

Demande d'autorisation environnementale

# Etude de dangers du parc éolien Phenix

Département : Finistère (29)

Commune : Plomodiern



**Maître d'ouvrage :** Parc Eolien de Phenix SARL

**Société en charge du développement du projet :**



**ERG Développement  
France SAS**

**Contact :**




Yvonik GUEGAN  
12 rue Alain Barbe Torte  
44200 NANTES

**Réalisation de l'étude**

ENCIS Environnement

Rédacteur : Séverine PATUREAU



Indice	Etabli par	Corrigé par	Validé par	Commentaires et date
0	Séverine PATUREAU 	Marine GILLOT 	Elisabeth GALLET- MILONE 	Première émission 18/11/2020

## AVANT-PROPOS

Depuis le 13 juillet 2011, tout parc éolien terrestre comportant au moins un aérogénérateur de plus de 50 m ou ayant une puissance de plus de 20 MW est soumis au régime d'autorisation des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (rubrique 2980 de la nomenclature ICPE). Suite à la loi n°2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte, et à l'ordonnance n°2017-80 du 26 janvier 2017 relative à l'autorisation environnementale, un dossier de demande d'autorisation environnementale doit être fourni.

L'autorisation environnementale rassemble plusieurs procédures :

- autorisation spéciale au titre des réserves naturelles nationales et des réserves naturelles classées en Corse par l'Etat ;
- autorisation spéciale au titre des sites classés ou en instance de classement ;
- dérogation aux mesures de protection de la faune et de la flore sauvage ;
- absence d'opposition au titre des sites Natura 2000 ;
- déclaration ou agrément pour l'utilisation d'organismes génétiquement modifiés ;
- agrément pour le traitement de déchets ;
- autorisation d'exploiter une installation de production d'électricité ;
- autorisation d'émission de gaz à effet de serre ;
- autorisation de défrichement ;
- pour les éoliennes terrestres, autorisations au titre des obstacles à la navigation aérienne, des servitudes militaires et des abords des monuments historiques et sites patrimoniaux remarquables ;
- déclaration IOTA, enregistrement ou déclaration ICPE.

Pour les éoliennes seulement, l'autorisation environnementale dispense de permis de construire.

La présente étude de dangers fait partie du dossier de demande d'autorisation environnementale. Elle recense, à partir d'une description de l'installation et de son environnement, les phénomènes dangereux possibles, leurs conséquences, leurs probabilités d'occurrence et leurs cinétiques pour évaluer leurs criticités en vue de proposer des mesures d'amélioration (préventives et correctives).

Cette étude a été réalisée à partir du Guide technique élaboré en mai 2012 par un groupe de travail constitué de l'INERIS et de professionnels du Syndicat des Energies Renouvelables : porteurs de projets, exploitants de parcs éoliens et constructeurs d'éoliennes et qui présente les méthodes et outils nécessaires à la réalisation d'une étude de dangers.

## SOMMAIRE

<b>Introduction .....</b>	<b>7</b>
<b>Contexte réglementaire.....</b>	<b>9</b>
<b>1. PREAMBULE.....</b>	<b>13</b>
1.1. Objectif de l'étude de dangers .....	13
1.2. Nomenclature ICPE du parc éolien Phenix .....	14
1.3. Rédacteur de l'étude .....	15
<b>2. INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION.....</b>	<b>16</b>
2.1. Renseignements administratifs .....	16
2.2. Localisation du site.....	16
2.3. Définition de l'aire d'étude .....	17
<b>3. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION.....</b>	<b>19</b>
3.1. Environnement humain .....	19
3.1.1. <i>Habitat</i> .....	19
3.1.2. <i>Etablissements recevant du public (ERP)</i> .....	20
3.1.3. <i>Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) et installations nucléaires de base (INB)</i> .....	20
3.1.4. <i>Autres activités</i> .....	22
3.2. Environnement naturel .....	24
3.2.1. <i>Contexte climatique</i> .....	24
3.2.2. <i>Risques naturels</i> .....	25
3.3. Environnement matériel .....	29
3.3.1. <i>Voies de communication</i> .....	29
3.3.2. <i>Réseaux publics et privés</i> .....	30
3.3.3. <i>Autres ouvrages publics</i> .....	31
3.4. Cartographies de synthèse .....	31
<b>4. DESCRIPTION DE L'INSTALLATION.....</b>	<b>37</b>
4.1. Caractéristiques de l'installation.....	37
4.1.1. <i>Caractéristiques générales d'un parc éolien</i> .....	37
4.1.2. <i>Activité de l'installation</i> .....	39
4.1.3. <i>Composition de l'installation</i> .....	39
4.2. Fonctionnement de l'installation .....	41
4.2.1. <i>Principe de fonctionnement d'un aérogénérateur</i> .....	41
4.2.2. <i>Fonction et caractéristiques du parc éolien Phenix</i> .....	41
4.2.3. <i>Sécurité de l'installation</i> .....	42
4.2.4. <i>Opérations de maintenance de l'installation</i> .....	46
4.2.5. <i>Stockage et flux de produits dangereux</i> .....	47
4.3. Fonctionnement des réseaux de l'installation .....	47
4.3.1. <i>Raccordement électrique</i> .....	47
4.3.2. <i>Autres réseaux</i> .....	47
<b>5. IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION.....</b>	<b>48</b>

5.1.	Potentiels de dangers liés aux produits.....	48
5.2.	Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation .....	49
5.3.	Réduction des potentiels de dangers à la source.....	50
5.3.1.	<i>Principales actions préventives</i> .....	50
5.3.2.	<i>Procédures relatives à l'hygiène et la sécurité</i> .....	50
5.3.3.	<i>Utilisation des meilleures techniques disponibles</i> .....	53
<b>6.</b>	<b>ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE</b> .....	<b>54</b>
6.1.	Inventaire des accidents et incidents en France .....	54
6.1.1.	<i>Methodologie</i> .....	54
6.1.2.	<i>Analyse du recensement</i> .....	55
6.2.	Inventaire des accidents et incidents à l'international .....	56
6.3.	Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience .....	58
6.3.1.	<i>Analyse de l'évolution des accidents en France</i> .....	58
6.3.2.	<i>Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents</i> .....	58
6.4.	Limites d'utilisation de l'accidentologie.....	59
<b>7.</b>	<b>ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES</b> .....	<b>60</b>
7.1.	Objectif de l'analyse préliminaire des risques .....	60
7.2.	Recensement des événements initiateurs exclus de l'analyse des risques .....	60
7.3.	Recensement des agressions externes potentielles .....	60
7.3.1.	<i>Agression externes liées aux activités humaines</i> .....	61
7.3.2.	<i>Agressions externes liées aux phénomènes naturels</i> .....	61
7.4.	Scénarios étudiés dans l'analyse préliminaire des risques .....	62
7.5.	Effets dominos .....	66
7.6.	Mise en place des mesures de sécurité .....	66
7.6.1.	<i>Définitions</i> .....	66
7.6.2.	<i>Mesures de maîtrise des risques</i> .....	68
7.7.	Conclusion de l'analyse préliminaire des risques.....	75
<b>8.</b>	<b>ETUDE DETAILLEE DES RISQUES</b> .....	<b>76</b>
8.1.	Rappel des définitions.....	76
8.1.1.	<i>Cinétique</i> .....	76
8.1.2.	<i>Intensité</i> .....	76
8.1.3.	<i>Gravité</i> .....	77
8.1.4.	<i>Probabilité</i> .....	78
8.1.5.	<i>Acceptabilité</i> .....	79
8.2.	Caractérisation des scénarios retenus .....	80
8.2.1.	<i>Effondrement de l'éolienne</i> .....	81
8.2.2.	<i>Chute de glace</i> .....	86
8.2.3.	<i>Chute d'éléments de l'éolienne</i> .....	90
8.2.4.	<i>Projection de pales ou de fragments de pales</i> .....	94
8.2.5.	<i>Projection de glace</i> .....	99
8.3.	Synthèse de l'étude détaillée des risques .....	104
8.3.1.	<i>Tableau de synthèse des scénarios étudiés</i> .....	104
8.3.2.	<i>Synthèse de l'acceptabilité des risques</i> .....	104

8.3.3. Cartographie des risques.....	105
<b>9. CONCLUSION.....</b>	<b>111</b>
<b>Tables des illustrations.....</b>	<b>113</b>
<b>Annexe 1 – Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne .....</b>	<b>115</b>
<i>Terrains non bâtis.....</i>	<i>115</i>
<i>Voies de circulation.....</i>	<i>115</i>
<i>Logements .....</i>	<i>116</i>
<i>Etablissements recevant du public (ERP).....</i>	<i>116</i>
<i>Zones d'activité.....</i>	<i>117</i>
<b>Annexe 2 – Tableau de l'accidentologie française.....</b>	<b>118</b>
<b>Annexe 3 – Scénarios génériques issus de l'analyse préliminaire des risques .....</b>	<b>132</b>
<i>Scénarios relatifs aux risques liés à la glace (G01 et G02).....</i>	<i>132</i>
<i>Scénarios relatifs aux risques d'incendie (I01 à I07) .....</i>	<i>132</i>
<i>Scénarios relatifs aux risques de fuites (F01 à F02).....</i>	<i>133</i>
<i>Scénarios relatifs aux risques de chute d'éléments (C01 à C03) .....</i>	<i>134</i>
<i>Scénarios relatifs aux risques de projection de pales ou de fragments de pales (P01 à P06).....</i>	<i>134</i>
<i>Scénarios relatifs aux risques d'effondrement des éoliennes (E01 à E10) .....</i>	<i>135</i>
<b>Annexe 4 – Probabilité d'atteinte et Risque individuel.....</b>	<b>136</b>
<b>Annexe 5 – Glossaire .....</b>	<b>137</b>
<b>Annexe 6 – Bibliographie et références utilisées.....</b>	<b>141</b>

## INTRODUCTION

À 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.

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), a confirmé, précisé et élargi les engagements de la France en matière de production d'énergies renouvelables (EnR). Elle prévoyait ainsi de porter la part des EnR à au moins 23 % de sa consommation d'énergie finale d'ici 2020. Les objectifs par filière ont été définis par l'arrêté du 15 décembre 2009 relatif à la Programmation Pluriannuelle des Investissements (PPI) de production électrique modifié par l'arrêté du 24 avril 2016<sup>1</sup>. Ce texte fixe pour l'éolien terrestre un objectif de puissance totale installée compris entre 21 800 et 26 000 MW d'ici au 31 décembre 2023.

La loi n°2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte fixe les grands objectifs du nouveau modèle énergétique français et va permettre au pays de contribuer plus efficacement à la lutte contre le dérèglement climatique et de renforcer son indépendance énergétique. L'objectif est que la part des énergies renouvelables représente 32 % de la consommation énergétique finale en 2030.

La publication de ces objectifs, dans un contexte mondial favorable au développement des énergies renouvelables, a donc permis un développement technologique spectaculaire : ainsi, alors que dans les années 1980 une éolienne permettait d'alimenter environ 10 personnes en électricité, une éolienne de nouvelle génération délivrant une puissance de 2 MW fournit en moyenne de l'électricité pour 1 000 foyers<sup>2</sup>.

Le service des données et études statistiques (SDES) du ministère en charge de l'environnement a publié en août 2021 les chiffres du parc éolien raccordé au deuxième trimestre 2021<sup>3</sup>. La puissance installée et raccordée pour l'ensemble du parc éolien en métropole et dans les DOM atteint 18 310 MW au 30/06/2021.

Si les éoliennes ont évolué en taille et en puissance dans le monde entier, leur technologie actuelle est également sensiblement différente des premières machines 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 automatique, etc.).

<sup>1</sup> Arrêté du 24 avril 2016 relatif aux objectifs de développement des énergies renouvelables, JORF n°0098 du 26 avril 2016

<sup>2</sup> Source : Rapport « L'éolien en 10 questions » édition avril 2019 - ADEME

<sup>3</sup> Tableau de bord : éolien - Deuxième trimestre 2021, n°288 – Août 2021

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 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 double démarche :

- d'une part réglementaire pour vérifier que les risques des parcs éoliens sont maîtrisés, et cela en toute transparence avec le grand public ;
- d'autre part méthodologique, pour permettre aux exploitants de formaliser et d'améliorer sans cesse les mesures de maîtrise des risques qu'ils mettent en place.



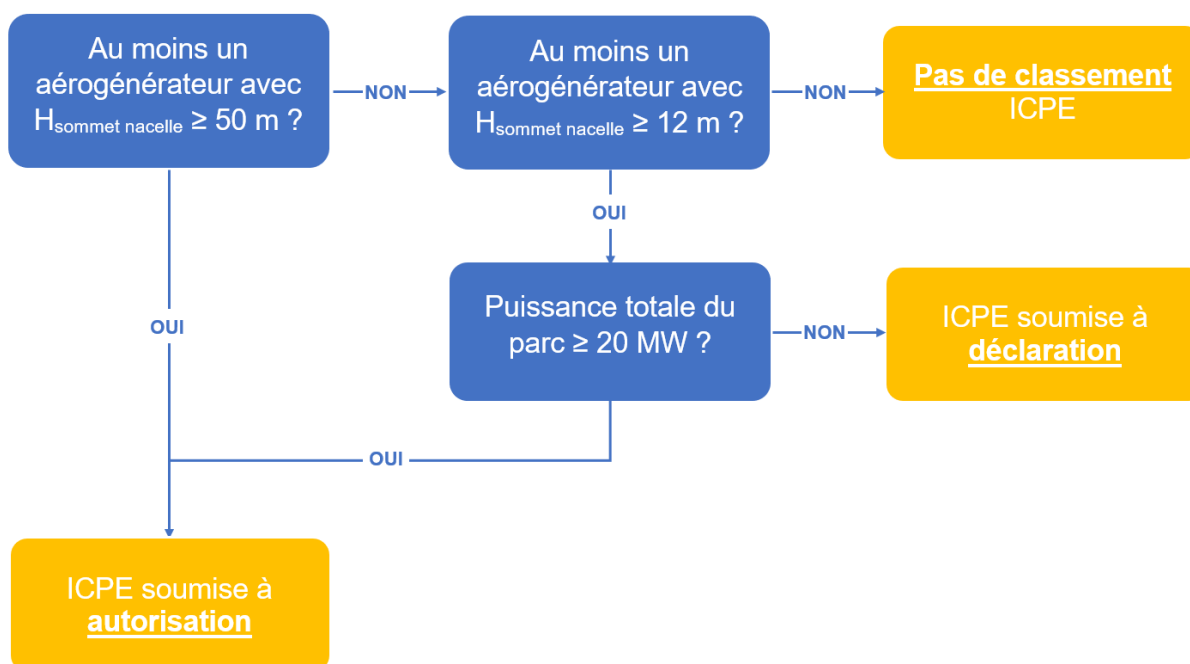
## CONTEXTE REGLEMENTAIRE

### Application du régime des installations classées aux parcs éoliens

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

Le décret n°2011-984 du 23 août 2011, modifiant l'article R. 511-9 du Code de l'environnement, crée la rubrique 2980 pour les installations de production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent et regroupant un ou plusieurs aérogénérateurs. Cette rubrique, dont le contenu a été modifié par le décret n° 2019-1096 du 28 octobre 2019<sup>4</sup>, prévoit deux régimes d'installations classées pour les parcs éoliens terrestres :

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



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

Enfin, l'arrêté du 26 août 2011 modifié relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement prévoit un certain nombre de dispositions par rapport à l'implantation, la construction, l'exploitation et la prévention des risques. Ces prescriptions nationales sont applicables à tous les nouveaux parcs éoliens et, pour partie, aux installations existantes. Elles devront être prises en compte dans le cadre de l'étude de dangers.

<sup>4</sup> Décret n° 2019-1096 du 28 octobre 2019 modifiant la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement

## Réglementation relative à l'étude de dangers

Selon l'article L.181-25 du Code de l'Environnement, 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. Les impacts de l'installation sur ces intérêts en fonctionnement normal sont traités dans l'étude d'impact sur l'environnement.

### **Article L.512-1 du Code de l'Environnement :**

*Sont soumises à autorisation les installations qui présentent de graves dangers ou inconvénients pour les intérêts visés à l'article L.511-1.*

*L'autorisation, dénommée autorisation environnementale, est délivrée dans les conditions prévues au chapitre unique du titre VIII du livre 1er.*

### **Article L.181-25 du Code de l'Environnement :**

*Le demandeur fournit une étude de dangers qui précise les risques auxquels l'installation peut exposer, directement ou indirectement, les intérêts mentionnés à l'article L.511-1 en cas d'accident, que la cause soit interne ou externe à l'installation.*

*Le contenu de l'étude de dangers doit être en relation avec l'importance des risques engendrés par l'installation.*

*En tant que de besoin, cette étude donne lieu à une analyse de risques qui prend en compte la probabilité d'occurrence, la cinétique et la gravité des accidents potentiels selon une méthodologie qu'elle explicite.*

*Elle définit et justifie les mesures propres à réduire la probabilité et les effets de ces accidents.*

### **Article L.181-26 du Code de l'Environnement :**

*La délivrance de l'autorisation peut être subordonnée notamment à l'éloignement des installations vis-à-vis des habitations, immeubles habituellement occupés par des tiers, établissements recevant du public, cours d'eau, voies de communication, captages d'eau, zones fréquentées par le public, zones de loisir, zones présentant un intérêt naturel particulier ou ayant un caractère particulièrement sensible ou des zones destinées à l'habitation par des documents d'urbanisme opposables aux tiers.*

Les intérêts visés à l'article L. 511-1 sont la commodité du voisinage, la santé, la sécurité, la salubrité publiques, l'agriculture, la protection de la nature, de l'environnement et des paysages, l'utilisation rationnelle de l'énergie, la conservation des sites et des monuments ainsi que des éléments du patrimoine archéologique.

Cependant, il convient de noter que 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] impose une évaluation des accidents majeurs sur les personnes uniquement et non sur la totalité des enjeux identifiés dans l'article L. 511-1. En cohérence avec cette réglementation et dans le but d'adopter une démarche proportionnée, l'évaluation des accidents majeurs dans l'étude de dangers s'intéressera prioritairement aux dommages sur les personnes. Pour les parcs éoliens, les atteintes à l'environnement (notamment le paysage), 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 donc 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 D.181-15-2 du Code de l'Environnement.

**Article D.181-15-2 du Code de l'Environnement :**

*III. - L'étude de dangers justifie que le projet permet d'atteindre, dans des conditions économiquement acceptables, un niveau de risque aussi bas que possible, compte tenu de l'état des connaissances et des pratiques et de la vulnérabilité de l'environnement de l'installation.*

*Le 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 la vulnérabilité des intérêts mentionnés à l'article L.181-3.*

*Cette étude précise, notamment, la nature et l'organisation des moyens de secours dont le demandeur dispose ou dont il s'est assuré le concours en vue de combattre les effets d'un éventuel sinistre. Dans le cas des installations figurant sur la liste prévue à l'article L. 515-8<sup>5</sup>, le demandeur doit fournir les éléments indispensables pour l'élaboration par les autorités publiques d'un plan particulier d'intervention.*

*L'étude comporte, notamment, un résumé non technique explicitant la probabilité, la cinétique et les zones d'effets des accidents potentiels, ainsi qu'une cartographie des zones de risques significatifs.*

*Le ministre chargé des installations classées peut préciser les critères techniques et méthodologiques à prendre en compte pour l'établissement des études de dangers, par arrêté pris dans les formes prévues à l'article L.512-5. Pour certaines catégories d'installations impliquant l'utilisation, la fabrication ou le stockage de substances dangereuses, le ministre chargé des installations classées peut préciser, par arrêté pris sur le fondement de l'article L.512-5, le contenu de l'étude de dangers portant, notamment, sur les mesures d'organisation et de gestion propres à réduire la probabilité et les effets d'un accident majeur.*

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 :

- 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

<sup>5</sup> Les installations soumises à la rubrique 2980 des installations classées (parcs éoliens) ne font pas partie de cette liste.

- résumé non technique de l'étude des dangers.

Enfin, d'autres textes législatifs et réglementaires, concernant les installations classées soumises à autorisation, s'appliquent aux études de dangers, notamment en ce qui concerne les objectifs et la méthodologie à mettre en œuvre :

- **Loi n°2003-699 du 30 juillet 2003** relative à la prévention des risques technologiques et naturels et à la réparation des dommages
- **Décret n°2005-1170 du 13 septembre 2005** modifiant le décret n°77-1133 du 21 septembre 1977 pris pour application de la loi n°76-663 du 19 juillet 1976 relative aux installations classées pour la protection de l'environnement
- **Arrêté du 10 mai 2000** relatif à la prévention des accidents majeurs impliquant des substances ou des préparations dangereuses présentes dans certaines catégories d'installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation
- **Arrêté du 29 septembre 2005** modifiant l'arrêté du 10 mai 2000 relatif à la prévention des accidents majeurs impliquant des substances ou des préparations dangereuses présentes dans certaines catégories d'installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation

## 1. PREAMBULE

### 1.1. OBJECTIF DE L'ETUDE DE DANGERS

La présente étude de dangers a pour objet de rendre compte de l'examen effectué par ERG pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques du parc éolien Phenix, 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 étudié. 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 ce parc éolien, 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.

L'étude de dangers s'articule autour de plusieurs axes :

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

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

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

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

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

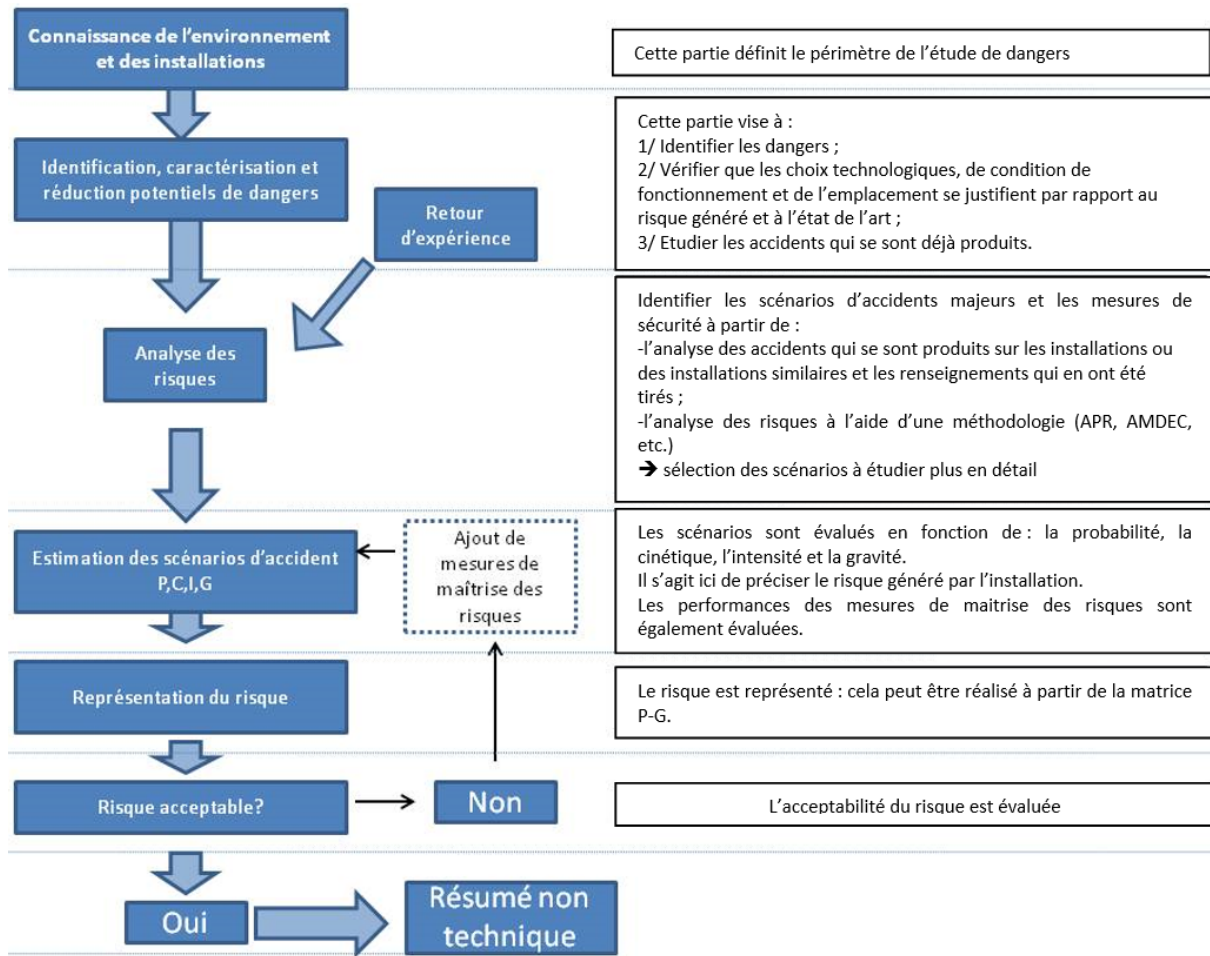
**Caractériser et classer les différents phénomènes et accidents en termes de probabilités, cinétique, intensité et gravité.** C'est l'étape détaillée des risques, avec mise en œuvre des outils de quantification en probabilité et en intensité / gravité.

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

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

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

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



Si la démarche de réduction du risque est considérée comme acceptable, une représentation cartographique et un résumé non-technique sont réalisés.

## 1.2. NOMENCLATURE ICPE DU PARC EOLIEN PHENIX

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

A - Nomenclature des installations classées			
N°	DESIGNATION DE LA RUBRIQUE	REGIME (1)	RAYON (2)
2980	Installation terrestre de production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent 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 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, D : Déclaration.  
(2) Rayon d'affichage en kilomètres.

Le parc éolien Phenix (projet de repowering) comprend au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m : cette installation est donc soumise à autorisation (A) au titre des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement et doit présenter une étude de dangers au sein de sa demande d'autorisation environnementale.

### 1.3. REDACTEUR DE L'ETUDE

La réalisation de cette étude de danger a été effectuée par Séverine PATUREAU pour ENCIS Environnement.

Le Bureau d'études d'ENCIS Environnement est spécialisé dans les problématiques environnementales, d'énergies renouvelables et d'aménagement durable. Dotée d'une expérience de plus de dix années dans ces domaines, notre équipe indépendante et pluridisciplinaire accompagne les porteurs de projets publics et privés au cours des différentes phases de leurs démarches.

L'équipe du pôle environnement, composée de géographes, d'écologues et de paysagistes, s'est spécialisée dans les problématiques environnementales, paysagères et patrimoniales liées aux projets de parcs éoliens, de centrales photovoltaïques et autres infrastructures. En 2021, les responsables d'études d'ENCIS Environnement ont pour expérience la coordination et/ou réalisation de plus de soixante-dix études d'impact sur l'environnement pour des projets d'énergie renouvelable (éolien, solaire) et de plus de 25 études de dangers pour des parcs éoliens.

<b>Structure</b>	
<b>Adresse</b>	Antenne de Nantes Atelier des Entreprises 9 rue du Petit Châtelier 44300 NANTES
<b>Téléphone</b>	06 76 26 17 46

## 2. INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION

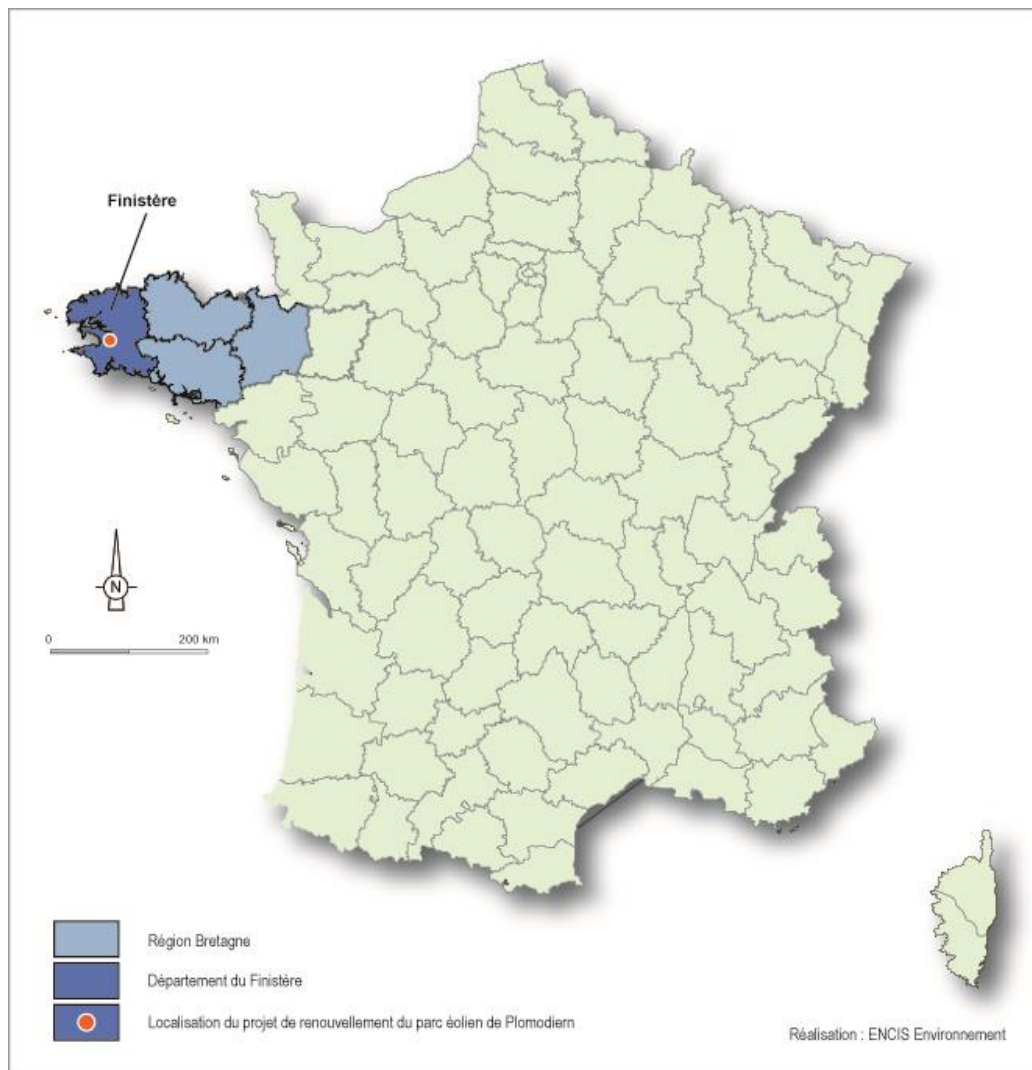
### 2.1. RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS

Les renseignements administratifs relatifs au porteur de la demande d'autorisation environnementale du parc éolien Phenix sont compilés dans le tableau suivant :

<b>Nom</b>	Parc Eolien Phenix SARL
<b>Adresse</b>	28 Boulevard Haussmann 75009 PARIS
<b>N° RCS</b>	825 319 924 RCS Paris
<b>N° SIRET</b>	825 319 924 00031

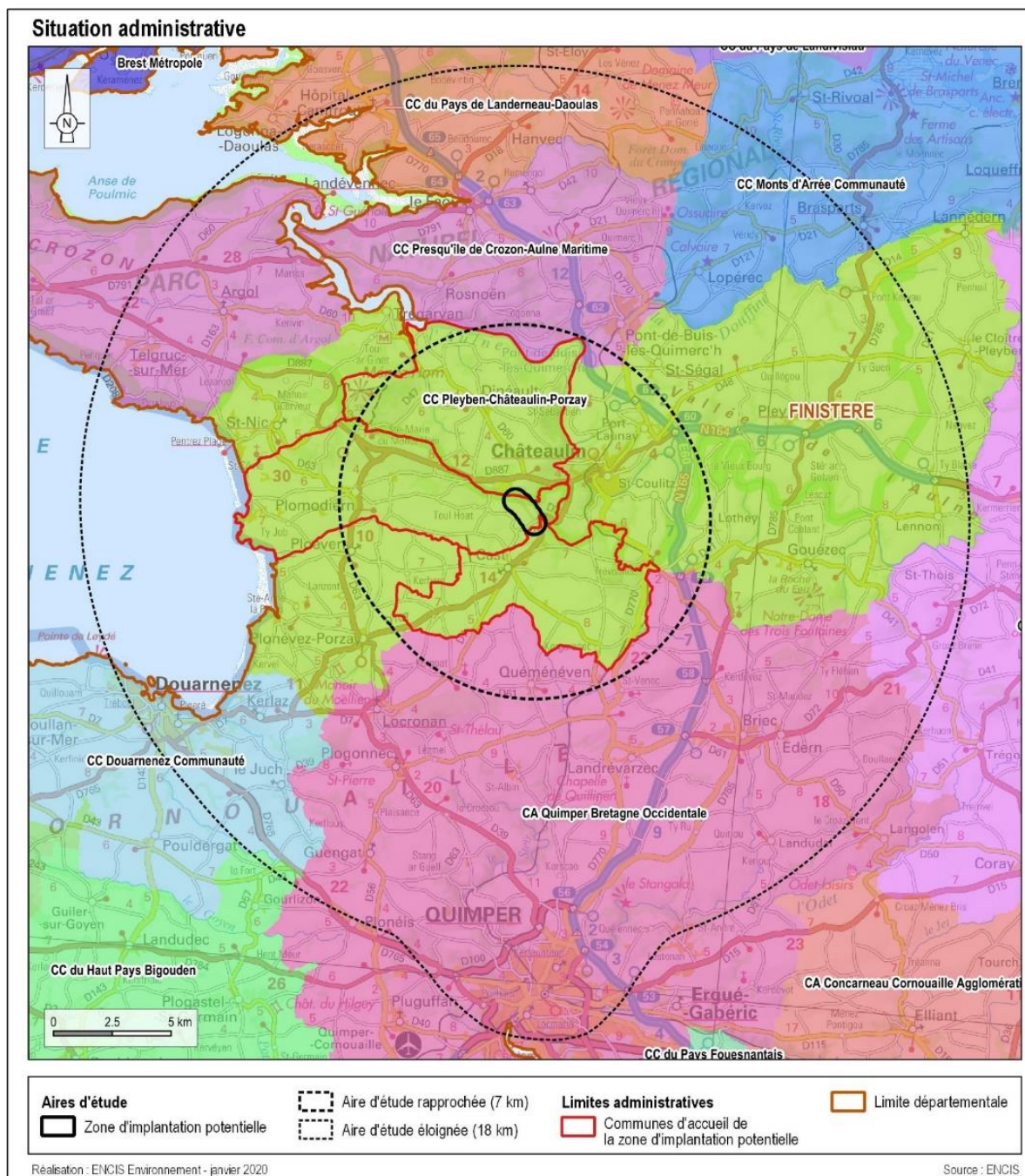
### 2.2. LOCALISATION DU SITE

Le site d'implantation potentielle du parc éolien, correspondant à un périmètre de 500 m autour des éoliennes actuelles du parc de Plomodiern, est localisé en région Bretagne, dans le département du Finistère, sur la commune de Plomodiern.



