réseau. L'ASC assure le fonctionnement de la commande de l'éolienne, y compris l'enregistrement des données et la communication avec l'extérieur pendant environ 10 minutes, jusqu'à la mise à l'arrêt de l'éolienne. On peut ainsi continuer à surveiller l'état de l'éolienne jusqu'à ce que celle-ci soit arrêtée, ainsi que transférer des données depuis la commande pour les analyser ultérieurement.

COMMANDE	
Type	Remote Field Controller/PLC-NORDEX Control 2
Démarrage automatique :	
- après coupure de réseau	Oui
- après coupure de réseau	Oui

#### **SYSTEME DE SECURITE CONTRE LE RISQUE DE SURVITESSE DE L'EOLIENNE**

Les vitesses sur l'arbre lent et l'arbre rapide sont mesurées en continu et connectées à une alarme en cas d'anomalie.

L'éolienne dispose de 4 niveaux de freinage distincts (cf. IV.1.2.b.) :

- freinage sans à coup (freinage aérodynamique) ;
- freinage critique niveau 1 (freinage aérodynamique) ;
- freinage critique niveau 2 (freinage aérodynamique + freinage mécanique) ;
- freinage d'urgence (freinage aérodynamique + freinage mécanique).

#### **SYSTEME DE SECURITE CONTRE LA Foudre**

Pour limiter le risque foudre, les éoliennes sont principalement élaborées en matériaux non combustibles et les normes constructrices pour les opérations de mise à la terre seront respectées.

Les éoliennes N100-R100 ont fait l'objet d'études prévoyant des systèmes de protection contre la foudre. Ces systèmes reposent sur le principe consistant à « *offrir au courant de foudre un chemin conducteur aussi*

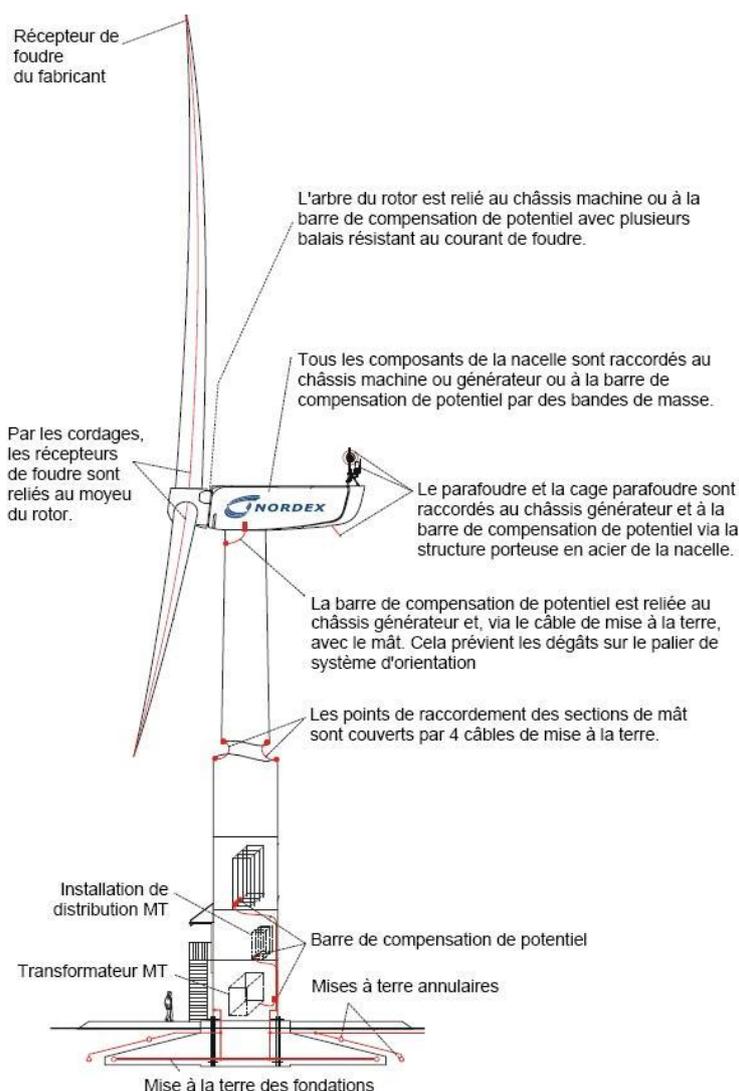
direct que possible entre le point d'impact et la terre, et y interconnecter tous les éléments métalliques voisins ». Ainsi, les pales sont équipées d'un système anti-foudre avec une électrode collectrice qui dévie la foudre vers le moyeu. Le courant de foudre est ensuite dévié de l'arbre du rotor vers le châssis machine mis à la terre à l'aide de plusieurs balais à charbon.

Des parafoudres sont montés sur le mât d'anémomètre de la nacelle. Ceux-ci sont raccordés à la structure porteuse métallique par l'appareil de levage installé dans la nacelle (« grue de bord »). Les capteurs de vent sont tous équipés en série d'une cage parafoudre mise à la terre.

Tous les composants de la nacelle tels le palier de rotor, la génératrice et le multiplicateur sont liés de manière conductrice à l'aide de bandes de masse fortement dimensionnées au châssis machine ou au châssis générateur. Sur le châssis générateur se trouve la barre de compensation de potentiel principale, raccordée pour conduire l'électricité avec le châssis du générateur.

La protection contre la foudre et les surtensions de toute l'installation correspond au concept de zones de protection contre la foudre et est conforme aux normes IEC 61 024/1, DIN VDE 0185 (DIN 57185, ENV 61 024 et IEC 61 312-1), DIN VDE 0185 partie 103 et DIN VDE 0100 partie 534.

Chaque éolienne dispose au niveau de ses fondations d'un dispositif de mise à la terre annulaire / compensation de potentiel selon la norme IEC 61 400-24.



Système de sécurité contre la foudre – Source : NORDEX

### **SYSTEME DE SECURITE POUR L'AVIATION**

L'arrêté du 13 novembre 2009 impose que les éoliennes soient repérables par les aéronefs.

Ainsi, les éoliennes dont la hauteur totale (en bout de pale) est inférieure à 150 mètres doivent être munies d'un dispositif de balisage disposé sur la nacelle.

Un système de balisage lumineux clignotant bicolore est disposé sur le plus haut point du toit de la nacelle. Le balisage diurne est blanc, le balisage nocturne est rouge.

L'alimentation électrique de ces dispositifs est assurée par les systèmes auxiliaires des éoliennes. En cas de perte d'alimentation, un système autonome peut assurer le balisage pour une durée minimum de 12 heures.

### **SYSTEME DE SECURITE CONTRE LE RISQUE INCENDIE**

Pour limiter le risque incendie, les éoliennes sont principalement élaborées en matériaux non combustibles. La majorité des composants de l'éolienne sont en métal. Les composants combustibles sont essentiellement :

- pales du rotor et cabine qui sont fabriqués en matière plastique renforcée de fibres de verre ;
- câbles et petites pièces électriques ;
- lubrifiants et huile hydraulique ;
- tuyaux et autres petites pièces en matière plastique ;
- accumulateurs.

Enfin, les techniciens de maintenance sont tenus de prendre toutes les mesures de prévention nécessaires pour prévenir les incendies. Les manuels opératoires contiennent des consignes à ce propos.

Par ailleurs, chaque éolienne compte 3 extincteurs portatifs : 1 en pied de mât (CO<sub>2</sub>), 1 au niveau de l'armoire électrique dite Bottom Box (poudre) et 1 dans la nacelle (poudre). De même, chaque poste de livraison est également équipé d'extincteurs portatifs.

### **SYSTEME DE SECURITE CONTRE LE RISQUE DE PROJECTION DE GLACE**

En cas de surcharge de givre, l'effet des vibrations engendrées par le déséquilibre de charge sur les pales peuvent arrêter automatiquement l'éolienne et nécessiter un redémarrage manuel (intervention sur place).

Les éoliennes NORDEX N100-2500 seront équipées de deux capteurs de vibration situés près de la génératrice. Ceux-ci disposent de deux fonctions :

- une mesure en continu des vibrations, analysées par un algorithme qui détecte les incohérences de vibration. En cas d'anomalie, les procédures de mise en sécurité peuvent être enclenchées ;
- le capteur dispose d'une valeur limite de vibration à ne pas dépasser. Son dépassement entraîne l'arrêt automatique de l'éolienne. Le capteur de vibration peut couvrir une plage allant de 0,2 à 5 Hz.

Une surveillance de la cohérence entre la puissance produite et la vitesse du vent sera effectuée. En cas d'anomalie, les procédures de mise en sécurité peuvent être déclenchées ;

### **SYSTEME DE SECURITE CONTRE LE RISQUE DE SUR OU SOUS-VOLTAGE**

En cas de problèmes apparaissant sur l'une ou l'autre des machines, il est prévu un découplage souple du réseau automatique de manière à ne pas perturber les réseaux électriques. Dès que les paramètres ont été ajustés, le redémarrage est automatique.

De plus, différents relais assurent une protection complémentaire pour les problèmes de sur ou sous-voltage y compris pour tous les appareils de contrôle. Une régulation de la fréquence du courant électrique est également assurée.

Le réseau 660 V et le réseau 400 V sont protégés par des éclateurs conformes à la norme EN 60 099-1. Les fusibles en amont vont de 50A à 250 A.

De nombreux équipements (génératrice, convertisseur...) possèdent des éclateurs-déchargeurs. Le niveau de protection est  $\leq 4$  kV.

L'alimentation réseau de l'armoire électrique a lieu via un commutateur de puissance. Le réseau de consommation propre est protégé à l'aide de contrôleurs de courant différentiel et de disjoncteur différentiels. Tous les modules électroniques et tous les autres appareils reliés possèdent une tension nominale de tenue aux ondes de choc d'au moins 1,5 kV. Le transfert de données (Interbus-S) entre l'armoire électrique dans le pied du mât et l'armoire électrique dans la nacelle a lieu par séparation galvanique via un conducteur à fibres optiques.

### **SYSTEME DE SECURITE CONTRE LE RISQUE DE FUITE DE LUBRIFIANT OU LIQUIDE DE REFROIDISSEMENT**

Les systèmes de refroidissement sont des systèmes indépendants dont la pression est contrôlée en permanence durant le fonctionnement. Une chute de pression est immédiatement indiquée par l'automate de gestion.

Une fuite sur un système de lubrification est empêchée à l'aide de systèmes d'étanchéité. L'engrenage d'orientation des pales qui est lubrifié est conçu avec une inclinaison telle qu'en cas de fuite, l'huile reste confinée dans le moyeu du rotor. Une fuite sur le multiplicateur est récupérée dans un bac situé sous le multiplicateur.

Une fuite sur le système hydraulique est récupérée dans un bac collecteur prévu à cet effet et fait l'objet d'un traitement ultérieur.

### **PROTECTION CONTRE LE RISQUE DE DEFAUTS DE STABILITE ET DE DEGRADATION DES EQUIPEMENTS**

Un contrôle technique est effectué durant la construction de l'éolienne pour limiter les risques de défauts de construction ;

Les techniciens de maintenance procèdent à une inspection visuelle des équipements dans le but de contrôler la stabilité ainsi que la dégradation de ces équipements.

### **SYSTEME DE SECURITE CONTRE LE RISQUE D'ECHAUFFEMENT DES PIECES MECANIQUES**

Des alarmes sont installées à proximité des pièces mécaniques susceptibles de subir un échauffement.

### c. Conditions d'arrêt de l'éolienne

Chaque éolienne dispose de sept coups-de-poing d'arrêts d'urgence judicieusement répartis entre la tour, la nacelle et le rotor. Ils sont situés :

- à l'avant et à l'arrière de l'armoire électrique dans le pied du mât ;
- à proximité de la trappe située à l'arrière de la nacelle (trappe permettant l'utilisation de l'appareil de levage installé dans la nacelle) ;
- sur le terminal de commande mobile de l'armoire électrique de contrôle dans la nacelle ;
- sur la face avant des armoires électriques situées dans la nacelle ;
- à l'entrée de la nacelle.

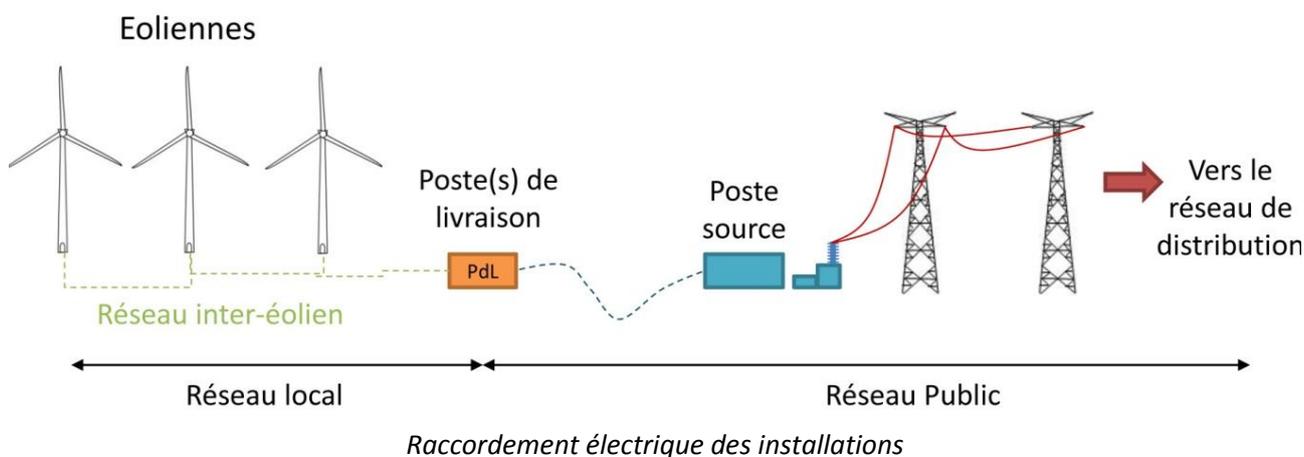
Ces arrêts d'urgence ont pour conséquence l'arrêt de tous les organes mobiles tels que les engrenages de transmissions, les pompes, etc. Les alimentations électriques des circuits 230V, 400V et 690V sont coupées, excepté celles servant aux systèmes de contrôle.