Carte 1 : Localisation du site en France (Source : ENCIS Environnement)





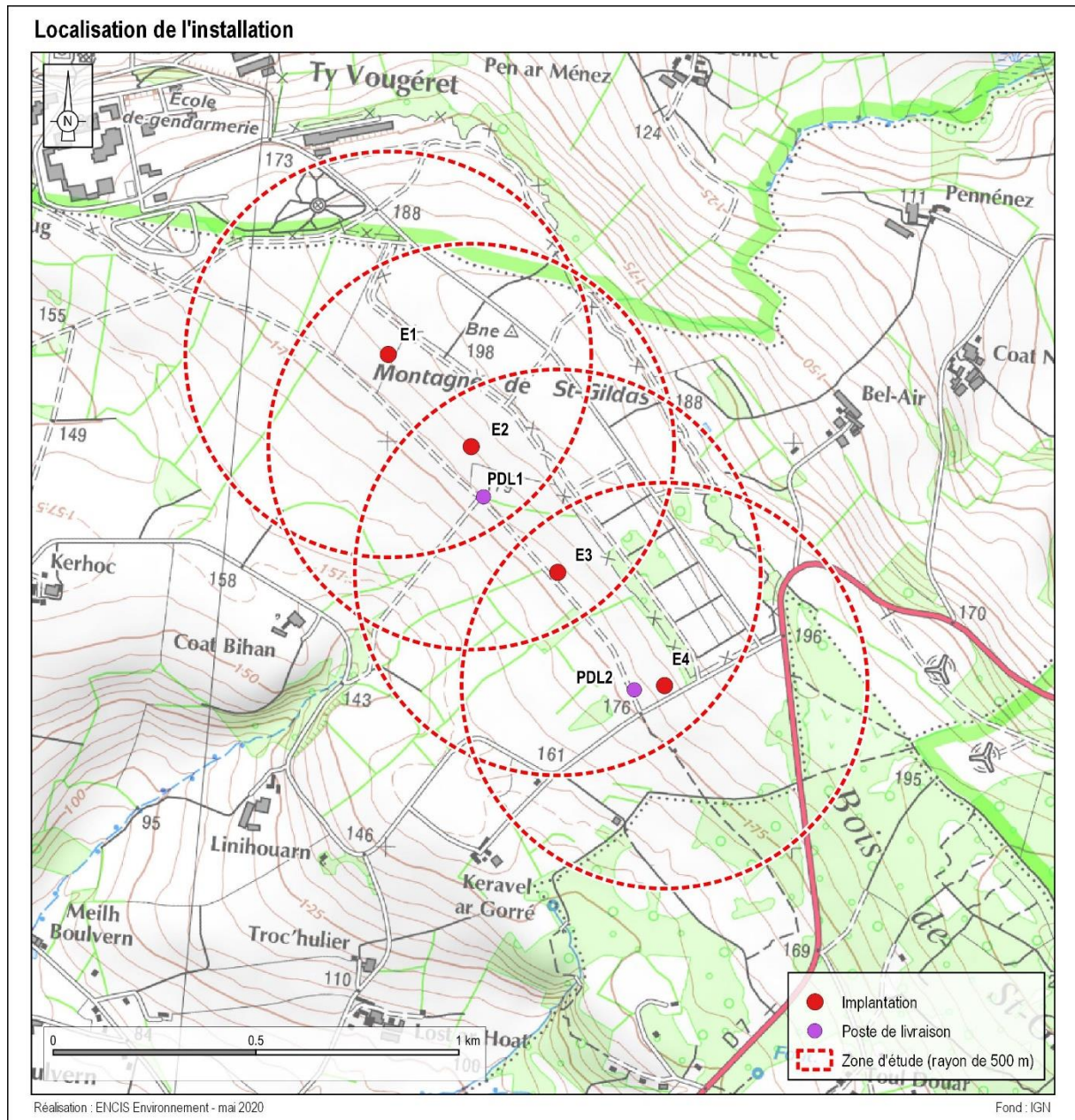
Carte 2 : Localisation du site au sein des Communautés de Communes (Source : ENCIS Environnement)

### 2.3. DEFINITION DE L'AIRES D'ETUDE

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

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

La zone d'étude n'intègre pas les environs du poste de livraison, qui est néanmoins représenté sur la carte. Les expertises réalisées dans le cadre des études par l'INERIS et le SER FEE ont en effet montré l'absence d'effet à l'extérieur du poste de livraison pour chacun des phénomènes dangereux potentiels pouvant l'affecter. Sera appelée dans la suite du document « zone d'étude » les aires d'étude de ces éoliennes, définies par un cercle de rayon inférieur ou égal à 500 m.



**Carte 3 : Carte de situation de l'installation (Source : ENCIS Environnement)**

### 3. 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).

#### 3.1. ENVIRONNEMENT HUMAIN

##### 3.1.1. HABITAT

La population de la commune de Plomodiern est de 2 136 habitants<sup>6</sup>.

Aucune habitation ni zone destinée à l'habitation ne sont présentes dans la zone d'étude (la maison actuellement en ruine au sein de la zone d'étude, propriété de la société JMA et située sur un zonage Ah du PLU sera démolie et aucune construction ne sera de nouveau autorisée sur la parcelle concernée).

Plusieurs hameaux sont toutefois situés de part et d'autre de cette zone.

Les tableaux suivants précisent la distance des éoliennes par rapport aux premières habitations et zones destinées à l'habitat :

Nom des lieux de vie	Eolienne la plus proche	Distance à l'éolienne
Keravel ar Gorré	E4	574,4 m
Coat Bihan	E2	618,9 m
Bel Air	E3	642,5 m
Logements de l'école de gendarmerie	E1	698 m
Maison isolée au sud	E4	770,4 m
Pen ar Ménez	E1	812 m
Linihouarn	E3	858,1
Maison isolée au sud-est	E4	872,2 m
Kerhoc	E1	996,6 m
Delliec	E1	1 008 m
Troc'hulier	E4	1 008,5 m
Coat Ninon	E3	1 081,7 m
Pennénez	E2	1 241 m

Tableau 1 : Distance des éoliennes par rapport aux premières habitations

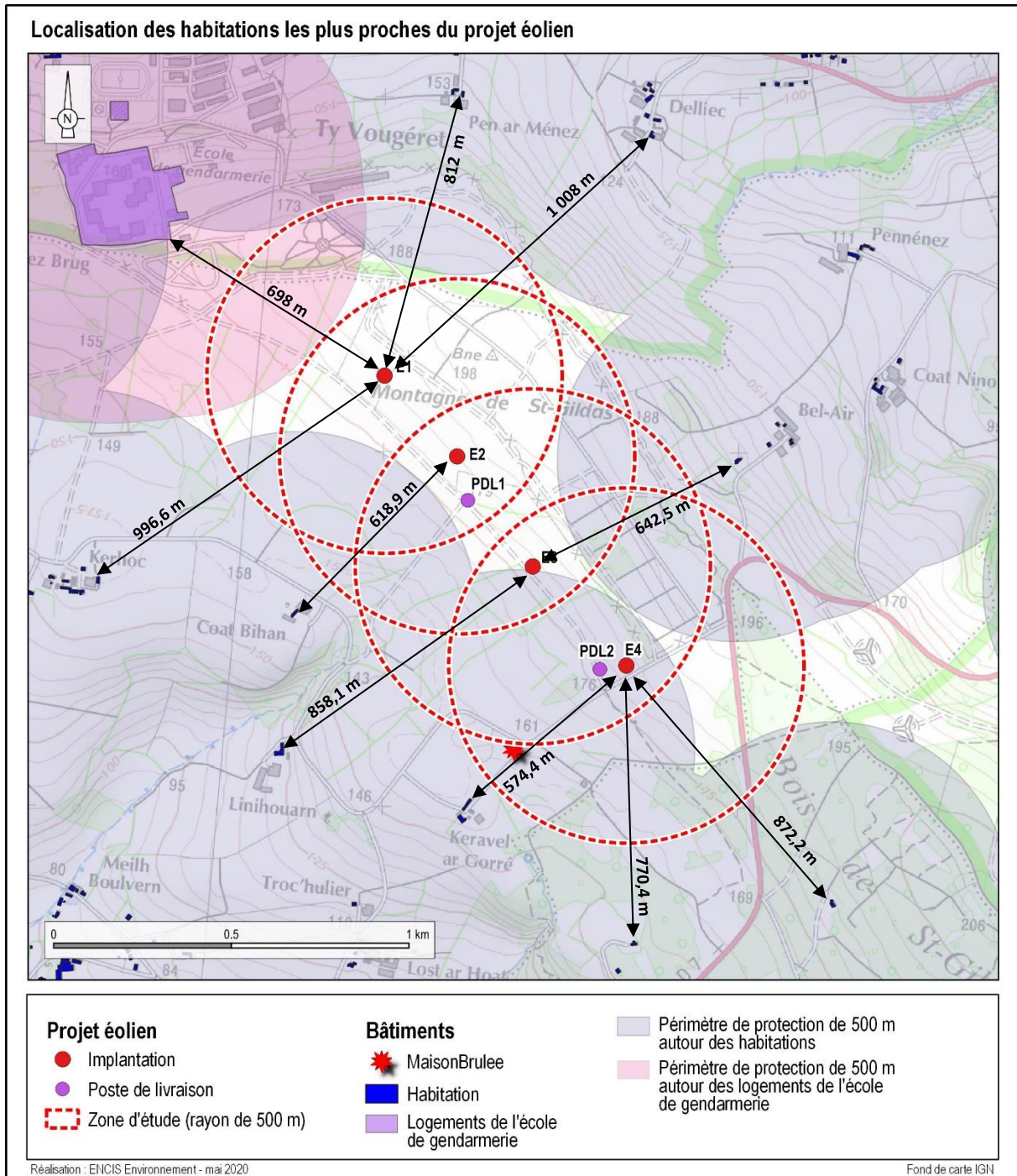
Les habitations les plus proches du projet – Keravel ar Gorré – sont localisées à 574,4 mètres de l'éolienne E4.

Zones constructibles	Eolienne la plus proche	Distance à l'éolienne (en m)
Zone Ah de Karavel ar Gorré	E4	513,5

Tableau 2 : Distance des éoliennes par rapport aux premières zones destinées à l'habitat

Les zones destinées à l'habitat les plus proches du projet – zone Ah de Keravel ar Gorré – sont localisées à 513,5 mètres de l'éolienne E4.

<sup>6</sup> INSEE, référencement 2017



Carte 1 : Carte des habitations les plus proches de la zone d'étude

### 3.1.2. ETABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC (ERP)

Un ERP est présent dans les limites de la zone d'étude. Il s'agit du site de l'école de gendarmerie. Toutefois, aucun des bâtiments d'enseignement de l'école ou logements ne sont compris dans la zone d'étude.

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

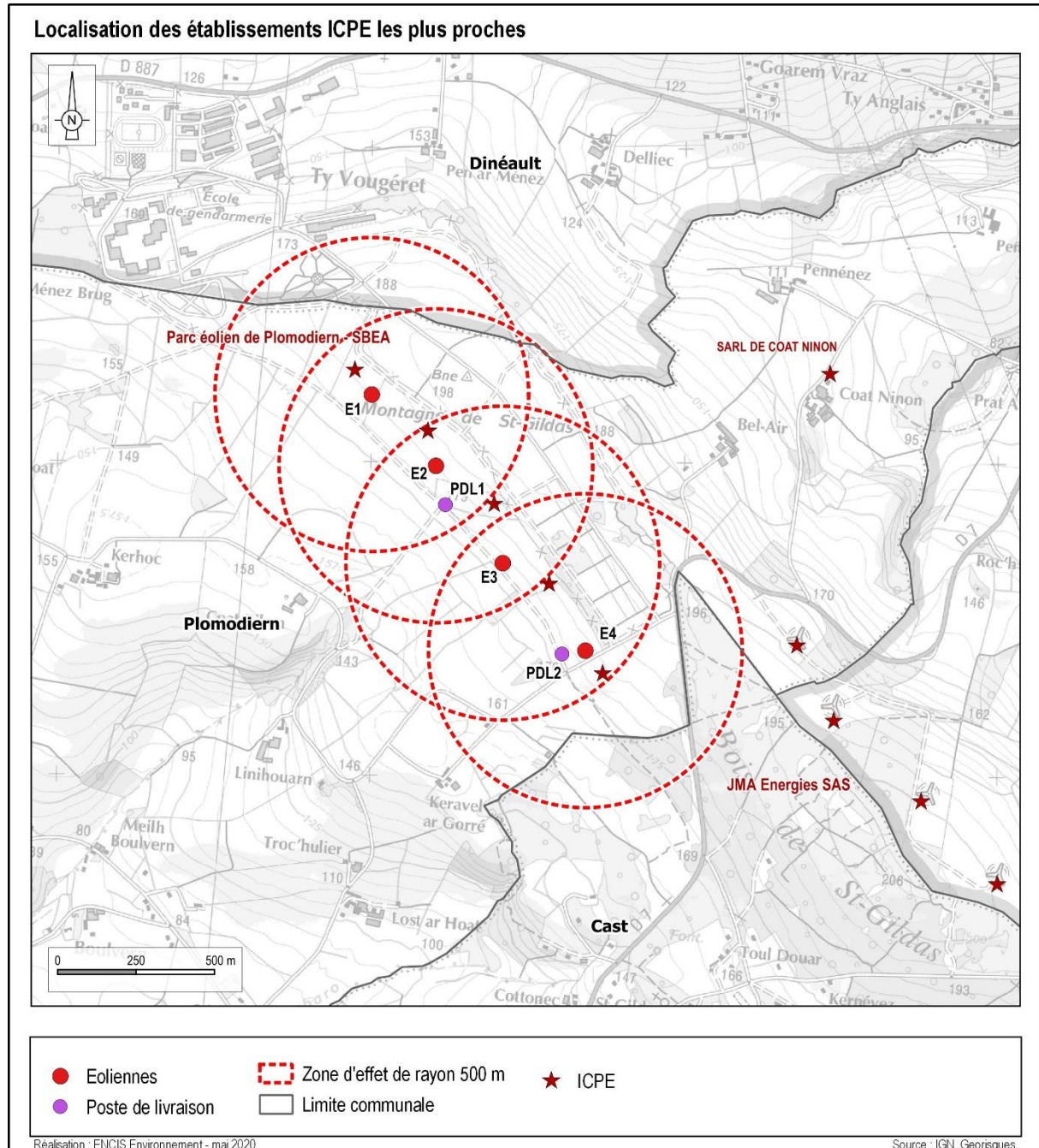
D'après la consultation de la base de données du Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement, 49 Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) sont recensées sur les communes de la zone d'implantation potentielle. Les plus proches sont des parcs éoliens, dont celui de la société SBEA faisant l'objet d'un projet de repowering, situé au cœur de la ZIP

(mais ces éoliennes n'existeront plus puisqu'elles seront remplacées par la nouvelle implantation), et celui de la société JMA Energie SAS dont l'éolienne la plus proche se situe à 630 m à l'est de E4.

La liste complète des ICPE est consultable dans l'étude d'impact du projet (tome 3.1).

Aucun site « SEVESO » (seuil haut ou bas) ne se situe sur la commune concernée par le projet éolien ni sur les communes limitrophes.

Il n'y a pas d'installation nucléaire dans la zone d'étude ou à proximité, la plus proche se localise à Chinon, à plus de 425 km.



**Carte 4 : Carte des ICPE les plus proches de la zone d'étude**  
 (Sources : Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie, ENCIS Environnement)

### 3.1.4. AUTRES ACTIVITES

Des bâtiments agricoles sont référencés autour de la zone d'étude ; aucun ne se situe dans les 500 m autour des éoliennes.

On recense les activités suivantes au sein de la zone d'étude :

- les 5 éoliennes actuelles du parc éolien de Plomodiern, en service, et faisant l'objet du repowering ainsi que le poste de livraison ; Toutefois, le parc actuel sera démantelé lorsque le nouveau projet sera construit ;
- des ruches dans deux secteurs de la zone d'étude ;
- une partie du site de l'école de gendarmerie (clôturé) qui est située juste au nord de E1. Une ancienne chapelle se situe à l'intérieur de la zone d'étude ; un chenil et un stand de tir en limite extérieure ;
- un terrain d'entraînement militaire où il est interdit de pénétrer ;
- des chemins de randonnée, dont l'un passe le long du chemin d'accès aux éoliennes actuelles et futures du parc Phenix.

Notons également pour information la présence d'une maison en ruine (brûlée), propriété de JMA qui sera démolie et d'un cabanon abandonné.



Photographie 1 : Ruches (site sud-ouest de la zone d'étude)



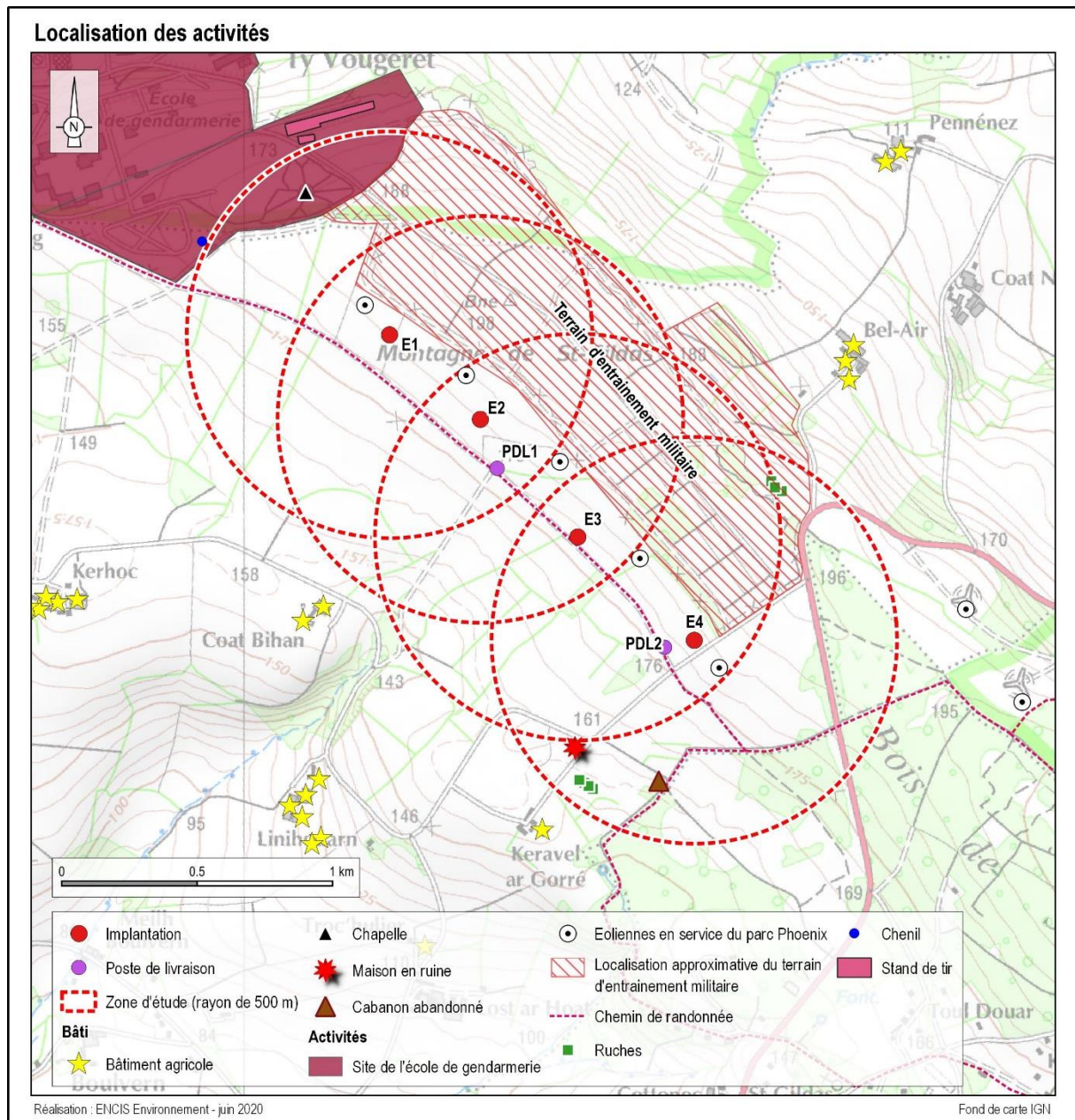
Photographie 2 : Maison en ruine



Photographie 3 : Cabanon abandonné



Photographie 4 : Clôture de l'école de gendarmerie au nord de E1



**Carte 5 : Carte des activités les plus proches de la zone d'étude (Source : ENCIS Environnement)**

## 3.2. ENVIRONNEMENT NATUREL

### 3.2.1. CONTEXTE CLIMATIQUE

Le climat de la Bretagne est globalement de type océanique, caractérisé par des étés plutôt doux et des hivers souvent pluvieux, ventés et doux. Les écarts de températures sont faibles et les jours de gel en hivers sont rares. Les précipitations sont fréquentes et réparties sur toute l'année. Mais le climat breton est également très variable d'un secteur à l'autre. La Bretagne est sans doute la région française de plaine qui connaît la plus grande diversité de climats. Le sud est plus ensoleillé que le nord ; certains secteurs sont très frais et humides (les zones de "montagne"), d'autres hyperocéaniques donc doux (littoral de l'ouest) ; d'autres doux, plus secs et ensoleillés – influence méditerranéenne – (littoraux du sud-est) ou continentalisée (bassin rennais). Il y a davantage une différence entre l'ouest et l'est qu'une différence entre le nord et le sud.

La région bénéficie d'un ensoleillement conséquent, avec une moyenne de 1 707 heures d'insolation en 2017 contre 2 034 h au niveau national.

En 2017, la pluviométrie moyenne en Bretagne a atteint 749 mm, valeur proche de la moyenne française (700 mm / an). Par sa situation de vigie, la péninsule bretonne est directement sous l'influence dominante du flux océanique. De ce fait, son relief, bien que modeste, joue un rôle essentiel dans la répartition spatiale des pluies : le gradient pluviométrique diminue des côtes atlantiques vers la côte d'Emeraude, avec des cumuls annuels qui atteignent sur les Monts d'Arrée le double de la pluviométrie du bassin rennais.

#### Les températures

A la station de Lanvéoc, la température moyenne annuelle est de 11,9°C. La température record minimale a été enregistrée en 1948 et était de -12,5° ; le record maximal a été de 35° (1945).

D'après la station de Lanvéoc (données de 1981 à 2010), en moyenne, il y a eu 4,9 jours de neige par an.

#### Les précipitations

Les précipitations enregistrées à la station de Lanvéoc sont de 1006,4 mm/an.

On compte 5 jours de grêle par an en moyenne et 7 jours d'orage.

#### Le vent

D'après l'analyse de la rose des vents de St-Ségal, les vents dominants viennent clairement de l'ouest.

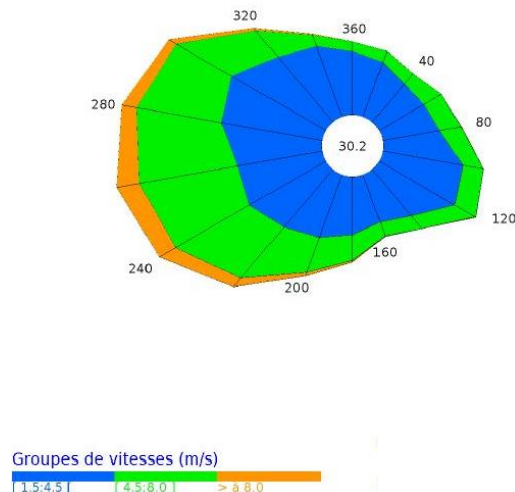


Figure 1 : Rose des vents de la Station de St-Ségal (Source : Météo France)



### 3.2.2. RISQUES NATURELS

Cette partie de l'étude de dangers a pour but de lister les différents risques naturels identifiés dans la zone d'étude qui sont susceptibles de constituer des agresseurs potentiels pour les éoliennes. Des données plus précises sont mises à disposition dans l'étude d'impact sur l'environnement.

#### Le risque sismique :

Selon le décret n°2010-1255, le territoire national est divisé en cinq zones de sismicité croissante en fonction de la probabilité d'occurrence des séismes :

- Zone de sismicité 1 (très faible) ;
- Zone de sismicité 2 (faible) ;
- Zone de sismicité 3 (modéré) ;
- Zone de sismicité 4 (moyenne) ;
- Zone de sismicité 5 (forte).

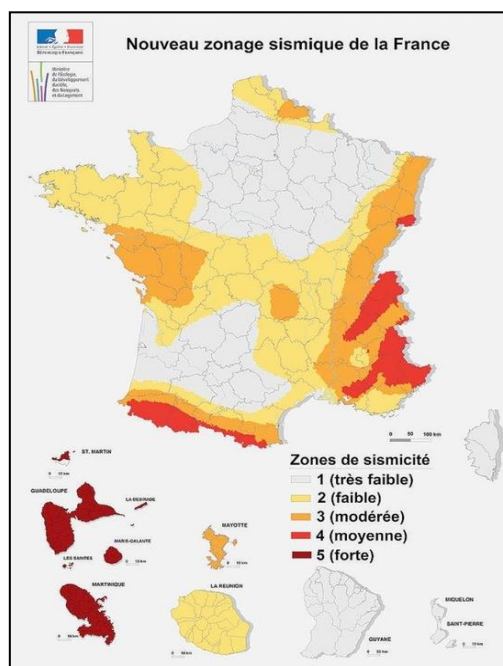


Figure 2 : Carte du zonage sismique en France (source Ministère de l'écologie)

D'après les décrets n°2010-1254 et n°2010-1255, les communes du périmètre des 500 m sont en zone de sismicité 2 soit une probabilité d'occurrence des séismes faible.

D'après la base de données Sis France, plusieurs séismes ont été ressentis sur les communes de la zone d'étude :

Séismes ressentis sur les communes de la zone d'étude				
Date et heure	Localisation épicentrale	Région ou pays de l'épicentre	Intensité épicentrale	Intensités ressenties sur les communes de la zone d'étude
30 septembre 2002 06 : 44 : 48	Vannetay (Hennebont-Branderion)	Bretagne	5,5	Plomodiern (3,5) Cast (0) Dinéault (0)
4 septembre 1981 04 : 41 : 59	Manche (N. Aber Vrac'h)	Bretagne	5	Plomodiern (0) Cast (0) Dinéault (0)
2 janvier 1959 06 : 20 : 50	Cornouaille (Malgven)	Bretagne	7	Plomodiern (0) Cast (5) Dinéault (0)
22 octobre 1957 02 : 51 : 27	Cornouaille (Treogat)	Bretagne	5	Plomodiern (-) Cast (5,5) Dinéault (0)
1 <sup>er</sup> février 1925 21 : 50 : 00	Atlantique (W. Ile de Ouessant)	Bretagne	5,5	Plomodiern (4) Cast (0) Dinéault (0)

Tableau 3 : Séismes ressentis sur les communes proches du parc éolien

### **Le risque mouvements de terrain :**

En ce qui concerne les mouvements de terrain, les bases de données du BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières) ont été consultées. Le terme de mouvement de terrains regroupe les glissements, éboulements, coulées, effondrements de terrain et érosions de berges.

Un mouvement de terrain a été recensé à plus de 2,5 km à l'est ; il s'agit d'un éboulement, le long du lit de l'Aulne sur la commune de Châteaulin. La zone d'étude n'est pas concernée par des mouvements de terrain recensés dans les bases de données.

Le risque de mouvement de terrain existe dans le Finistère. Les bases de données ne démontrent pas de mouvement de terrain connus sur le secteur, néanmoins, les études géotechniques préalables à la construction du projet permettront de statuer précisément sur ce risque et de dimensionner les fondations en fonction.

### **Le risque cavités souterraines :**

Des dommages importants peuvent être liés à l'effondrement de cavités souterraines. Le serveur Géorisques mis en place par le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable et géré par le BRGM permet le recueil, l'analyse et le porter à connaissance des informations relatives à la présence de cavités.

Une cavité souterraine a été recensée au plus près à environ 1,5 km à l'ouest des éoliennes actuelles.

Les bases de données ne démontrent pas d'aléa effondrement connus à proximité immédiate des éoliennes, néanmoins, les études géotechniques préalables à la construction du projet permettront de statuer précisément sur ce risque et de dimensionner les fondations en fonction.

### **Aléa retrait-gonflement des argiles :**

Les sols argileux voient leur consistance se modifier en fonction de leur teneur en eau. Ces modifications se traduisent par une variation de volume. En climat tempéré, les argiles sont souvent proches de leur état de saturation et donc de leur état de gonflement. En revanche, en période sèche, les mouvements de retrait peuvent être importants. Ce phénomène naturel résulte de plusieurs éléments :

- la nature du sol (sols riches en minéraux argileux « gonflants »),
- les variations climatiques (accentuées lors des sécheresses exceptionnelles),
- la végétation à proximité de la construction, des fondations pas assez profondes et/ou l'absence de structures adaptées lors de la construction...

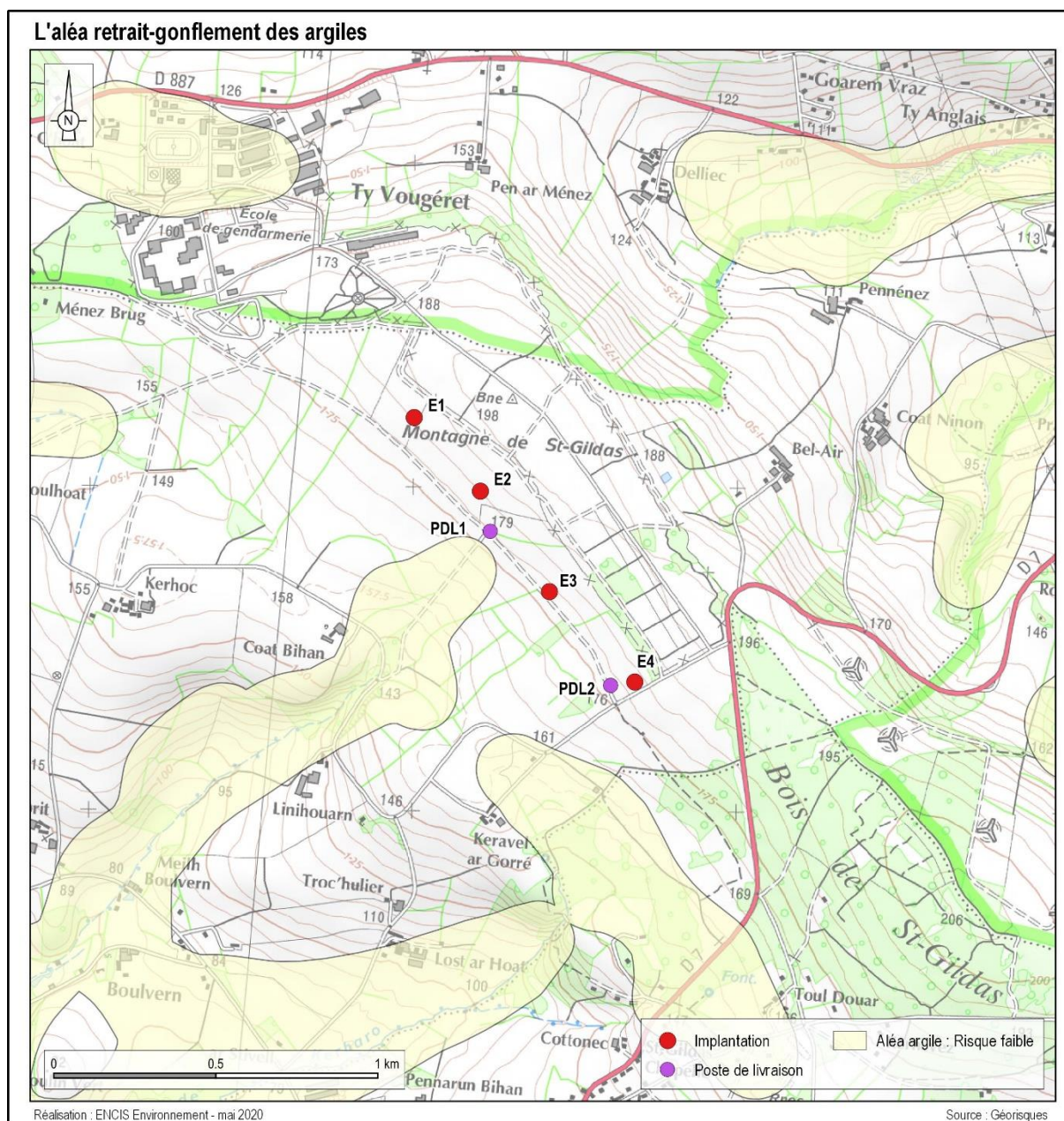
A la demande du Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer, le BRGM a élaboré des cartes d'aléa retrait-gonflement d'argiles par département ou par commune.