L'éolienne peut aussi s'arrêter lorsque l'un des équipements de surveillance se déclenche. Il peut s'agir de la vitesse du vent lorsque celle-ci est trop importante, c'est-à-dire supérieure à environ 20 m/s (tempête). L'éolienne est aussi arrêtée si la génératrice chauffe ou est en panne, s'il y a des problèmes de vibration, quand le réseau électrique est de mauvaise qualité (tension min/max, fréquence min/max) ou en cas de chute de pression dans le système hydraulique.

En cas de coupure de réseau, l'installation est dotée d'un système d'alimentation sans coupure (ASC). L'éolienne peut être arrêtée en toute sécurité en seulement une à deux minutes grâce aux batteries d'accumulateurs logées dans le système à pas variable. L'enregistrement des données et la communication avec l'extérieur sont assurés pendant environ 10 minutes.

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

### IV.3.1. RACCORDEMENT ELECTRIQUE



### **RESEAU INTER-EOLIEN**

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, ils sont tous enfouis à une profondeur minimale de 80 cm.

Pour chaque câble, des gaines blindées seront utilisées pour assurer la protection et réduire le niveau de rayonnement électromagnétique.

L'itinéraire de ces câbles empruntera principalement les routes ainsi que les parcelles où seront implantées les éoliennes.

### **POSTE DE LIVRAISON**

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

Dans le cadre du projet de parc du Vilpion, deux postes de livraison seront nécessaires.

Les structures correspondent à des cabines préfabriquées d'environ 15 m<sup>2</sup> intégrant les différentes cellules de protection électrique, ainsi que les équipements de comptage énergétique, de contrôle et de surveillance de la qualité de l'énergie réinjectée dans le réseau de distribution publique.

Ces cabines préfabriquées reposeront sur une dalle béton coulée sur un lit de sable et dans laquelle seront intégrés les fourreaux pour le passage des câbles.

### **RESEAU ELECTRIQUE EXTERNE**

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

#### **IV.3.2. AUTRES RESEAUX**

Le parc éolien du Vilpion 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.

## **IV.4. EXPLOITATION ET MAINTENANCE DE L'INSTALLATION**

### **IV.4.1. 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 (API).

Pour cela, les installations NORDEX sont équipées d'un système SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) qui permet le pilotage à distance à partir des informations fournies par les capteurs. Les parcs éoliens sont ainsi reliés à des centres de télésurveillance permettant le diagnostic et l'analyse de leur

performance en permanence, ainsi que certaines actions à distance. Ce dispositif assure la transmission de l'alerte en temps réel en cas de panne ou de simple dysfonctionnement.

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 liés à des déclenchements de capteurs de sécurité (déclenchement 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 acquitter 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, 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.

#### IV.4.2. MAINTENANCE DES AEROGENERATEURS

La maintenance des éoliennes sera assurée par le constructeur NORDEX qui, dans le cadre d'un contrat global de performances, garantie 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 Verneuil-sur-Serre (02), 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'Aisne. En cas de déviance sur la production ou d'avaries techniques, une équipe de maintenance interviendra sur le site.

Eu 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.4.3. GESTION DES DECHETS**

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 Vilpion.

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.

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

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

### V.1. IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS

#### V.1.1. 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 Vilpion 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 N100-2500 sont les suivants :

LIEU DE LUBRIFICATION	DESIGNATION	LUBRIFIANT	QUANTITE	CLASSE DE MATIERE DANGEREUSE
Système de refroidissement - Génératrice, - Convertisseur	Varidos FSK 45 Intercool LCE - 50	Liquide de refroidissement	env. 70 L env. 40 L	Xn
Roulements de la génératrice	Klüberplex BEM 41-132	Graisse	env. 9,4 kg	-
Multiplicateurs, circuits de refroidissement inclus	Mobilgear XMP 320 Pour CCV : Optigear Synthetic A320Optigear Synthetic X320Mobilgear SHC XMP 320	Huile minérale Huile synthétique	455 L 550/650 L	-
Système Hydraulique	Shell Tellus S4 VX 32	Huile minérale	env. 25 L	-
Palier de rotor	Mobil SHC Graisse 460 WT	Graisse	env. 30 kg	-
Roulement d'orientation de	Mobil SHC Graisse 460 WT	Graisse	3 x 4,9 kg	-

LIEU DE LUBRIFICATION	DESIGNATION	LUBRIFIANT	QUANTITE	CLASSE DE MATIERE DANGEREUSE
pale -Voie de roulement				
« Engrenage »	Ceplattyn BL gleitmo 585 K pour CCV	Graisse Graisse	env. 0,5 kg	-
Engrenage d'orientation de pale	Mobil SHC 629	Huile synthétique	3 x 11 L	-
Engrenage de système d'orientation	Mobil SHC 629	Huile synthétique	3/4 x 21 L	-
Roulements de système d'orientation -Voie de roulement	Mobil SHC Graisse 460 WT	Graisse	3,8 kg	-
« Engrenage »	Ceplattyn BL gleitmo 585 K pour CCV	Graisse Graisse	env. 0,5 kg	-

Ces produits, utilisés dans de faibles quantités en circuit fermé, ont une toxicité limitée. De ce fait, 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 ne sera stocké dans les aérogénérateurs ou le poste 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.1.2. POTENTIELS DE DANGERS LIES AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

Les dangers liés au fonctionnement du parc éolien du Vilpion 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

INSTALLATION OU SYSTEME	FONCTION	PHENOMENE REDOUTE	DANGER POTENTIEL
<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

## V.2. REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS A LA SOURCE

### V.2.1. 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.

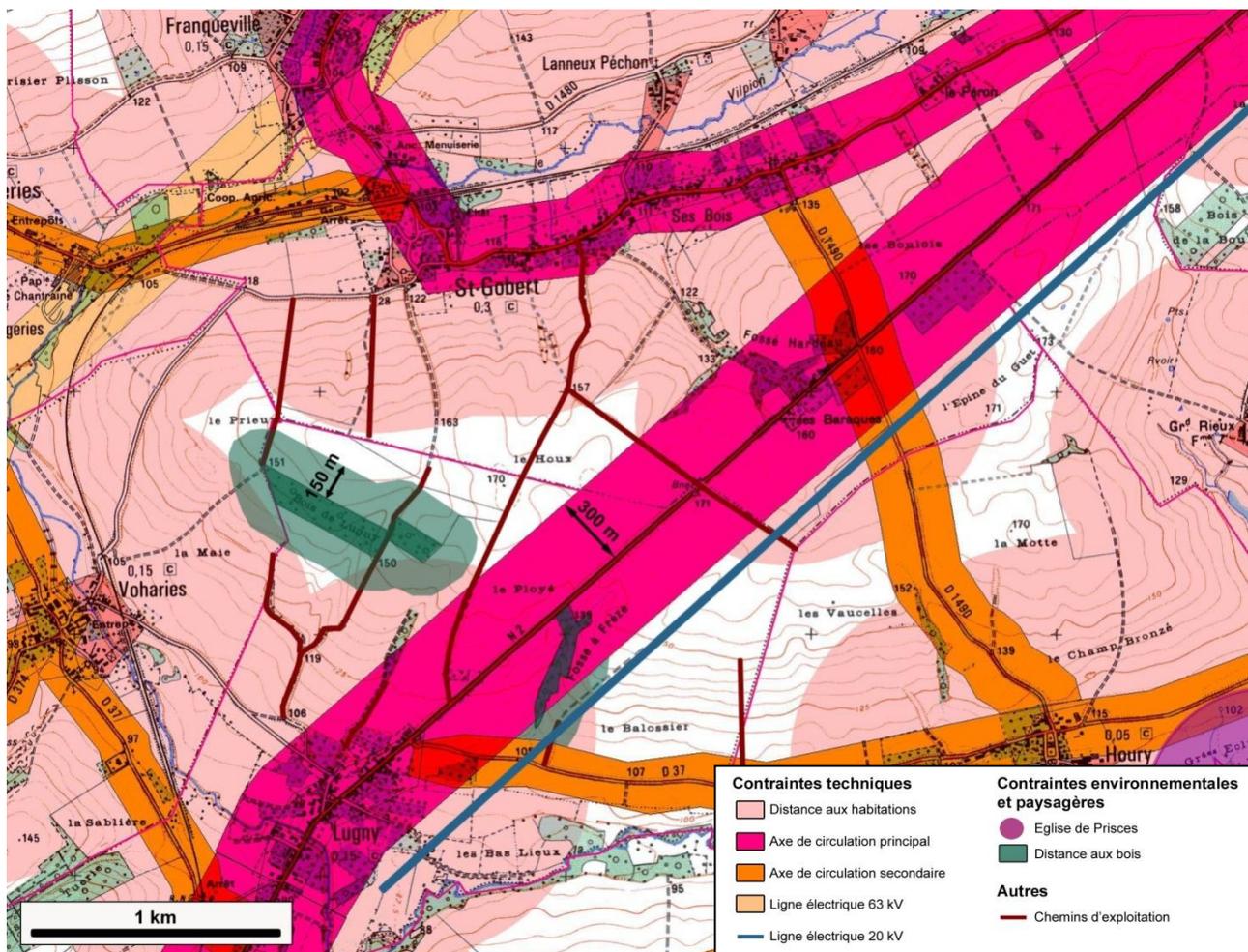
La gravité de cet évènement étant minimale, il ne sera pas étudié plus en détail dans la suite de l'analyse de risque.

### V.2.2. REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS LIES AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

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 aérogénérateurs à une distance sécuritaire minimale de :

- 150 mètres de part et d'autre des axes de circulation de type route départementale ;
- 300 mètres de part et d'autre des axes de circulation principaux dont la fréquentation dépasse 5 000 véhicules par jour en moyenne, comme la route nationale N2 ;
- 650 mètres vis-à-vis des premières habitations et 580 mètres d'un bâtiment accueillant une association (distance supérieure au 500 mètres réglementaires) ;
- 150 mètres des bois et bosquet dont le bois de Lugny.

Par ailleurs, il est rappelé ici qu'une ligne aérienne Moyenne Tension (20 kV) traverse la zone d'étude et que dans le cadre du présent projet éolien du Vilpion, il a été prévu d'enterrer cette ligne électrique sur les tronçons les plus proches afin de supprimer les éventuels impacts et également de faciliter le passage des convois sur le chemin rural.



Délimitation de la zone d’implantation en fonction des contraintes techniques et environnementales/paysagères – *Source : NORDEX*

Enfin, le choix des aérogénérateurs a été orienté de manière à maximiser les performances tout en respectant les contraintes sécuritaires : certification des aérogénérateurs ; système de freinage performant (freins aérodynamiques indépendants, freinage d’urgence,...) ; système de protection contre la foudre (protection parafoudre sur la nacelle, parasustenseurs,...) ; système de détection de givre/glace ; système de surveillance des principaux paramètres (vitesse du rotor, températures, charges, vibrations,...).

Ainsi, l’ensemble de ces considérations ont permis de réduire à la source les potentiels dangers liés au fonctionnement de l’installation. Par ailleurs, il est rappelé que les aérogénérateurs sélectionnés (NORDEX N100/2500) sont équipés, en série, de systèmes de sécurité (cf. IV.2.2.) qui contribuent également à réduire à la source les potentiels dangers liés au fonctionnement de l’installation.

**V.2.3. 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.

Les dangers des équipements sont principalement dus au caractère mobile de ceux-ci (pièces en rotation) et à leur situation (à plusieurs dizaines de mètres au dessus du sol). Ceci peut entraîner des chutes ou projection de pièces au sol.

Un autre danger est lié à la présence d'installations électriques avec des tensions élevées (jusqu'à 20 000 volts), dont le dysfonctionnement peut être à l'origine d'incendies.

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

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

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

Ces évolutions se poursuivent toujours afin d'améliorer la sécurité (recherche de systèmes de détection de givre sur les pales et de systèmes de dégivrage, mise en place de systèmes d'extinction incendie...).

## VI. ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE

*L'objectif de ce chapitre de l'étude de dangers est de rappeler les différents incidents et accidents qui sont survenus dans la filière éolienne, afin d'en faire une synthèse en vue de l'analyse des risques pour l'installation projetée et d'en tirer des enseignements pour une meilleure maîtrise du risque dans les parcs éoliens.*

### 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 Vilpion. Cet inventaire se base sur le retour d'expérience de la filière éolienne tel que présenté dans le guide technique de conduite de l'étude de dangers (mars 2012).

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

- rapport du Conseil Général des Mines (juillet 2004) ;
- base de données ARIA du Ministère du Développement Durable ;
- communiqués de presse du SER-FEE et/ou des exploitants éoliens ;
- site Internet de l'association « *Vent de Colère* » ;
- site Internet de l'association « *Fédération Environnement Durable* » ;
- articles de presse divers ;
- données diverses fournies par les exploitants de parcs éoliens en France.

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

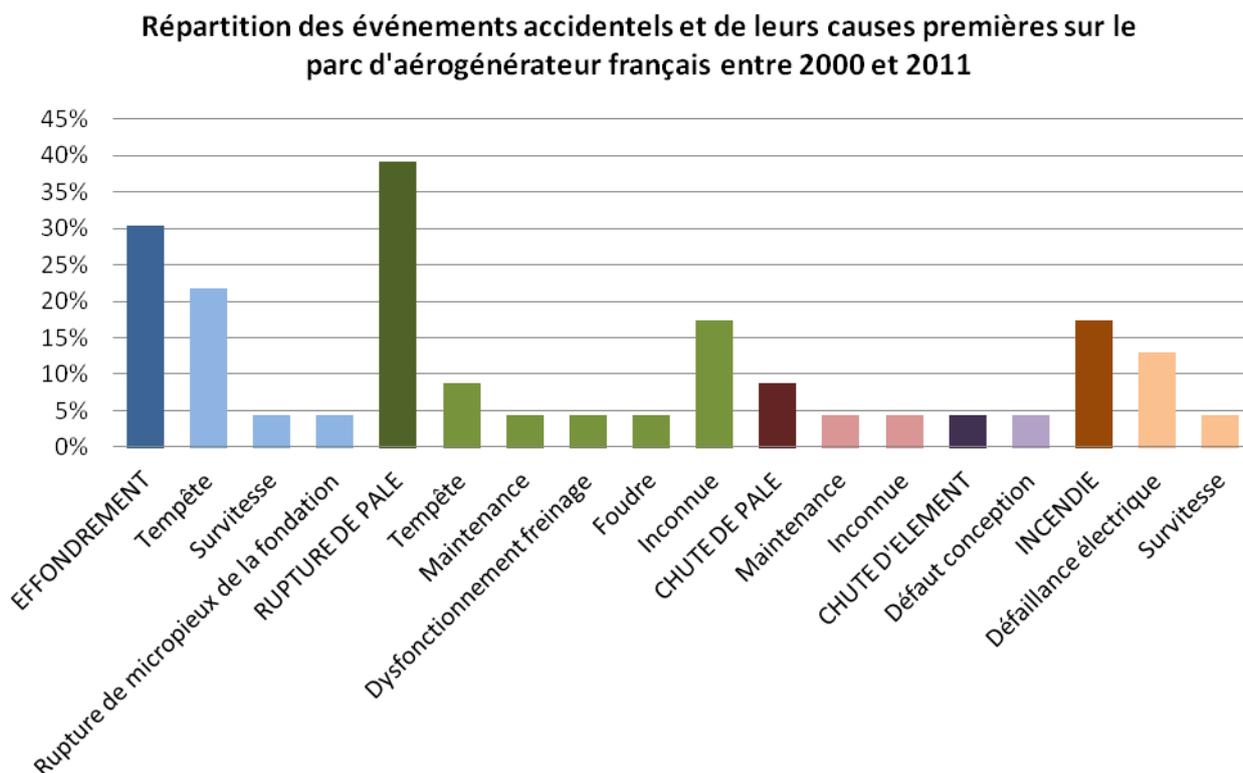
Dans l'état actuel, la base de données élaborée par le groupe de travail de SER/FEE ayant élaboré le guide technique d'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens apparaît comme représentative des incidents majeurs ayant affecté le parc éolien français depuis l'année 2000. L'ensemble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

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

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

Dans ce graphique sont présentés :

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



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.

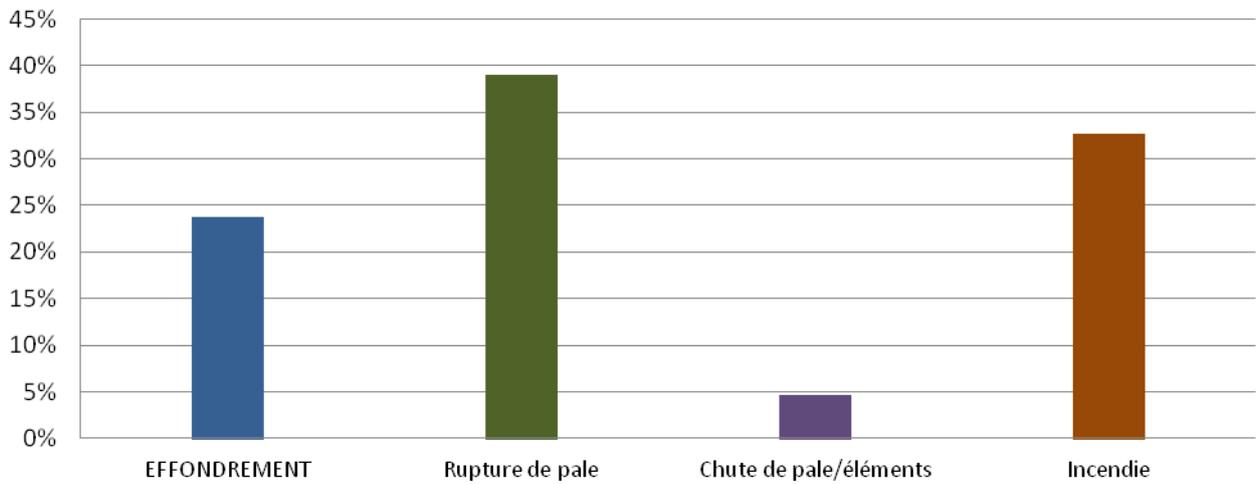
## VI.2. INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS A L'INTERNATIONAL

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.

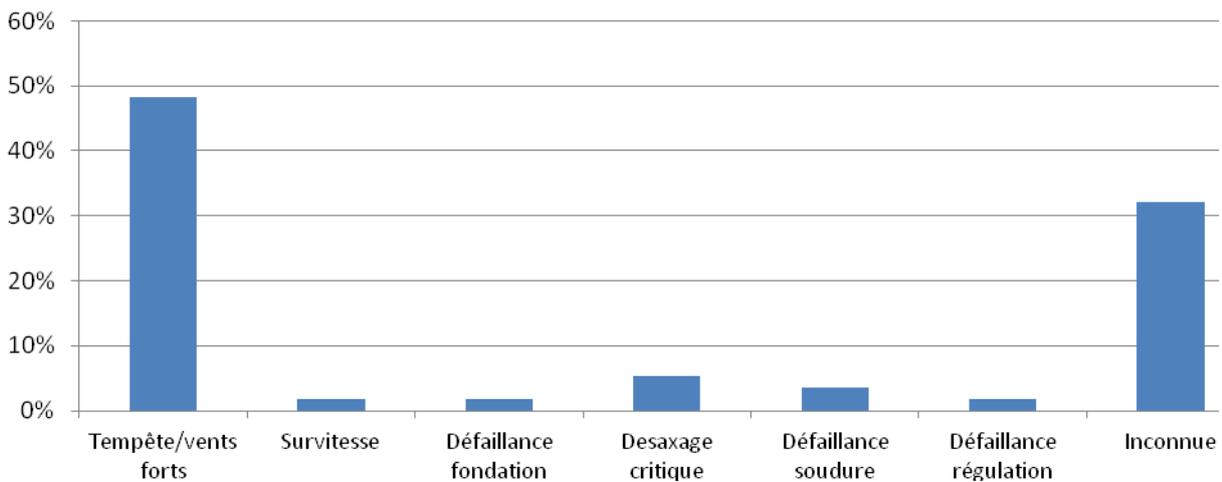
Le graphique page suivante montre la répartition des événements accidentels par rapport à la totalité des accidents analysés.

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

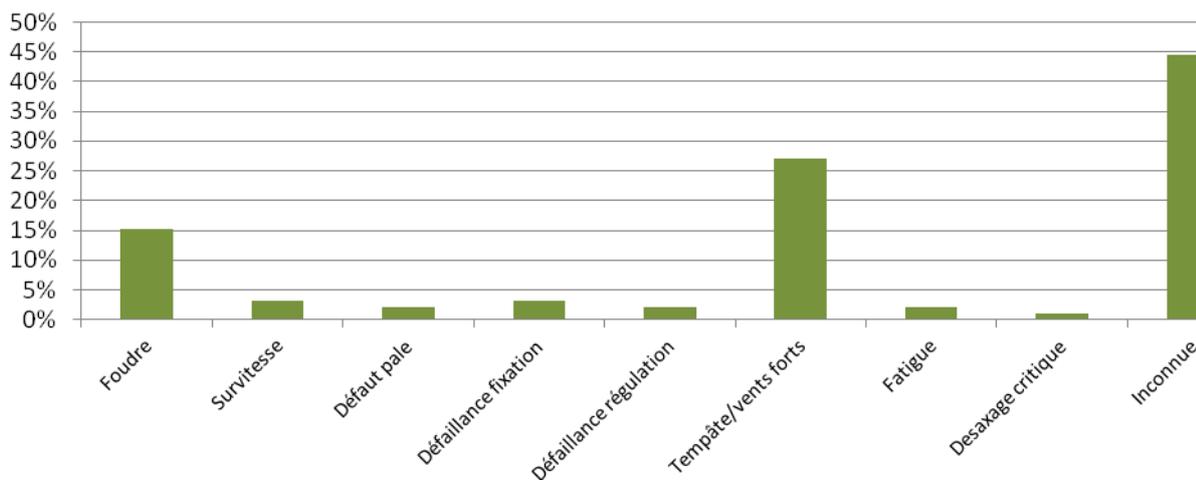


Ci-après, est présenté le recensement des causes premières pour chacun des événements accidentels recensés (données en répartition par rapport à la totalité des accidents analysés).

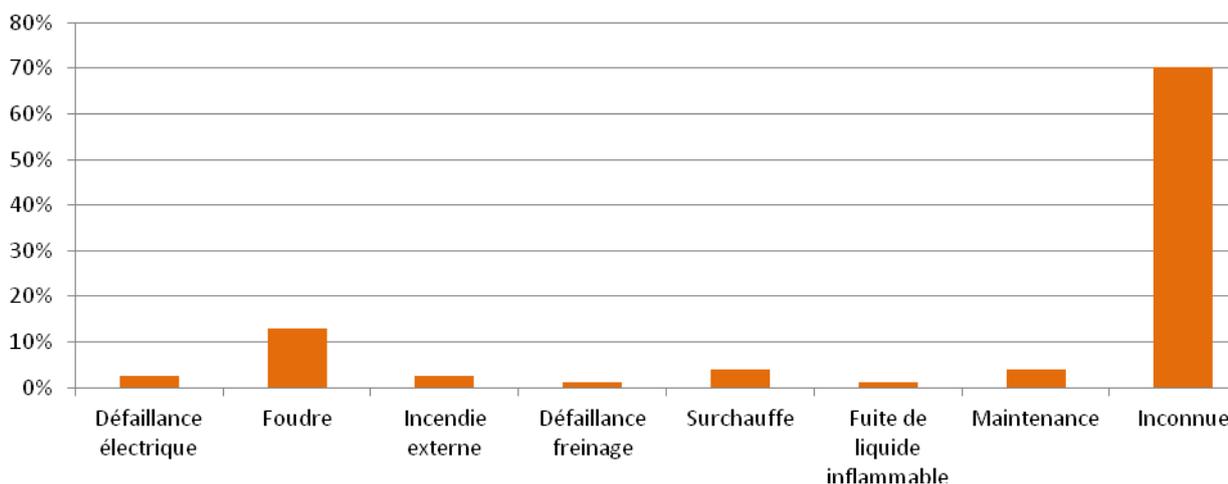
### Répartition des causes premières d'effondrement



## 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.

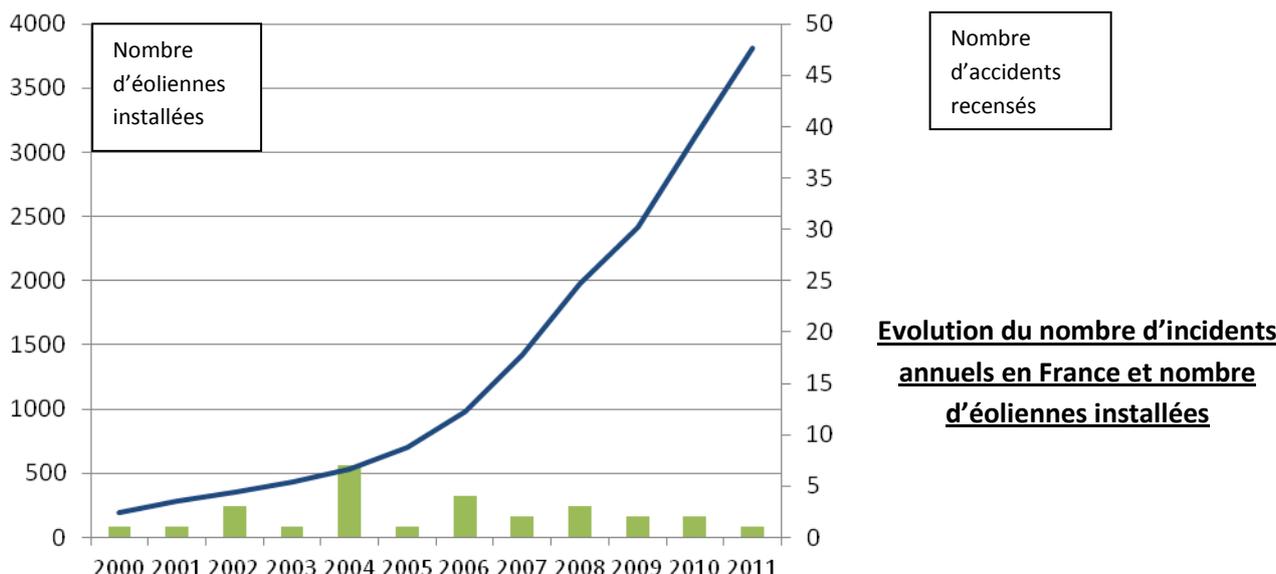
### VI.3. SYNTHÈSE DES PHÉNOMÈNES DANGEREUX REDOUTES ISSUS DU RETOUR D'EXPÉRIENCE

#### 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.



### 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

*L'objectif de cette partie est de guider le lecteur dans l'analyse de risque. Les outils d'analyse des risques sont nombreux (ex : AMDEC, APR, HAZOP, etc.). Dans le cadre de cette étude de dangers, la méthode APR a été utilisée car elle se révèle être la plus adaptée au contexte éolien.*

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

L'analyse des risques a pour objectif principal d'identifier les scénarios d'accidents 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'accidents 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 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. AGRESSION EXTERNES LIEES AUX ACTIVITES HUMAINES

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

INFRASTRUCTURE	FONCTION	EVENEMENT REDOUTE	DANGER POTENTIEL	PERIMETRE CONSIDERE	DISTANCE PAR RAPPORT AU MAT DES EOLIENNES					
					E1	E2	E3	E4	E5	E6
Voies de circulation structurantes	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d’un ou plusieurs véhicules	Energie cinétique des véhicules et flux thermiques	200 mètres	Aucune voie de circulation structurante n’est présente dans un rayon de 200 mètres des éoliennes projetées					
Ligne THT	Transport d’électricité	Rupture de câble	Arc électrique, surtensions	200 mètres	Aucune ligne THT n’est présente dans un rayon de 200 mètres des éoliennes projetées.					
Autres aérogénérateurs (autres que le parc projeté)	Production d’électricité	Accident générant des projections d’éléments	Energie cinétique des éléments projetés	500 mètres	Aucun aérogénérateur (autres que le parc projeté) n’est présent dans un rayon de 500 mètres.					
Aérodrome	Transport aérien	Chute d’aéronef	Energie cinétique de l’aéronef, flux thermique	2 000 mètres	Aucun aérodrome n’est présent dans un rayon de 2 000 mètres des éoliennes projetées.					

Dans le cadre du parc éolien du Vilpion, aucune source d’agression externe liée aux activités humaines n’est recensée.

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

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

AGRESSION EXTERNE	INTENSITE
Tempête	nc (aucun évènement similaire recensé sur le territoire)
Foudre	nc (seuil inférieur à la moyenne nationale)
Glissements de sols/affaissement miniers	nc (aucun évènement similaire recensé sur le territoire)

*nc : non concerné*

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 (cf. VII.6.).