Ces cartes ont pour but de délimiter toutes les zones qui sont a priori sujettes au phénomène de retrait-gonflement d'argiles et de hiérarchiser ces zones selon un degré d'aléa croissant :

- aléa fort : correspond aux zones où la probabilité de l'aléa est la plus élevée et où l'intensité des phénomènes est la plus forte,
- aléa moyen : correspond aux zones intermédiaires de potentialité d'aléa,
- aléa faible : correspond aux zones où la probabilité de l'aléa est possible en cas de sécheresse importante mais une faible proportion des bâtiments seraient touchés,
- aléa nul : correspond aux zones où les données n'indiquent pas de présence d'argiles.

Quelques poches de la zone d'étude sont identifiées comme étant concernées par un aléa retrait-gonflement d'argile faible. Ces dernières sont localisées à l'ouest et au sud-ouest.

Les éoliennes se trouvent dans un secteur qualifié par un aléa nul.



**Carte 6 : Zones de retrait et de gonflement des argiles**

**Le risque foudre :**

La meilleure représentation actuelle de l'activité orageuse est la densité d'arcs qui est le nombre d'arcs de foudre au sol par km<sup>2</sup> et par an.

La valeur moyenne de la densité d'arcs, en France, est de 1,53 arcs/km<sup>2</sup>/an. D'après une carte de Météo France et de Météorage, le site d'étude présente un nombre faible d'impacts de moins de 0,5 arcs par km<sup>2</sup> par an sur la période 2000-2009.

La foudre ne représente pas de risque majeur sur le site.

**Le risque tempête :**

La station de Lanvéoc a enregistré des vitesses de vent maximales de 45 m/s à 10 m (record établi en 1987).

### **Le risque incendie :**

D'après le Dossier Départemental des Risques Majeurs, le département du Finistère est caractérisé par de grandes surfaces couvertes de landes et d'herbages ainsi que par des zones boisées et est donc sujet à ce risque. La sécheresse, souvent liée à des vents soutenus, constitue le début de la période à risque.

C'est dans ce sens qu'était intervenu l'arrêté préfectoral du 30 août 2001, relatif à la protection des landes et forêts contre l'incendie. Cet arrêté différencie deux périodes, l'une rouge, à risque maximal du 1<sup>er</sup> mars au 30 septembre, l'autre verte couvrant le reste de l'année, ainsi que deux zones géographiques, l'une correspondant aux zones sensibles (Monts d'Arrée et Presqu'île de Crozon d'une part, extrême Sud-Est du département, de l'Aven et du Belon jusqu'à la Laïta, d'autre part), l'autre aux autres zones du Finistère.

Un nouvel arrêté « portant réglementation en vue de prévenir les incendies de forêts et de landes » du Finistère en date du 04 juin 2014 a été prescrit. Il fixe des dispositions à respectées pour les terrains constitués de « bois, landes et plantations et tous les terrains qui en sont situés à moins de 200 m ainsi que les voies qui les traversent ». Citons notamment les dispositions suivantes :

- interdiction à toute personne de jeter des objets incandescents dans les bois, plantations, forêts et landes ainsi que sur les voies les traversant,
- interdiction à toute personne de fumer dans les bois, plantations, forêts et landes,
- usage du feu interdit à toute personne dans les bois, plantations, forêts et landes, ainsi que dans les terrains qui en sont situés à moins de 200 m du 15 mars au 30 septembre. Des dérogations peuvent être accordées pour certains cas.
- les propriétaires, ayants droits ou entreprises intervenant dans ces secteurs et utilisant du matériel susceptible de provoquer des départs de feu doivent cesser les travaux lorsque le risque incendie est important.

Le DDRM 29 recense 8 incendies majeurs entre 2001 et 2012, dont deux sur la commune de Dinéault en mai 2005 et juin 2006.

La zone d'étude n'est pas classée en risque feu de forêt ni en zone sensible ; toutefois elle inclut des zones de landes et de broussailles (terrain d'entraînement militaire notamment). Il sera nécessaire de suivre les recommandations du SDIS du Finistère (voir courrier en annexe de l'étude d'impact) et de l'arrêté préfectoral du 4 juin 2014.

### **Le risque inondations :**

Les risques d'inondation ont été recensés grâce à la base de données du portail de la prévention des risques majeurs<sup>7</sup> et au Dossier Départemental des Risques Majeurs. Selon ces bases de données, la zone d'étude n'est pas concernée par le risque d'inondation par débordement de cours d'eau.

Deux des communes de la zone d'étude, Plomodiern et Dinéault, sont concernées par le risque littoral (submersion marine et érosion littorale). Toutefois, compte tenu de la localisation de la zone d'étude, en retrait de la côte atlantique et sur un point haut (montagne de Saint-Gildas), le risque est considéré comme nul.

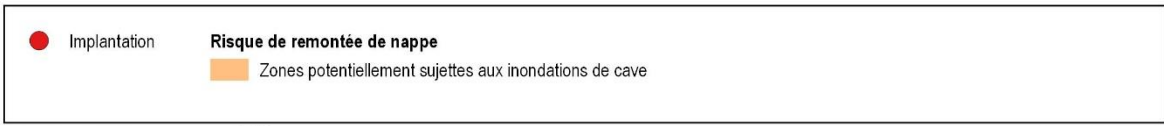
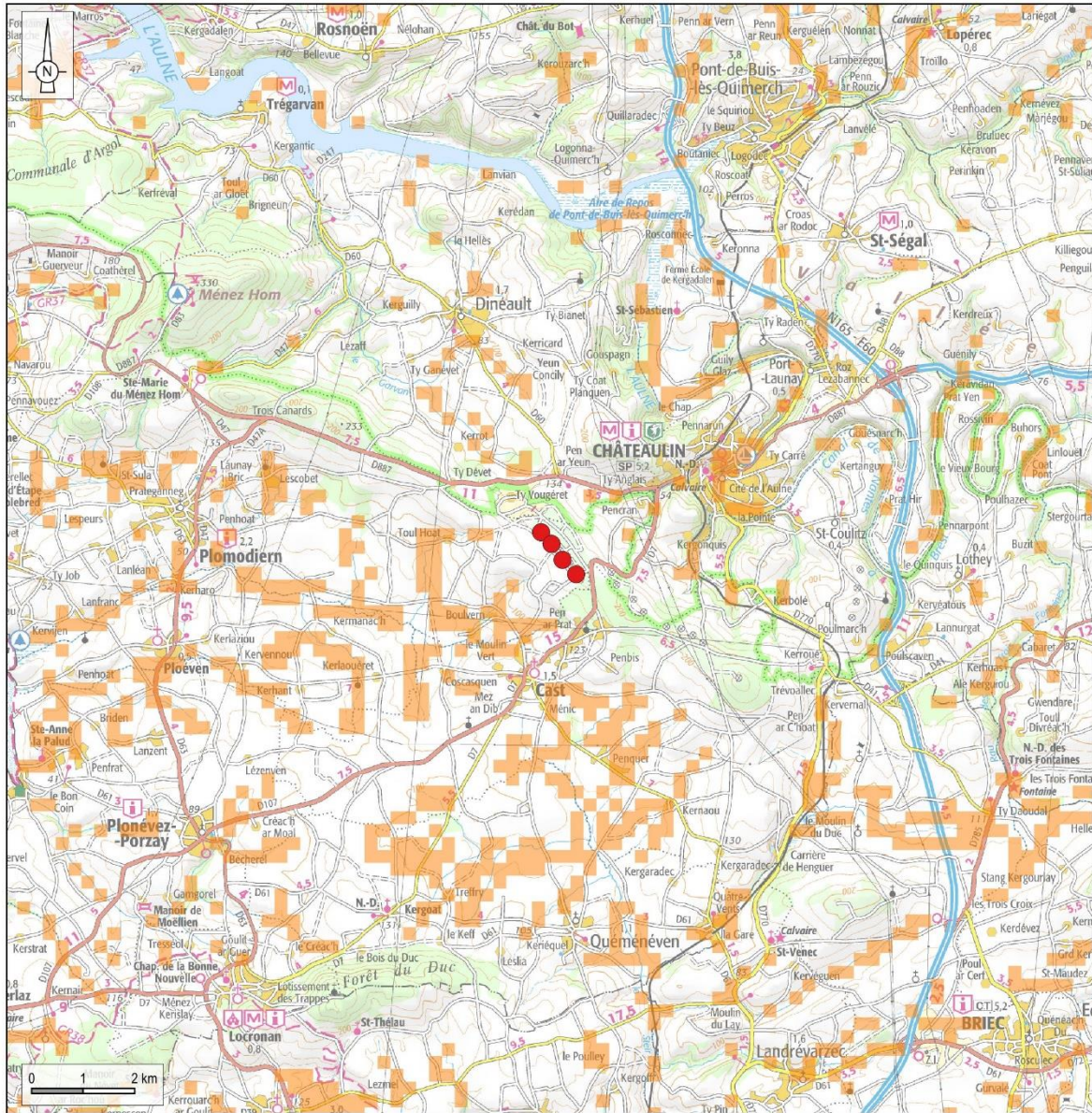
### **Le risque remontée de nappes :**

D'après le BRGM<sup>8</sup>, les éoliennes envisagées ne sont pas du tout concernées par le risque de débordement de nappe ou d'inondation de cave.

<sup>7</sup> cartorisque.prim.net

<sup>8</sup> base de données en ligne : [www.inondationnappe.fr](http://www.inondationnappe.fr)

**L'aléa remontée de nappes**



Réalisation : ENCIS Environnement - mai 2020

Source : BRGM, IGH

**Carte 7 : Zones de sensibilité aux débordements de nappes et inondations de caves**

**3.3. ENVIRONNEMENT MATERIEL**

**3.3.1. VOIES DE COMMUNICATION**

Dans cette partie de l'étude de dangers sont répertoriés l'ensemble des réseaux de communication présents dans la zone d'étude.

**Le transport routier**

La seule route à caractère autoroutier présente dans le secteur est la N165 et est située à environ 5,5 km du futur parc éolien.

A proximité du site, on recense la D887 (à environ 455 m au nord de la zone d'étude), et surtout la D7 qui traverse la zone d'étude. Sont également présents de nombreux chemins d'exploitation et des chemins ruraux.

Le recensement de la circulation sur les routes du Finistère effectué par le Ministère (routes nationales) et le Conseil Départemental du Finistère (routes départementales) donne les informations suivantes:

Route Nationale	Trafic moyen journalier annuel (2017)
N165	26 079 véhicules dont 9,5% de poids lourds
Routes départementales	Trafic moyen journalier annuel (2015)
D887*	3 043 véhicules et 142 poids lourds
D7	155 véhicules dont 3,6 % poids lourds

\* Route à fortes variations saisonnières

**Tableau 4 : Comptages routiers**

### **Le transport ferroviaire**

Le site n'est pas concerné par une voie ferrée (la plus proche est à plus de 15 km à l'est du site).

### **Le transport fluvial**

Aucun cours d'eau navigable, aucun canal et écluse ne sont présents sur la zone d'étude.

### **Le transport aérien**

Le projet éolien est concerné par des servitudes militaires. En effet, le site d'étude :

- est entièrement compris dans le périmètre de coordination (20-30 kms) des radars de Brest et Lanvéoc, et à moins de 70 km de plusieurs radars (instruction en date du 18/06/2021)
- se situe pour partie dans la ZMT Troguiven (aire de protection utilisée pour l'entraînement au largage de personnels et de matériels à très basse altitude, de jour comme de nuit, à une hauteur inférieure à 150 m).

Les éoliennes se situent en dehors de zone de protection de radar (autre que militaire).

A environ 7,5 km au nord-ouest se situe un site de décollage de vol libre géré par l'Ecole Vol Libre Menez-Hom.

### **3.3.2. RESEAUX PUBLICS ET PRIVÉS**

Dans cette partie sont recensées les principales installations publiques présentes dans les limites de la zone d'étude.

### **Le transport d'électricité**

La zone d'étude n'est pas concernée par les lignes Haute Tension (la plus proche est à environ 910 m à l'est de la zone d'étude).

Toutefois, une liaison souterraine de RTE de 63000 Volts dénommée Rumengol – St-Coulitz est présente dans la partie est de la zone d'étude. Elle se situe au plus près à environ 295 m d'une éolienne du parc Phenix actuel.

Quelques linéaires de réseaux aérien BT et d'une ligne HTA souterraine se situent à l'intérieur de la zone d'étude.

### **Les canalisations de transport**

Aucune canalisation de transport de gaz, d'hydrocarbures liquides ou de produits toxiques n'est présente sur la zone d'étude ou à proximité.

### **Réseau d'assainissement**

Aucune station d'épuration n'est présente sur et aux alentours de la zone d'étude.

### **Le réseau d'alimentation en eau potable**

Le plan des servitudes d'utilité publique de la commune de Plomodiern n'indique pas la présence de point de captage et/ou de périmètres de protection de captages d'eau potable au droit de la zone d'implantation ou de ses abords. La réponse de l'ARS datée du 25/02/2020 (voir annexe de l'étude d'impact) a permis de confirmer qu'aucun captage public utilisé pour l'alimentation humaine n'était présent dans la zone d'implantation potentielle.

La SAUR Grand Ouest n'indique pas de réseaux d'eau au sein de la zone d'étude. Compte tenu du caractère isolé de la zone d'étude, il est peu probable que des réseaux d'adduction en eau potable soient présents dans la zone d'étude.

### **3.3.3. AUTRES OUVRAGES PUBLICS**

Aucun autre ouvrage public n'est situé dans la zone d'étude.

## **3.4. CARTOGRAPHIES DE SYNTHESE**

En conclusion de ce chapitre de l'étude de dangers, les cartographies suivantes permettent d'identifier **dans la zone d'étude globale (500 m) puis dans les autres zones d'études**<sup>9</sup> les enjeux humains exposés ainsi que la localisation des biens, infrastructures et autres établissements.

### **Biens, infrastructures et autres établissements**

Dans la zone d'étude, nous avons recensé en tant qu'infrastructures :

- Les chemins d'exploitation (existants ou à créer) et plateformes du parc éolien ;
- La route départementale D7 ;
- Les chemins d'exploitation / ruraux ;
- Des chemins de randonnée ;
- Les éoliennes en service du parc actuel de Plomodiern et le poste de livraison associé ; toutefois, étant donné que ces éoliennes auront été démantelées, elles ne seront pas prises en compte dans l'étude,
- Un terrain d'entraînement militaire,
- Une partie du site de l'école de gendarmerie (aucun bâtiment d'enseignement ou de logement n'est concerné),
- Des ruches.

### **Enjeux humains**

La méthode de comptage des enjeux humains est basée sur la fiche n°1 de la Circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers (voir annexe 1 du présent

---

<sup>9</sup> Voir parties 7 et 8 pour la définition des scénarios et des zones d'étude

document). Elle permet d'estimer le nombre de personnes susceptibles d'être rencontrées suivant les ensembles homogènes (terrains non bâtis, voies de circulation, zones habitées, ERP, zones industrielles, commerces...) présents dans la zone d'étude. Elle permettra ensuite de déterminer la gravité associée à chaque phénomène dangereux retenu dans l'étude détaillée des risques.

Les enjeux pris en compte pour la route départementale D7 traversant la zone d'étude ont été estimés en fonction des données de comptage routier journalier du Conseil Départemental du Finistère. Ces statistiques sont de 2015 et sont représentatives de la fréquentation des routes. La fréquentation de cette route est comprise entre 0 et 500 véhicules/jour. Cette route est donc considérée comme non structurante (fréquentation < à 2 000 / jour).

La fiche n°1 de la Circulaire du 10 mai 2010 précise que les voies de circulation non structurantes (< 2000 véhicule/jour) sont comptées dans la catégorie des terrains aménagés mais peu fréquentés.

Dans la zone d'étude, nous recensons des terrains non bâtis de trois types :

- terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, forêts, bois, friches...), où l'on comptera 1 personne exposée par tranche de 100 ha,
- terrains aménagés mais peu fréquentés (voies de circulation non structurantes telles que la D7, les chemins d'exploitation et ruraux, les plateformes...) où l'on comptera 1 personne par tranche de 10 ha,
- terrains aménagés et potentiellement fréquentés ou très fréquentés où l'on comptera 10 personnes exposées par tranche de 1 hectare. Il a été choisi en concertation avec le maître d'ouvrage de classer dans cette catégorie les terrains appartenant à l'école de gendarmerie et le terrain d'entraînement militaire.

Pour les chemins de promenade de randonnée, nous compterons 2 personnes pour 1 km, en considérant que ces chemins sont peu fréquentés (moins de 100 promeneurs/jour en moyenne).

Pour les ruches, il a été convenu avec le porteur de projet de compter au maximum 1 personne venant s'en occuper.

Etant donné que lorsque le projet sera réalisé, il remplacera les éoliennes actuelles du parc de Plomodiern, il n'a pas été pris en compte les personnes assurant la maintenance du parc. Aucun enjeu également pour le cabanon abandonné ni la maison en ruine qui sera démolie.

Les surfaces ont été calculées en utilisant un logiciel de SIG<sup>10</sup>, tout en s'appuyant sur la cartographie au 1 : 25 000, le site géoportail pour les photos aériennes et le plan de masse fourni par le client. Ces données ont permis de calculer à un instant t les différentes répartitions des terrains non bâtis (dont les chemins empruntés par les véhicules agricoles). Des évolutions dans le futur peuvent avoir lieu et ne sont donc pas prises en compte.

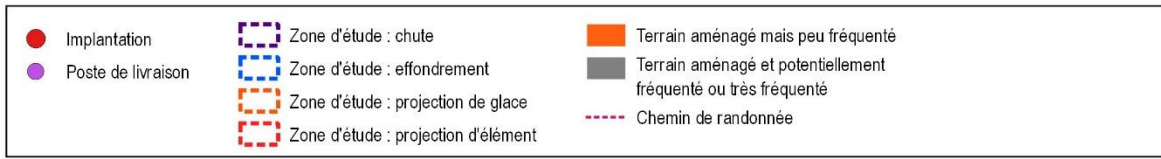
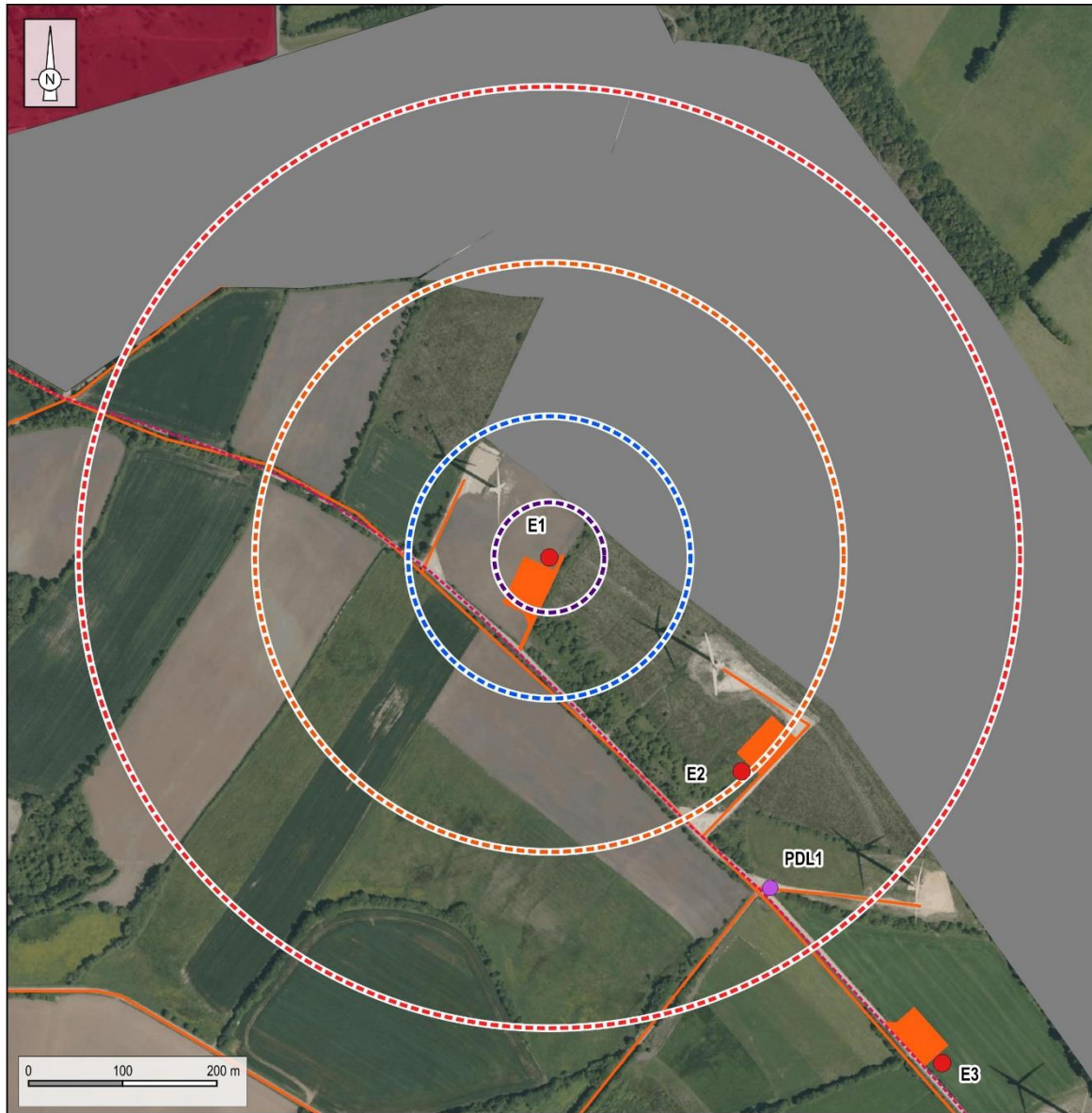
Les cartes suivantes s'attachent à présenter les enjeux à protéger dans chacune des aires d'études de dangers des aérogénérateurs du parc Phenix (rayon de 500 m autour du mât).

---

<sup>10</sup> SIG : Système d'Information Géographique / logiciel utilisé : Qgis



Enjeux humains à protéger - Eolienne E1

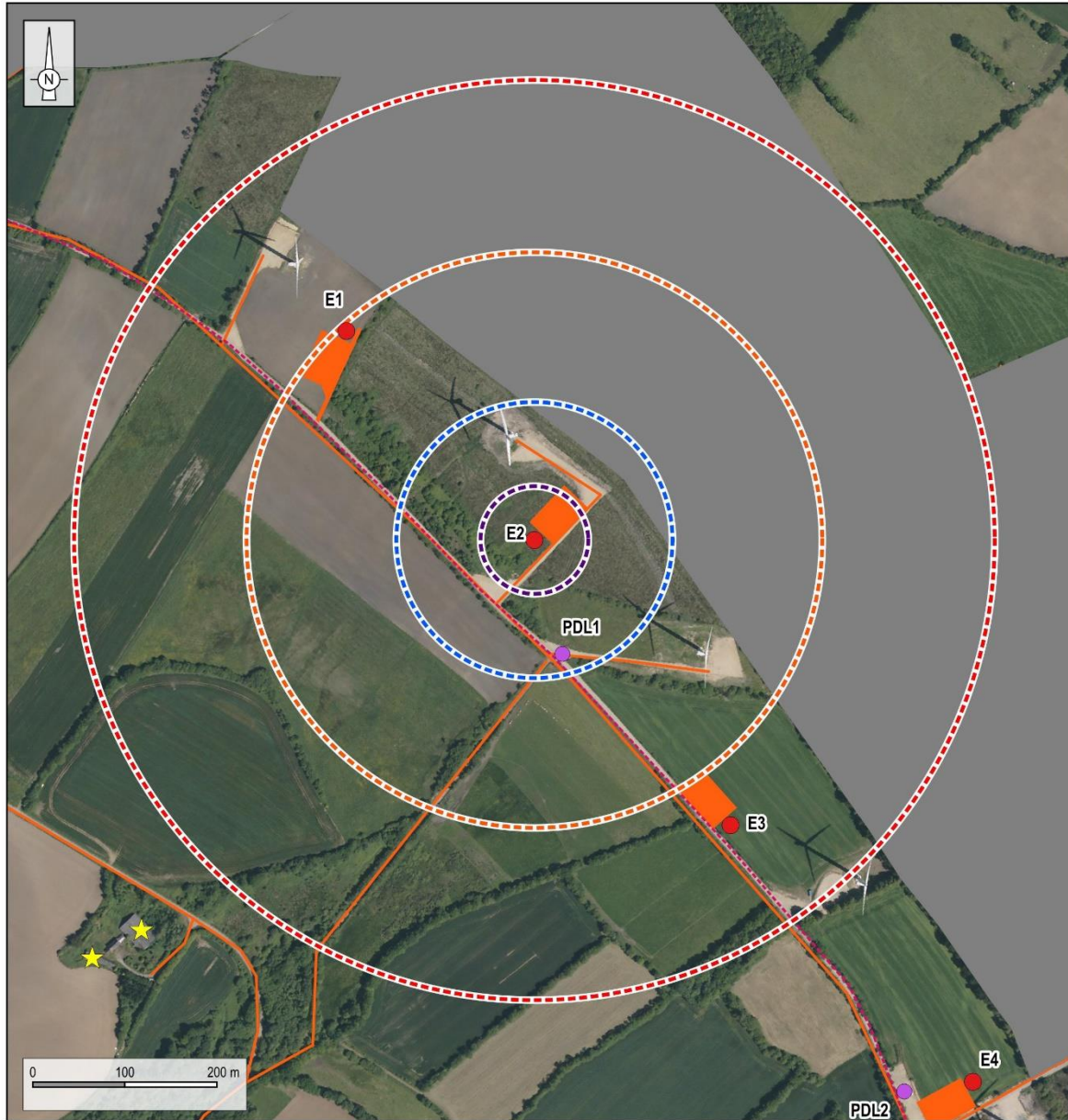


Réalisation : ENCIS Environnement - juin 2020

Source : IGN

Carte 8 : Enjeux à protéger – E1 (Source : ENCIS Environnement)

Enjeux humains à protéger - Eolienne 2

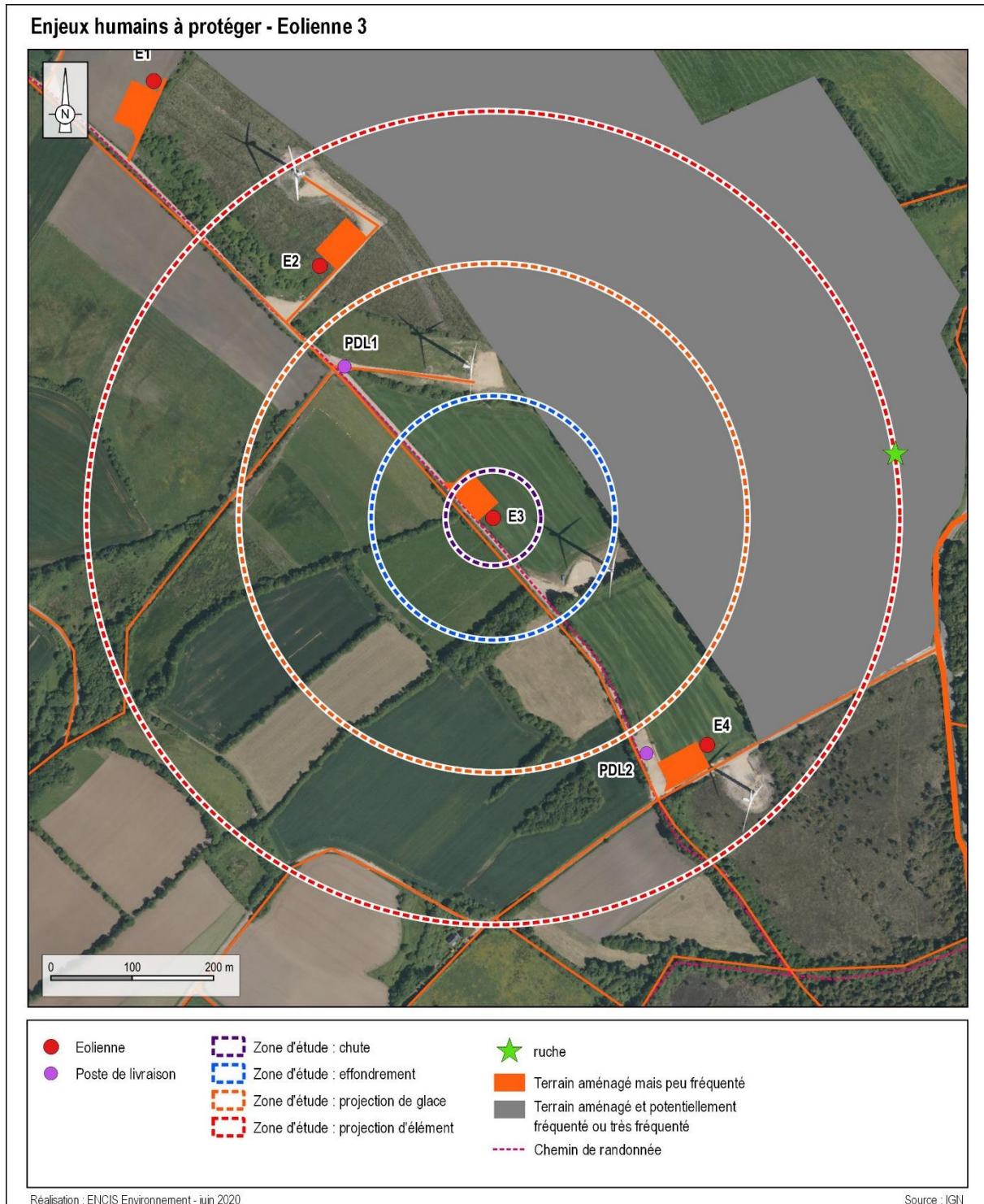


<span style="color: red;">●</span> Eolienne	<span style="border: 1px dashed purple; padding: 2px;"> </span> Zone d'étude : chute	<span style="color: yellow;">★</span> Bâtiment agricole
<span style="color: purple;">●</span> Poste de livraison	<span style="border: 1px dashed blue; padding: 2px;"> </span> Zone d'étude : effondrement	<span style="border-bottom: 1px dashed red; display: inline-block; width: 20px;"></span> Chemin de randonnée
	<span style="border: 1px dashed orange; padding: 2px;"> </span> Zone d'étude : projection de glace	<span style="background-color: orange; display: inline-block; width: 20px; height: 10px;"></span> Terrain aménagé mais peu fréquenté
	<span style="border: 1px dashed red; padding: 2px;"> </span> Zone d'étude : projection d'élément	<span style="background-color: grey; display: inline-block; width: 20px; height: 10px;"></span> Terrain aménagé et potentiellement fréquenté ou très fréquenté

Réalisation : ENCIS Environnement - juin 2020

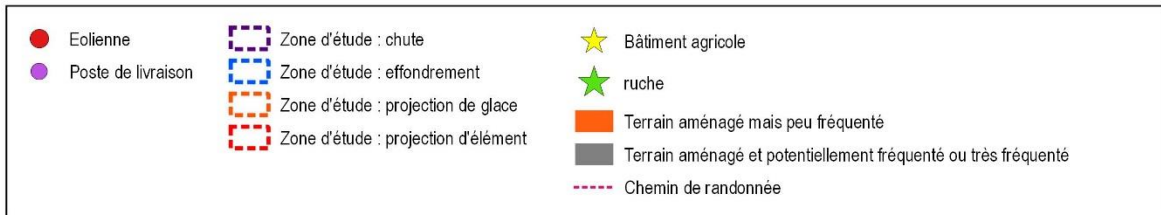
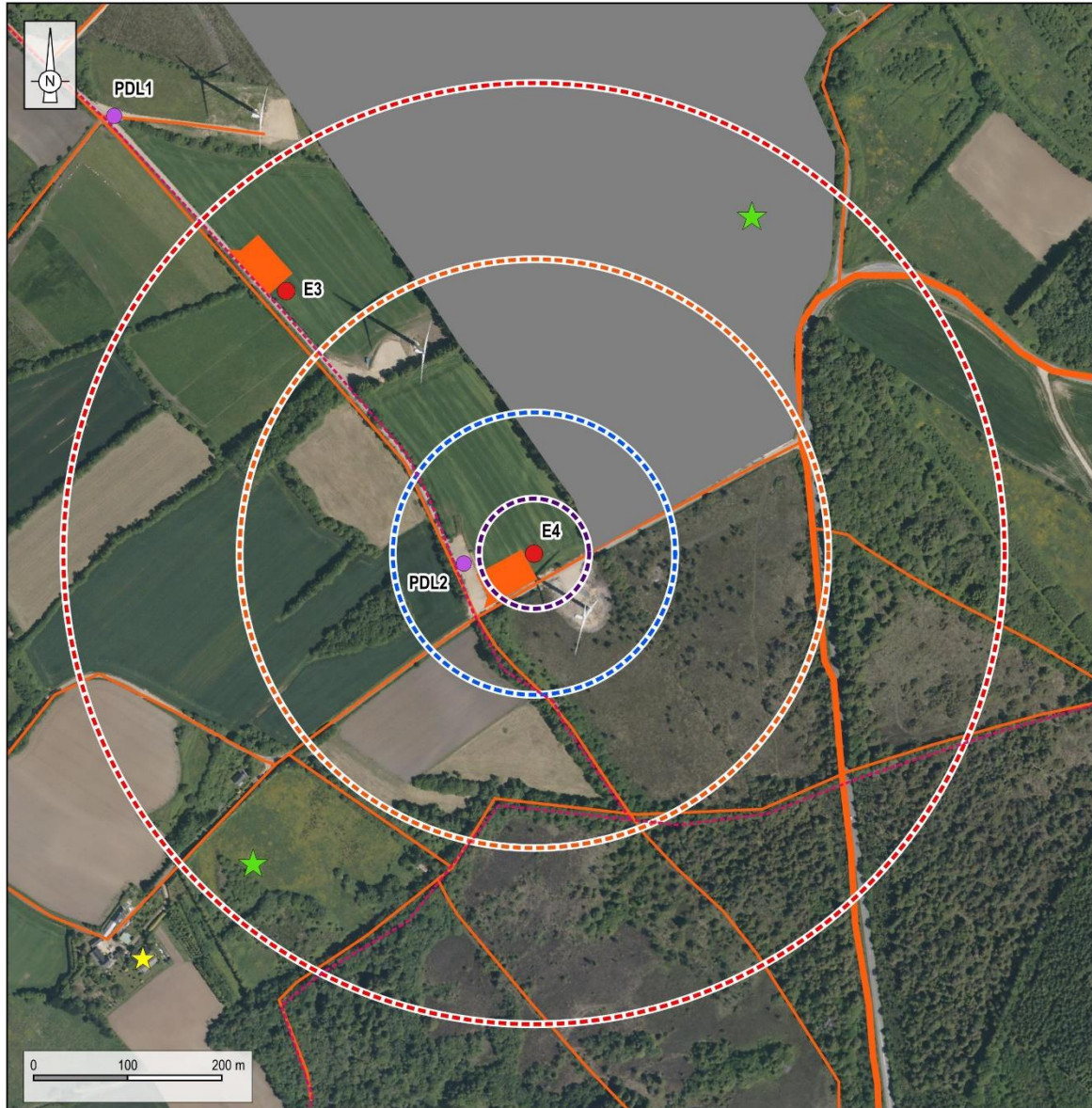
Source : IGN

Carte 9 : Enjeux à protéger – E2 (Source : ENCIS Environnement)



**Carte 10 : Enjeux à protéger – E3 (Source : ENCIS Environnement)**

Enjeux humains à protéger - Eolienne 4



Réalisation : ENCIS Environnement - juin 2020

Source : IGN

Carte 11 : Enjeux à protéger – E4 (Source : ENCIS Environnement)

## 4. 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 5), au regard notamment de la sensibilité de l'environnement décrit précédemment.