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 page suivante 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'effet 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).

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

Des précisions sur les différents scénarios décrits dans ce tableau sont disponibles en annexe 3.

N°	EVENEMENT INITIATEUR	EVENEMENT INTERMEDIAIRE	EVENEMENT REDOUTE CENTRAL	FONCTION DE SECURITE	PHENOMENE DANGEREUX	INTENSITE
G01	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales, le mât et la nacelle	Chute de glace lorsque les éoliennes sont arrêtées	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace (N°2)	Impact de glace sur les enjeux	1
G02	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales	Projection de glace lorsque les éoliennes sont en mouvement	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de la glace (N°1)	Impact de glace sur les enjeux	2
I01	Humidité / Gel	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (N°5)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I02	Dysfonctionnement électrique	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (N°5)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I03	Survitesse	Echauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3) Prévenir la survitesse (N°4)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I04	Désaxage de la génératrice / Pièce défectueuse / Défaut de lubrification	Echauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I05	Conditions climatiques humides	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2
I06	Rongeur	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2
I07	Défaut d'étanchéité	Perte de confinement	Fuites d'huile isolante	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Incendie au poste de transformation Propagation de l'incendie	2
F01	Fuite système de lubrification Fuite convertisseur Fuite transformateur	Ecoulement hors de la nacelle et le long du mât, puis sur le sol avec infiltration	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
F02	Renversement de fluides lors des opérations de maintenance	Ecoulement	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
C01	Défaut de fixation	Chute de trappe	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Impact sur cible	1
C02	Défaillance fixation anémomètre	Chute anémomètre	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage	Impact sur cible	1

N°	EVENEMENT INITIATEUR	EVENEMENT INTERMEDIAIRE	EVENEMENT REDOUTE CENTRAL	FONCTION DE SECURITE	PHENOMENE DANGEREUX	INTENSITE
				(construction/exploitation) (N° 9)		
<b>C03</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 Corrosion	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) Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°12 et N°13)	Impact sur cible	2
<b>P03</b>	Serrage inapproprié Erreur maintenance – desserrage	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction/exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	2
<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	Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	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) Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort (N°11)	Projection/chute fragments et chute mât	2
<b>E09</b>	Fatigue	Défaillance mât	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>E10</b>	Désaxage critique du rotor	Impact pale – mât	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction/exploitation) (N°9) Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Projection/chute fragments et chute mât	2

## 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.

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

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

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

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

FONCTION DE SECURITE	PREVENIR LA MISE EN MOUVEMENT DE L'ÉOLIENNE LORS DE LA FORMATION DE GLACE	N° DE LA FONCTION DE SECURITE	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 « survitesse » 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 azimuth 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 conclue 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>		

FONCTION DE SECURITE	PREVENIR LA MISE EN MOUVEMENT DE L'ÉOLIENNE LORS DE LA FORMATION DE GLACE	N° DE LA FONCTION DE SECURITE	1
<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>	Quelques minutes (<60 min.) conformément à l'article 25 de l'arrêté du 26 août 2011		
<b>Efficacité</b>	100 %		
<b>Tests</b>	Tests menés par le concepteur au moment de la construction de l'éolienne		
<b>Maintenance</b>	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement		

FONCTION DE SECURITE	PREVENIR L'ATTEINTE DES PERSONNES PAR LA CHUTE DE GLACE	N° DE LA FONCTION DE SECURITE	2
<b>Mesures de sécurité</b>	Panneautage en pied de machine. Eloignement des zones habitées et fréquentées.		
<b>Description</b>	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).		
<b>Indépendance</b>	Oui.		
<b>Temps de réponse</b>	NA.		
<b>Efficacité</b>	100 %. Nous considérerons que compte tenu de l'implantation des panneaux et de l'entretien prévu, l'information des promeneurs sera systématique.		
<b>Tests</b>	NA.		
<b>Maintenance</b>	Vérification de l'état général du panneau, de l'absence de détérioration, entretien de la végétation afin que le panneau reste visible.		

FONCTION DE SECURITE	PREVENIR L'ÉCHAUFFEMENT SIGNIFICATIF DES PIÈCES MÉCANIQUES	N° DE LA FONCTION DE SECURITE	3
<b>Mesures de sécurité</b>	Capteurs de température des pièces mécaniques. Définition de seuils critiques de température pour chaque type de composant avec alarmes. Mise à l'arrêt ou bridage jusqu'à refroidissement.		
<b>Description</b>	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. En cas de dépassement de seuils (caractéristiques sur chaque type d'aérogénérateur, type de composant et prédéfinis), 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. 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.		
<b>Indépendance</b>	Oui.		
<b>Temps de réponse</b>	NA.		
<b>Efficacité</b>	100 %		
<b>Tests</b>	Vérification à chaque maintenance de la cohérence des valeurs des capteurs dédiés.		
<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. Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

FONCTION DE SECURITE	PREVENIR LA SURVITESSE	N° DE LA FONCTION DE SECURITE	4
<b>Mesures de sécurité</b>	Détection de survitesse et système de freinage.		
<b>Description</b>	<p>Systemes 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>	<p>Temps de détection &lt; 1 minute</p> <p>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.</p>		
<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>	<p>Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 (notamment de l'usure du frein et de pression du circuit de freinage d'urgence.)</p> <p>Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.</p>		

FONCTION DE SECURITE	PREVENIR LES COURTS-CIRCUITS	N° DE LA FONCTION DE SECURITE	5
<b>Mesures de sécurité</b>	Coupure de la transmission électrique en cas de fonctionnement anormal d'un composant électrique.		
<b>Description</b>	<p>Les organes et armoires électriques de l'éolienne sont équipés d'organes de coupures et de protection adéquats et correctement dimensionnés.</p> <p>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.</p> <p>Des vérifications de tous les composants électriques ainsi que des mesures d'isolement, serrage des câbles sont intégrés dans les procédures de maintenance préventive mises en œuvre.</p>		
<b>Indépendance</b>	Oui.		
<b>Temps de réponse</b>	De l'ordre de la seconde.		
<b>Efficacité</b>	100 %		
<b>Tests</b>	/		
<b>Maintenance</b>	<p>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.</p> <p>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.</p>		

FONCTION DE SECURITE	PREVENIR LES EFFETS DE LA Foudre	N° DE LA FONCTION DE SECURITE	6
<b>Mesures de sécurité</b>	Mise à la terre et protection des éléments de l'aérogénérateur.		
<b>Description</b>	<p>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.</p> <p>Des parasurtenseurs sont présents sur les circuits électriques BT.</p> <p>La valeur de mise à la terre est contrôlée avant la mise en service.</p>		
<b>Indépendance</b>	Oui.		
<b>Temps de réponse</b>	Immédiat dispositif passif.		
<b>Efficacité</b>	100 %		
<b>Tests</b>	/		
<b>Maintenance</b>	Contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre inclus dans les opérations de maintenance, conformément à l'article 9 de l'arrêté du 26 août 2011.		

FONCTION DE SECURITE	PROTECTION ET INTERVENTION INCENDIE	N° DE LA FONCTION DE SECURITE	7
<b>Mesures de sécurité</b>	<p>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</p> <p>Système de détection incendie relié à une alarme transmise à un poste de contrôle.</p> <p>Intervention des services de secours.</p>		
<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</li> </ul>		

FONCTION DE SECURITE	PROTECTION ET INTERVENTION INCENDIE	N° DE LA FONCTION DE SECURITE	7
	<p>condamné, en pied de tour ;</p> <ul style="list-style-type: none"> <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 peut lui permettre 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.</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>	/		
<b>Maintenance</b>	<p>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.</p> <p>Le matériel incendie (type extincteurs) est contrôlé périodiquement par le fabricant du matériel ou un organisme extérieur.</p> <p>Maintenance curative suite à une défaillance du matériel.</p>		
FONCTION DE SECURITE	PREVENTION ET RETENTION DES FUITES	N° DE LA FONCTION DE SECURITE	8
<b>Mesures de sécurité</b>	<p>Détecteurs de niveau d'huiles.</p> <p>Système de rétention.</p> <p>Procédure d'urgence.</p>		

FONCTION DE SECURITE	PREVENTION ET RETENTION DES FUITES	N° DE LA FONCTION DE SECURITE	8
	Kit antipollution.		
<b>Description</b>	<p>Le groupe hydraulique et le multiplicateur entre autres sont équipés de capteurs de pression et de niveau de fluide, reliés au système de contrôle de la machine et au SCADA.</p> <p>En cas de phénomène anormal, des alertes sont ainsi émises et des vérifications par des équipes de maintenance peuvent être engagées.</p> <p>Des vérifications des niveaux sont également partie intégrante des opérations de maintenance préventive.</p> <p>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.</p> <p>En cas malgré tout de fuite vers l'environnement extérieur, des mesures de nettoyage de l'éolienne et de dépollution des sols seraient engagées.</p> <p>Chaque camion de technicien de maintenance est équipé de kit de dépollution d'urgence, composés de grandes feuilles de textile absorbant qui pourront être utilisés afin :</p> <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> </ul> <p>de récupérer les déchets absorbés.</p> <p>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.</p>		
<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 SECURITE	PREVENIR LES DEFAUTS DE STABILITE DE L'EOLIENNE ET LES DEFAUTS D'ASSEMBLAGE (CONSTRUCTION – EXPLOITATION)	N° DE LA FONCTION DE SECURITE	9
<b>Mesures de sécurité</b>	<p>Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints, etc.).</p> <p>Procédures qualités.</p> <p>Attestation du contrôle technique (procédure permis de construire)</p>		
<b>Description</b>	<p>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.</p> <p>Ainsi la nacelle, le nez, les fondations et la tour répondent au standard IEC 61 400-1. Les pales respectent le standard IEC 61 400-1 ; 12 ; 23.</p> <p>Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223.</p> <p>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.</p>		
<b>Indépendance</b>	Oui.		
<b>Temps de réponse</b>	NA.		

FONCTION DE SECURITE	PREVENIR LES DEFAUTS DE STABILITE DE L'EOLIENNE ET LES DEFAUTS D'ASSEMBLAGE (CONSTRUCTION – EXPLOITATION)	N° DE LA FONCTION DE SECURITE	9
<b>Efficacité</b>	100 %		
<b>Tests</b>	NA.		
<b>Maintenance</b>	Les couples de serrage (brides sur les diverses sections de la tour, bride de raccordement des pales au moyeu, bride de raccordement du moyeu à l'arbre lent, éléments du châssis, éléments du pitch system, couronne du Yam Gear, boulons de fixation de la nacelle...) sont vérifiés au bout de 3 mois de fonctionnement puis tous les 3 ans, conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011.		

FONCTION DE SECURITE	PREVENIR LES ERREURS DE MAINTENANCE	N° DE LA FONCTION DE SECURITE	10
<b>Mesures de sécurité</b>	Procédure maintenance.		
<b>Description</b>	Préconisations du manuel de maintenance. Formation du personnel.		
<b>Indépendance</b>	Oui.		
<b>Temps de réponse</b>	NA.		
<b>Efficacité</b>	100 %		
<b>Tests</b>	/		
<b>Maintenance</b>	NA		

FONCTION DE SECURITE	PREVENIR LES RISQUES DE DEGRADATION DE L'EOLIENNE EN CAS DE VENT FORT	N° DE LA FONCTION DE SECURITE	11
<b>Mesures de sécurité</b>	Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents. Détection et prévention des vents forts et tempêtes Arrêt automatique et diminution de la prise au vent de l'éolienne (mise en drapeau progressive des pâles) par le système de conduite		
<b>Description</b>	L'éolienne est mise à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale pour laquelle elle a été conçue.		
<b>Indépendance</b>	Oui		
<b>Temps de réponse</b>	< 1 min		
<b>Efficacité</b>	100 %. NB : En fonction de l'intensité attendue des vents, d'autres dispositifs de diminution de la prise au vent de l'éolienne peuvent être envisagés.		
<b>Tests</b>	Un test d'arrêt de survitesse est réalisé avant la mise en service de l'éolienne.		
<b>Maintenance</b>	La procédure de maintenance inclue les tests d'arrêt de survitesse.		

FONCTION DE SECURITE	PREVENIR LA DEGRADATION DE L'ETAT DES EQUIPEMENTS (1/2)	N° DE LA FONCTION DE SECURITE	12
<b>Mesures de sécurité</b>	Inspection.		
<b>Description</b>	Toutes les pièces de l'éolienne sont protégées contre la corrosion et les autres influences néfastes de l'environnement au moyen d'un revêtement spécial à plusieurs couches.		
<b>Indépendance</b>	Oui.		
<b>Temps de réponse</b>	NA.		
<b>Efficacité</b>	100 %		
<b>Tests</b>	/		
<b>Maintenance</b>	Des contrôles visuels sont prévus lors de toutes les maintenances préventives, suivant les préconisations du manuel de maintenance.		

FONCTION DE SECURITE	PREVENIR LA DEGRADATION DE L'ETAT DES EQUIPEMENTS (2/2)	N° DE LA FONCTION DE SECURITE	13
<b>Mesures de sécurité</b>	Inspection.		
<b>Description</b>	Des fonctions d'alarme sont intégrées en cas de dégradation anormale des performances aérodynamique de l'éolienne (ce qui peut être causé par une dégradation des pales).		
<b>Indépendance</b>	Oui.		
<b>Temps de réponse</b>	NA.		
<b>Efficacité</b>	100 %		
<b>Tests</b>	/		
<b>Maintenance</b>	Des contrôles visuels sont prévus lors de toutes les maintenances préventives, suivant les préconisations du manuel de maintenance.		

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 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.

## 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 SCENARIO EXCLU	JUSTIFICATION
<b>Incendie de l'éolienne (effets thermiques)</b>	En cas d'incendie de nacelle, et en raison de la hauteur des nacelles, les effets thermiques ressentis au sol seront mineurs. Par exemple, dans le cas d'un incendie de nacelle située à 50 mètres de hauteur, la valeur seuil de 3 kW/m <sup>2</sup> n'est pas atteinte. Dans le cas d'un incendie au niveau du mât les effets sont également mineurs et l'arrêté du 26 Août 2011 encadre déjà largement la sécurité des installations. Ces effets ne sont donc pas étudiés dans l'étude détaillée des risques. Néanmoins il peut être redouté que des chutes d'éléments (ou des projections) interviennent lors d'un incendie. Ces effets sont étudiés avec les projections et les chutes d'éléments.
<b>Incendie du poste de livraison ou du transformateur</b>	En cas d'incendie de ces éléments, les effets ressentis à l'extérieur des bâtiments (poste de livraison) seront mineurs ou inexistant du fait notamment de la structure en béton. De plus, la réglementation encadre déjà largement la sécurité de ces installations (l'arrêté du 26 août 2011 [9] et impose le respect des normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200)
<b>Chute et projection de glace dans les cas particuliers où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0°C</b>	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. Des éléments de preuves doivent être apportés pour identifier les implantations où de telles conditions climatiques sont applicables.

NOM DU SCENARIO EXCLU	JUSTIFICATION
<b>Infiltration d'huile dans le sol</b>	<p>En cas d'infiltration d'huiles dans le sol, les volumes de substances libérées dans le sol restent mineurs.</p> <p>Ce scénario peut ne pas être détaillé dans le chapitre de l'étude détaillée des risques sauf en cas d'implantation dans un périmètre de protection rapprochée d'une nappe phréatique.</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'effet 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.

INTENSITE	DEGRE 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.

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

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 149,9 mètres dans le cas des éoliennes du Vilpion.

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.

#### INTENSITE

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

La zone d'impact est calculée à partir de la formule suivante :  $((H) \times L) + (3 \times R \times (LB/2))$  avec R la longueur de la pale, H la hauteur du mât, L la largeur du mât et LB la largeur à la base de la pale.

Le tableau suivant permet d'évaluer l'intensité du phénomène d'effondrement de l'éolienne.

EFFONDREMENT DE L'EOLIENNE (DANS UN RAYON INFÉRIEUR OU ÉGAL À LA HAUTEUR TOTALE DE L'EOLIENNE EN BOUT DE PALE)			
Zone d'impact en m <sup>2</sup>	Zone d'effet en m <sup>2</sup>	Degré d'exposition en %	Intensité
720,95 m <sup>2</sup>	70 591,62 m <sup>2</sup>	1,02 %	Exposition forte

L'intensité du phénomène d'effondrement de l'éolienne est « forte » quelle que soit l'éolienne considérée.

### GRAVITE

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

- Plus de 100 personnes exposées → « Désastreuse » ;
- Entre 10 et 100 personnes exposées → « Catastrophique » ;
- Entre 1 et 10 personnes exposées → « Importante » ;
- Au plus 1 personne exposée → « Sérieuse » ;
- Pas de zone de létalité en dehors de l'établissement → « Modérée ».

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 :

EFFONDREMENT DE L'EOLIENNE (DANS UN RAYON INFÉRIEUR OU ÉGAL À LA HAUTEUR TOTALE DE L'EOLIENNE EN BOUT DE PALE)		
Eolienne	Equivalent personnes permanentes	Classe de Gravité
E1	0,07	Sérieuse
E2	0,07	Sérieuse
E3	0,07	Sérieuse
E4	0,07	Sérieuse
E5	0,07	Sérieuse
E6	0,07	Sérieuse

La classe de gravité du phénomène d'effondrement de l'éolienne est « sérieuse » quelle que soit l'éolienne considérée.

### PROBABILITE

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

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

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

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

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

Une probabilité de classe « C » est donc retenue par défaut pour ce type d'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 – un système adapté est installé en cas de risque cyclonique.

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

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

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

## **ACCEPTABILITE**

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

<b>EFFONDREMENT DE L'EOLIEUNE</b>			
<b>(DANS UN RAYON INFERIEUR OU EGAL A LA HAUTEUR TOTALE DE L'EOLIEUNE EN BOUT DE PALE)</b>			
<b><i>Eolienne</i></b>	<b><i>Classe de Gravité</i></b>	<b><i>Niveau de risque</i></b>	<b><i>Acceptabilité</i></b>
<b>E1</b>	Sérieuse	Très faible	Acceptable
<b>E2</b>	Sérieuse	Très faible	Acceptable
<b>E3</b>	Sérieuse	Très faible	Acceptable
<b>E4</b>	Sérieuse	Très faible	Acceptable
<b>E5</b>	Sérieuse	Très faible	Acceptable
<b>E6</b>	Sérieuse	Très faible	Acceptable

<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.

Ainsi, pour le parc éolien du Vilpion, le phénomène d'effondrement des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes quelle que soit l'éolienne considérée.

### VIII.2.2. CHUTE DE GLACE

#### CONSIDERATIONS GENERALES

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

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

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

#### ZONE D'EFFET

Le risque de chute de glace est cantonné à la zone de survol des pales, soit un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor autour du mât de l'éolienne.

Pour le parc éolien du Vilpion, la zone d'effet a donc un rayon de 49,9 mètres. Cependant, il convient de noter que, lorsque l'éolienne est à l'arrêt, les pales n'occupent qu'une faible partie de cette zone.

#### INTENSITE

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

La zone d'impact est calculée pour un morceau de glace d'une surface de 1 m<sup>2</sup> de façon à majorer la zone d'impact et donc le degré d'exposition.

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute de glace.

CHUTE DE GLACE (DANS UN RAYON INFÉRIEUR OU ÉGAL À D/2 = ZONE DE SURVOL)			
Zone d'impact en m <sup>2</sup>	Zone d'effet en m <sup>2</sup>	Degré d'exposition en %	Intensité
1 m <sup>2</sup>	7 450,88 m <sup>2</sup>	0,01 %	Exposition modérée

L'intensité du phénomène de chute de glace est « modérée » quelle que soit l'éolienne considérée.

**GRAVITE**

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 → « *Désastreuse* » ;
- Entre 100 et 1000 personnes exposées → « *Catastrophique* » ;
- Entre 10 et 100 personnes exposées → « *Importante* » ;
- Moins de 10 personnes exposées → « *Sérieuse* » ;
- Présence humaine exposée inférieure à « *une personne* » → « *Modérée* ».

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 :

CHUTE DE GLACE (DANS UN RAYON INFÉRIEUR OU ÉGAL A D/2 = ZONE DE SURVOL)		
<i>Eolienne</i>	<i>Equivalent personnes permanentes</i>	<i>Classe de Gravité</i>
<b>E1</b>	0,01	Modérée
<b>E2</b>	0,01	Modérée
<b>E3</b>	0,01	Modérée
<b>E4</b>	0,01	Modérée
<b>E5</b>	0,01	Modérée
<b>E6</b>	0,01	Modérée

La classe de gravité du phénomène chute de glace est modérée quelle que soit l'éolienne considérée.

**PROBABILITE**

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

**ACCEPTABILITE**

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

CHUTE DE GLACE (DANS UN RAYON INFÉRIEUR OU ÉGAL A D/2 = ZONE DE SURVOL)			
<i>Eolienne</i>	<i>Classe de Gravité</i>	<i>Niveau de risque</i>	<i>Acceptabilité</i>
<b>E1</b>	Modérée	Faible	Acceptable
<b>E2</b>	Modérée	Faible	Acceptable
<b>E3</b>	Modérée	Faible	Acceptable
<b>E4</b>	Modérée	Faible	Acceptable
<b>E5</b>	Modérée	Faible	Acceptable
<b>E6</b>	Modérée	Faible	Acceptable

Ainsi, pour le parc éolien du Vilpion, le phénomène de chute de glace des éoliennes constitue un risque « *acceptable* » pour les personnes quelle que soit l'éolienne considérée.

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

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

#### ZONE D'EFFET

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

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

Pour le parc éolien du Vilpion, la zone d'effet a donc un rayon de 49,9 mètres. Cependant, il convient de noter que, lorsque l'éolienne est à l'arrêt, les pales n'occupent qu'une faible partie de cette zone.

#### INTENSITE

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

La zone d'impact est calculée à partir de la formule suivante :  $(R \times (LB/2))$  avec R la longueur de la pale, et LB la largeur à la base de la pale.

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne.

CHUTE D'ÉLÉMENTS DE L'ÉOLIENNE (DANS UN RAYON INFÉRIEUR OU ÉGAL À $D/2$ = ZONE DE SURVOL)			
Zone d'impact en m <sup>2</sup>	Zone d'effet en m <sup>2</sup>	Degré d'exposition en %	Intensité
99,84 m <sup>2</sup>	7 450,88 m <sup>2</sup>	1,34 %	Exposition forte

L'intensité du phénomène chute d'éléments de l'éolienne est « forte » quelle que soit l'éolienne considérée.

#### GRAVITE

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 100 personnes exposées → « Désastreux » ;
- Entre 10 et 100 personnes exposées → « Catastrophique » ;
- Entre 1 et 10 personnes exposées → « Important » ;
- Au plus 1 personne exposée → « Sérieux » ;

- Pas de zone de létalité en dehors de l'établissement → « *Modéré* ».

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

CHUTE D'ÉLÉMENTS DE L'ÉOLIENNE (DANS UN RAYON INFÉRIEUR OU ÉGAL À D/2 = ZONE DE SURVOL)		
<i>Eolienne</i>	<i>Equivalent personnes permanentes</i>	<i>Classe de Gravité</i>
E1	0,01	Sérieuse
E2	0,01	Sérieuse
E3	0,01	Sérieuse
E4	0,01	Sérieuse
E5	0,01	Sérieuse
E6	0,01	Sérieuse

La classe de gravité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne est « *sérieuse* » quelle que soit l'éolienne considérée.

#### PROBABILITE

Peu d'éléments sont disponibles dans la littérature pour évaluer la fréquence des événements de chute de pales ou d'éléments d'éoliennes. Le retour d'expérience connu en France montre que ces événements ont une classe de probabilité « C » (2 chutes et 5 incendies pour 15 667 années d'expérience, soit  $4,47 \times 10^{-4}$  événement par éolienne et par an).

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

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

#### ACCEPTABILITE

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

CHUTE D'ÉLÉMENTS DE L'ÉOLIENNE (DANS UN RAYON INFÉRIEUR OU ÉGAL À D/2 = ZONE DE SURVOL)			
<i>Eolienne</i>	<i>Classe de Gravité</i>	<i>Niveau de risque</i>	<i>Acceptabilité</i>
E1	Sérieuse	Faible	Acceptable
E2	Sérieuse	Faible	Acceptable
E3	Sérieuse	Faible	Acceptable
E4	Sérieuse	Faible	Acceptable
E5	Sérieuse	Faible	Acceptable
E6	Sérieuse	Faible	Acceptable

Ainsi, pour le parc éolien du Vilpion, le phénomène de chute de glace des éoliennes constitue un risque « *acceptable* » pour les personnes quelle que soit l'éolienne considérée.

#### VIII.2.4. PROJECTIONS 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.

##### INTENSITE

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 (500 mètres).

La zone d'impact est calculée à partir de la formule suivante :  $(R \times (LB/2))$  avec R la longueur de la pale, et LB la largeur à la base de la pale.

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne.

PROJECTION DE PALE OU DE FRAGMENT DE PALE (ZONE DE 500 M AUTOUR DE CHAQUE EOLIENNE)			
Zone d'impact en m <sup>2</sup>	Zone d'effet en m <sup>2</sup>	Degré d'exposition en %	Intensité
99,84 m <sup>2</sup>	785 398,16 m <sup>2</sup>	0,01 %	Exposition modérée

L'intensité du phénomène de projection de pale ou de fragment de pale est « *modérée* » quelle que soit l'éolienne considérée.

##### NIVEAU DE GRAVITE

En fonction de cette intensité et des définitions issues du paragraphe VII.1.3., il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de projection, dans la zone de 500 mètres 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 ci-après indique, pour chaque aérogénérateur, le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène de projection et la gravité associée.

PROJECTION DE PALE OU DE FRAGMENT DE PALE (ZONE DE 500 M AUTOUR DE CHAQUE EOLIENNE)		
Eolienne	Equivalent personnes permanentes	Classe de gravité
E1	0,79	Modérée
E2	0,79	Modérée
E3	0,79	Modérée
E4	14,74	Importante
E5	11,88	Importante
E6	0,79	Modérée

La classe de gravité du phénomène de projection de pale ou de fragment de pale est « *modérée* » pour les éoliennes E1, E2, E3 et E6 et « *importante* » pour les éoliennes E4 et E5. Cette différence est liée à la présence de la RN 2 dans les zones d'études des éoliennes E4 et E5.

### PROBABILITE

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

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

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

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

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

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

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

- les dispositions de la norme IEC 61 400-1 ;
- les dispositions des normes IEC 61 400-24 et EN 62 305-3 relatives à la foudre ;
- système de détection des survitesses et un système redondant de freinage ;

- système de détection des vents forts et un système redondant de freinage et de mise en sécurité des installations – un système adapté est installé en cas de risque cyclonique ;
- utilisation de matériaux résistants pour la fabrication des pales (fibre de verre ou de carbone, résines, etc.).

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

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

### **ACCEPTABILITE**

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

<b>PROJECTION DE PALE OU DE FRAGMENT DE PALE (ZONE DE 500 M AUTOUR DE CHAQUE EOLIENNE)</b>			
<b>Eolienne</b>	<b>Classe de Gravité</b>	<b>Niveau de risque</b>	<b>Acceptabilité</b>
<b>E1</b>	Modéré	Très faible	Acceptable
<b>E2</b>	Modéré	Très faible	Acceptable
<b>E3</b>	Modéré	Très faible	Acceptable
<b>E4</b>	Important	Faible	Acceptable
<b>E5</b>	Important	Faible	Acceptable
<b>E6</b>	Modéré	Très faible	Acceptable

Ainsi, pour le parc éolien du Vilpion, le phénomène de projection de tout ou partie de pale des éoliennes constitue un risque « *acceptable* » pour les personnes quelle que soit l'éolienne considérée.

### **VIII.2.5. PROJECTION DE MORCEAUX DE GLACE**

#### **ZONE D'EFFET**

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

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

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

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

Dans le cadre du projet de parc éolien du Vilpion, la zone d'effet a un rayon de 299,7 mètres.

**INTENSITE**

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 suivant permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de glace.

PROJECTION DE MORCEAUX DE GLACE (DANS UN RAYON DE RPG = 1,5 x (H+D) AUTOUR DE L'ÉOLIENNE)			
Zone d'impact en m <sup>2</sup>	Zone d'effet en m <sup>2</sup>	Degré d'exposition en %	Intensité
1 m <sup>2</sup>	282 178,13 m <sup>2</sup>	0,0004 %	Exposition modérée

L'intensité du phénomène de projection de morceaux de glace est « *modérée* » quelle que soit l'éolienne considérée.