### 4.1. CARACTERISTIQUES DE L'INSTALLATION

#### 4.1.1. CARACTERISTIQUES GENERALES D'UN PARC EOLIEN

Un parc éolien est une centrale de production d'électricité à partir de l'énergie du vent. Il est composé de plusieurs aérogénérateurs et de leurs annexes (cf. schéma du raccordement électrique au paragraphe 4.3.1) :

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

#### ❖ Éléments constitutifs d'un aérogénérateur

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

Les aérogénérateurs se composent de trois principaux éléments :

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

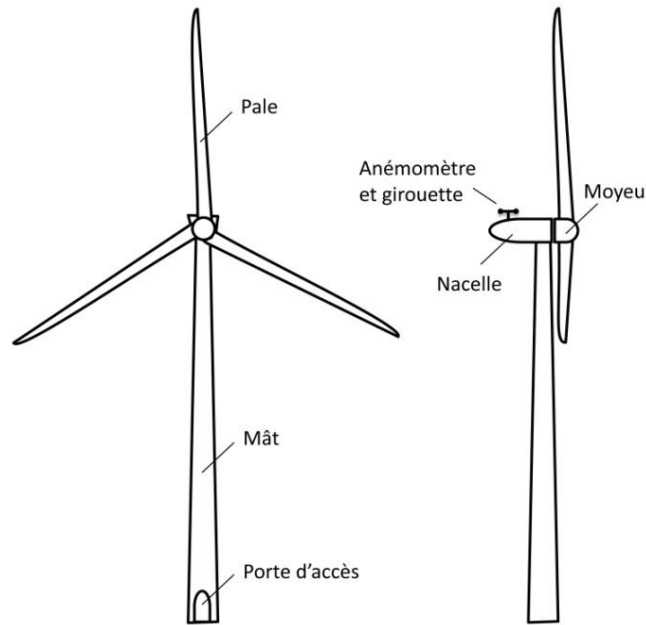


Figure 3 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur

#### ❖ Emprise au sol

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

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

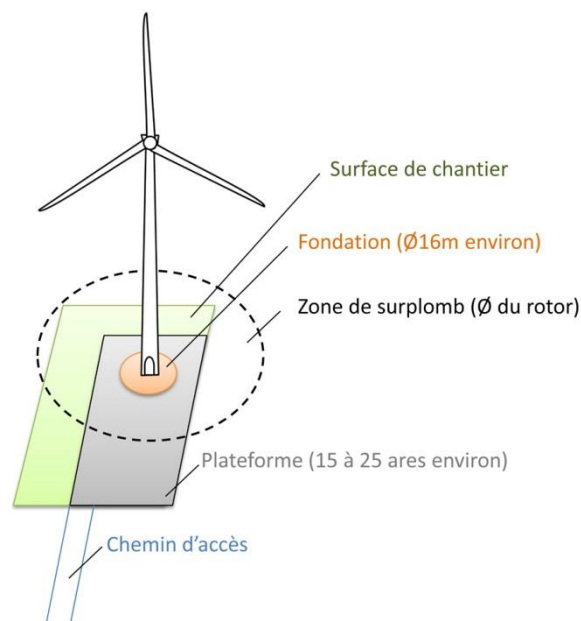


Figure 4 : Illustration des emprises au sol d'une éolienne

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

### ❖ Chemins d'accès

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

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

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

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

### ❖ Autres installations

Certains parcs éoliens peuvent aussi être constitués d'aires d'accueil pour informer le public, de parkings d'accès, de parcours pédagogiques, etc. Le projet Phenix ne sera pas concerné par de tels aménagements.

#### 4.1.2. ACTIVITE DE L'INSTALLATION

L'activité principale du parc éolien Phenix est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent avec une hauteur (mât + pales) de 150 m maximale (>50 m). Cette installation est donc soumise à la rubrique 2980 des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement.

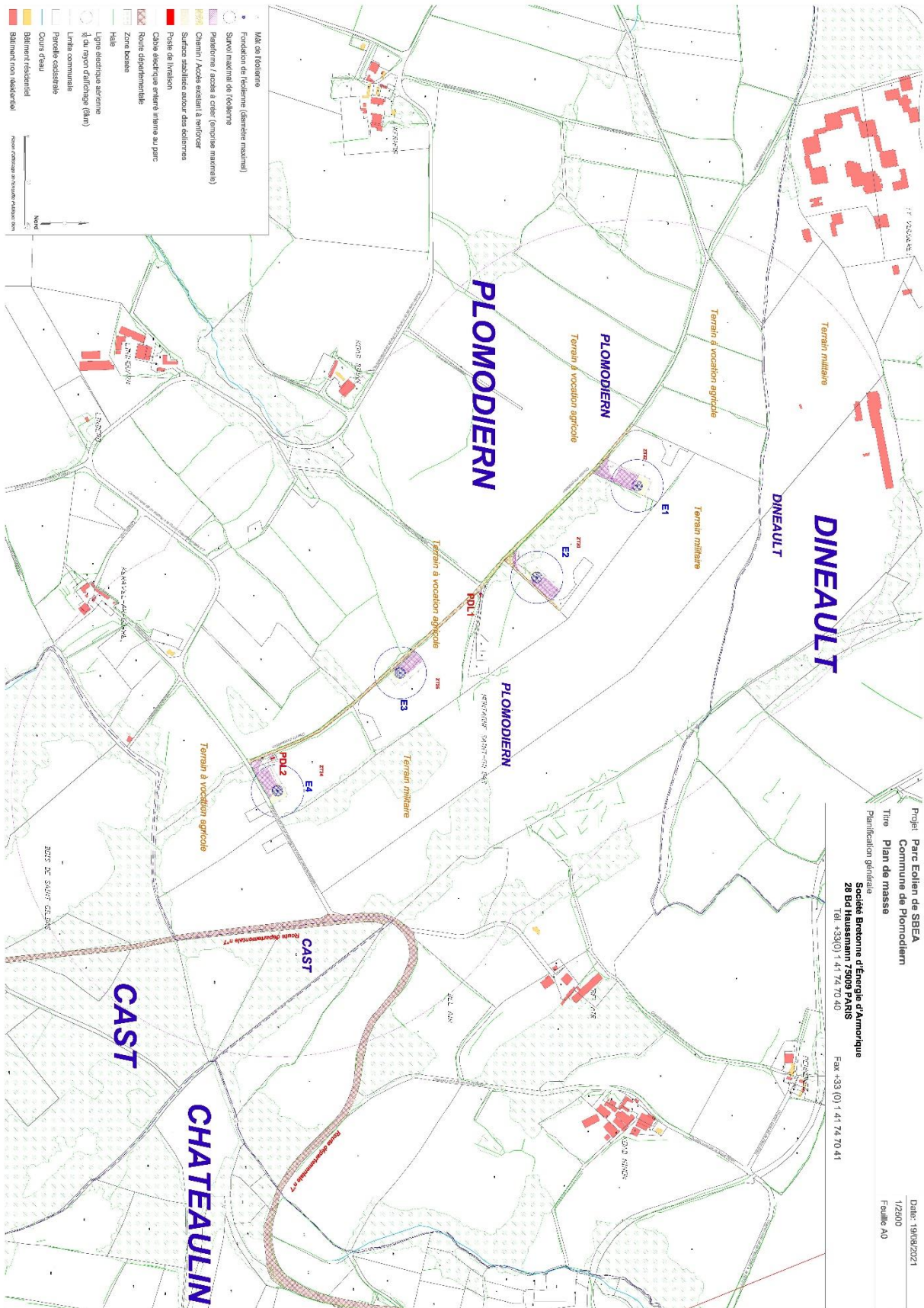
#### 4.1.3. COMPOSITION DE L'INSTALLATION

Le parc éolien est composé de 4 aérogénérateurs et de deux postes de livraison. Quatre modèles d'aérogénérateur sont envisagés : des E115, des N117, des V112 et des V117. La hauteur au moyeu est comprise entre 91 et 94 mètres. Le diamètre du rotor est compris entre 112 et 117 mètres. La hauteur totale est comprise entre 149,9 et 150 m suivant le modèle. Le tableau suivant indique les coordonnées géographiques des aérogénérateurs et des postes de livraison :

ELEMENT	Type	Commune	Section	N° parcelle	Altitude au sol	Hauteur*	Altitude NGF en bout de pale*	Distance à l'éolienne la plus proche	Coordonnées (Lambert 93)	
									X	Y
E1	E115 / N117 / V112 / V117	Plomodiern	ZT	32	186 m	De 149,9 à 150 m	335,9 à 336 m	316 m (E2)	170143,13	6810907,19
E2	E115 / N117 / V112 / V117	Plomodiern	ZT	30	185 m	De 149,9 à 150 m	334,9 à 335 m	316 m (E1)	170347,43	6810679,99
E3	E115 / N117 / V112 / V117	Plomodiern	ZT	26	179 m	De 149,9 à 150 m	328,9 à 329 m	376 m (E2)	170560,53	6810370,11
E4	E115 / N117 / V112 / V117	Plomodiern	ZT	34	184 m	De 149,9 à 150 m	333,9 à 334 m	386 m (E3)	170823,77	6810091,21
PDL1	-	Plomodiern	ZT	40	180 m	2,80 m	182,8 m	-	170385,8	6810551,8
PDL2	-	Plomodiern	ZT	33	177 m	2,80 m	179,8 m	-	170748,89	6810076,81

\* selon le modèle qui sera retenu

Tableau 5 : Coordonnées des éoliennes et des postes de livraison



Carte 12 : Plan détaillé du parc éolien Phenix (Source : ERG)



## 4.2. FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

### 4.2.1. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UN AEROGENERATEUR

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

Les pales se mettent en mouvement lorsque l'anémomètre (positionné sur la nacelle) indique une vitesse de vent comprise entre 2 et 3 m/s en général, et c'est seulement à partir de la vitesse de couplage au réseau que l'éolienne peut être couplée au réseau électrique. La génératrice transforme l'énergie mécanique captée par les pales en énergie électrique.

La puissance électrique produite varie en fonction de la vitesse de rotation du rotor. Dès que le vent atteint la vitesse minimale nécessaire à la production maximale, on parle de production nominale.

L'électricité produite par la génératrice correspond à un courant alternatif de fréquence 50 Hz avec une tension de 400 à 690 V. La tension est ensuite élevée jusqu'à 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, dépasse la vitesse maximale de fonctionnement, l'éolienne cesse de fonctionner pour des raisons de sécurité. Deux systèmes de freinage permettront d'assurer la sécurité de l'éolienne :

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

Le tableau suivant détaille les principaux paramètres de vitesse des modèles d'éoliennes envisagés pour équiper le parc éolien Phenix :

	Vitesse de couplage au réseau	Vitesse nominale	Vitesse de mise en drapeau
<b>Enercon E115</b>	2,5 m/s	17 m/s	34 m/s
<b>Vestas V112</b>	3 m/s	14 m/s	25 m/s
<b>Vestas V117</b>	3 m/s	14,5 m/s	27 m/s
<b>Nordex N117</b>	3 m/s	13,5 m/s	25 m/s

Tableau 6 : Les principales caractéristiques de vitesse de vent des modèles envisagés (Source : ERG)

### 4.2.2. FONCTION ET CARACTERISTIQUES DU PARC EOLIEN PHENIX

Le tableau suivant reprend les fonctions et caractéristiques de chaque élément du parc étudié.

Élément de l'installation	Fonction	Caractéristiques
Fondations	Ancrer et stabiliser l'éolienne dans le sol	Composition : béton armé Épaisseur : 3 m Diamètre : 25 m Conçues pour répondre à l'Eurocode 2 et aux calculs de dimensionnement des massifs
Mât	Supporter la nacelle et le rotor	Tour : béton et acier tubulaire Hauteur du mât : entre 89,07 et 91,6 m Hauteur du moyeu : 91 et 94 m Base : 17 m Accès : porte verrouillable au pied du mât
Nacelle	Supporter le rotor Abriter le dispositif de conversion de l'énergie mécanique en électricité (génératrice et multiplicatrice) ainsi que les dispositifs de contrôle et de sécurité	Composition : structure métallique habillée de panneaux de fibre de verre

<b>Elément de l'installation</b>	<b>Fonction</b>	<b>Caractéristiques</b>
Rotor / pales	Capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice	Diamètre : entre 112 et 117 m Surface balayée : entre 9 851 m <sup>2</sup> et 10 750 m <sup>2</sup> Vitesse de rotation théorique : entre 12,6 tours par minute et 17,6 Longueur pale : entre 54,7 m et 57,85 m Largeur la plus importante : entre 3,4 m et 4,8 m Matériau : Fibre de verre renforcée avec époxy
Transformateur	Elever la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau	Tension élevée : 20 000 V Régulation du courant de sortie (pour compatibilité avec réseau public) : dispositifs électroniques Localisation : pièce fermée à l'arrière de la nacelle
Poste de livraison	Adapter les caractéristiques du courant électrique à l'interface entre le réseau privé et le réseau public	Emprise au sol : 30 m <sup>2</sup> chacun

Tableau 7 : découpage fonctionnel de l'installation (Source : ERG)

#### 4.2.3. SECURITE DE L'INSTALLATION

L'installation respecte la réglementation en vigueur en matière de sécurité décrite par l'arrêté du 26/08/2011 modifié relatif aux installations soumises à autorisation au titre de la rubrique 2980 des installations classées pour la protection de l'environnement.

Le tableau page suivante présente les articles de cet arrêté, les données du constructeur ainsi que les autres données disponibles issues de l'étude d'impact sur l'environnement (notée « EIE ») en vue d'établir la conformité du projet avec la réglementation en vigueur.

Note : les articles 1 et 2 n'apparaissent pas dans le tableau. En effet, l'article 1 pose le champ d'application, l'article 2, les définitions employées.

Article de l'arrêté du 26/08/2011 modifié	Disposition	Commentaire	Conformité
3	Distance $\geq$ 500 m des habitations	Zone d'habitation la plus proche à 574 m	OUI
	Distance $\geq$ 300 m d'une installation nucléaire ou d'une ICPE SEVESO	Aucune ICPE SEVESO ou INB dans un rayon de 300 m des mâts éoliens	OUI
4	Distances minimales d'éloignement aux radars Armée, Aviation Civile et Météo France	Cf. chapitre 3.2.4 de l'EIE et 6.1.2.3 de l'EIE	OUI
	Absence de gêne au fonctionnement des équipements militaires	Cf. chapitre 3.2.4 de l'EIE	OUI
5	Étude des ombres portées si bureau à moins de 250 m des éoliennes	Pas de bureau à moins de 250 m des machines	OUI
6	Champ magnétique des aérogénérateurs ressenti au niveau des habitations $\leq$ 100 microteslas à 50 – 60 Hz	Cf. chapitre 6.2.4.3 de l'EIE.	OUI
7	Existence d'une voie carrossable entretenue pour permettre l'intervention des services d'incendie et de secours	Entretien et maintien en bon état des voies d'accès (contrats de maintenance). Mise en place d'une voie d'accès carrossable permettant l'intervention des services d'incendie et de secours (contrats de fourniture)	OUI
8	Conformité aux dispositions de la norme NF EN 61 400-1 dans sa version de juin 2006 ou CEI 61 400-1 dans sa version de 2005 ou toute norme équivalente en vigueur dans l'Union européenne	Certification selon le référentiel IEC 61400-1 de tous les aérogénérateurs	OUI
9	Mise à la terre de l'installation.	Chaque modèle est équipé de dispositifs de mise à la terre	OUI
	Conformité à la norme IEC 61 400-24 (version de juin 2010)	Respect du standard IEC 61400-24	OUI
	Contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre lors de la maintenance	Inclus dans le programme de maintenance des machines. Pales équipées de systèmes de captage de la foudre avec transfert à la terre.	OUI
10	Conformité avec les dispositions de la directive du 17 mai 2006	Conformité des différents modèles avec ces dispositions (Cf. chapitre 4.3)	OUI
	Conformité avec les normes NFC 15-100 (2008), NFC 13-100 (2001) et NFC 13-200 (2009)	Conformité des différents modèles avec ces normes (Cf. chapitre 4.3)	OUI

Article de l'arrêté du 26/08/2011 modifié	Disposition	Commentaire	Conformité
	Contrôle des installations électriques avant la mise en service puis annuellement	Respect de cette disposition	OUI
11	Balisage des éoliennes conforme au Code des transports et au Code de l'aviation civile	Respect de la réglementation en vigueur en France pour le balisage aéronautique (Cf. chapitre 6.2.4.2 de l'EIE)	OUI
12	Suivi environnemental sur l'avifaune et les chiroptères	Suivi réalisé (Cf. chapitre 9 de l'EIE – Mesures)	OUI
13	Accès à l'intérieur des éoliennes et des postes de livraison maintenus fermés à clé	Respect de cette disposition pour tous les modèles	OUI
14	Consignes de sécurité, mises en garde face aux risques et prescriptions pour le public visibles sur le chemin d'accès aux éoliennes et sur les postes de livraison	Cf. chapitre 5.3.2.3	OUI
15	Essais d'avant mise en service et contrôle périodique (1 fois/an max.) des équipements de mise à l'arrêt (arrêt simple, d'urgence et en cas de survitesse)	Tests des fonctions de sécurité effectués selon le planning fixé par l'arrêté	OUI
16	Interdiction d'entreposer des matériaux combustibles ou inflammables dans les éoliennes	Respect de ces exigences (Cf. chapitre 4.2.5)	OUI
17	Formation du personnel intervenant sur les risques, les moyens pour les éviter, les procédures d'urgence et mise en place d'exercices d'entraînement	Le personnel de maintenance, qu'il dépende directement du constructeur ou d'une entreprise sous contrat, est qualifié, formé et habilité. Cf. chapitre 5.3.2.2	OUI
18	Contrôle régulier des brides de fixation, des brides de mât, de la fixation des pales et du mât + contrôle des systèmes instrumentés de sécurité avec production d'un rapport de suivi	Respect du contenu et de la périodicité des opérations mentionnées dans l'article. Contrôles correspondants, faisant partie des opérations de maintenance préventive de l'aérogénérateur, consignés et répertoriés dans les protocoles de maintenance, mis à disposition des exploitants. Cf. chapitre 7.6.	OUI

Article de l'arrêté du 26/08/2011 modifié	Disposition	Commentaire	Conformité
19	Tenu d'un manuel d'entretien et d'un registre sur les opérations de maintenance, les défaillances et les opérations réalisées	Mise à disposition du manuel de maintenance avec consigne de la nature et de la fréquence des opérations d'entretien. Mise à disposition de l'ensemble des protocoles de maintenance renseignés ainsi que les fiches d'intervention des équipes de maintenance. Cf. chapitre 7.6.	OUI
20	Conditions d'élimination des déchets produits et interdiction de brûler les déchets à l'air libre	Respect des exigences fixées par les textes relatifs à l'élimination des déchets. Cf. chapitres 6.1.2.8, 6.2.2.8 et 6.3.2.4 de l'EIE	OUI
21	Récupération, valorisation ou élimination des déchets non dangereux.	Respect des exigences fixées par les textes relatifs à l'élimination et à la valorisation des déchets. Cf. chapitres 6.1.2.8, 6.2.2.8 et 6.3.2.4 de l'EIE	OUI
	Valorisation des déchets d'emballage obligatoire si volume $\geq 1\ 100$ L/semaine		OUI
22	Établissement de consignes de sécurité	Consignes de sécurité établies et mises à disposition des exploitants dans les manuels d'exploitation. Cf. chapitre 5.3.2.3	OUI
23	Présence d'un système de détection et d'alerte en cas d'incendie ou de survitesse sur les éoliennes	Ces dispositifs de détection et d'alerte équiperont chaque éolienne	OUI
	Transmission de l'alerte aux services d'urgence dans un délai de 15 min	Les systèmes d'alerte réagissent dès la détection d'un incendie / fonctionnement anormal *. Cf. chapitre 7.6	OUI
	Opération de maintenance de ce système de détection et d'alerte	Inclus dans le protocole de maintenance des éoliennes	OUI
24	Système de lutte contre l'incendie (système d'alarme et deux extincteurs)	Systèmes de détection et d'alarme incendie provoquant : - une alarme sonore à l'intérieur de l'éolienne - une alarme à distance envoyée immédiatement via le système SCADA. Par ailleurs, présence d'extincteurs dans tous les aérogénérateurs. Cf. chapitre 9.3.1 de l'EIE	OUI
25	Mise en place d'un système de détection ou de déduction de formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur et mise à l'arrêt sous 60 minutes	Système de gestion qui identifie toute anomalie de fonctionnement. Cf. chapitre 7.6	OUI
26 - 27 - 28	Émergence contrôlée du bruit, limitation sonore des engins de chantier et suivi des mesures	Cf. chapitres 6.2.2.12 et 6.3.3 de l'EIE	OUI

Tableau 8 : Conformité à l'arrêté du 26 août 2011 modifié relatif aux ICPE

## **Organisation des secours en cas d'accident**

### *Information des services d'incendie et de secours :*

Le parc éolien est équipé d'un système de télégestion spécifique, Le SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition), qui permet de surveiller, contrôler et piloter à distance les éoliennes.

Les données récoltées par le SCADA sont envoyées dans un centre de télégestion, disponible 24h/24. En cas de déclenchement d'une alarme ou d'une alerte, l'opérateur transmet les informations à l'exploitant et, si nécessaire, aux services de secours pouvant intervenir sur le site éolien.

Ces données se conforment à l'article 23 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié 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 :

- chaque aérogénérateur est doté d'un système de détection qui permet d'alerter, à tout moment, l'exploitant ou un opérateur qu'il aura désigné, en cas d'incendie ou d'entrée en survitesse de l'aérogénérateur ;
- l'exploitant ou un opérateur qu'il aura désigné est en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de quinze minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur ;
- l'exploitant dresse la liste de ces détecteurs avec leur fonctionnalité et détermine les opérations d'entretien destinées à maintenir leur efficacité dans le temps.

### *Coordonnées des moyens de secours à l'attention du personnel intervenant sur le parc :*

Sur le parc éolien, un affichage comprenant un Plan de Secours ainsi que les coordonnées des moyens de secours en cas d'accident ou d'incident est prévu.

Le Plan de sécurité et de santé, document à suivre dans le cadre des maintenances, stipule, dans sa procédure en cas d'accident ou de sinistre, les coordonnées des moyens de secours, la procédure à suivre ainsi que les consignes de premiers secours.

L'affichage apposé sur les tableaux prévus à cet effet est constitué entre autres :

- de l'adresse de l'inspection du travail et du nom de l'inspecteur ;
- des coordonnées des services d'urgence et du Médecin du travail ;
- du rappel de l'interdiction de fumer ;
- des consignes en cas d'incendie.

### *Moyens :*

Un kit de premiers secours est disposé dans chacune des nacelles, ainsi qu'un extincteur. Un extincteur est également placé en pied de mât de chaque éolienne ainsi qu'au poste de livraison.

Le personnel est formé à l'utilisation des extincteurs.

## **4.2.4. OPERATIONS DE MAINTENANCE DE L'INSTALLATION**

Chaque éolienne dispose d'un carnet de maintenance dans lequel sont consignées les différentes opérations réalisées. De plus, une inspection visuelle de l'état général de l'éolienne est effectuée lors de chaque opération de maintenance.

L'inspection et l'entretien du matériel sont effectués par des opérateurs du constructeur, formés pour ces interventions.

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

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

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

#### 4.2.5. STOCKAGE ET FLUX DE PRODUITS DANGEREUX

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

### 4.3. FONCTIONNEMENT DES RESEAUX DE L'INSTALLATION

#### 4.3.1. RACCORDEMENT ELECTRIQUE

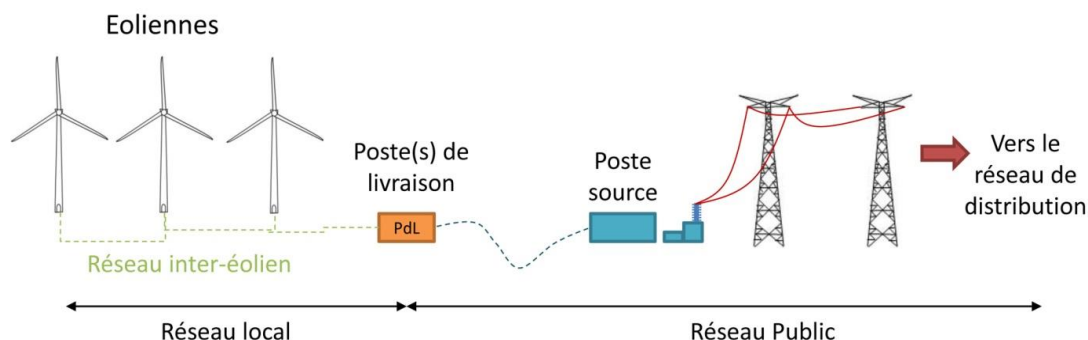


Figure 5 : Raccordement électrique des installations

##### ❖ Réseau inter-éolien

Le réseau inter-éolien permet de relier le transformateur, présent dans la nacelle 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 et ils sont tous enfouis.

##### ❖ Poste de livraison

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

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

##### ❖ Réseau électrique externe

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

#### Cas du site étudié :

Les postes de livraison sont ici implantés à proximité de E2 (poste de livraison 1) et de E4 (poste de livraison 2), le long du chemin d'exploitation desservant le parc Phenix.

Le parc éolien sera relié au poste source de Saint-Coulitz.

Les liaisons électriques de l'installation sont enfouies sur l'ensemble de leur tracé, préférentiellement le long des routes et à une profondeur minimale de 0,8 m.

Le tracé des câbles de liaison inter-éoliennes est consultable sur le plan de masse dans le paragraphe « 4.1.3. Composition de l'installation ».

#### 4.3.2. AUTRES RESEAUX

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

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

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

### 5.1. 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 étudié 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...)

Conformément à l'article 16 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation, aucun produit inflammable ou combustible n'est stocké dans les aérogénérateurs ou le(s) poste(s) de livraison.

#### *Inventaire des produits*

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

- L'huile hydraulique (circuit haute pression) ;
- L'huile de lubrification du multiplicateur ;
- L'eau glycolée (mélange d'eau et d'éthylène glycol), qui est utilisée comme liquide de refroidissement ;
- Les graisses pour les roulements et systèmes d'entraînements ;
- L'hexafluorure de soufre (SF<sub>6</sub>), qui est le gaz utilisé comme milieu isolant pour les cellules de protection électrique. La quantité présente varie entre 1.5 kg et 2.15 kg suivant le nombre de caissons composant la cellule.

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

#### *Dangers des produits*

##### ❖ **Inflammabilité et comportement vis à vis de l'incendie**

Les huiles, les graisses et l'eau glycolée nécessaires au fonctionnement de l'éolienne ne sont pas des produits inflammables. Ce sont néanmoins des produits combustibles qui sous l'effet d'une flamme ou d'un point chaud intense peuvent développer et entretenir un incendie. Dans les incendies d'éoliennes, ces produits sont souvent impliqués.

Certains produits de maintenance peuvent être inflammables mais ils ne sont amenés dans l'éolienne que pour les interventions et sont repris en fin d'opération.

Le SF<sub>6</sub> est pour sa part ininflammable.

##### ❖ **Toxicité pour l'homme**

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



### ❖ Dangersité pour l'environnement

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

Les huiles et graisses, même si elles ne sont pas classées comme dangereuses pour l'environnement, peuvent en cas de déversement au sol ou dans les eaux entraîner une pollution du milieu.

**En conclusion, il ressort que les produits ne présentent pas de réel danger, si ce n'est lorsqu'ils sont soumis à un incendie, où ils vont entretenir cet incendie, ou s'ils sont déversés dans l'environnement générant un risque de pollution des sols ou des eaux.**

## 5.2. POTENTIELS DE DANGERS LIES AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

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

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

Ces dangers potentiels sont recensés dans le tableau suivant :

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

**Tableau 9 : Eléments et dangers potentiels**

## **5.3. REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS A LA SOURCE**

### **5.3.1. PRINCIPALES ACTIONS PREVENTIVES**

#### **5.3.1.1. REDUCTION DES DANGERS LIES AUX PRODUITS**

Comme précédemment indiqué, les produits présents dans une éolienne sont des lubrifiants. Les lubrifiants doivent être contrôlés et partiellement renouvelés tous les 6 mois à 5 ans selon le type.

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

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

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

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

#### **5.3.1.2. REDUCTION DES DANGERS LIES AUX INSTALLATIONS**

Il a été choisi par le porteur de projet de respecter un éloignement d'au minimum 500 m autour des habitations, par rapport aux exigences issues de la Loi Grenelle II ; de plus, l'analyse des servitudes qui grèvent le terrain et les réponses transmises par les différents services administratifs consultés ont participé au choix de localisation, de définition de l'aire d'étude et de l'implantation des éoliennes.

Le contexte essentiellement sylvicole et agricole de l'environnement du projet et l'absence d'autres sources de dangers à proximité (ICPE SEVESO, ...) réduit les possibilités de mise en œuvre d'autres actions préventives.

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

- Les fournisseurs des éoliennes, assurant leur maintenance, disposent d'un système de management HSE respecté par tous leurs salariés.
- Le respect des règles de conduite et la limitation de la vitesse de circulation des engins et véhicules seront imposés. Un plan de circulation sera établi pour l'accès depuis les routes les plus proches.
- Les interventions se font par du personnel possédant l'habilitation électrique et la législation du travail dans les installations en hauteur, après visite de conformité par un organisme de contrôle agréé. Les techniciens sont formés, entraînés et autorisés. Ils sont équipés de leurs EPI.
- Des procédures d'installation et de maintenance claires et détaillées seront disponibles pour chacun des équipements.
- Le design et l'assemblage des équipements respectent les normes en vigueur et normes constructeur.

Pour ce projet, la réduction des potentiels de danger à la source est donc principalement intervenue par le choix d'aérogénérateurs fiables, disposant de systèmes de sécurité performants et conformes à la réglementation en vigueur.

### **5.3.2. PROCEDURES RELATIVES A L'HYGIENE ET LA SECURITE**

Outre les exigences réglementaires liées au Code du Travail qui seront appliquées sur site par les entreprises de travaux, les dispositions réglementaires suivantes en matière d'hygiène et de sécurité

issues de l'arrêté du 26 août 2011 modifié seront également appliquées aux phases de chantier et d'exploitation de ce parc éolien.

### **5.3.2.1. AFFICHAGES SUR SITE**

#### Affichage à l'attention des tiers

#### **Phase de chantiers (construction et démantèlement)**

Seront affichés sur le chantier :

- La déclaration préalable des travaux (conformément à l'article L. 4532-1 du Code du Travail).
- Un panneau de chantier faisant apparaître : la nature des travaux, le bénéficiaire, le maître d'œuvre, les entreprises intervenantes, les organismes de contrôle, la surface de plancher de la construction, la date du début et de la fin des travaux.

A chaque accès du chantier seront placés des panneaux réglementant les conditions d'accès (du type « Chantier interdit au public »).

#### **Phase d'exploitation**

Conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié, « *les prescriptions à observer par les tiers sont affichées soit en caractères lisibles, soit au moyen de pictogrammes sur un panneau sur le chemin d'accès de chaque aérogénérateur, sur le poste de livraison et, le cas échéant, sur le poste de raccordement. Elles concernent notamment :*

- *les consignes de sécurité à suivre en cas de situation anormale ;*
- *l'interdiction de pénétrer dans l'aérogénérateur ;*
- *la mise en garde face aux risques d'électrocution ;*
- *la mise en garde, le cas échéant, face au risque de chute de glace. »*

#### Affichage à l'attention des intervenants sur site

#### **Phase de chantiers (construction et démantèlement)**

Dans la base de vie, devront être affichés :

- l'adresse et le numéro d'appel du médecin du travail, des services de secours d'urgence, de l'inspection du travail ;
- les horaires de travail ;
- le règlement intérieur le cas échéant.

Les panneaux réglementant les conditions d'accès au chantier (du type « Port du casque obligatoire ») doivent être placés à chaque accès du chantier.

#### **Phase d'exploitation**

Le personnel intervenant chargé de réaliser chaque tâche doit avoir lu et connaître le contenu des différents documents applicables (Plan de Prévention, Plan de Sécurité et de Santé, Règlement de Coordination des Activités) avant de commencer le travail et doit pouvoir évaluer les risques des travaux à réaliser. Il devra en outre connaître les équipements de sécurité et de protection de l'éolienne.

#### ***Eolienne :***

A l'intérieur des éoliennes, des pictogrammes indiquent les lieux de dangers potentiels :

- A côté de l'armoire électrique apparaît le symbole risque haute-tension ;
- A côté de l'échelle et dans la nacelle : apparaissent les symboles concernant le port des Equipements de Protection Individuels.

**Poste de livraison :**

L'affichage sur le poste électrique est soumis à la norme C13-100 :

« Article 621 Généralités :

Le poste doit être équipé :

- des matériels qui permettent d'assurer l'exposition et les manœuvres nécessaires dans les conditions de sécurité.
- des matériaux d'extinction appropriés
- des signaux, affiches et pancartes de sécurité.

Article 624 Identification et marquage :

624.1 Généralités :

Des moyens d'identification clairs et ne prêtant pas à confusion, sont imposés pour éviter des interventions incorrectes, une erreur humaine, des accidents, etc. pendant les opérations d'entretien et d'exploitation.

- Les pancartes, panneaux et notices doivent être constitués d'un matériau durable, insensible à la corrosion et imprimés avec des caractères indélébiles.
- L'état de fonctionnement de l'appareillage doit être clairement indiqué, sauf si les contacts principaux peuvent être clairement vus par l'opérateur.
- Les extrémités de câbles et les accessoires doivent être identifiés. Un marquage approprié doit être fourni, rendant possible l'identification sur une liste ou un diagramme de câblage.

624.2 Plaques d'identification et plaques de mise en garde :

- Dans les locaux de service électrique fermés et dans les bâtiments industriels, tout local contenant du matériel électrique doit être muni, à l'extérieur et sur chaque porte d'accès, des informations nécessaires identifiant le local et indiquant les risques possibles.

624.8 Secours aux électrisés :

Dans tout local réservé à la production, à la conversion ou à la distribution de l'électricité contenant des installations électriques du domaine haute tension et, par conséquent dans les postes, doit être apposée de façon apparente et facilement lisible, une affiche résumant les consignes sur les premiers soins à donner aux victimes d'accidents électriques, conformément au décret n°92.141 du 14 février 1992 et à son arrêté d'application de la même date ».

Un affichage adapté à la tension est disposé sur la porte.

Sur la porte extérieure, une affiche indique le nom du poste de livraison donné par le gestionnaire du réseau de distribution.

Sont par ailleurs affichées les fiches de manœuvre sur les cellules, ainsi qu'un unifilaire général de l'installation et des autocollants où figurent les coordonnées.

### **5.3.2.2. FORMATION DU PERSONNEL**

D'après l'article 17 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié 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 : « le fonctionnement de l'installation est assuré par un personnel compétent disposant d'une formation portant sur les risques présentés par l'installation, ainsi que sur les moyens mis en œuvre pour les éviter. Il connaît les procédures à suivre en cas d'urgence et procède à des exercices d'entraînement, le cas échéant, en lien avec les services de secours. »

L'ensemble du personnel intervenant devra avoir reçu les formations suivantes et être à jour des recyclages nécessaires conformément aux procédures du fabricant des éoliennes :

- Formation sur le risque du travail en hauteur comprenant l'utilisation des EPI (Equipements de Protection Individuel), de l'évacuateur d'urgence et des élévateurs ;
- Formation sur l'évaluation des risques du poste de travail occupé ;
- Formation aux premiers secours ;
- Formation sur le risque électrique correspondant à l'habilitation électrique qui lui a été attribuée ;
- Formation adéquate incluant un entraînement au port de l'EPI. Cette formation doit être renouvelée aussi souvent qu'il est nécessaire pour que l'équipement soit utilisé

conformément à la consigne d'utilisation prévue au dernier alinéa de l'article R4323-104 et R4323-105 dans le code du travail.

Le responsable de l'entreprise du personnel intervenant doit au préalable de toute intervention fournir à l'exploitant les documents suivants :

- Attestation d'aptitude médicale ;
- Attestation de formation au travail en hauteur ;
- Attestation de formation à l'évacuation d'urgence ;
- Attestation de formation aux premiers secours ;
- Certificat de réception/contrôle des équipements de protection individuelle ;
- Habilitation électrique adaptée au travail réalisé avec un niveau minimal H0B0.

Les intervenants disposent d'une copie des documents suivants :

- Habilitation électrique en fonction des travaux à réaliser ;
- Attestation de formation aux travaux en hauteur et sauvetage en hauteur et être en mesure de la présenter sur simple demande de l'Entreprise Utilisatrice, du chargé d'intervention/de travaux ou de tout inspecteur assermenté.

Par ailleurs, la société réalisera avec l'ensemble des intervenants, un exercice annuel d'urgence.

### **5.3.2.3. CONSIGNES DE SECURITE**

Selon l'article 22 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié 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 : « des consignes de sécurité sont établies et portées à la connaissance du personnel en charge de l'exploitation et de la maintenance. Ces consignes indiquent :

- *les procédures d'arrêt d'urgence et de mise en sécurité de l'installation ;*
- *les limites de sécurité de fonctionnement et d'arrêt ;*
- *les précautions à prendre avec l'emploi et le stockage de produits incompatibles ;*
- *les procédures d'alertes avec les numéros de téléphone du responsable d'intervention de l'établissement, des services d'incendie et de secours.*

*Les consignes de sécurité indiquent également les mesures à mettre en œuvre afin de maintenir les installations en sécurité dans les situations suivantes : survitesse, conditions de gel, orages, tremblements de terre, haubans rompus ou relâchés, défaillance des freins, balourd du rotor, fixations détendues, défauts de lubrification, tempêtes de sable, incendie ou inondation »*

### **5.3.3.UTILISATION DES MEILLEURES TECHNIQUES DISPONIBLES**

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

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

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

## 6. 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 et d'en tirer des enseignements pour une meilleure maîtrise du risque dans les parcs éoliens.

Il n'existe actuellement aucune base de données officielle recensant l'accidentologie dans la filière éolienne. Néanmoins, il a été possible d'analyser les informations collectées en France et dans le monde par plusieurs organismes divers (associations, organisations professionnelles, littérature spécialisée, etc.). Ces bases de données sont cependant très différentes tant en termes de structuration des données qu'en termes de détail de l'information. L'analyse des retours d'expérience vise donc ici à faire émerger des typologies d'accident rencontrés tant au niveau national qu'international. Ces typologies apportent un éclairage sur les scénarios les plus rencontrés. D'autres informations sont également utilisées dans la partie 8 pour l'analyse détaillée des risques.

### 6.1. INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS EN FRANCE

#### 6.1.1. METHODOLOGIE

Un inventaire des incidents et accidents en France a été réalisé afin d'identifier les principaux phénomènes dangereux potentiels pouvant affecter le parc éolien Phenix.

Cet inventaire se base sur le retour d'expérience de la filière éolienne tel que présenté dans le guide technique de conduite de l'étude de dangers (mai 2012), ainsi qu'une actualisation de l'accidentologie menée régulièrement jusqu'en mars 2021. 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 de la Transition écologique et solidaire ;
- 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, la base de données actuelle 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 106 incidents a pu être recensé entre 2000 et mars 2021 (voir tableau détaillé en annexe 2). Ce tableau de travail s'appuie sur l'inventaire réalisé dans le cadre de l'élaboration du Guide de l'INERIS (événements recensés entre 2000 et 2011 – inventaire validé par les membres du groupe de travail SER/FEE), complété par le bureau d'études ENCIS Environnement pour les événements recensés entre 2011 et mars 2021.

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

Le graphique en page suivante montre la répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateurs français entre 2000 et mars 2021. Cette synthèse exclut les accidents du travail (chantiers, opérations de maintenance, 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 recensés :

- effondrement d'éolienne ;
- rupture de pale, qui correspond à la dislocation ou à la perte, par chute et/ou projection, de morceaux de pale ;
- chute de pale, qui correspond à la chute complète ou quasi-complète d'une pale ;
- chute de rotor ;
- chute d'éléments de nacelle ;
- incendie ;
- fuite d'huile.

Ces événements sont représentés par des histogrammes de couleur foncée ;

- la répartition des causes premières pour chacun des événements décrits ci-dessus. Celle-ci est donnée par rapport à la totalité des accidents observés en France. Elles sont représentées par des histogrammes de couleur claire.

### 6.1.2. ANALYSE DU RECENSEMENT

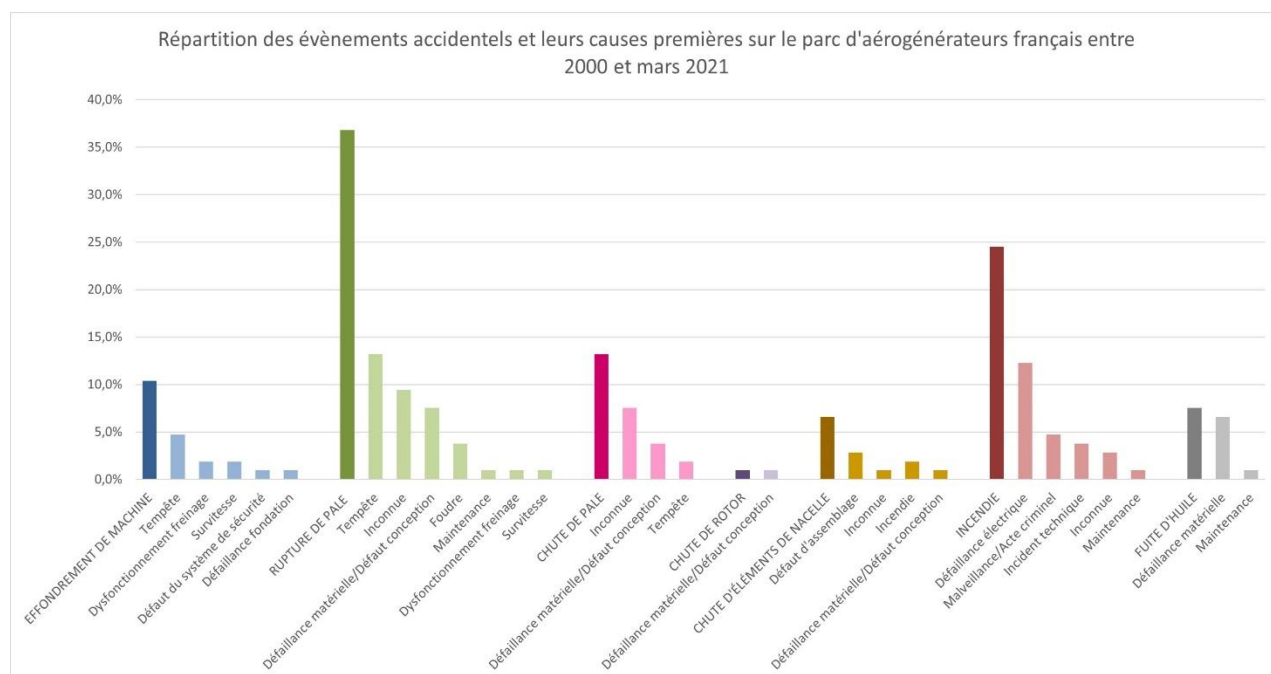


Figure 6 : Répartition des accidents et de leurs causes premières sur le parc éolien français entre 2000 et mars 2021 (source : ENCIS Environnement d'après le Guide technique, mai 2012)

Par ordre d'importance, les accidents les plus recensés sont :

- les ruptures de pales (pertes de fragments de pales) à 36,8 %. Les principales causes de ces accidents sont les tempêtes et les défaillances matérielles ou défauts de conception. À noter également que les données bibliographiques consultées ne précisait pas l'origine de l'accident pour près de 25 % des événements identifiés ;
- les incendies à 24,5 %. Plus de la moitié sont liés à des défaillances électriques ;
- les chutes de pales à 13,2 %. À l'instar du phénomène de rupture de pale, les chutes sont principalement liées aux tempêtes et aux défaillances matérielles ou défauts de conception. Un quart de ces événements est inexplicable (cause non précisée) ;
- les effondrements d'éoliennes à 10,4 %, principalement en lien avec les tempêtes ;
- les fuites d'huiles à 7,5 %. Elles sont consécutives à des défaillances matérielles (défauts de jointure, etc.) ou à des erreurs de maintenance ;
- les chutes d'éléments de nacelles (6,6 %). Seuls six événements ont été recensés en 20 ans ;
- les chutes de rotors (1 %) avec un seul événement connu sur la période 2000 – mars 2021.

## 6.2. INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS A L'INTERNATIONAL

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

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

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

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

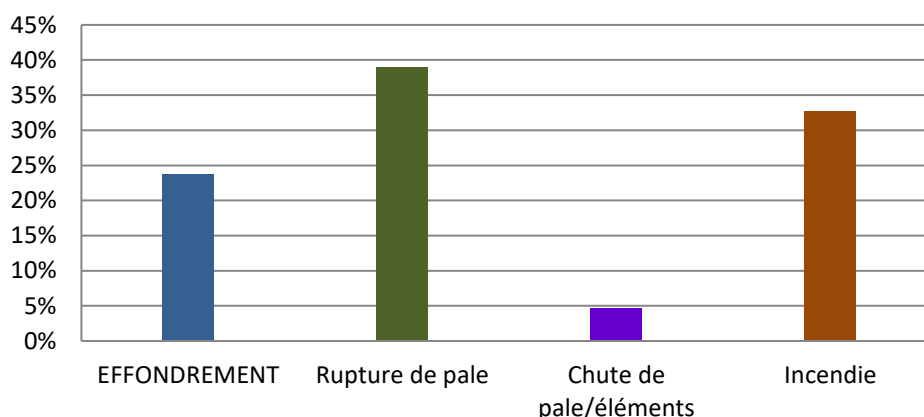


Figure 7 : Répartition des accidents à l'international entre 2000 et 2011 (Source : Guide technique, mai 2012)

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**

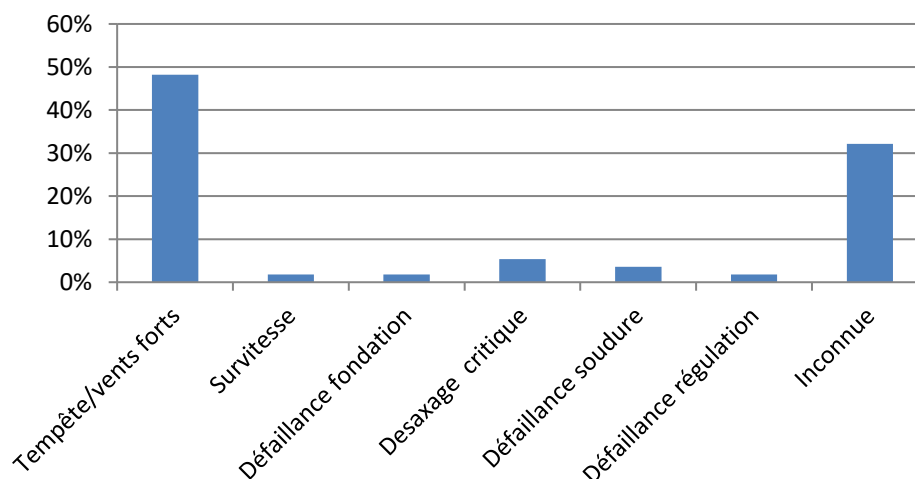


Figure 8 : Répartition des causes premières d'effondrement dans les accidents à l'international entre 2000 et 2011 (Source : Guide technique, mai 2012)



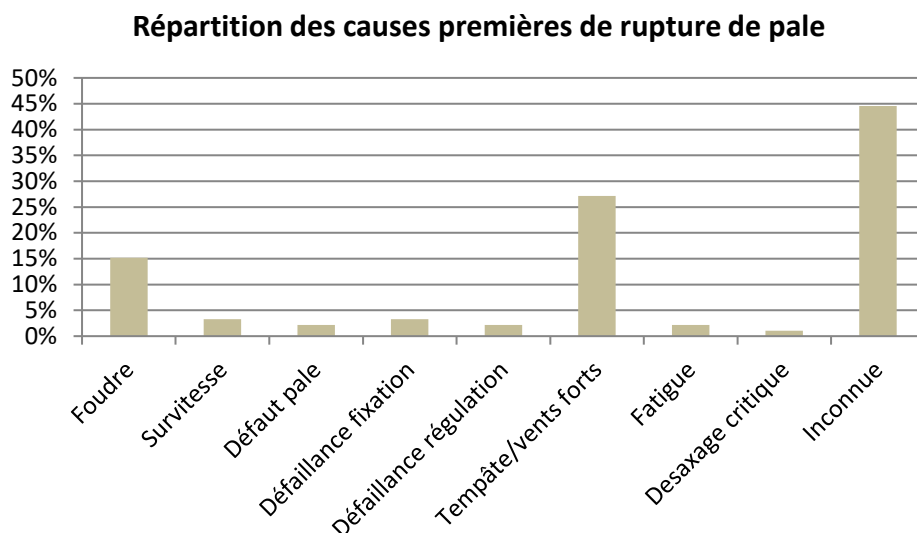


Figure 9 : Répartition des causes premières de rupture de pale dans les accidents à l'international entre 2000 et 2011 (Source : Guide technique, mai 2012)

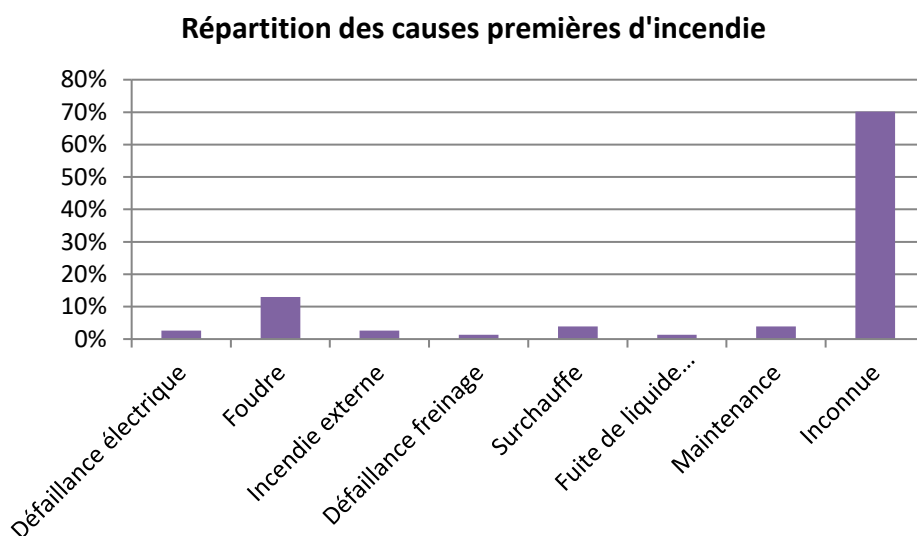


Figure 10 : Répartition des causes premières d'incendie dans les accidents à l'international entre 2000 et 2011 (Source : Guide technique, mai 2012)

Ce retour d'expérience montre l'importance des causes « tempêtes et vents forts » dans les accidents survenus à l'échelle mondiale entre 2000 et 2011. Il montre également le rôle de la foudre. Pour autant, il est à souligner que la majorité des causes d'accidents reste inconnue.

Une mise à jour de ces graphiques sur la période 2011 à nos jours est complexe compte tenu de la difficulté de collecter des données exhaustives et issues de sources fiables.

## 6.3. SYNTHESE DES PHENOMENES DANGEREUX REDOUTES ISSUS DU RETOUR D'EXPERIENCE

### 6.3.1. ANALYSE DE L'EVOLUTION DES ACCIDENTS EN FRANCE

À partir de l'ensemble des phénomènes dangereux qui ont été recensés en France (Cf. chapitre 6.1.2 et tableau en annexe 2), il est intéressant d'étudier leur évolution quantitative au regard du nombre d'éoliennes installées dans le pays. Malheureusement, aucune base de données officielle ne recense le nombre d'aérogénérateurs installés chaque année en France. Ainsi, il a été décidé de remplacer ce paramètre par la puissance éolienne installée chaque année<sup>11</sup>. Ce paramètre permet en effet d'appréhender la dynamique de développement des installations éoliennes en France.

La figure suivante montre cette évolution et il apparaît clairement que le nombre d'incidents n'augmente pas proportionnellement au développement des installations éoliennes. En effet, depuis 2005, l'énergie éolienne s'est fortement développée en France (Cf. courbe : passage de 873 MW à 17 610 MW installés en 15 ans), mais le nombre d'incidents par an s'inscrit dans une fourchette comprise entre 1 et 14 selon les années.

Cette tendance s'explique principalement par un parc éolien français qui utilise majoritairement des éoliennes de nouvelle génération, équipées de technologies plus fiables et plus sûres ainsi que par l'évolution et le renforcement des protocoles de maintenance et de sécurité.

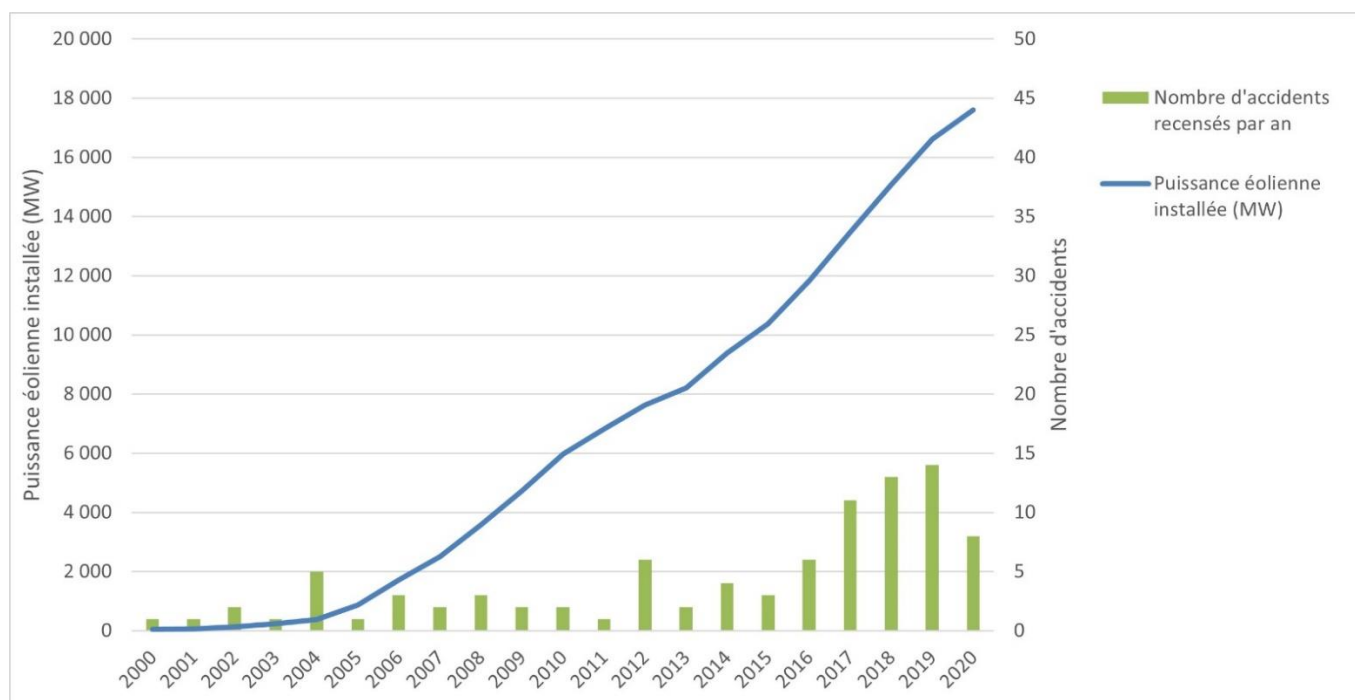


Figure 11 : Evolution du nombre d'accidents annuels en France et puissance éolienne installée depuis 2000

### 6.3.2. 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 :

- la perte d'éléments du rotor (pale ou fragments de pales) qui peuvent chuter ou être projetés du fait du mouvement du rotor ;
- l'incendie ;
- l'effondrement d'éolienne ;
- la fuite d'huile.

<sup>11</sup> Source : Tableau de bord de l'éolien - Service de la donnée et des études statistiques (SDES)

## 6.4. 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.**

## 7. ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

### 7.1. OBJECTIF DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

L'analyse des risques a pour objectif principal d'identifier les scénarios d'accident majeur et les mesures de sécurité qui empêchent ces scénarios de se produire ou en limitent les effets. Cet objectif est atteint au moyen d'une identification de tous les scénarios d'accident potentiel 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 majeur – ces derniers pouvant avoir des conséquences sur les personnes.

### 7.2. RECENSEMENT DES EVENEMENTS INITIATEURS EXCLUS DE L'ANALYSE DES RISQUES

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

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

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

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

### 7.3. RECENSEMENT DES AGRESSIONS EXTERNES POTENTIELLES

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

Traditionnellement, deux types d'agressions externes sont identifiés :

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

### 7.3.1. AGRESSION EXTERNES LIEES AUX ACTIVITES HUMAINES

Le tableau suivant présente les activités humaines et infrastructures connexes susceptibles de représenter un agresseur potentiel pour les éoliennes du projet (hors évènements initiateurs exclus).

Ces activités et infrastructures ont été recensées aux chapitres 3 dans le périmètre de la zone d'étude des dangers, soit un rayon de 500 m autour des mâts de chaque aérogénérateur. Néanmoins, l'Analyse Préliminaire des Risques fixe des distances variables au-delà desquelles le critère considéré ne constitue plus un agresseur potentiel. Ces distances sont indiquées dans la colonne « Périmètre » du tableau.

Infrastructure	Fonction	Evénement redouté	Danger potentiel	Périmètre <sup>12</sup>	Distance par rapport au mât des éoliennes (en m)			
					E1	E2	E3	E4
Voies de circulation	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Energie cinétique des véhicules et flux thermiques	200 m	> 200			
Voies de circulation trains	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d'un train	Energie cinétique des véhicules et flux thermiques	200 m	> 200			
Autres éoliennes (hors projet étudié)	Production d'électricité	Accident générant des projections d'éléments	Energie cinétique des éléments projetés	500 m	> 500	> 500	> 500	> 500
Ligne THT	Transport d'électricité	Rupture de câble	Arc électrique, surtensions	200 m	> 200			
Aérodrome	Transport aérien	Chute d'aéronef	Energie cinétique de l'aéronef, flux thermique	2000 m	Non Concerné > 2000			

**Tableau 10 : Infrastructures et distances aux éoliennes**

Au vu des informations compilées, aucun élément n'est considéré comme agresseur potentiel liés aux activités humaines.

Comme il a été précisé précédemment, les agressions externes liées à la rupture d'un barrage ou d'une digue (risque technologique), à un acte de malveillance, à la perte de confinement de canalisations de transport de matières dangereuses (gaz, hydrocarbures, etc.) ou à une explosion ou un incendie généré par un accident sur une activité voisine de l'éolienne ne sont pas considérées dans le sens où les dangers qu'elles pourraient entraîner sont largement inférieurs aux dommages causés par le phénomène ou l'activité lui-même.

### 7.3.2. AGRESSIONS EXTERNES LIEES AUX PHENOMENES NATURELS

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

Agression externe	Intensité
Vents et tempête	Cyclones tropicaux : non concerné Risque : concerné par le risque tempête
Foudre	Nombre de jours moyen d'orage (1981-2010) : 7 Moins de 0,5 impact par km <sup>2</sup> et par an
Glissement de sols/ affaissement miniers	Non concerné

**Tableau 11 : Agressions externes et intensité**

<sup>12</sup> Distance à partir de laquelle l'activité considérée ne constitue plus un agresseur potentiel

Comme il a été expliqué précédemment, nous ne tenons pas compte des inondations, incendies de forêts et de cultures et des séismes car les dangers qu'ils entraînent sont largement supérieurs aux dommages entraînés par les éoliennes.

Note : 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. En effet, on considère que le respect des normes rend le risque d'effet direct de la foudre négligeable (risque électrique, risque d'incendie, etc.) par le système de mise à la terre, qui 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. Toutes les éoliennes installées sur ce site sont équipées d'un système de protection contre la foudre conçu pour répondre à la classe de protection I de la norme internationale IEC 61400.

#### 7.4. SCENARIOS ETUDIES DANS L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

Après avoir recensé les potentiels de danger des installations, qu'ils soient constitués par des substances dangereuses ou des équipements dangereux, l'Analyse Préliminaire des Risques (APR) doit identifier l'ensemble des séquences accidentelles et phénomènes dangereux associés pouvant déclencher la libération du danger.

Le tableau suivant présente une analyse générique des risques. Celui-ci est construit de la manière suivante :

- une description des causes et de leur séquençage (événements initiateurs et événements intermédiaires) ;
- une description des événements redoutés centraux qui marquent la partie incontrôlée de la séquence d'accident ;
- une description des fonctions de sécurité permettant de prévenir l'événement redouté central ou de limiter les effets du phénomène dangereux ;
- une description des phénomènes dangereux dont les effets sur les personnes sont à l'origine d'un accident ;
- une évaluation préliminaire de la zone d'effets attendue de ces événements. L'échelle utilisée pour l'évaluation de l'intensité des événements a été adaptée au cas des éoliennes :
  - « 1 » correspond à un phénomène limité ou se cantonnant au surplomb de l'éolienne ;
  - « 2 » correspond à une intensité plus importante et impactant potentiellement des personnes autour de l'éolienne situées sur les parcelles cultivées ou sur les chemins et les routes.