**GRAVITE**

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

PROJECTION DE MORCEAUX DE GLACE (DANS UN RAYON DE RPG = 1,5 x (H+D) AUTOUR DE L'ÉOLIENNE)		
Eolienne	Equivalent personnes permanentes	Classe de Gravité
E1	0,28	Modérée
E2	0,28	Modérée
E3	0,28	Modérée
E4	0,28	Modérée
E5	0,28	Modérée
E6	0,28	Modérée

La classe de gravité du phénomène de projection de morceaux de glace est « *modérée* » quelle que soit l'éolienne considérée.

**PROBABILITE**

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

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

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

**ACCEPTABILITE**

Le risque de projection pour chaque aérogénérateur est évalué comme acceptable dans le cas d'une classe de gravité « *sérieuse* » ou « *modérée* ». 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 Vilpion, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

PROJECTION DE MORCEAUX DE GLACE (DANS UN RAYON DE $RPG = 1,5 \times (H+D)$ AUTOUR DE L'ÉOLIENNE)			
<i>Eolienne</i>	<i>Niveau de Gravité</i>	<i>Niveau de risque</i>	<i>Acceptabilité</i>
<b>E1</b>	Modéré	Très faible	Acceptable
<b>E2</b>	Modéré	Très faible	Acceptable
<b>E3</b>	Modéré	Très faible	Acceptable
<b>E4</b>	Modéré	Très faible	Acceptable
<b>E5</b>	Modéré	Très faible	Acceptable
<b>E6</b>	Modéré	Très faible	Acceptable

Ainsi, pour le parc éolien du Vilpion, le phénomène de projection de glace constitue un risque « *acceptable* » pour les personnes quelle que soit l'éolienne considérée.

Aussi, aucun système d'arrêt spécifique en cas de détection ou déduction de glace n'est nécessaire.

**VIII.3. SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE DÉTAILLÉE DES RISQUES****VIII.3.1. TABLEAUX DE SYNTHÈSE DES SCÉNARIOS ÉTUDIÉS**

Le tableau suivant récapitule, pour chaque événement redouté central retenu, les paramètres de risques : la cinétique, l'intensité, la gravité et la probabilité.

Les éoliennes ayant le même profil de risque sont regroupées.

SYNTHÈSE DES SCÉNARIOS ÉTUDIÉS						
<i>Scénario</i>	<i>Zone d'effet</i>	<i>Cinétique</i>	<i>Intensité</i>	<i>Probabilité</i>	<i>Classe de Gravité</i>	<i>Numéro</i>
Effondrement de l'éolienne	149,9 mètres	Rapide	Exposition forte	D	Sérieux	<b>01</b>
Chute d'élément de l'éolienne	49,9 mètres	Rapide	Exposition forte	C	Sérieux	<b>02</b>

SYNTHESE DES SCENARIOS ETUDIES						
Chute de glace	49,9 mètres	Rapide	Exposition Modérée	A	Modéré	<b>03</b>
Projection d'élément de l'éolienne	500 mètres	Rapide	Exposition Modérée	D	Modéré pour les éoliennes E1, E2, E3 et E6	<b>04</b>
					Important pour les éoliennes E4 et E5	<b>05</b>
Projection de glace	299,7 mètres	Rapide	Exposition Modérée	B	Modéré	<b>06</b>

### VIII.3.2. SYNTHESE DE L'ACCEPTABILITE DES RISQUES

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.

GRAVITE DES CONSEQUENCES	CLASSE DE PROBABILITE				
	E	D	C	B	A
DESASTREUX					
CATASTROPHIQUE					
IMPORTANT		<b>05</b>			
SERIEUX		<b>01</b>	<b>02</b>		
MODERE		<b>04</b>		<b>06</b>	<b>03</b>

Légende de la matrice :

NIVEAU DE RISQUE	COULEUR/ ACCEPTABILITE
RISQUE TRES FAIBLE	Acceptable
RISQUE FAIBLE	Acceptable
RISQUE IMPORTANT	Non acceptable

Dans un premier temps, il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée qu'aucun accident ne présente un risque important.

Dans un second temps, il apparaît que certains accidents présentent des risques faibles : risque de projection d'éléments de l'éolienne (05), risque de chute d'éléments de l'éolienne (02), et risque de chute de glace (03). Il convient de souligner, pour ces accidents, que les fonctions de sécurité listées précédemment sont mises en place.

Ainsi, les résultats de l'étude détaillée des risques ont permis de démontrer que tous les risques identifiés, et cela pour l'ensemble des éoliennes du projet du parc éolien du Vilpion, sont jugés « *acceptables* ».

### VIII.3.3. CARTOGRAPHIE DES RISQUES

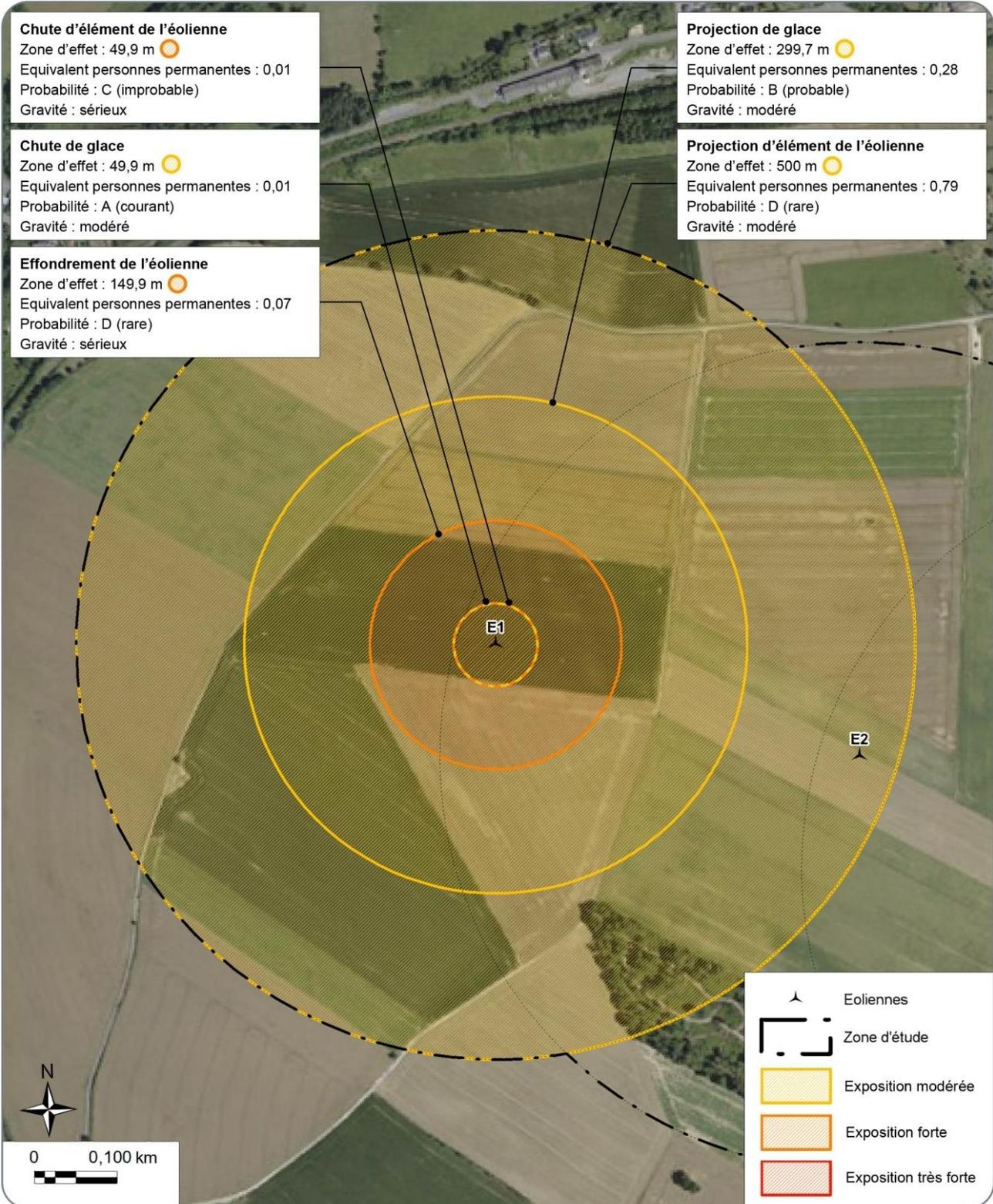
Les cartographies pages suivantes, synthétisent pour chaque aérogénérateur et pour chaque scénario, les éléments suivants :

- l'intensité des différents phénomènes dangereux dans les zones d'effet de chaque phénomène dangereux ;
- le nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) exposées par zone d'effet ;
- la probabilité et la gravité des scénarios identifiés.