Les différents scénarios listés dans le tableau générique de l'Analyse Préliminaires des Risques sont regroupés et numérotés par thématique, en fonction des typologies d'événements redoutés centraux identifiés grâce au retour d'expériences (« 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).

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

*Nota* : des précisions sur les différents scénarios décrits dans ce tableau sont disponibles en annexe 3 du présent rapport.

N°13	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
<b>Scénarios concernant la glace (G)</b>						
<b>G01</b>	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales, le mât et la nacelle	Chute de glace lorsque les éoliennes sont arrêtées	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace (N°2)	Impact de glace sur les enjeux	1
<b>G02</b>	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
<b>Scénarios concernant l'incendie (I)</b>						
<b>I01</b>	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
<b>I02</b>	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
<b>I03</b>	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
<b>I04</b>	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
<b>I05</b>	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
<b>I06</b>	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

<sup>13</sup> Voir Annexe 3

N°13	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
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
<b>Scénarios concernant les fuites (F)</b>						
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
<b>Scénarios concernant la chute d'éléments de l'éolienne (C)</b>						
C01	Défaut de fixation	Chute de trappe	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Impact sur cible	1
C02	Défaillance fixation anémomètre	Chute anémomètre	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	1
C3	Défaut fixation nacelle – pivot central – mât	Chute nacelle	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	1
<b>Scénarios concernant les risques de projection (P)</b>						
P01	Survitesse	Contraintes trop importantes sur les pales	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la sur vitesse (N°4)	Impact sur cible	2
P02	Fatigue Corrosion	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°13)	Impact sur cible	2
P03	Serrage inapproprié Erreur maintenance – desserrage	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	2



N°13	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
<b>Scénarios concernant les risques d'effondrement (E)</b>						
<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 lavage travaux	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Actions de prévention mises en œuvre dans le cadre du plan de prévention (N°12)	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 la dégradation de l'état des équipements (N°13)	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

Tableau 12 : Analyse des différents scénarios (Source : INERIS/SER)

## 7.5. EFFETS DOMINOS

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

En ce qui concerne les accidents sur des aérogénérateurs qui conduiraient à des effets dominos sur d'autres installations, le paragraphe 1.2.2 de la circulaire du 10 mai 2010 précise : « [...] seuls les effets dominos générés par les fragments sur des installations et équipements proches ont vocation à être pris en compte dans les études de dangers [...]. Pour les effets de projection à une distance plus lointaine, l'état des connaissances scientifiques ne permet pas de disposer de prédictions suffisamment précises et crédibles de la description des phénomènes pour déterminer l'action publique ». D'après ce paragraphe de la circulaire, il a été choisi de prendre en considération uniquement les infrastructures présentes dans un périmètre de 100 m autour des aérogénérateurs.

Aucune ICPE n'est présente dans un rayon de 100 m autour des éoliennes, nous considérons donc qu'il n'y a pas de risque de conséquences par effets dominos dans le cadre de ce projet éolien. Lorsque le parc Phenix sera en exploitation, l'ICPE la plus proche en exploitation sera localisée à 630 m de E4 (une éolienne du parc voisin).

*Nota : Les effets dominos susceptibles d'impacter les éoliennes sont décrits dans le μμμμtableau d'analyse des risques générique présenté ci-dessus (Scenario E01).*

## 7.6. MISE EN PLACE DES MESURES DE SECURITE

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

Les tableaux suivants ont pour objectif de synthétiser les fonctions de sécurité identifiées et mises en œuvre sur les éoliennes du parc étudié. Ces tableaux sont génériques et constituent un « cahier des charges » des mesures typiques mises en œuvre sur les aérogénérateurs en France. Ils sont précédés de quelques définitions utiles à leur compréhension.

### 7.6.1. DEFINITIONS

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-après un tableau par fonction de sécurité. Cet intitulé décrit l'objectif de la ou des mesure(s) de sécurité : il s'agira principalement de « empêcher, éviter, détecter, contrôler ou limiter » 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). Il n'est pas demandé de décrire dans le détail la marque ou le fonctionnement de l'équipement considéré, simplement de mentionner leur existence.
- **Description** : cette ligne permet de préciser la description de la mesure de maîtrise des risques, lorsque des détails supplémentaires sont nécessaires. Elle apporte des éléments complémentaires à l'inspection pour une meilleure compréhension de son fonctionnement.
- **Indépendance (« oui » ou « non »)** : cette caractéristique décrit le niveau d'indépendance d'une mesure de maîtrise des risques vis-à-vis des autres systèmes de sécurité et des scénarios d'accident. Cette condition peut être considérée comme remplie (renseigner « oui ») ou non (renseigner « non »). Dans le cadre des études de dangers éoliennes, il est recommandé de mesurer cette indépendance à travers les questions suivantes :

- Est-ce que la mesure de sécurité décrite a pour unique but d'agir pour la sécurité ? Il s'agit en effet ici de distinguer ces dernières de celles qui ont un rôle dans la sécurité mais aussi dans l'exploitation de l'aérogénérateur.

- Cette mesure est-elle indépendante des autres mesures intervenant sur le scénario ?

- **Temps de réponse** (en secondes ou en minutes) : cette caractéristique mesure le temps requis entre la sollicitation et l'exécution de la fonction de sécurité. Il s'agit ici de vérifier que la mesure de maîtrise des risques agira « à temps » pour prévenir ou pour limiter les accidents majeurs. Dans le cadre d'une étude de dangers éolienne, l'estimation de ce temps de réponse peut être simplifiée et se contenter d'une estimation d'un temps de réponse maximum qui doit être atteint. Néanmoins, et pour rappel, la réglementation impose les temps de réponse suivants :

- une mesure de maîtrise des risques remplissant la fonction de sécurité « limiter les conséquences d'un incendie » doit permettre de détecter un incendie et de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes ;

- une seconde mesure maîtrise des risques remplissant la fonction de sécurité « limiter les conséquences d'un incendie » doit permettre de détecter un incendie et de mettre en œuvre une procédure d'arrêt d'urgence dans un délai de 60 minutes ;

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

*Nota* : Pour certaines mesures de maîtrise des risques, certains des critères présentés ci-dessus peuvent ne pas être applicables. Le critère concerné est alors renseigné par l'acronyme « NA » (Non Applicable).

## 7.6.2. MESURES DE MAITRISE DES RISQUES

Fonction de sécurité	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	N° de la fonction de sécurité	1
Mesure de sécurité	Système de détection ou de déduction de la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. Procédure adéquate de redémarrage.		
Description	Système de détection ou de déduction redondant du givre permettant, en cas de mise en évidence de glace, une mise à l'arrêt de l'aérogénérateur. Le redémarrage peut ensuite se faire soit automatiquement après disparition des conditions de givre, soit manuellement après inspection visuelle sur site.		
Indépendance	Non. Les systèmes traditionnels s'appuient généralement sur des fonctions et des appareils propres à l'exploitation du parc. En cas de danger particulièrement élevé sur site (survol d'une zone fréquentée sur site soumis à des conditions de gel importantes), des systèmes additionnels peuvent être envisagés (cf. <b>mesures 1bis ci-dessous</b> ).		
Temps de réponse	Quelques minutes (< 60 min), conformément à l'article 25 de l'arrêté du 26 août 2011.		
Efficacité	100 %.		
Tests	Tests menés par le concepteur au moment de la construction de l'éolienne		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		
Fonction de sécurité	Prévenir la formation de givre sur les pales	N° de la fonction de sécurité	1bis <sup>14</sup>
Mesures de sécurité	Installation du système de détecteur de glace LID-3300IP		
Description	Ce système, installé en haut de la nacelle, permet de détecter la présence physique de givre sur les pales. Il avertit des conditions de givrage à un stade précoce. Lorsqu'il détecte les conditions favorables à la formation de givre (sur le principe des ultrasons – le signal des ultrasons est atténué lors de l'accumulation de glace sur le fil du détecteur), il émet une alarme qui est relayée à la station de surveillance. L'état de congélation, les alarmes, les paramètres peuvent être surveillés et ajustés à distance, au moyen d'une interface-utilisateur Internet intégrée. Les armoires de voyants d'avertissement comprennent un élément chauffant de 45 W et un thermostat qui maintiennent le système opérationnel même par temps froid.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	/		
Efficacité	/		
Tests	Possibilité de tester l'alarme		
Maintenance	Annuelle : vérification de la force du signal, propreté du système, test d'alarme		

<sup>14</sup> La fonction de sécurité n°1bis vient compléter la fonction de sécurité n°1. Cette mesure a été mise en place suite aux calculs de l'étude détaillée, qui faisaient apparaître un risque inacceptable sans son application (cf. partie 8.2.5).

Fonction de sécurité	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	N° de la fonction de sécurité	2
Mesure de sécurité	Panneautage en pied de machine ou sur le chemin d'accès. Éloignement des zones habitées et fréquentées.		
Description	Mise en place de panneaux informant de la possible formation de glace en pied de machines ou sur le chemin d'accès (conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié).		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %. Compte tenu de l'implantation des panneaux et de l'entretien prévu, il est considéré que l'information des promeneurs sera systématique.		
Tests	NA		
Maintenance	Vérification de l'état général du panneau, de l'absence de détérioration, entretien de la végétation afin que le panneau reste visible.		
Fonction de sécurité	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	N° de la fonction de sécurité	3
Mesure de sécurité	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.		
Description	/		
Indépendance	Oui.		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %.		
Tests	Surveillance <i>via</i> la maintenance prédictive, avec détection de la déviation de températures pour chaque capteur.		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié. Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		
Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	4
Mesure de sécurité	Détection de survitesse et système de freinage.		
Description	Systèmes de coupure s'enclenchant en cas de dépassement des seuils de vitesse prédéfinis, indépendamment du système de contrôle commande. NB : Le système de freinage est constitué d'un frein aérodynamique principal (mise en drapeau des pales) et/ou d'un frein mécanique auxiliaire (frein à disque présent sur l'arbre de transmission).		
Indépendance	Oui.		

<b>Temps de réponse</b>	<p>15 à 60s (arrêt de l'éolienne selon le programme de freinage adapté)</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 modifié.</p>
<b>Efficacité</b>	<p>100 %</p>
<b>Tests</b>	<p>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 modifié.</p>
<b>Maintenance</b>	<p>Maintenance préventive annuelle de l'éolienne avec notamment contrôle 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>

<b>Fonction de sécurité</b>	<b>Prévenir les courts-circuits</b>	<b>N° de la fonction de sécurité</b>	<b>5</b>
<b>Mesure de sécurité</b>	Coupure de la transmission électrique en cas de fonctionnement anormal d'un composant électrique.		
<b>Description</b>	Les organes et armoires électriques de l'éolienne sont équipés d'organes de coupures et de protection adéquats et correctement dimensionnés. Tout fonctionnement anormal des composants électriques est suivi d'une coupure de la transmission électrique et à la transmission d'un signal d'alerte vers l'exploitant qui prend alors les mesures appropriées.		
<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>	Des vérifications de tous les composants électriques ainsi que des mesures d'isolement et de serrage des câbles sont intégrées dans la plupart des mesures de maintenance préventive mises en œuvre. Les installations électriques sont contrôlées avant la mise en service du parc puis à une fréquence annuelle, conformément à l'article 10 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié.		
<b>Fonction de sécurité</b>	<b>Prévenir les effets de la foudre</b>	<b>N° de la fonction de sécurité</b>	<b>6</b>
<b>Mesure de sécurité</b>	Mise à la terre et protection des éléments de l'aérogénérateur.		
<b>Description</b>	Respect de la norme IEC 61 400 – 24 (juin 2010). Dispositif de capture + mise à la terre. Parasurtenseurs sur les circuits électriques.		
<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 modifié.		

Fonction de sécurité	Protection et intervention incendie	N° de la fonction de sécurité	7
Mesure de sécurité	Capteurs de températures sur les principaux composants de l'éolienne pouvant permettre, en cas de dépassement des seuils, la mise à l'arrêt de la machine. Système de détection incendie relié à une alarme transmise à un poste de contrôle. Intervention des services de secours.		
Description	Détecteurs de fumée qui lors de leur déclenchement conduisent à la mise en arrêt de la machine et au découplage du réseau électrique. De manière concomitante, un message d'alarme est envoyé au centre de télésurveillance. L'éolienne est également équipée d'extincteurs qui peuvent être utilisés par les personnels d'intervention (cas d'un incendie se produisant en période de maintenance).		
Indépendance	Oui.		
Temps de réponse	< 1 minute pour les détecteurs et l'enclenchement de l'alarme. L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur. Le temps d'intervention des services de secours est quant à lui dépendant de la zone géographique.		
Efficacité	100 %.		
Tests	/		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié. Le matériel incendie (type extincteurs) est contrôlé périodiquement par le fabricant du matériel ou un organisme extérieur. Maintenance curative suite à une défaillance du matériel.		
Fonction de sécurité	Prévention et rétention des fuites	N° de la fonction de sécurité	8
Mesure de sécurité	Détecteurs de niveau d'huile. Procédure d'urgence. Kit antipollution.		
Description	Nombreux détecteurs de niveau d'huile permettant de détecter les éventuelles fuites d'huile et d'arrêter l'éolienne en cas d'urgence. Les opérations de vidange font l'objet de procédures spécifiques. Dans tous les cas, le transfert des huiles s'effectue de manière sécurisée <i>via</i> un système de tuyauterie et de pompes directement entre l'élément à vidanger et le camion de vidange. Des kits de dépollution d'urgence composés de grandes feuilles de textile absorbant pourront être utilisés afin : <ul style="list-style-type: none"> <li>• de contenir et arrêter la propagation de la pollution ;</li> <li>• d'absorber jusqu'à 20 litres de déversements accidentels de liquides (huile, eau, alcools ...) et produits chimiques (acides, bases, solvants ...) ;</li> <li>• de récupérer les déchets absorbés.</li> </ul> Si ces kits de dépollution s'avèrent insuffisants, une société spécialisée récupérera et traitera le gravier souillé <i>via</i> les filières adéquates, puis le remplacera par un nouveau revêtement.		
Indépendance	Oui.		
Temps de réponse	Dépendant du débit de fuite.		
Efficacité	100 %.		
Tests	/		
Maintenance	Inspection des niveaux d'huile plusieurs fois par an.		



Fonction de sécurité	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)	N° de la fonction de sécurité	9
Mesure de sécurité	Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints, etc.). Procédures qualités.		
Description	La norme IEC 61 400-1 « Exigence pour la conception des aérogénérateurs » fixe les prescriptions propres à fournir « <i>un niveau approprié de protection contre les dommages résultant de tout risque durant la durée de vie</i> » de l'éolienne. Ainsi la nacelle, le moyeu, les fondations et la tour répondent au standard IEC 61 400- 1. Les pales respectent le standard IEC 61 400-1 ; 12 ; 23. Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223.		
Indépendance	Oui.		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %.		
Tests	/		
Maintenance	Les couples de serrage (brides sur les diverses sections de la tour, bride de raccordement des pales au moyeu, bride de raccordement du moyeu à l'arbre de transmission, 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 modifié.		
Fonction de sécurité	Prévenir les erreurs de maintenance	N° de la fonction de sécurité	10
Mesure de sécurité	Procédure de maintenance.		
Description	Préconisations du manuel de maintenance. Formation du personnel.		
Indépendance	Oui.		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %.		
Tests	Mise en place d'audits afin de s'assurer des bonnes pratiques ; inspections pendant les interventions. Production de rapports de service (traçabilité).		
Maintenance	NA		

<b>Fonction de sécurité</b>	<b>Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort</b>	<b>N° de la fonction de sécurité</b>	<b>11</b>
<b>Mesure 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 pales) 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>	< 60 secondes.		
<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>	Test de survitesse (préventif annuel).		
<b>Maintenance</b>	Maintenance préventive des systèmes de freinage à savoir le système d'orientation des pales (pitch) et le frein mécanique sur l'arbre de transmission.		
<b>Fonction de sécurité</b>	<b>Prévenir la dégradation de l'état des équipements</b>	<b>N° de la fonction de sécurité</b>	<b>12</b>
<b>Mesure de sécurité</b>	Inspection des équipements lors des opérations de maintenance. Suivi des données mesurées par les capteurs et sondes présents dans les éoliennes.		
<b>Description</b>	Des contrôles visuels sont réalisés lors des opérations de maintenance. 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 respectant les exigences de la norme ISO 12944. Les données mesurées par les capteurs et les sondes présents dans l'éolienne sont suivies, enregistrées et traitées afin de détecter les éventuelles dégradations des équipements. Lorsqu'elle s'avère nécessaire, une inspection de l'équipement potentiellement dégradé est réalisée.		
<b>Indépendance</b>	Oui.		
<b>Temps de réponse</b>	NA		
<b>Efficacité</b>	100 %.		
<b>Tests</b>	/		
<b>Maintenance</b>	Contrôle et entretien des équipements.		

Fonction de sécurité	Prévenir les risques liés aux opérations de chantier	N° de la fonction de sécurité	13
<b>Mesure de sécurité</b>	Mise en place d'une procédure de sécurité / rédaction d'un plan de prévention / Plan Particulier de Sécurité et de Protection de la Santé (PPSPS). Mise en place d'une restriction d'accès au chantier.		
<b>Description</b>	/		
<b>Indépendance</b>	Oui.		
<b>Temps de réponse</b>	NA		
<b>Efficacité</b>	100 %.		
<b>Tests</b>	NA		
<b>Maintenance</b>	NA		

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

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

### 7.7. CONCLUSION DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

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

Nom du scénario exclu	Justification
<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 modifié 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</b>	En cas d'incendie d'un poste de livraison, les effets ressentis à l'extérieur de ce bâtiment seront mineurs ou inexistant du fait notamment de la structure en béton. De plus, la réglementation encadre déjà largement la sécurité de ces installations (arrêté du 26 août 2011 modifié [9]) et impose le respect des normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200.
<b>Infiltration d'huile dans le sol</b>	En cas d'infiltration d'huiles dans le sol, les volumes de substances libérées au sol restent mineurs. Il n'est pas nécessaire de présenter ce scénario dans l'analyse détaillée des risques sauf en cas d'implantation des éoliennes dans un périmètre de protection rapprochée (PPR) de nappe phréatique.  Dans le cas présent, les aérogénérateurs du parc sont exclus de tout périmètre de protection rapprochée de captage destiné à l'alimentation en eau potable.

Tableau 13 : Scénario exclu

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.

## 8. 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.

### 8.1. 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.

#### 8.1.1. CINÉTIQUE

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

Selon l'article 8 de l'arrêté du 29 septembre 2005 [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.**

#### 8.1.2. INTENSITE

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

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

Or, les seuils d'effets proposés dans l'arrêté du 29 septembre 2005 [13] caractérisent des phénomènes dangereux dont l'intensité s'exerce dans toutes les directions autour de l'origine du phénomène, pour des effets de surpression, toxiques ou thermiques). Ces seuils ne sont donc pas adaptés aux accidents générés par les aérogénérateurs.

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

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

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

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

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

**Tableau 14 : Intensité et degré d'exposition**

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

### 8.1.3.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.

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

**Tableau 15 : Intensité et gravité**

#### 8.1.4. 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 :

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

**Tableau 16 : Niveau de probabilité**

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

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

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

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

La probabilité d'accident est en effet le produit de plusieurs probabilités (voir Annexe 4) :

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

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

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

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

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

### 8.1.5.ACCEPTABILITE

Le risque est défini acceptable ou inacceptable selon la classe de probabilité.

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 dans la suite de l'analyse.

GRAVITÉ des Conséquences	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux	Jaune	Rouge	Rouge	Rouge	Rouge
Catastrophique	Jaune	Jaune	Rouge	Rouge	Rouge
Important	Jaune	Jaune	Jaune	Rouge	Rouge
Sérieux	Vert	Vert	Jaune	Jaune	Rouge
Modéré	Vert	Vert	Vert	Vert	Jaune

Légende de la matrice :

Niveau de risque	Couleur	Acceptabilité
Risque très faible	Vert	acceptable
Risque faible	Jaune	acceptable
Risque important	Rouge	non acceptable

Tableau 17 : Matrice de criticité

Les scénarios représentés en vert et jaune conduisent à un risque acceptable tandis que le rouge montre un scénario inacceptable.

## 8.2. CARACTERISATION DES SCENARIOS RETENUS

Afin de caractériser les différents scénarios retenus, nous utiliserons les données suivantes :

Elément		Sigle	Dimensions de l'Enercon E115 (m)	Dimensions de la Vestas V112 (m)	Dimensions de la Vestas V117 (m)	Dimensions de la Nordex N117 (m)
Mât	Hauteur de moyeu	H	92	94	91,5	91
	Base	L	6,8	3,9	4,2	4,3
Pale	Longueur	R	57,85	54,9	57,6	57,6
	Largeur la plus importante	LB	4,8	3,9	3,51	3,4
Rotor	Diamètre	D	115	112	117	116,8

Tableau 18 : Caractéristiques des éoliennes (Source : Enercon, Vestas, Nordex)

Considérant ces dimensions, le calcul des zones d'effets par modèle d'éolienne est le suivant :

Zone d'effet	Effondrement (m)	Chute de glace (m)	Chute d'éléments (m)	Projection éléments (m)	Projection de glace (m)
Enercon E115	149,9	57,5	57,5	500	310,5
Vestas V112	150	56	56	500	309
Vestas V117	150	58,5	58,5	500	312,75
Nordex N117	149,4	58,4	58,4	500	311,7

Tableau 19 : Calcul des zones d'effet en fonction des caractéristiques des éoliennes (Source : ENCIS Environnement)

Le calcul du degré d'exposition et de l'intensité par modèle est le suivant :

Modèle		Effondrement	Chute de glace	Chute d'éléments	Projection éléments	Projection de glace
E115	Degré d'exposition	1,49	0,01	1,35	0,02	0,00033
	Intensité	<b>forte</b>	<b>modérée</b>	<b>forte</b>	<b>modérée</b>	<b>modérée</b>
V112	Degré d'exposition	0,98	0,01	1,10	0,01	0,00033
	Intensité	<b>modérée</b>	<b>modérée</b>	<b>forte</b>	<b>modérée</b>	<b>modérée</b>
V117	Degré d'exposition	0,98	0,01	0,94	0,01	0,00033
	Intensité	<b>modérée</b>	<b>modérée</b>	<b>modérée</b>	<b>modérée</b>	<b>modérée</b>
N117	Degré d'exposition	0,99	0,01	0,94	0,01	0,00033
	Intensité	<b>modérée</b>	<b>modérée</b>	<b>modérée</b>	<b>modérée</b>	<b>modérée</b>

Tableau 20 : Calcul des zones d'effet en fonction des caractéristiques des éoliennes (Source : ENCIS Environnement)

Le porteur de projet a choisi d'analyser les scénarii en prenant en compte les zones d'effet les plus étendues et les intensités majorantes. Conformément aux tableaux ci-dessus, l'étendue maximale des zones d'effet et les niveaux d'intensité majorants sont :

Scenario	Zone d'effet (V117)	Intensité (E115)
Effondrement	150 m	forte
Chute de glace	58,5 m	modérée
Chute d'éléments de l'éolienne	58,5 m	forte
Projection de pales ou de fragments de pales	500 m	modérée
Projection de glace	312,75 m	modérée

Tableau 21 : Caractéristiques retenues pour l'analyse des scénarii (Source : ENCIS Environnement)

Ainsi, les zones d'effet et les enjeux humains sont réalisés à partir des caractéristiques de la V117 et les calculs d'intensité prennent en compte les caractéristiques de la E115.



### 8.2.1.EFFONDREMENT DE L'EOLIENNE

#### ❖ 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 150 m dans le cas des éoliennes du parc Phenix (zone d'effet majorante correspondant au modèle V117).

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.

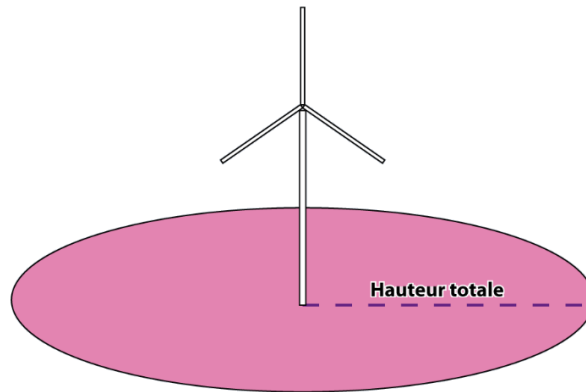
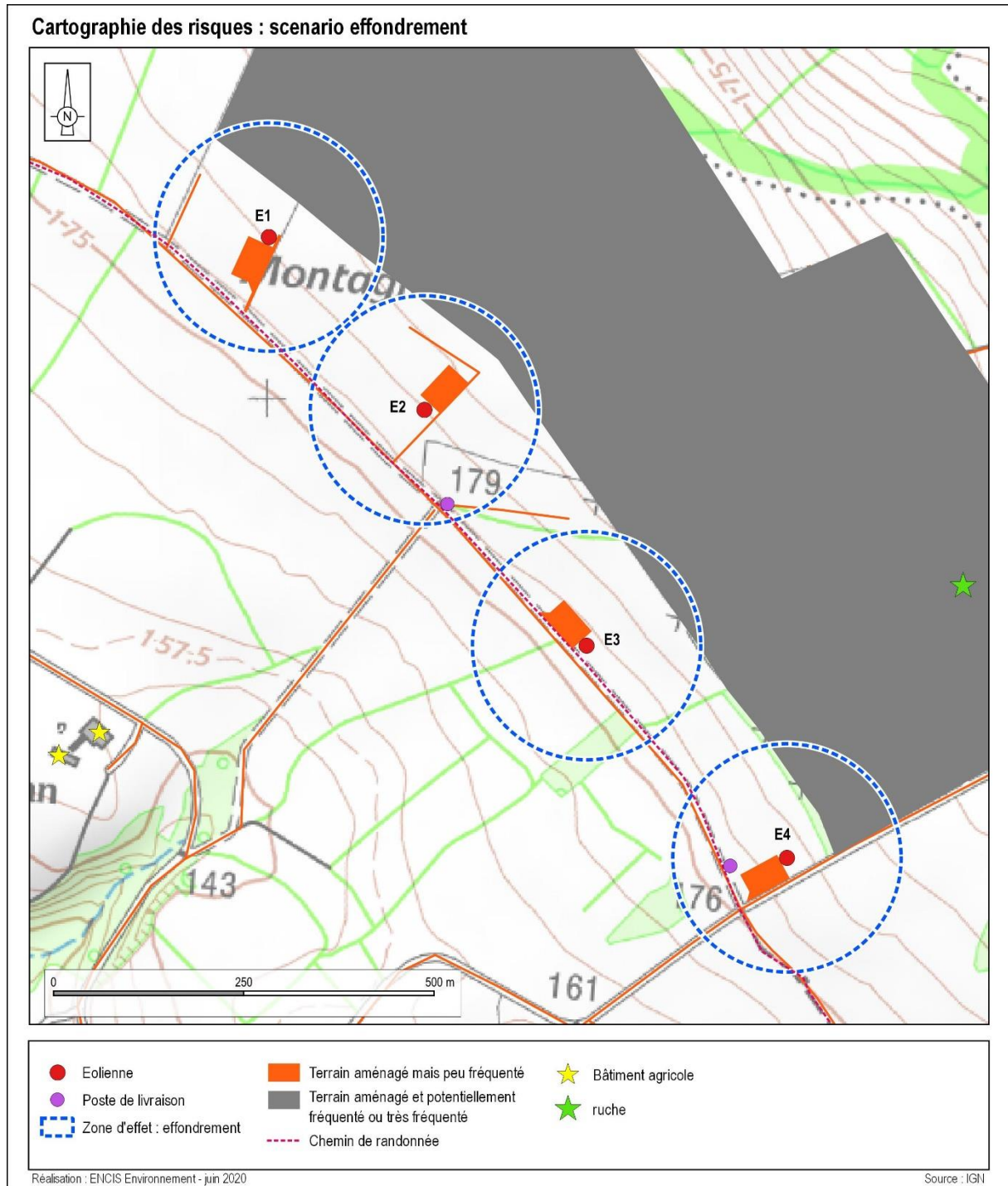


Figure 12 : zone d'effet / Effondrement de l'éolienne



**Carte 13 : Cartographie des risques – scenario : effondrement (Source : ENCIS Environnement)**

<i>Eolienne</i>	<i>Ensemble homogène</i>	<i>Surface (ha) ou Linéaire (km)</i>	<i>Règle de calcul</i>	<i>Enjeux humains (EH)</i>	<i>Enjeux humains totaux</i>
<b>E1</b>	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	4,892	1 pers/100 ha	0,049	18,853
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,344	1 pers/10 ha	0,034	
	Terrain aménagé et potentiellement fréquenté ou très fréquenté	1,832	10 pers/ha	18,32	
	Chemin de randonnée	0,225	2 pers/km par tranche de 100 promeneurs/jour	0,45	
<b>E2</b>	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	6,079	1 pers/100 ha	0,061	6,794
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,371	1 pers/10 ha	0,037	
	Terrain aménagé et potentiellement fréquenté ou très fréquenté	0,618	10 pers/ha	6,18	
	Chemin de randonnée	0,258	2 pers/km par tranche de 100 promeneurs/jour	0,516	
<b>E3</b>	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	6,41	1 pers/100 ha	0,064	4,409
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,286	1 pers/10 ha	0,029	
	Terrain aménagé et potentiellement fréquenté ou très fréquenté	0,372	10 pers/ha	3,72	
	Chemin de randonnée	0,298	2 pers/km par tranche de 100 promeneurs/jour	0,596	
<b>E4</b>	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	5,544	1 pers/100 ha	0,055	12,194
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,369	1 pers/10 ha	0,037	
	Terrain aménagé et potentiellement fréquenté ou très fréquenté	1,155	10 pers/ha	11,55	
	Chemin de randonnée	0,276	2 pers/km par tranche de 100 promeneurs/jour	0,552	

Tableau 22 : Enjeux humains - effondrement (Source : ENCIS Environnement)

#### ❖ Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène d'effondrement de l'éolienne dans le cas du parc éolien étudié (intensité majorante correspondant au modèle E115). R est la longueur de pale (R = 57,85 m), LB la largeur de la pale (LB= 4,85 m), H la hauteur du moyeu (H = 92 m) et L la largeur du mât (L = 6,8 m).

Effondrement de l'éolienne				
	zone d'impact (Z <sub>I</sub> )	zone d'effet (Z <sub>E</sub> )	degré d'exposition	intensité
	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	%	
	$H \times L + 3 \cdot D/2 \cdot LB/2$	$\pi \times (H+D/2)^2$	$d=Z_I/Z_E$	
V117	694,884	70 690	0,98	Exposition modérée
E115	1 047,239	70 215	1,49	Exposition forte

Tableau 23 : Intensité du scénario

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

#### ❖ Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 8.1.3.), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène d'effondrement, dans le rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne :

- 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 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'éolienne		
Eolienne	Enjeux humains	Gravité
1	18,85	Catastrophique
2	6,79	Importante
3	4,40	Importante
4	12,19	Catastrophique

Tableau 24 : Gravité du scénario

#### ❖ Probabilité

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

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

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

D'après l'inventaire des accidents recensés entre janvier 2000 et février 2020 (cf. tableau de l'accidentologie française en annexe 2 de l'étude de dangers), le retour d'expérience français montre également une classe de probabilité « C ». En effet, il a été recensé seulement 11 événements pour 63 174 années d'expérience<sup>15</sup>, soit une probabilité de  $1,741 \times 10^{-4}$  par éolienne et par an.

<sup>15</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. Le nombre d'années

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

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

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

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

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

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

#### ❖ Acceptabilité

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

Effondrement de l'éolienne			
Eolienne	Enjeux humains	Gravité	Niveau de risque
1	18,85	Catastrophique	Acceptable
2	6,79	Importante	Acceptable
3	4,40	Importante	Acceptable
4	12,19	Catastrophique	Acceptable

**Tableau 25 : Niveau de risque du scénario**

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

d'expérience est issu d'une estimation basée sur la puissance éolienne installée chaque année au regard de la puissance moyenne des éoliennes implantées.

## 8.2.2. CHUTE DE GLACE

### ❖ Considérations générales

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

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

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

### ❖ Zone d'effet

Le risque de chute de glace est cantonné à la zone de survol des pales, soit un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor autour du mât de l'éolienne. Pour le parc éolien étudié, la zone d'effet a donc un rayon de 58,5 mètres (zone d'effet majorante pour la V117). Cependant, il convient de noter que, lorsque l'éolienne est à l'arrêt, les pales n'occupent qu'une faible partie de cette zone.