# PROJET ÉOLIEN DU VILPION

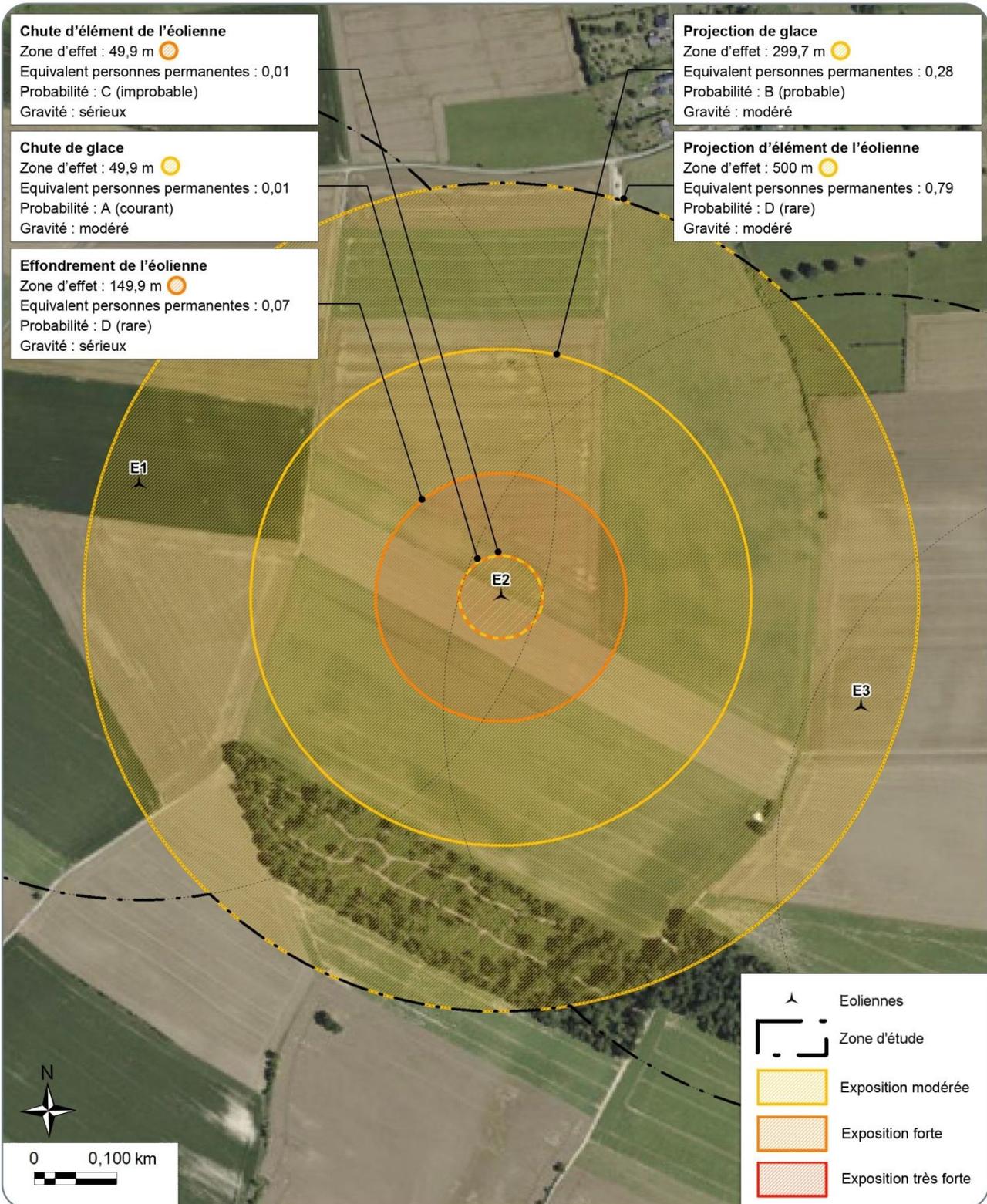
## Synthèse des risques : éolienne E1





# PROJET ÉOLIEN DU VILPION

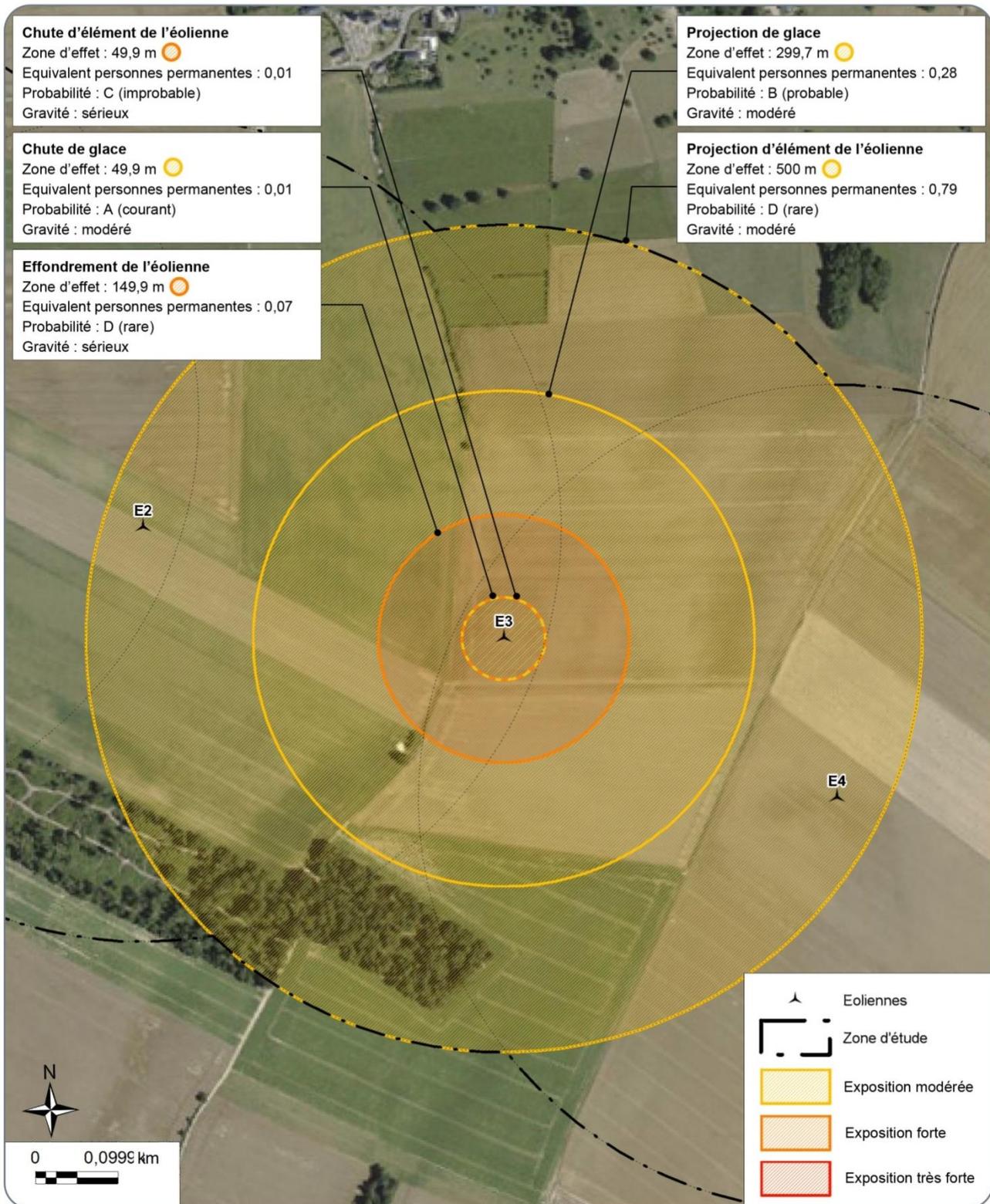
## Synthèse des risques : éolienne E2





# PROJET ÉOLIEN DU VILPION

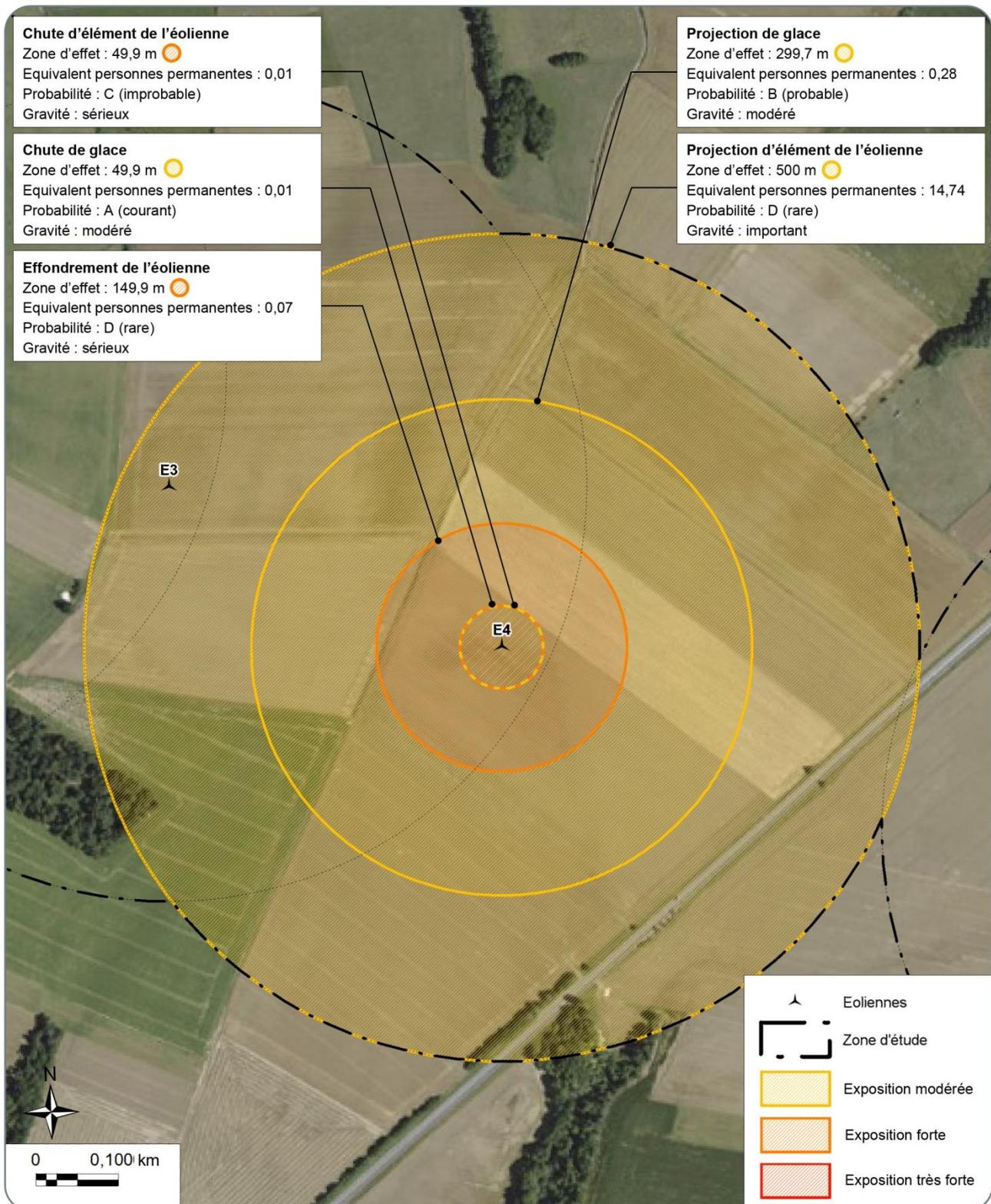
## Synthèse des risques : éolienne E3

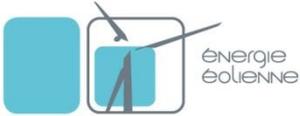




# PROJET ÉOLIEN DU VILPION

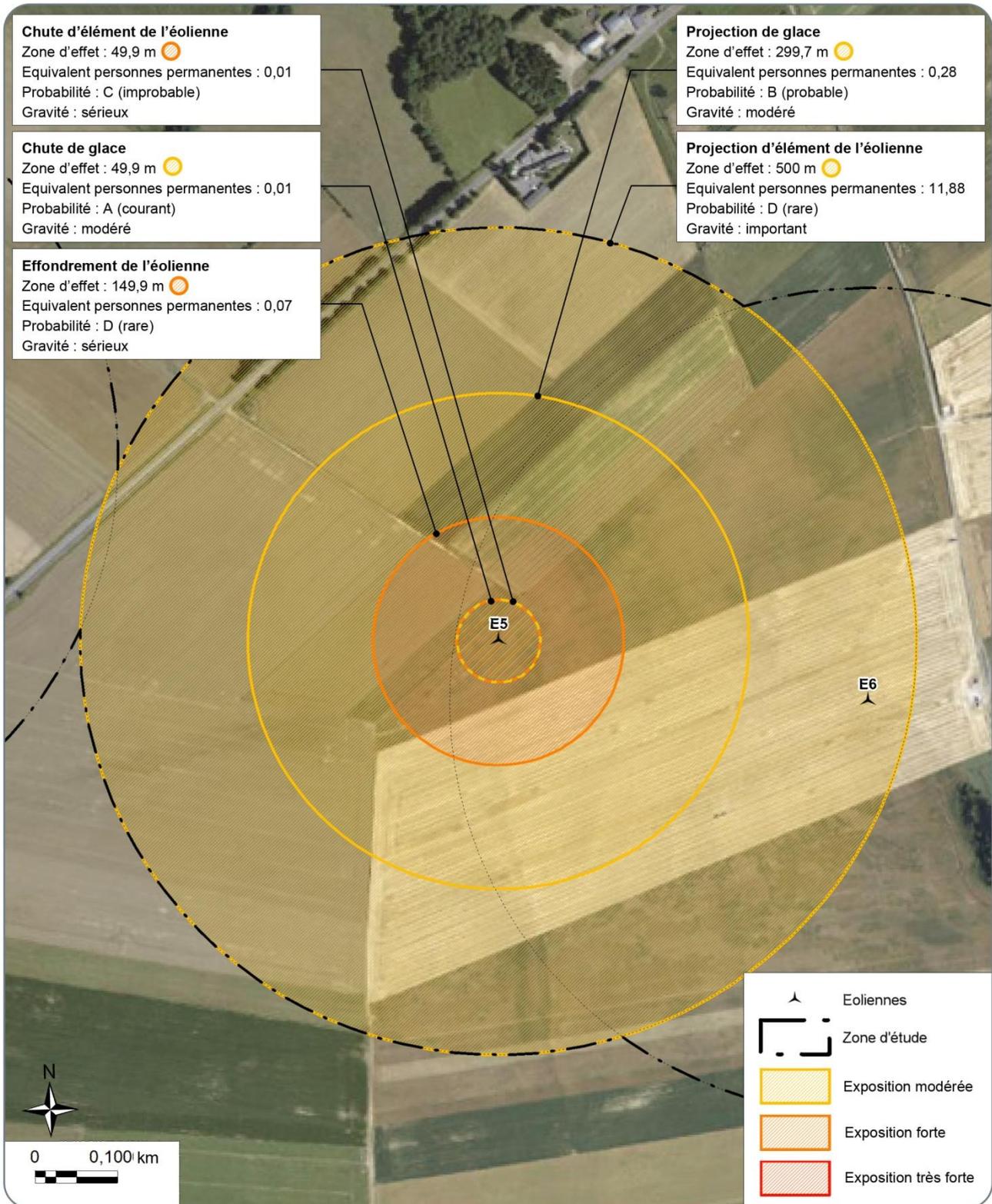
## Synthèse des risques : éolienne E4





# PROJET ÉOLIEN DU VILPION

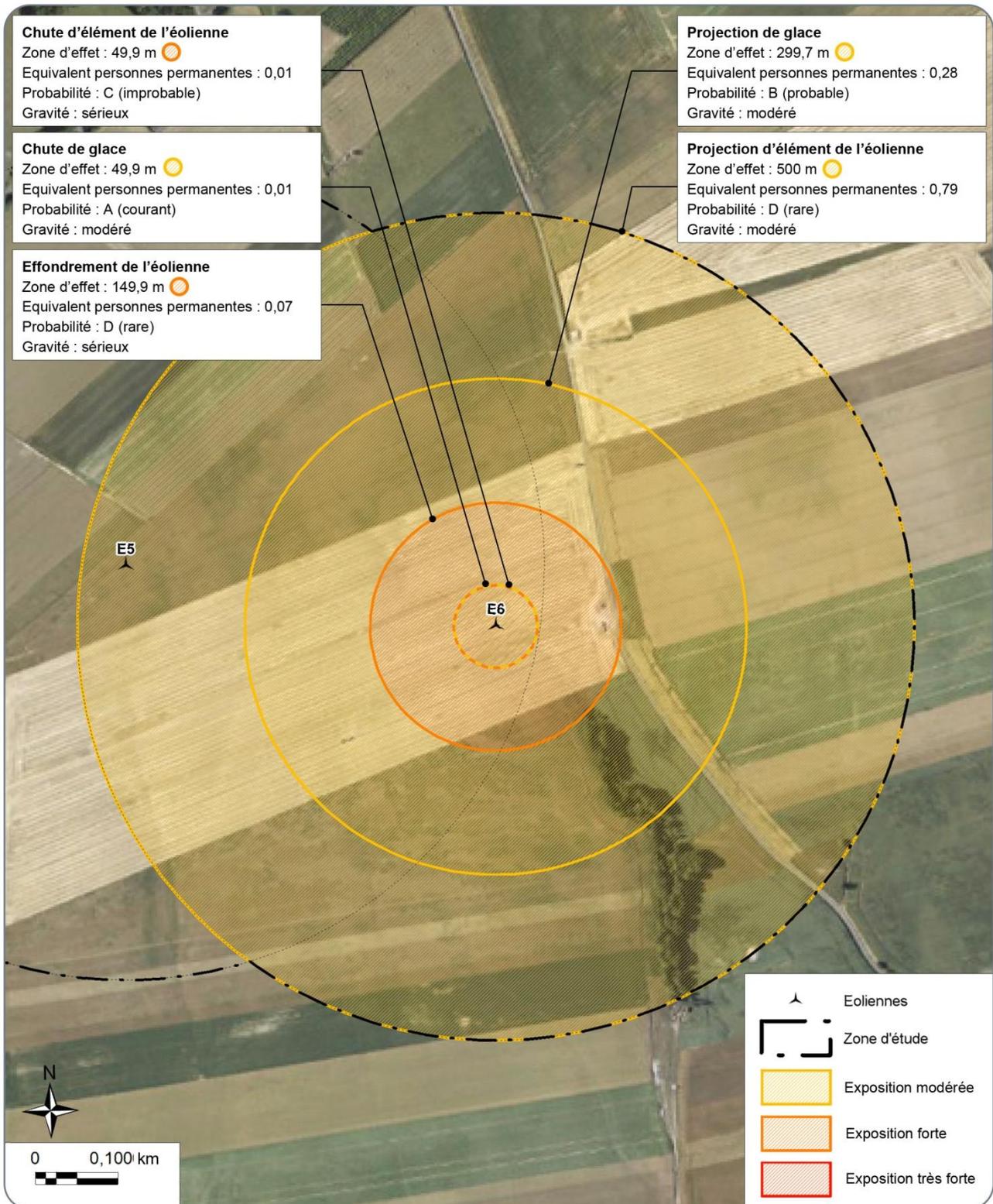
## Synthèse des risques : éolienne E5





# PROJET ÉOLIEN DU VILPION

## Synthèse des risques : éolienne E6





# PROJET ÉOLIEN DU VILPION

## Synthèse des zones d'effet



## IX. CONCLUSION GENERALE DE L'ETUDE

Conçu dans le respect de l'environnement et de la réglementation en vigueur, l'étude de dangers du projet de parc du Vilpion s'est attachée à recenser les diverses infrastructures et activités présentes dans l'environnement des éoliennes sur le site, et à rendre compte de l'ensemble des démarches réalisées pour concevoir le projet, analyser les dangers inhérents et présenter les mesures de sécurité prises.