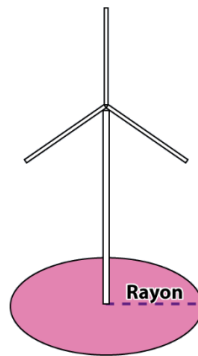
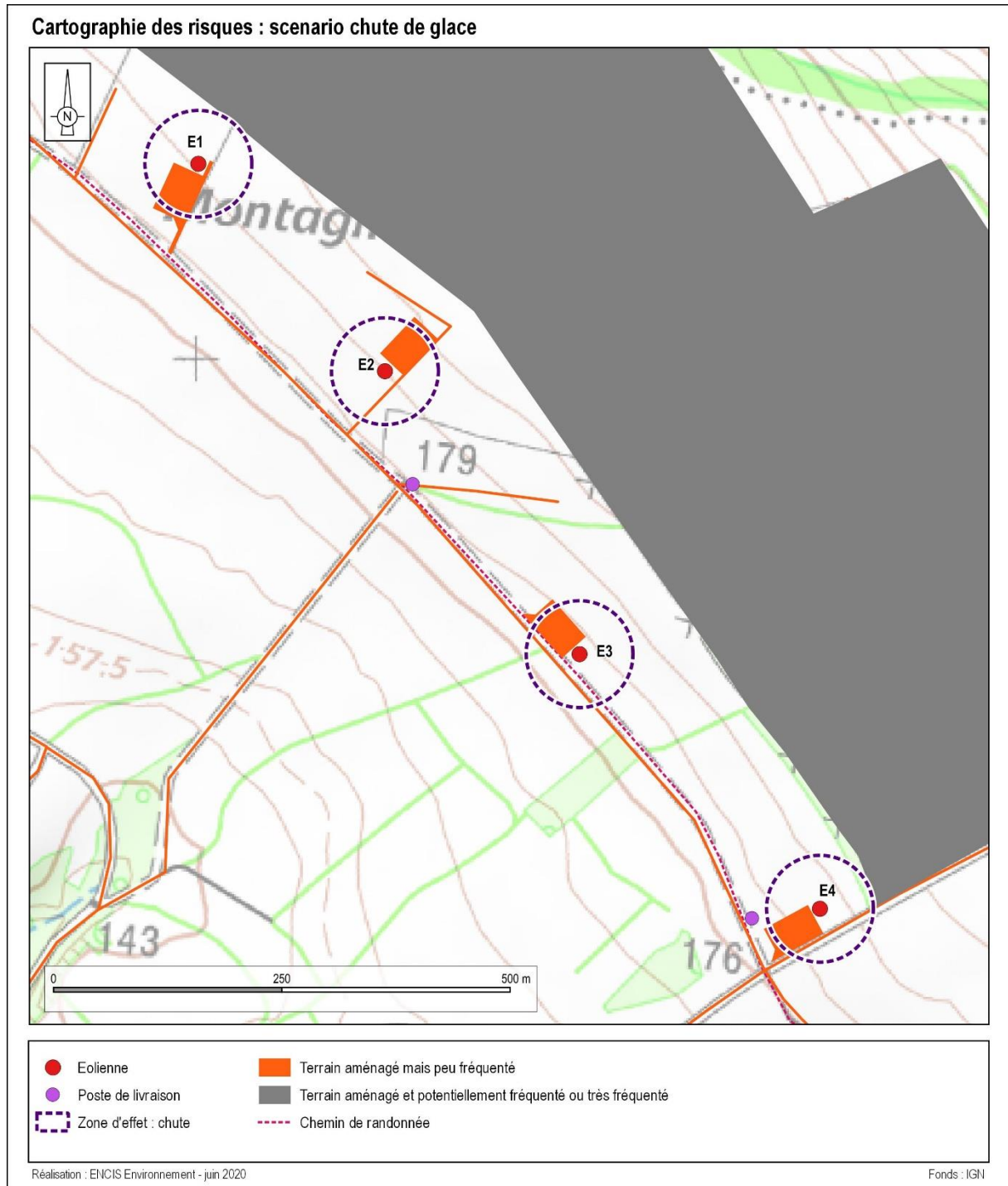


Figure 13 : zone d'effet / Chute de glace



**Carte 14 : Cartographie des risques – scenario : chute de glace (Source : ENCIS Environnement)**

<i>Eolienne</i>	<i>Ensemble homogène</i>	<i>Surface (ha) ou Linéaire (km)</i>	<i>Règle de calcul</i>	<i>Enjeux humains (EH)</i>	<i>Enjeux humains totaux</i>
<b>E1</b>	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	0,881	1 pers/100 ha	0,009	0,028
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,194	1 pers/10 ha	0,019	
<b>E2</b>	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	0,881	1 pers/100 ha	0,009	0,028
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,194	1 pers/10 ha	0,019	
<b>E3</b>	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	0,876	1 pers/100 ha	0,009	0,253
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,199	1 pers/10 ha	0,020	
	Chemin de randonnée	0,112	2 pers/km par tranche de 100 promeneurs/jour	0,224	
<b>E4</b>	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	0,875	1 pers/100 ha	0,009	0,029
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,200	1 pers/10 ha	0,020	

Tableau 26 : Enjeux humains – chute de glace (Source : ENCIS Environnement)

#### ❖ Intensité

Le risque de chute de glace est cantonné à la zone de survol des pales, c'est-à-dire une zone d'effet correspondant à un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor, soit 58,5 m. Pour le phénomène de chute de glace, le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface d'un morceau de glace et la superficie de la zone d'effet du phénomène (zone de survol).

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute de glace dans le cas du parc éolien étudié (intensité majorité correspondant au modèle E115).  $Z_I$  est la zone d'impact,  $Z_E$  est la zone d'effet, 57,5 m est la longueur d'un demi-rotor ( $r$  ou  $D/2$ ),  $SG$  est la surface du morceau de glace majorant ( $SG= 1 \text{ m}^2$ ). Les paramètres sont identiques pour toutes les éoliennes.

Chute de glace				
	zone d'impact ( $Z_I$ )	zone d'effet ( $Z_E$ )	degré d'exposition	intensité
	$\text{m}^2$	$\text{m}^2$	%	
	$Z_I = SG$	$Z_E = \pi \times r^2$	$d = Z_I / Z_E$	
V117	1	10 751	0,01	Exposition modérée
E115	1	10 387	0,01	Exposition modérée

Tableau 27 : Intensité du scénario

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

#### ❖ Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 8.1.3), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute de glace, dans la zone de survol de l'éolienne :

- Plus de 1000 personnes exposées → « Désastreux »
- Entre 100 et 1000 personnes exposées → « Catastrophique »



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

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

Chute de glace		
Eolienne	Enjeux humains	Gravité
1	0,028	Modérée
2	0,028	Modérée
3	0,253	Modérée
4	0,029	Modérée

**Tableau 28 : Gravité du scénario**

#### ❖ Probabilité

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

#### ❖ Acceptabilité

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

Chute de glace			
Eolienne	Enjeux humains	Gravité	Niveau de risque
1	0,028	Modérée	Acceptable
2	0,028	Modérée	Acceptable
3	0,253	Modérée	Acceptable
4	0,029	Modérée	Acceptable

**Tableau 29 : Niveau de risque du scénario**

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

Il convient également de rappeler que, conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié 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.

De plus, une mesure supplémentaire de sécurité a été mise en place dans le cadre de ce projet, notamment vis-à-vis du scénario « risque de projection de glace » (fonction de sécurité 1bis – Cf. tableau des mesures au titre 7.6.2). Elle consiste en la mise en place d'un détecteur de glace (cf. page 103). Ainsi, cette mesure complémentaire sera également utile pour réduire le risque de chute de glace.

### 8.2.3. CHUTE D'ELEMENTS DE L'EOLIENNE

#### ❖ 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, soit 58,5 m (zone d'effet majorante correspondant au modèle V117).

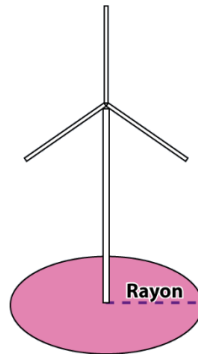
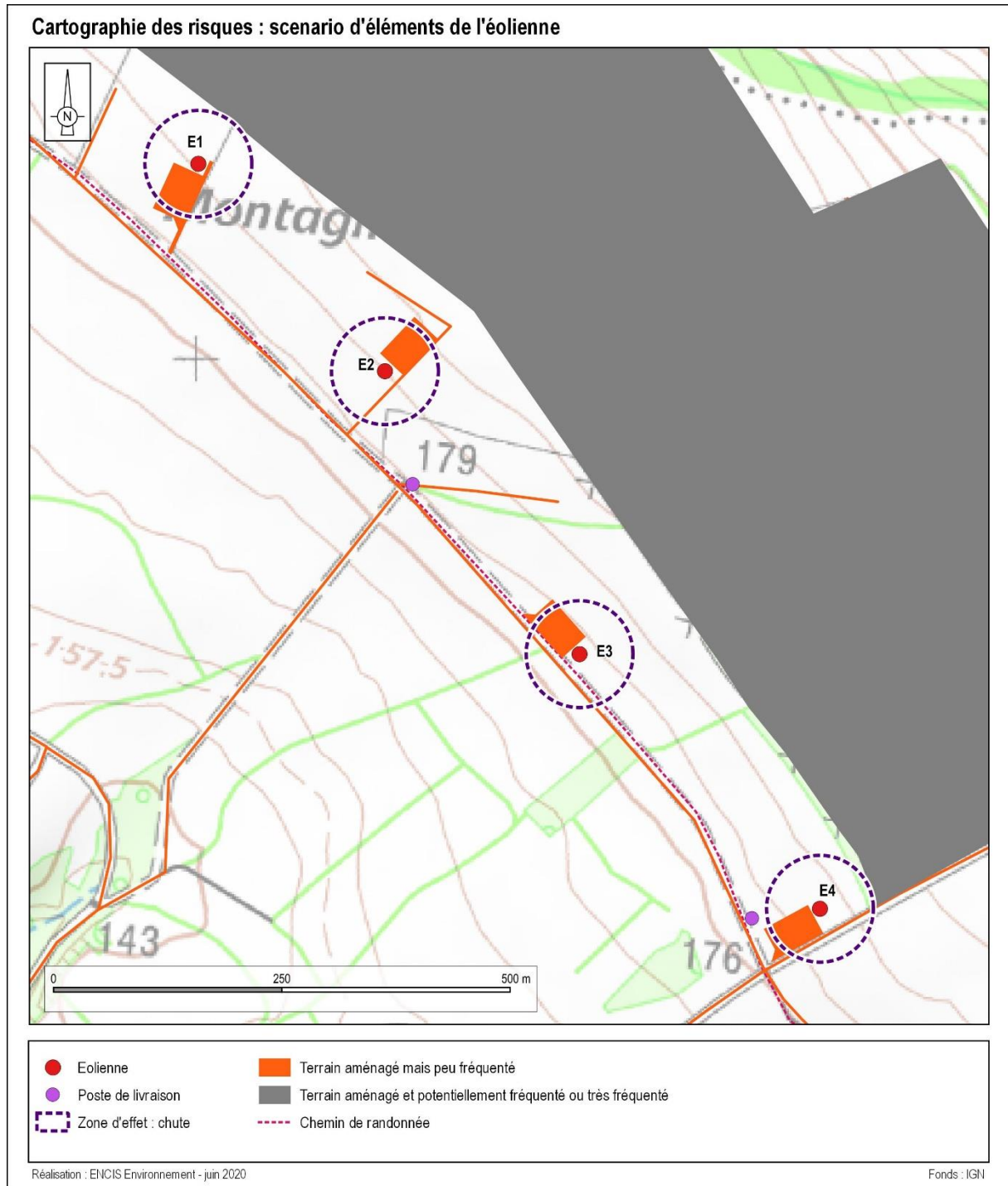


Figure 14 : zone d'effet / Chute d'éléments de l'éolienne



**Carte 15 : Cartographie des risques – scenario : chute d'éléments (Source : ENCIS Environnement)**

<i>Eolienne</i>	<i>Ensemble homogène</i>	<i>Surface (ha) ou Linéaire (km)</i>	<i>Règle de calcul</i>	<i>Enjeux humains (EH)</i>	<i>Enjeux humains totaux</i>
<b>E1</b>	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	0,881	1 pers/100 ha	0,009	0,028
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,194	1 pers/10 ha	0,019	
<b>E2</b>	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	0,881	1 pers/100 ha	0,009	0,028
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,194	1 pers/10 ha	0,019	
<b>E3</b>	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	0,876	1 pers/100 ha	0,009	0,253
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,199	1 pers/10 ha	0,020	
	Chemin de randonnée	0,112	2 pers/km par tranche de 100 promeneurs/jour	0,224	
<b>E4</b>	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	0,875	1 pers/100 ha	0,009	0,029
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,200	1 pers/10 ha	0,020	

Tableau 30 : Enjeux humains – chute d'éléments (Source : ENCIS Environnement)

#### ❖ Intensité

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, soit 58,5 m.

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du parc éolien étudié (intensité majorante correspondant au modèle E115).  $d$  est le degré d'exposition,  $Z_I$  la zone d'impact,  $Z_E$  la zone d'effet et  $LB$  la largeur de la base de la pale ( $LB= 4,8$  m) et  $115$  m le diamètre du rotor ( $D$ ). Les paramètres sont identiques pour toutes les éoliennes.

Chute d'éléments de l'éolienne				
	zone d'impact ( $Z_I$ )	zone d'effet ( $Z_E$ )	degré d'exposition	intensité
	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	%	
	$Z_I = R * LB / 2$	$Z_E = \pi * D^2 / 4$	$d = Z_I / Z_E$	
V117	101,088	10 751	0,94	Exposition modérée
E115	140,546	10 387	1,35	Exposition forte

Tableau 31 : Intensité du scénario

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

#### ❖ Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 8.1.3.), 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 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 d'éléments de l'éolienne		
Eolienne	Enjeux humains	Gravité
1	0,028	Sérieuse
2	0,028	Sérieuse
3	0,253	Sérieuse
4	0,029	Sérieuse

Tableau 32 : Gravité du scénario

#### ❖ Probabilité

Peu d'éléments sont disponibles dans la littérature pour évaluer la fréquence des événements de chute de pales ou d'éléments d'éoliennes.

D'après l'inventaire des accidents recensés entre janvier 2000 et février 2020 (cf. tableau de l'accidentologie française en annexe 2 de l'étude de dangers), le retour d'expérience français montre également une classe de probabilité « C ». En effet, il a été recensé seulement 30 événements pour 63 174 années d'expérience<sup>16</sup>, soit une probabilité de  $4,749 \times 10^{-4}$  par éolienne et par an.

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

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

#### ❖ Acceptabilité

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

Chute d'éléments de l'éolienne			
Eolienne	Enjeux humains	Gravité	Niveau de risque
1	0,028	Sérieuse	Acceptable
2	0,028	Sérieuse	Acceptable
3	0,253	Sérieuse	Acceptable
4	0,029	Sérieuse	Acceptable

Tableau 33 : Niveau de risque du scénario

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

<sup>16</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. Le nombre d'années d'expérience est issu d'une estimation basée sur la puissance éolienne installée chaque année au regard de la puissance moyenne des éoliennes implantées.

## 8.2.4. PROJECTION DE PALES OU DE FRAGMENTS DE PALES

### ❖ Zone d'effet

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

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

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

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

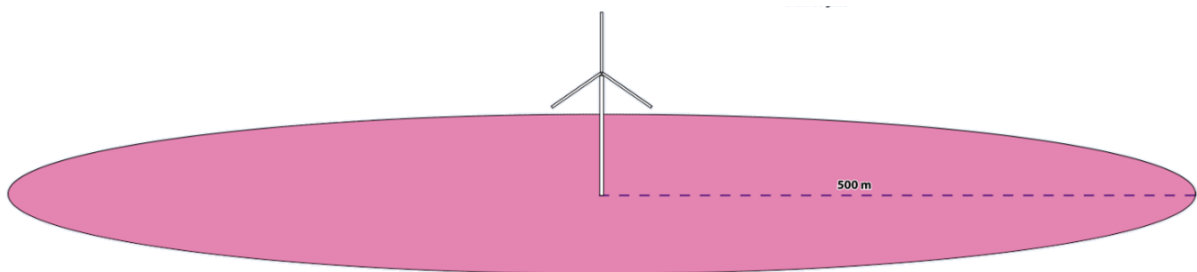
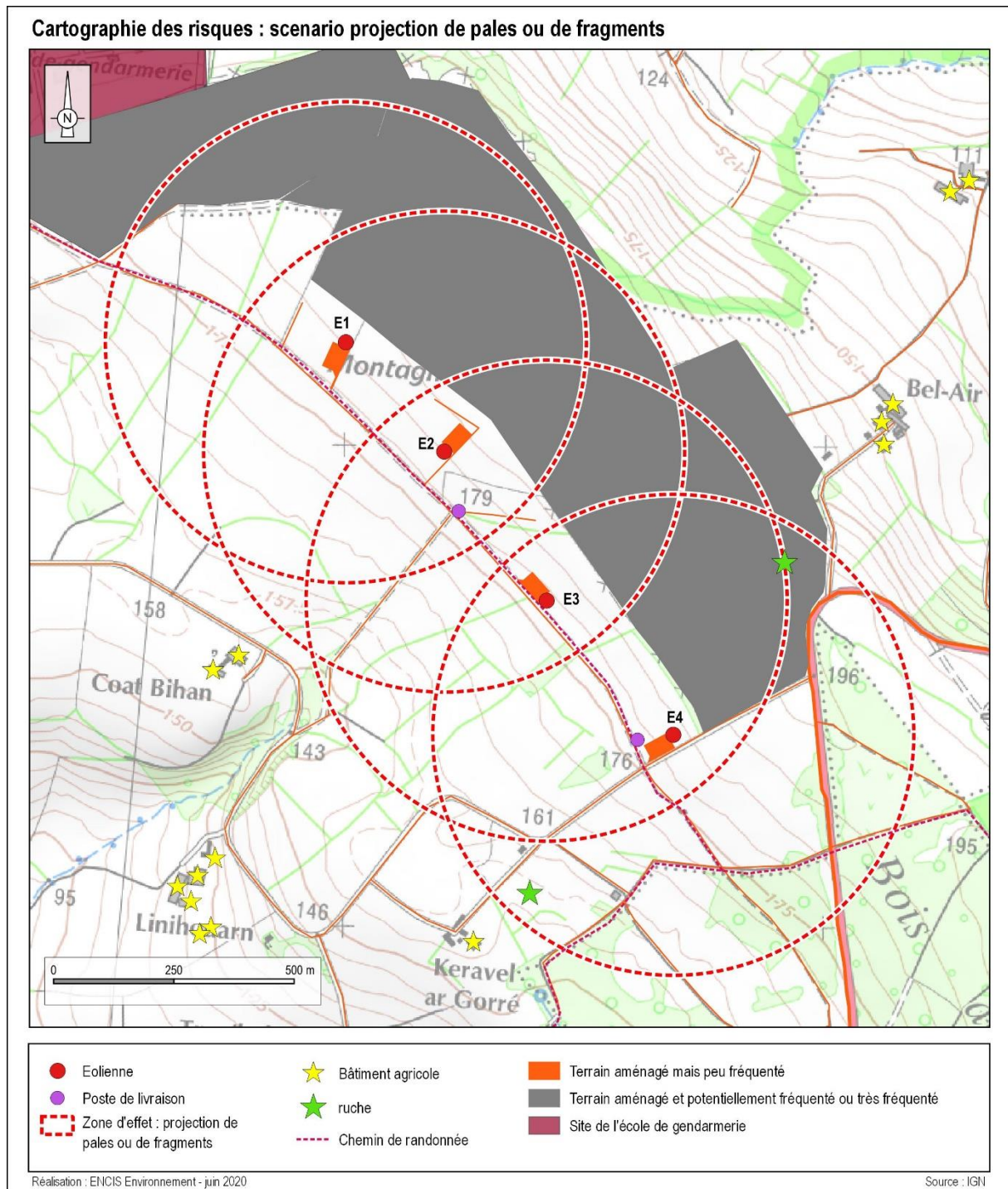


Figure 15 : zone d'effet / projection de pales ou de fragments de pale



**Carte 16 : Cartographie des risques – scenario : projection de pales ou de fragments de pale (Source : ENCIS Environnement)**

<i>Eolienne</i>	<i>Ensemble homogène</i>	<i>Surface (ha) ou Linéaire (km)</i>	<i>Règle de calcul</i>	<i>Enjeux humains (EH)</i>	<i>Enjeux humains totaux</i>
<b>E1</b>	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	45,160	1 pers/100 ha	0,452	325,976
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1,026	1 pers/10 ha	0,103	
	Terrain aménagé et potentiellement fréquenté ou très fréquenté	32,35	10 pers/ha	323,5	
	Chemin de randonnée	0,961	2 pers/km par tranche de 100 promeneurs/jour	1,922	
<b>E2</b>	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	46,224	1 pers/100 ha	0,462	313,540
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1,213	1 pers/10 ha	0,121	
	Terrain aménagé et potentiellement fréquenté ou très fréquenté	31,099	10 pers/ha	310,99	
	Chemin de randonnée	0,983	2 pers/km par tranche de 100 promeneurs/jour	1,966	
<b>E3</b>	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	50,085	1 pers/100 ha	0,501	274,074
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1,409	1 pers/10 ha	0,141	
	Terrain aménagé et potentiellement fréquenté ou très fréquenté	27,042	10 pers/ha	270,42	
	Ruches		1 personne	1	
	Chemin de randonnée	1,006	2 pers/km par tranche de 100 promeneurs/jour	2,012	
<b>E4</b>	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	59,983	1 pers/100 ha	0,600	171,632
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1,983	1 pers/10 ha	0,198	
	Terrain aménagé et potentiellement fréquenté ou très fréquenté	16,57	10 pers/ha	165,7	
	Ruches (deux sites)		2 personnes	2	
	Chemin de randonnée	1,567	2 pers/km par tranche de 100 promeneurs/jour	3,134	

Tableau 34 : Enjeux humains - projection de pales ou de fragments de pale (Source : ENCIS Environnement)

#### ❖ Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de pale de l'éolienne dans le cas du parc éolien étudié (intensité majorante correspondant au modèle E115). d est le degré



d'exposition,  $Z_I$  la zone d'impact,  $Z_E$  la zone d'effet,  $R$  la longueur de pale ( $R= 57,85$  m) et  $LB$  la largeur de la base de la pale ( $LB= 4,8$  m). Les paramètres sont identiques pour toutes les éoliennes.

Projection de pale ou de fragment de pale				
	zone d'impact ( $Z_I$ )	zone d'effet ( $Z_E$ )	degré d'exposition	intensité
	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	%	
	$Z_I=R*LB/2$	$Z_E= \pi \times r_{500m}^2$	$d=Z_I/Z_E$	
V117	101,088	785 398	0,01	Exposition modérée
E115	140,546	785 398	0,02	Exposition modérée

Tableau 35 : Intensité du scenario

#### ❖ Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues du paragraphe 8.1.3., il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de projection, dans la zone de 500 m autour de l'éolienne :

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

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

Projection de pale ou de fragment de pale		
Eolienne	Enjeux humains	Gravité
1	325,97	Catastrophique
2	313,54	Catastrophique
3	274,07	Catastrophique
4	171,63	Catastrophique

Tableau 36 : Gravité du scenario

#### ❖ Probabilité

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

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

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

D'après l'inventaire des accidents recensés entre janvier 2000 et septembre 2020 (cf. tableau de l'accidentologie française en annexe 2 de l'étude de dangers), le retour d'expérience français montre également une classe de probabilité « C ». En effet, il a été recensé seulement 24 événements pour 63 174 années d'expérience<sup>17</sup>, soit une probabilité de  $3,799 \times 10^{-4}$  par éolienne et par an.

<sup>17</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. Le nombre d'années

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 modifié relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation permet de s'assurer que les éoliennes font l'objet de mesures réduisant significativement la probabilité de projection.

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

#### ❖ Acceptabilité

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

Projection de pale ou de fragment de pale			
Eolienne	Enjeux humains	Gravité	Niveau de risque
1	325,97	Catastrophique	Acceptable
2	313,54	Catastrophique	Acceptable
3	274,07	Catastrophique	Acceptable
4	171,63	Catastrophique	Acceptable

**Tableau 37 : Niveau de risque du scénario**

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

d'expérience est issu d'une estimation basée sur la puissance éolienne installée chaque année au regard de la puissance moyenne des éoliennes implantées.

### 8.2.5. PROJECTION DE GLACE

#### ❖ Zone d'effet

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

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

Distance d'effet (zone d'effet majorante correspondant au modèle V117)

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

$$= 1,5 \times (91,5 + 117) = 312,75 \text{ m}$$

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.

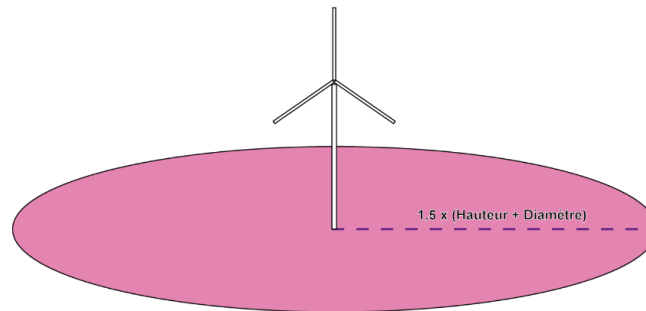
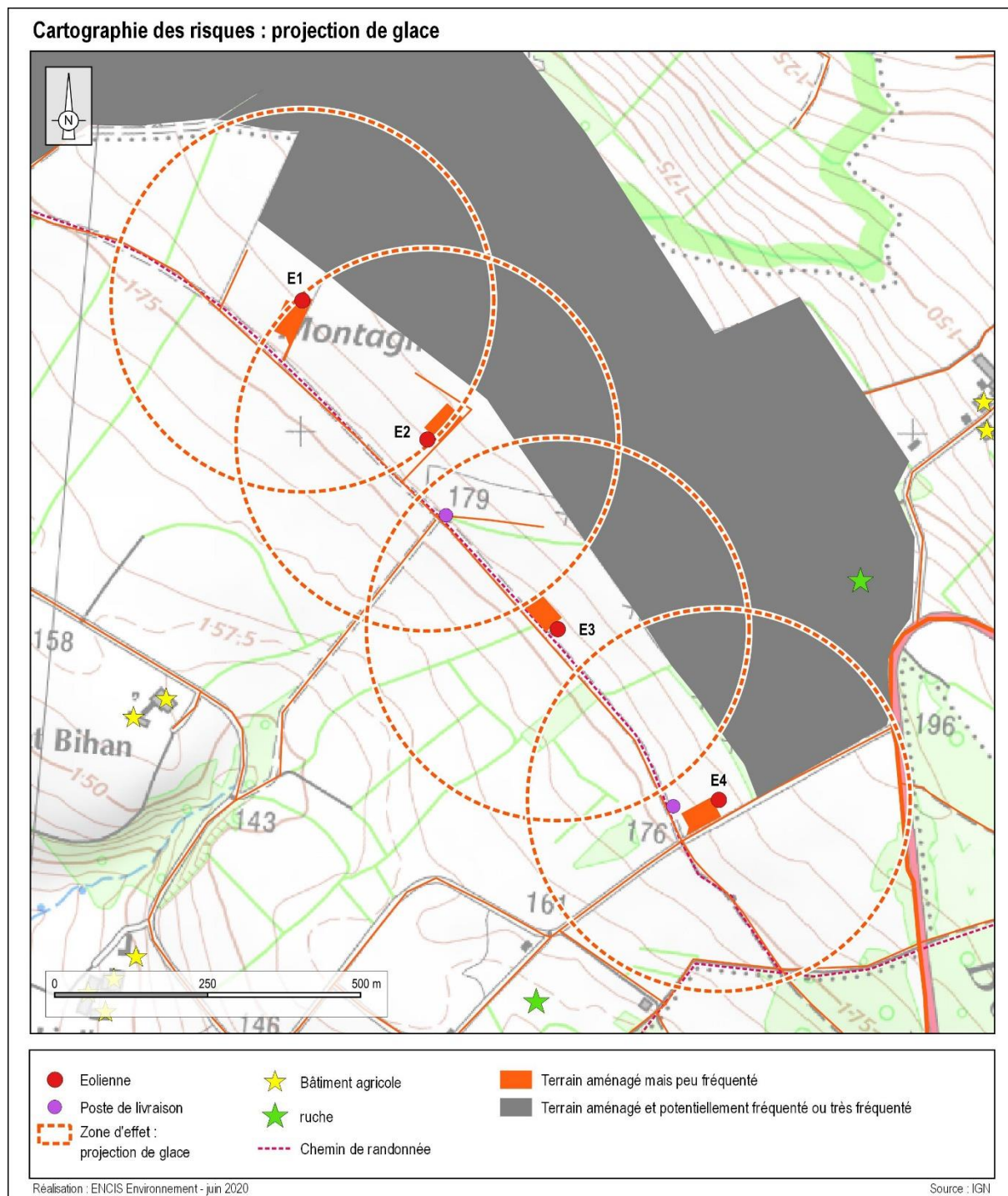


Figure 16 : zone d'effet / Projection de glace



**Carte 17 : Cartographie des risques – scénario : projection de glace (Source : ENCIS Environnement)**

<i>Eolienne</i>	<i>Ensemble homogène</i>	<i>Surface (ha) ou Linéaire (km)</i>	<i>Règle de calcul</i>	<i>Enjeux humains (EH)</i>	<i>Enjeux humains totaux</i>
<b>E1</b>	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	20,076	1 pers/100 ha	0,201	101,743
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,619	1 pers/10 ha	0,062	
	Terrain aménagé et potentiellement fréquenté ou très fréquenté	10,032	10 pers/ha	100,32	
	Chemin de randonnée	0,58	2 pers/km par tranche de 100 promeneurs/jour	1,16	
<b>E2</b>	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	20,275	1 pers/100 ha	0,203	98,090
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,792	1 pers/10 ha	0,079	
	Terrain aménagé et potentiellement fréquenté ou très fréquenté	9,66	10 pers/ha	96,6	
	Chemin de randonnée	0,604	2 pers/km par tranche de 100 promeneurs/jour	1,208	
<b>E3</b>	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	22,184	1 pers/100 ha	0,222	82,041
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,491	1 pers/10 ha	0,049	
	Terrain aménagé et potentiellement fréquenté ou très fréquenté	8,052	10 pers/ha	80,52	
	Chemin de randonnée	0,625	2 pers/km par tranche de 100 promeneurs/jour	1,25	
<b>E4</b>	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	23,111	1 pers/100 ha	0,231	70,230
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,788	1 pers/10 ha	0,079	
	Terrain aménagé et potentiellement fréquenté ou très fréquenté	6,828	10 pers/ha	68,28	
	Chemin de randonnée	0,82	2 pers/km par tranche de 100 promeneurs/jour	1,64	

Tableau 38 : Enjeux humains - projection de glace (Source : ENCIS Environnement)

### ❖ Intensité

Pour le phénomène de projection de glace, le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface d'un morceau de glace (cas majorant de 1 m<sup>2</sup>) et la superficie de la zone d'effet du phénomène (d'un rayon R<sub>PG</sub> = 312,75 m).

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de glace dans le cas du parc éolien étudié (intensité majorante correspondant au modèle E115). d est le degré d'exposition, Z<sub>I</sub> la zone d'impact, Z<sub>E</sub> la zone d'effet, D le diamètre du rotor (D = 115 m), H la hauteur au moyeu (H = 92 m), et SG la surface majorante d'un morceau de glace.

Projection de morceaux de glace				
	zone d'impact (Z <sub>I</sub> )	zone d'effet (Z <sub>E</sub> )	degré d'exposition	intensité
	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	%	
	$Z_I = SG$	$Z_E = \pi \times R_{PG}^2$	$d = Z_I / Z_E$	
V117	1	307287	0,00033	Exposition modérée
E115	1	302 882	0,00033	Exposition modérée

Tableau 39 : Intensité du scenario

### ❖ Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues du paragraphe 8.1.3, il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de projection de glace, dans la zone d'effet de ce phénomène :

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

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

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

Projection de morceaux de glace		
Eolienne	Enjeux humains	Gravité
1	101,74	Catastrophique
2	98,090	Importante
3	82,04	Importante
4	70,23	Importante

Tableau 40 : Gravité du scenario

### ❖ Probabilité

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

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

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

### ❖ Acceptabilité

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

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

Projection de morceaux de glace			
Eolienne	Enjeux humains	Gravité	Niveau de risque
1	101,74	Catastrophique	Inacceptable
2	98,090	Importante	Inacceptable
3	82,04	Importante	Inacceptable
4	70,23	Importante	Inacceptable

**Tableau 41 : Niveau de risque du scénario**

Au vu du risque inacceptable pour l'ensemble des éoliennes lié aux enjeux humains correspondants, le porteur de projet a choisi de **mettre en place un système de sécurité supplémentaire** permettant de détecter la formation de givre. Il s'agit du système détecteur de glace LID-3300IP, décrit dans la fonction de sécurité n° 1bis (cf. partie 7.6 du présent document). Ce système consiste à déclencher une alarme dès lors que la formation de givre est détectée (détection à un stade précoce de la formation) et à transmettre automatiquement l'information au centre de surveillance qui pourra arrêter les éoliennes le temps que l'alerte soit passée.