Les différentes activités et infrastructures, présentes dans la zone d'étude des 500 mètres autour des installations éoliennes, ont fait l'objet d'une attention particulière afin de déterminer le niveau de risque pour chaque installation. Ainsi, la surface agricole, les fréquentations des routes et chemins, ont été répertoriés et comptabilisés pour permettre d'affiner l'intensité et la gravité par type d'accident, développées dans l'analyse des risques.

L'étude des accidents ayant eu lieu en Europe et dans le monde indique que les probabilités d'accidents liés au fonctionnement d'un parc éolien sont très faibles et qu'ils prennent leur origine le plus souvent dans des défauts de conception de fondations, des modifications du modèle initial du constructeur, ou une mauvaise utilisation du système de sécurité visant à éviter la survitesse de rotation du rotor. Les accidents sont le plus souvent liés à des conditions climatiques particulières.

Le recensement des potentiels de dangers et cette analyse de l'accidentologie ont permis de répertorier et classer les différents types et occurrences de phénomènes, afin de retenir 5 scénarios majeurs redoutés dans la suite de l'étude de dangers (effondrement de l'éolienne, chute d'éléments ou de glace, projection d'éléments ou de glace). L'analyse des risques a ainsi pu rendre compte pour chaque phénomène étudié le niveau de risque associé à chaque éolienne dans son environnement.

D'un point de vue global, le site Vilpion affiche un environnement principalement agricole. Le recensement des diverses infrastructures et activités du site démontrent bien cet aspect. Les calculs précis effectués pour chaque aérogénérateur, dans les périmètres définis pour chaque scénario retenu dans l'analyse des risques, ont permis de définir comme acceptables les risques d'accidents (faibles à très faibles). 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.

Parmi les risques identifiés, et notamment le risque de projections d'éléments de l'éolienne, la présente étude de dangers a démontré que l'implantation du parc éolien à proximité de la route nationale N2 (principale sensibilité du projet éolien du Vilpion) n'est pas incompatible avec cette dernière. En effet, l'ensemble des risques analysés ont tous été jugés acceptables.

La conception du parc éolien s'appuie sur un ensemble de mesures préventives afin de prévenir tous les risques potentiels. Ces mesures s'appliquent en amont du projet en définissant des zones d'exclusion et en se conforter à toutes les exigences du constructeur, garantissant un niveau très élevé de sûreté. La phase de chantier intègre également un ensemble de procédures qui visent à réaliser les travaux conformément aux plans établis, à relever toute défaillance, à assurer la sécurité des personnes et des tiers sur le chantier.

La mise en place des mesures préventives doit complètement éviter que des accidents se produisent sur le parc. De plus, un protocole de maintenance apte à prévenir en amont tout défaut de fonctionnement des éoliennes est organisé entre le constructeur des éoliennes et la société d'exploitation du parc. Ce contrat

de maintenance est un préalable nécessaire à la création du parc qui apporte toutes les garanties de solidité exigées par l'exploitant, les investisseurs et les assureurs.

Afin de renforcer la sûreté des installations pendant leur exploitation, le centre de conduite de l'exploitant permet de procéder à des manœuvres télécommandées en cas d'accident, grâce aux outils de surveillance à distance et en temps réel (alarmes, caméras, ...).

## **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 (Chapitre D), 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 (Chapitre I).

### **TERRAINS NON BATIS**

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

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

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

### **VOIES DE CIRCULATION**

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

#### ***Voies de circulation automobiles***

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

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

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

### Voies ferroviaires

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

### Voies navigables

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

### Chemins et voies piétonnes

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

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

### LOGEMENTS

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

### ETABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC (ERP)

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

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

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

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

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

### **ZONES D'ACTIVITE**

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 le Chapitre VI.

TYPE D'ACCIDENT	DATE	NOM DU PARC	DEPARTEMENT	PUISSAN-CE (EN MW)	MISE EN SERVICE	TECHNOLOGIE RECENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT A L'UTILISATION DANS L'ETUDE DE DANGERS
Effondrement	Novembre 2000	Port la Nouvelle	Aude	0,5	1993	Non	Le mât d'une éolienne s'est plié lors d'une tempête suite à la perte d'une pale (coupure courant prolongée pendant 4 jours suite à la tempête)	Tempête avec foudre répétée	Rapport du CGM Site Vent de Colère	-
Rupture de pale	2001	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pales en bois (avec inserts)	?	Site Vent de Colère	Information peu précise
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)	-
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

TYPE D'ACCIDENT	DATE	NOM DU PARC	DEPARTEMENT	PUISSAN-CE (EN MW)	MISE EN SERVICE	TECHNO-LOGIE RECENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT A L'UTILISATION DANS L'ETUDE DE DANGERS
Rupture de pale	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	-
Rupture de pale	2005	Wormhout	Nord	0,4	1997	Non	Bris de pale		Site Vent de Colère	Information peu précise

TYPE D'ACCIDENT	DATE	NOM DU PARC	DEPARTEMENT	PUISSANCE (EN MW)	MISE EN SERVICE	TECHNOLOGIE RECENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT A L'UTILISATION DANS L'ETUDE DE DANGERS
Rupture de pale	08/10/2006	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2004	Non	Chute d'une pale de 20 m pesant 3 tonnes	Allongement des pales et retrait de sécurité (débridage), pas de REX suite aux précédents accidents sur le même parc	Site FED Articles de presse (Ouest France) Journal FR3	-
Incendie	18/11/2006	Roquetaillade	Aude	0,66	2001	Oui	Acte de malveillance: explosion de bonbonne de gaz au pied de 2 éoliennes. L'une d'entre elles a mis le feu en pieds de mat qui s'est propagé jusqu'à la nacelle.	Malveillance / incendie criminel	Communiqués de presse exploitant Articles de presse (La Dépêche, Midi Libre)	-
Effondrement	03/12/2006	Bondues	Nord	0,08	1993	Non	Sectionnement du mât puis effondrement d'une éolienne dans une zone industrielle	Tempête (vents mesurés à 137Kmh)	Article de presse (La Voix du Nord)	-
Rupture de pale	31/12/2006	Ally	Haute-Loire	1,5	2005	Oui	Chute de pale lors d'un chantier de maintenance visant à remplacer les rotors	Accident faisant suite à une opération de maintenance	Site Vent de Colère	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident pendant la phase chantier)
Rupture de pale	03/2007	Clitourps	Manche	0,66	2005	Oui	Rupture d'un morceau de pale de 4 m et éjection à environ 80 m de distance dans un champ	Cause pas éclaircie	Site FED Interne exploitant	-
Chute d'élément	11/10/2007	Plouvien	Finistère	1,3	2007	Non	Chute d'un élément de la nacelle (trappe de visite de 50 cm de diamètre)	Défaut au niveau des charnières de la trappe de visite. Correctif appliqué et retrofit des boulons de charnières effectué sur toutes les machines en exploitation.	Article de presse (Le Télégramme)	-

TYPE D'ACCIDENT	DATE	NOM DU PARC	DEPARTEMENT	PUISSAN-CE (EN MW)	MISE EN SERVICE	TECHNOLOGIE RECENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT A L'UTILISATION DANS L'ETUDE DE DANGERS
Emballement	03/2008	Dinéault	Finistère	0,3	2002	Non	Emballement de l'éolienne mais pas de bris de pale	Tempête + système de freinage hors service (boulon manquant)	Base de données ARIA	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (événement unique et sans répercussion potentielle sur les personnes)
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	DEPARTEMENT	PUISSANCE (EN MW)	MISE EN SERVICE	TECHNOLOGIE RECENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT A L'UTILISATION DANS L'ETUDE DE DANGERS
Incendie	21/10/2009	Froidfond - Espinassière	Vendée	2	2006	Oui	Incendie de la nacelle	Court-circuit dans transformateur sec embarqué en nacelle ?	Article de presse (Ouest-France) Communiqué de presse exploitant Site FED	-
Incendie	30/10/2009	Freysenet	Ardèche	2	2005	Oui	Incendie de la nacelle	Court-circuit faisant suite à une opération de maintenance (problème sur une armoire électrique)	Base de données ARIA Site FED Article de presse (Le Dauphiné)	-
Maintenance	20/04/2010	Toufflers	Nord	0,15	1993	Non	Décès d'un technicien au cours d'une opération de maintenance	Crise cardiaque	Article de presse (La Voix du Nord 20/04/2010)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Effondrement	30/05/2010	Port la Nouvelle	Aude	0,2	1991	Non	Effondrement d'une éolienne	Le rotor avait été endommagé par l'effet d'une survitesse. La dernière pale (entière) a pris le vent créant un balourd. Le sommet de la tour a plié et est venu buter contre la base entraînant la chute de l'ensemble.	Interne exploitant	-
Incendie	19/09/2010	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75	2004	Non	Emballement de deux éoliennes et incendie des nacelles.	Maintenance en cours, problème de régulation, freinage impossible, évacuation du personnel, survitesse de +/- 60 tr/min	Articles de presse Communiqué de presse SER-FEE	-

TYPE D'ACCIDENT	DATE	NOM DU PARC	DEPARTEMENT	PUISSAN-CE (EN MW)	MISE EN SERVICE	TECHNOLOGIE RECENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT A L'UTILISATION DANS L'ETUDE DE DANGERS
Maintenance	15/12/2010	Pouillé-les-Côteaux	Loire Atlantique	2,3	2010	Oui	Chute de 3 m d'un technicien de maintenance à l'intérieur de l'éolienne. L'homme de 22 ans a été secouru par le GRIMP de Nantes. Aucune fracture ni blessure grave.		Interne SER-FEE	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Transport	31/05/2011	Mesvres	Saône-et-Loire	-	-	-	Collision entre un train régional et un convoi exceptionnel transportant une pale d'éolienne, au niveau d'un passage à niveau Aucun blessé		Article de presse (Le Bien Public 01/06/2011)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident de transport hors site éolien)
Rupture de pale	14/12/2011	Non communiqué	Non communiqué	2,5	2003	Oui	Pale endommagée par la foudre. Fragments retrouvés par l'exploitant agricole à une distance n'excédant pas 300 m.	Foudre	Interne exploitant	Information peu précise sur la distance d'effet
Incendie	03/01/2012	Non communiqué	Non communiqué	2,3	2006	Oui	Départ de feu en pied de tour. Acte de vandalisme : la porte de l'éolienne a été découpée pour y introduire des pneus et de l'huile que l'on a essayé d'incendier. Le feu ne s'est pas propagé, dégâts très limités et restreints au pied de la tour.	Malveillance / incendie criminel	Interne exploitant	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (pas de propagation de l'incendie)
Rupture de pale	05/01/2012	Widehem	Pas-de-Calais	0,75	2000	Non	Bris de pales, dont des fragments ont été projetés jusqu'à 380 m. Aucun blessé et aucun dégât matériel (en dehors de l'éolienne).	Tempête + panne d'électricité	Article de presse (La Voix du Nord 06/01/2012) Vidéo DailyMotion Interne exploitant	-

## ANNEXE 3 – 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 le Chapitre H. Il peut être considéré comme représentatif des scénarios d'accident pouvant potentiellement se produire sur les éoliennes.

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).

### SCENARIOS RELATIFS AUX RISQUES LIES A 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.

### SCENARIOS RELATIFS AUX RISQUES D'INCENDIE (I01 A I07)

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

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

Dans l'analyse préliminaire des risques seulement quelques exemples vous sont fournis. La méthodologie suivante pourra aider à déterminer l'ensemble des scénarios devant être regardé :

- Découper l'installation en plusieurs parties : rotor, nacelle, mât, fondation et poste de livraison ;
- Déterminer à l'aide de mot clé les différentes causes (cause 1, cause 2) d'incendie possibles.

L'incendie peut aussi être provoqué par l'échauffement des pièces mécaniques en cas d'emballement du rotor (survitesse). Plusieurs moyens sont mis en place en matière de prévention :

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

L'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.

### **SCENARIOS RELATIFS AUX RISQUES DE FUITES (F01 A 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 dispersa rapidement les produits dans le sol.

### **Scénario F02**

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

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

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

Ce scénario est à adapter en fonction des produits utilisés.

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

## **SCENARIOS RELATIFS AUX RISQUES DE CHUTE D'ELEMENTS (C01 A C03)**

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

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

### **SCENARIOS RELATIFS AUX RISQUES DE PROJECTION DE PALES OU DE FRAGMENTS DE PALES (P01 A 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'emballlement de l'éolienne constitue un facteur aggravant en cas de projection de tout ou partie d'une pale. Cet emballlement peut notamment être provoqué par la perte d'utilité décrite dans la partie « scénarios incendies ».

#### ***Scénario P01***

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

#### ***Scénario P02***

Les contraintes exercées sur les pales - contraintes mécaniques (vents violents, variation de la répartition de la masse due à la formation de givre...), conditions climatiques (averses violentes de grêle, foudre...) - peuvent entraîner la dégradation de l'état de surface et à terme l'apparition de fissures sur la pale.

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

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

#### ***Scénarios P03***

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

### **SCENARIOS RELATIFS AUX RISQUES D'EFFONDREMENT DES EOLIENNES (E01 A 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 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.

EVENEMENT REDOUTE CENTRAL	BORNE SUPERIEURE DE LA CLASSE DE PROBABILITE DE L’ERC (POUR LES EOLIENNES RECENTES)	DEGRE D’EXPOSITION	PROBABILITE 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** : Evénement, courant ou anormal, interne ou externe au système, situé en amont de l'événement redouté central dans l'enchaînement causal et qui constitue une cause directe dans les cas simples ou une combinaison d'événements à l'origine de cette cause directe.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Attention aux confusions possibles :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**ICPE** : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement

**SER** : Syndicat des Energies Renouvelables

**FEE** : France Energie Eolienne (branche éolienne du SER)

**INERIS** : Institut National de l'Environnement industriel et des Risques

**EDD** : Etude de dangers

**APR** : Analyse Préliminaire des Risques

**ERP** : Etablissement Recevant du Public

## ANNEXE 6 – BIBLIOGRAPHIE ET REFERENCES UTILISEES

- [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.