De fait, on peut considérer que le risque de projection de glace sera nul pour les 4 éoliennes du parc, puisqu'elles seront arrêtées automatiquement dès lors que la présence de givre sera détectée.

Le tableau suivant indique la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) en prenant en compte la mise en application de la fonction de sécurité n°1bis :

Projection de morceaux de glace			
Eolienne	Enjeux humains	Gravité	Niveau de risque
1	-	Modérée	Acceptable
2	-	Modérée	Acceptable
3	-	Modérée	Acceptable
4	-	Modérée	Acceptable

Enjeux estimés en prenant en compte la mise en œuvre de la fonction de sécurité n°1bis

**Tableau 42 : Niveau de risque du scénario avec application de la fonction de sécurité n°1bis**

Ainsi, pour le parc éolien étudié, le phénomène de projection de glace constitue un risque acceptable pour les personnes, à partir du moment où la fonction de sécurité n°1bis est mise en œuvre.

### 8.3. SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE DÉTAILLÉE DES RISQUES

#### 8.3.1. TABLEAU 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 tableaux regrouperont les éoliennes qui ont le même profil de risque.

Scénario	Zone d'effet (V117)	Cinétique	Intensité (E115)	Probabilité	Gravité
Effondrement de l'éolienne	Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale 150 m	Rapide	Exposition forte	D	Catastrophique pour E1 et E4 Important pour E2 et E3
Chute d'élément de l'éolienne	Zone de survol 58,5 m	Rapide	Exposition forte	C	Sérieuse
Chute de glace	Zone de survol 58,5 m	Rapide	Exposition modérée	A	Modérée
Projection de pale ou de morceau de pale	500 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	D	Catastrophique
Projection de glace	$1,5 \times (H + 2R)$ autour de l'éolienne 312,75 m	Rapide	Exposition modérée	B	Modérée <sup>18</sup>

Tableau 43 : Paramètres de risques

#### 8.3.2. SYNTHÈSE DE L'ACCEPTABILITÉ DES RISQUES

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

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

<sup>18</sup> En prenant en compte la mise en œuvre de la fonction de sécurité n°1bis



GRAVITÉ des Conséquences	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique		Effondrement pour E1 et E4 Projection de pale ou d'éléments de l'éolienne			
Important		Effondrement pour E2 et E3			
Sérieux			Chute d'éléments		
Modéré				Projection de glace	Chute de glace

Légende de la matrice :

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

Tableau 44 : Matrice de criticité

Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée que :

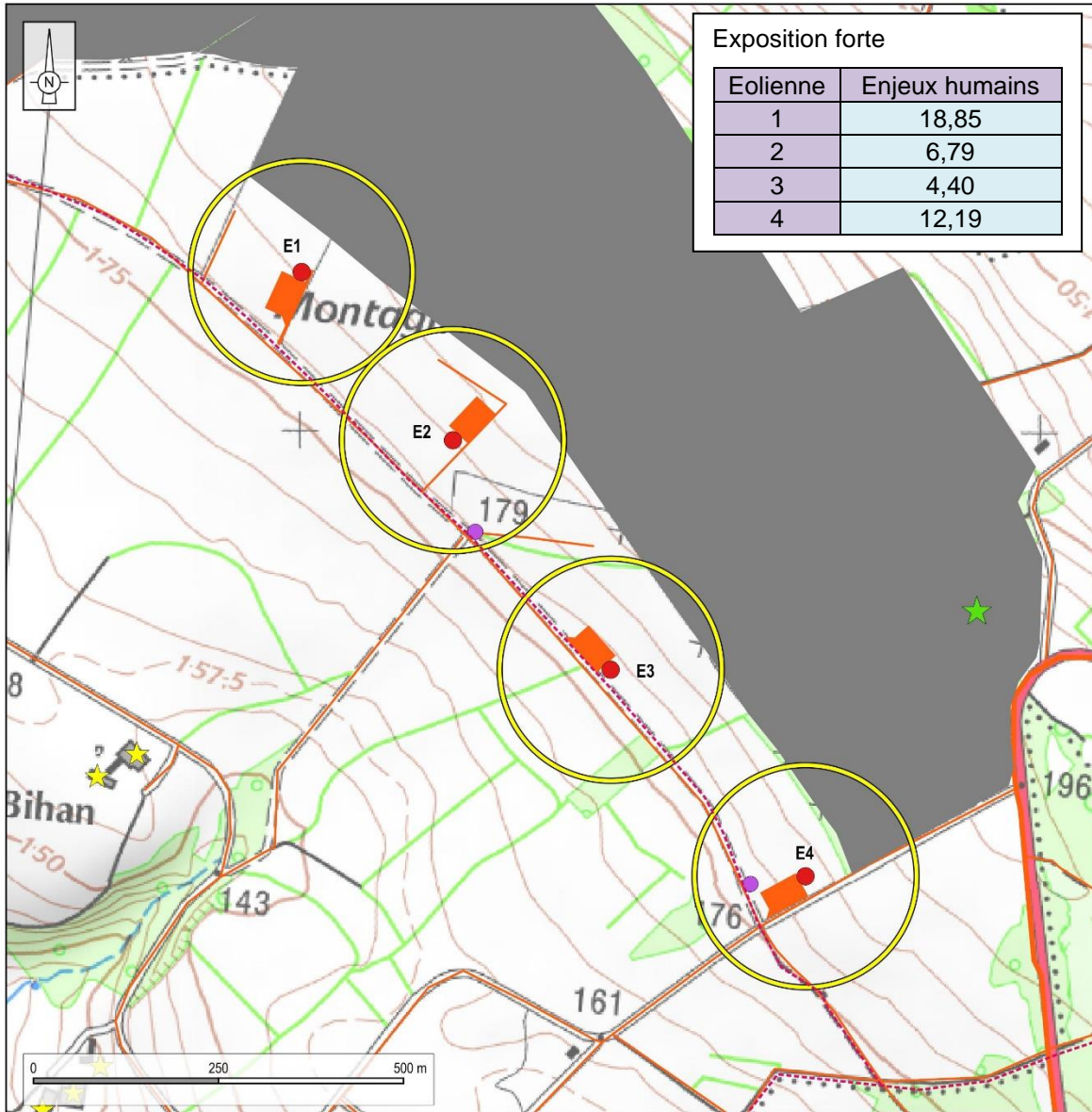
- Aucun accident n'apparaît dans les cases rouges de la matrice,
- Quatre types d'accident (effondrement, projection de pale ou d'éléments de l'éolienne, chute d'éléments et chute de glace) figurent en case jaune. **Il convient de souligner que les fonctions de sécurité détaillées dans la partie 7.6 sont mises en place.**

**Ainsi, suite à cette analyse, le niveau de risque pour chaque scénario et pour chaque éolienne est jugé comme acceptable.**

### 8.3.3. CARTOGRAPHIE DES RISQUES

Les cartographies suivantes présentent pour chaque scénario et chaque éolienne la zone d'effet, les enjeux identifiés, l'intensité des phénomènes dangereux et le nombre de personnes exposées.

**Cartographie des risques : scenario effondrement**



**Exposition forte**

Eolienne	Enjeux humains
1	18,85
2	6,79
3	4,40
4	12,19

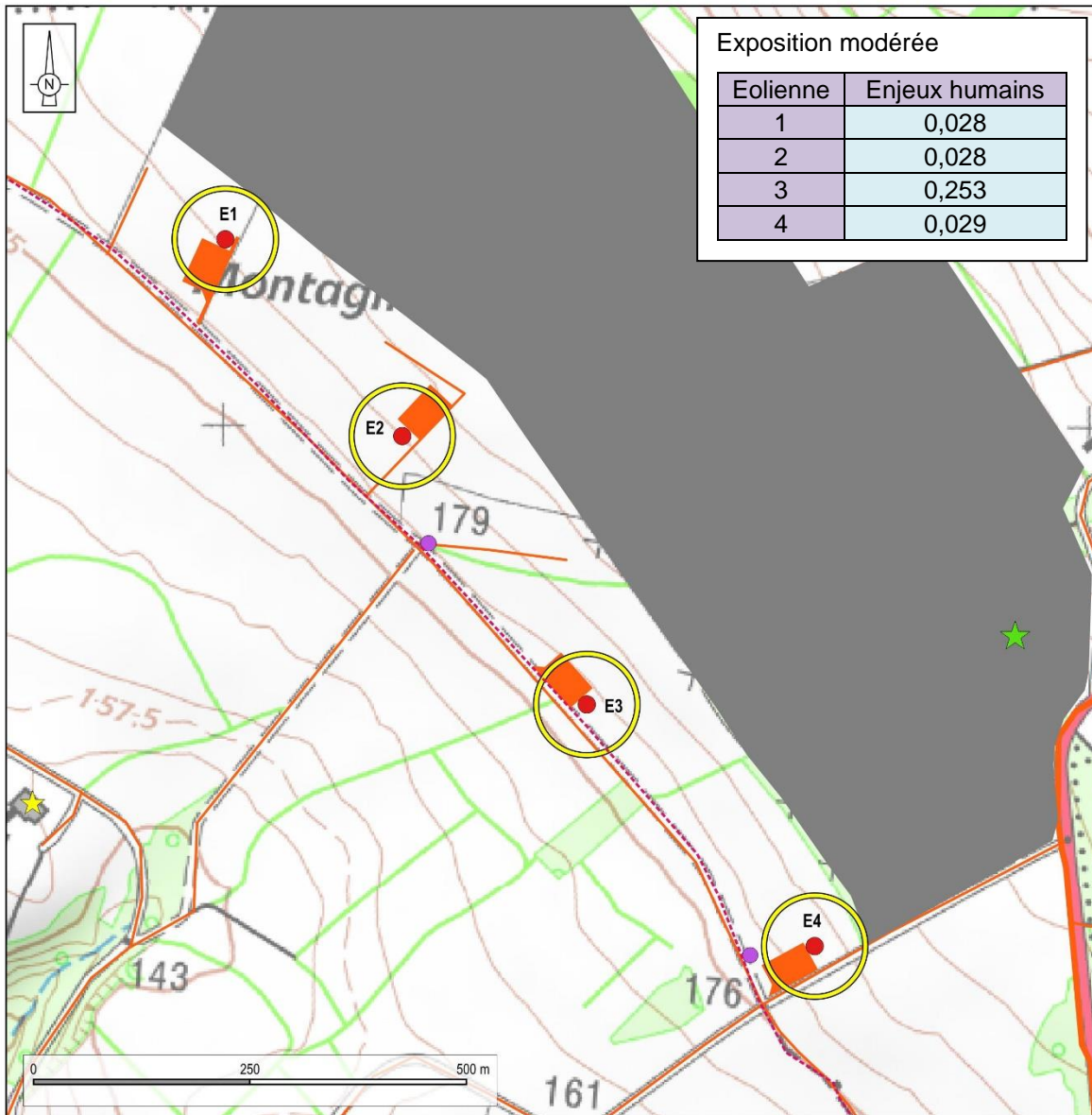
<span style="color: red;">●</span> Eolienne	<span style="border: 1px solid yellow; padding: 2px;"> </span> Périmètre de risque : risque faible	<span style="color: yellow;">★</span> Bâtiment agricole	<span style="background-color: orange; width: 15px; height: 10px; display: inline-block;"></span> Terrain aménagé mais peu fréquenté
<span style="color: purple;">●</span> Poste de livraison	<span style="border-bottom: 1px dashed red; width: 20px; display: inline-block;"></span> Chemin de randonnée	<span style="color: green;">★</span> ruche	<span style="background-color: gray; width: 15px; height: 10px; display: inline-block;"></span> Terrain aménagé et potentiellement fréquenté ou très fréquenté

Réalisation : ENCIS Environnement - juillet 2020

Source : IGN

**Carte 18 : Cartographie des risques – scenario : effondrement (Source : ENCIS Environnement)**

**Cartographie des risques : scenario chute**



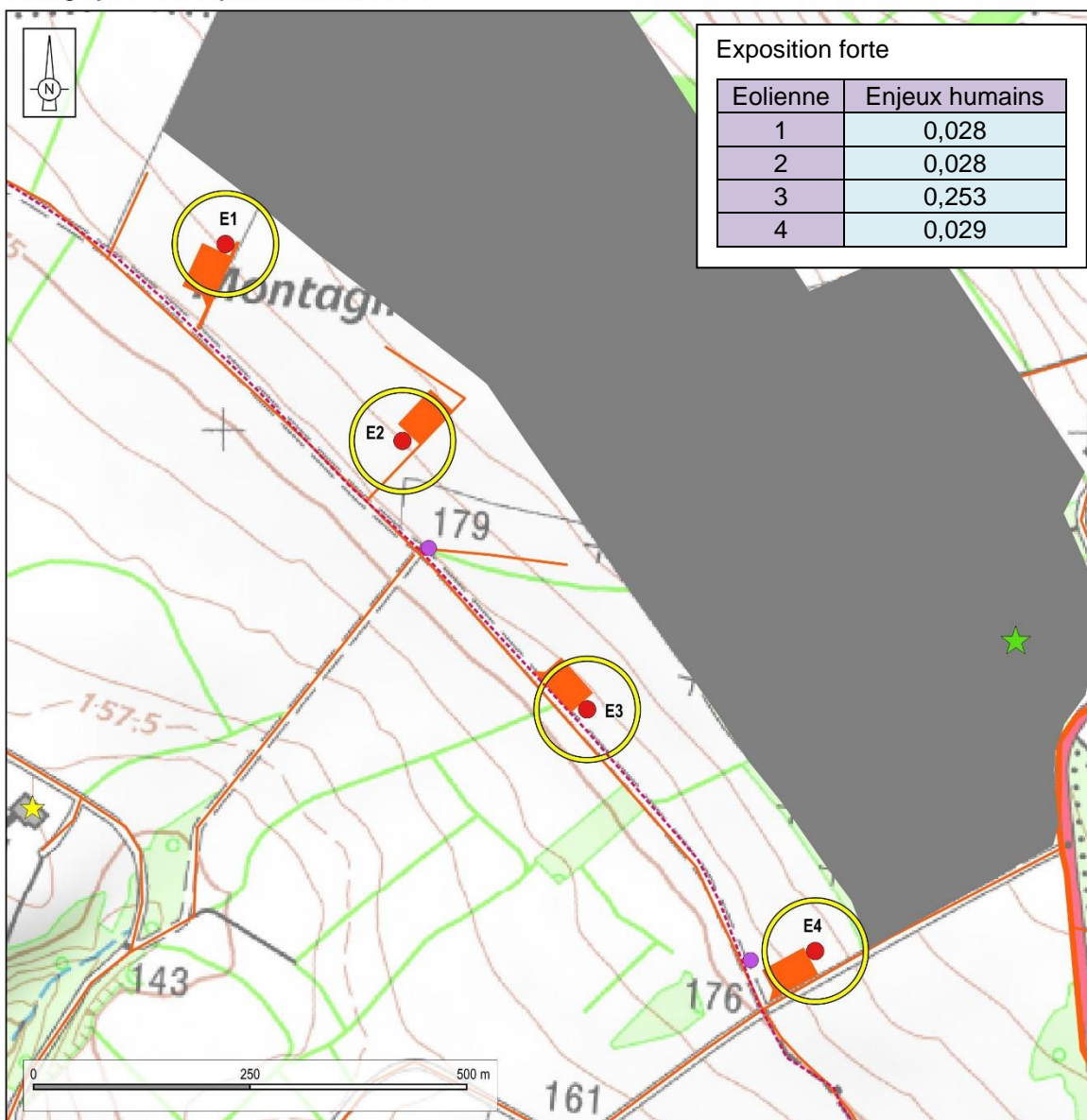
- Eolienne
- Poste de livraison
- Périmètre de risque : risque faible
- Chemin de randonnée
- ★ Bâtiment agricole
- ★ ruche
- Terrain aménagé mais peu fréquenté
- Terrain aménagé et potentiellement fréquenté ou très fréquenté

Réalisation : ENCIS Environnement - juillet 2020

Source : IGN

**Carte 19 : Cartographie des risques – scenario : chute de glace (Source : ENCIS Environnement)**

**Cartographie des risques : scenario chute**



**Exposition forte**

Eolienne	Enjeux humains
1	0,028
2	0,028
3	0,253
4	0,029

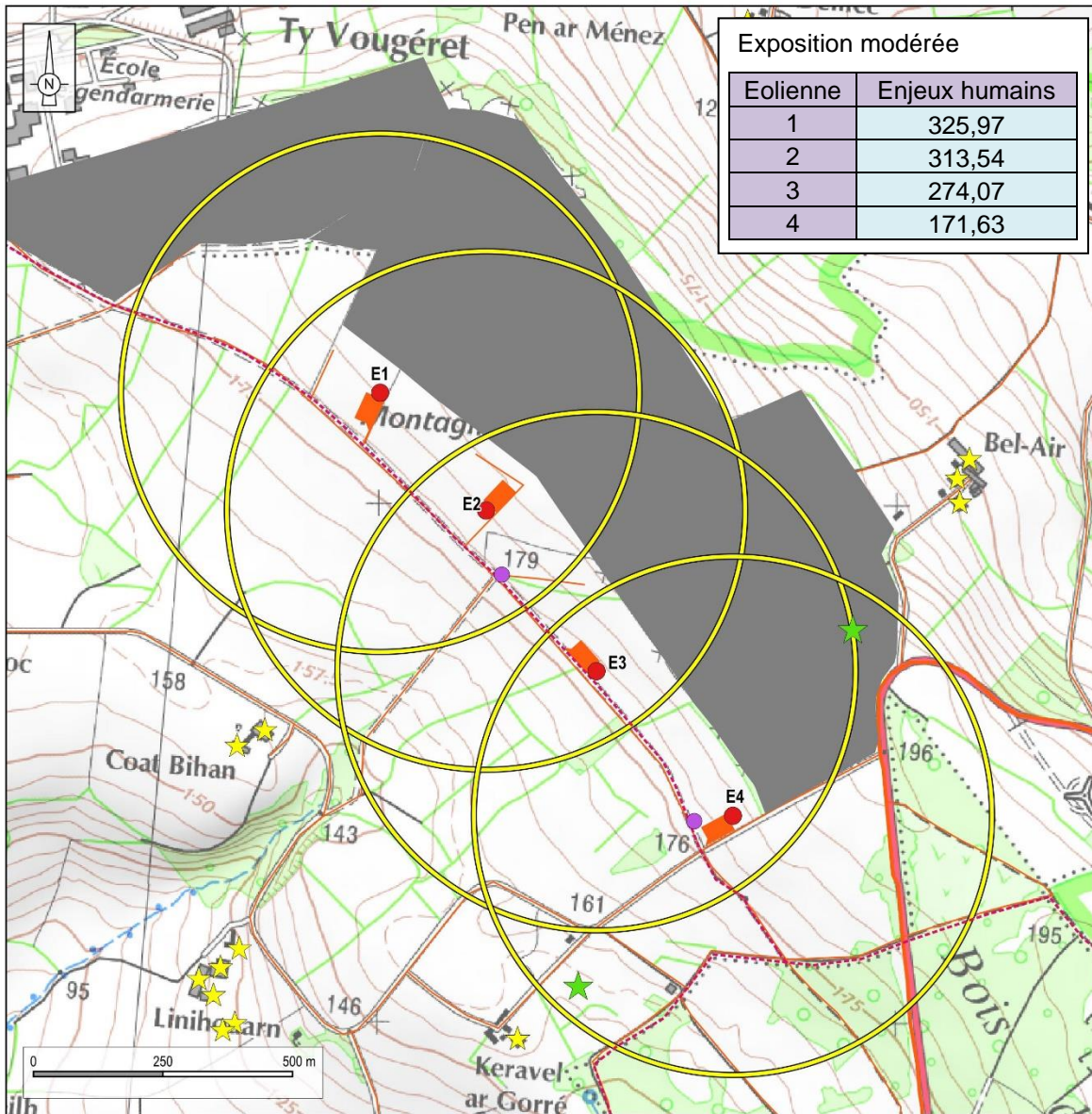
- Eolienne
- Poste de livraison
- Périmètre de risque : risque faible
- Terrain aménagé mais peu fréquenté
- Terrain aménagé et potentiellement fréquenté ou très fréquenté
- Chemin de randonnée
- ★ Bâtiment agricole
- ★ ruche

Réalisation : ENCIS Environnement - juillet 2020

Source : IGN

**Carte 20 : Cartographie des risques – scenario : chute d'élément (Source : ENCIS Environnement)**

**Cartographie des risques : scenario projection de pales ou de fragments**

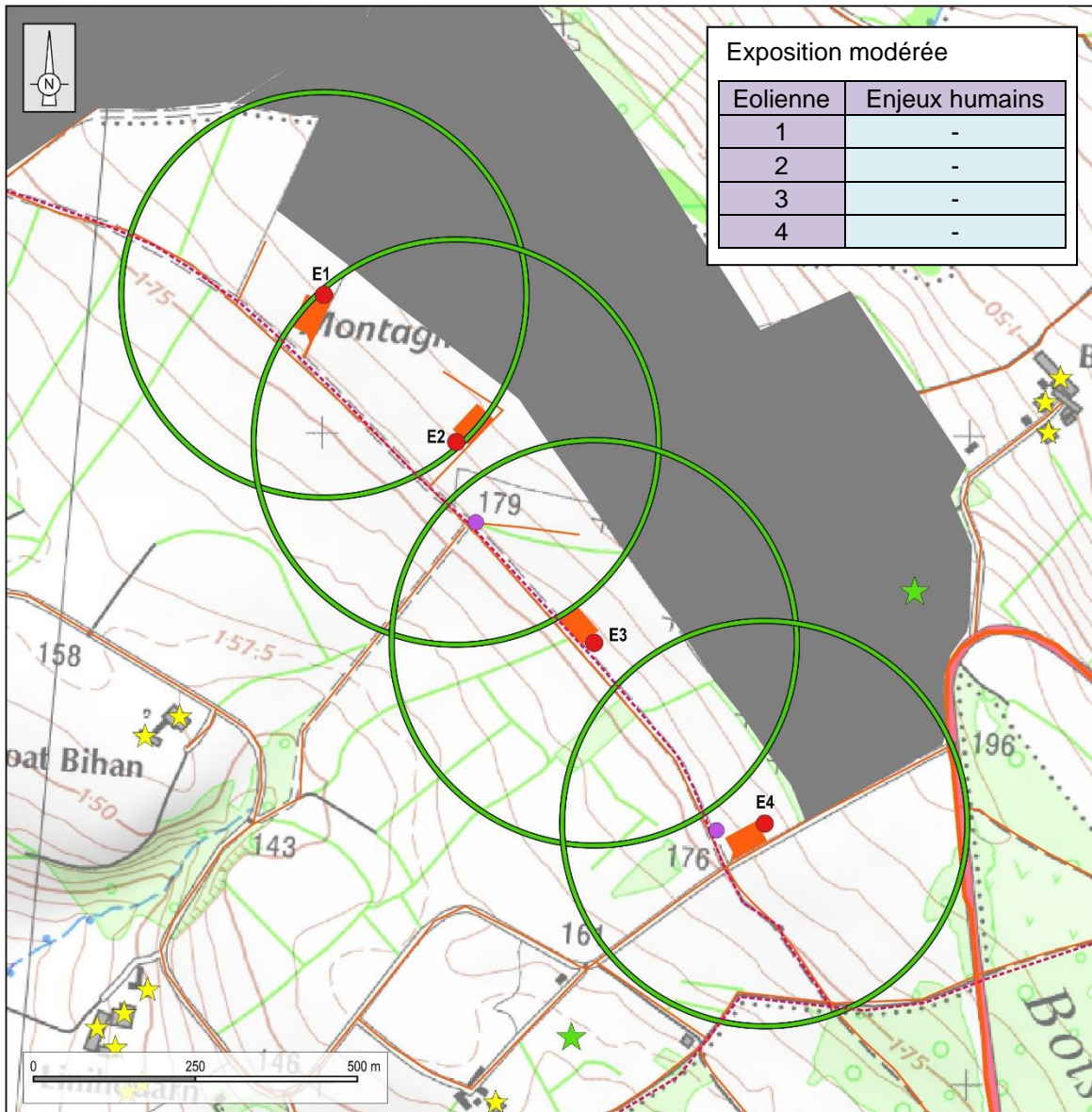


Réalisation : ENCIS Environnement - juin 2020

Source : IGN

**Carte 21 : Cartographie des risques – scenario : projection d'élément (Source : ENCIS Environnement)**

**Cartographie des risques : projection de glace**



Exposition modérée

Eolienne	Enjeux humains
1	-
2	-
3	-
4	-

- Eolienne
- Poste de livraison
- Périmètre de risque : risque très faible
- Chemin de randonnée
- ★ Bâtiment agricole
- ★ ruche
- Terrain aménagé mais peu fréquenté
- Terrain aménagé et potentiellement fréquenté ou très fréquenté

Réalisation : ENCIS Environnement - juillet 2020

Source : IGN

**Carte 22 : Cartographie des risques – scénario : projection de glace (Source : ENCIS Environnement)**

## 9. CONCLUSION

Suite à l'analyse menée dans cette étude de dangers, il ressort cinq accidents majeurs identifiés :

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

Pour chaque scénario, une probabilité a été calculée et une gravité donnée. Il en ressort que les risques sont :

- faibles pour le risque d'effondrement, de chute de glace, de chute d'éléments de l'éolienne et de projection de pale,
- très faible pour le risque de projection de glace<sup>19</sup>,

mais dans tous les cas acceptables.

Scénario	Probabilité	Gravité	Acceptabilité
Effondrement de l'éolienne	D	Catastrophique pour E1 et E4 Important pour E2 et E3	Acceptable
Chute d'élément de l'éolienne	C	Sérieuse	Acceptable
Chute de glace	A	Modérée	Acceptable
Projection d'éléments	D	Catastrophique	Acceptable
Projection de glace	B	Modérée <sup>20</sup>	Acceptable

Tableau 45 : Synthèse des scénarios et des risques

L'exploitant, de par sa démarche en amont, a réussi à limiter les risques. En effet, il a choisi de s'éloigner des habitations et les distances aux différentes infrastructures (ERP, routes) sont suffisantes pour avoir un risque acceptable.

De plus, son installation est conforme à la réglementation en vigueur (arrêté du 26/08/2011 2011 relatif aux ICPE) et aux normes de construction.

Afin de garantir un risque acceptable sur l'installation, l'exploitant a mis en place des mesures de sécurité (voir tableau suivant) et a organisé une maintenance périodique (trois mois après le début de l'exploitation, puis tous les six mois).

<sup>19</sup> En considérant la mise en œuvre de la fonction de sécurité n°1bis

<sup>20</sup> En considérant la mise en œuvre de la fonction de sécurité n°1bis

<b>Numéro de la fonction de sécurité</b>	<b>Fonction de sécurité</b>	<b>Mesures de sécurité</b>
1	<b>Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace</b>	Système de détection ou de déduction de la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. Procédure adéquate de redémarrage.
1bis	<b>Prévenir la formation de givre sur les pales</b>	Installation du système détecteur de glace LID-3300IP
2	<b>Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace</b>	Panneautage en pied de machine Eloignement des zones habitées et fréquentées
3	<b>Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques</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
4	<b>Prévenir la survitesse</b>	Détection de survitesse et système de freinage.
5	<b>Prévenir les courts-circuits</b>	Coupure de la transmission électrique en cas de fonctionnement anormal d'un composant électrique.
6	<b>Prévenir les effets de la foudre</b>	Mise à la terre et protection des éléments de l'aérogénérateur
7	<b>Protection et intervention incendie</b>	Capteurs de températures sur les principaux composants de l'éolienne pouvant permettre, en cas de dépassement des seuils, la mise à l'arrêt de la machine Système de détection incendie relié à une alarme transmise à un poste de contrôle Intervention des services de secours
8	<b>Prévention et rétention des fuites</b>	Détecteurs de niveau d'huiles Procédure d'urgence Kit antipollution
9	<b>Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)</b>	Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints, etc.) Procédures qualités Attestation du contrôle technique (procédure permis de construire)
10	<b>Prévenir les erreurs de maintenance</b>	Procédure maintenance
11	<b>Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort</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 pales) par le système de conduite
12	<b>Prévenir les risques liés aux opérations de chantier</b>	Mise en place d'une procédure de sécurité / rédaction d'un plan de prévention / Plan particulier de sécurité et de protection de la santé (PPSPS) Mise en place d'une restriction d'accès au chantier
13	<b>Prévenir la dégradation de l'état des équipements</b>	Inspection des équipements lors des maintenances planifiées Suivi de données mesurées par les capteurs et sondes présentes dans les éoliennes

Tableau 46 : Mesure de sécurité



## TABLES DES ILLUSTRATIONS

### Cartes

Carte 1 : Localisation du site en France (Source : ENCIS Environnement).....	16
Carte 2 : Localisation du site au sein des Communautés de Communes (Source : ENCIS Environnement) .....	17
Carte 3 : Carte de situation de l'installation (Source : ENCIS Environnement).....	18
Carte 4 : Carte des ICPE les plus proches de la zone d'étude .....	21
Carte 5 : Carte des activités les plus proches de la zone d'étude (Source : ENCIS Environnement).....	23
Carte 6 : Zones de retrait et de gonflement des argiles .....	27
Carte 7 : Zones de sensibilité aux débordements de nappes et inondations de caves .....	29
Carte 8 : Enjeux à protéger – E1 (Source : ENCIS Environnement).....	33
Carte 9 : Enjeux à protéger – E2 (Source : ENCIS Environnement).....	34
Carte 10 : Enjeux à protéger – E3 (Source : ENCIS Environnement).....	35
Carte 11 : Enjeux à protéger – E4 (Source : ENCIS Environnement).....	36
Carte 12 : Plan détaillé du parc éolien Phenix (Source : ERG).....	40
Carte 13 : Cartographie des risques – scenario : effondrement (Source : ENCIS Environnement).....	82
Carte 14 : Cartographie des risques – scenario : chute de glace (Source : ENCIS Environnement).....	87
Carte 15 : Cartographie des risques – scenario : chute d'éléments (Source : ENCIS Environnement).....	91
Carte 16 : Cartographie des risques – scenario : projection de pales ou de fragments de pale (Source : ENCIS Environnement) .....	95
Carte 17 : Cartographie des risques – scenario : projection de glace (Source : ENCIS Environnement).....	100
Carte 18 : Cartographie des risques – scenario : effondrement (Source : ENCIS Environnement).....	106
Carte 19 : Cartographie des risques – scenario : chute de glace (Source : ENCIS Environnement).....	107
Carte 20 : Cartographie des risques – scenario : chute d'élément (Source : ENCIS Environnement).....	108
Carte 21 : Cartographie des risques – scenario : projection d'élément (Source : ENCIS Environnement).....	109
Carte 22 : Cartographie des risques – scenario : projection de glace (Source : ENCIS Environnement).....	110

### Tableaux

Tableau 1 : Distance des éoliennes par rapport aux premières habitations .....	19
Tableau 2 : Distance des éoliennes par rapport aux premières zones destinées à l'habitat .....	19
Tableau 3 : Séismes ressentis sur les communes proches du parc éolien .....	25
Tableau 4 : Comptages routiers .....	30
Tableau 6 : Coordonnées des éoliennes et des postes de livraison.....	39
Tableau 7 : Les principales caractéristiques de vitesse de vent des modèles envisagés (Source : ERG) .....	41
Tableau 8 : découpage fonctionnel de l'installation (Source : ERG).....	42
Tableau 9 : Conformité à l'arrêté du 26 août 2011 modifié relatif aux ICPE .....	45
Tableau 10 : Eléments et dangers potentiels.....	49
Tableau 11 : Infrastructures et distances aux éoliennes.....	61
Tableau 12 : Agressions externes et intensité .....	61
Tableau 13 : Analyse des différents scenarios (Source : INERIS/SER) .....	65
Tableau 14 : Scenario exclu .....	75
Tableau 15 : Intensité et degré d'exposition .....	77
Tableau 16 : Intensité et gravité .....	77
Tableau 17 : Niveau de probabilité .....	78
Tableau 18 : Matrice de criticité.....	79
Tableau 19 : Caractéristiques des éoliennes (Source : Enercon, Vestas, Nordex) .....	80
Tableau 20 : Calcul des zones d'effet en fonction des caractéristiques des éoliennes (Source : ENCIS Environnement) .....	80
Tableau 21 : Calcul des zones d'effet en fonction des caractéristiques des éoliennes (Source : ENCIS Environnement) .....	80
Tableau 22 : Caractéristiques retenues pour l'analyse des scenarii (Source : ENCIS Environnement) .....	80
Tableau 23 : Enjeux humains - effondrement (Source : ENCIS Environnement) .....	83
Tableau 24 : Intensité du scenario.....	84
Tableau 25 : Gravité du scenario.....	84

Tableau 26 : Niveau de risque du scenario .....	85
Tableau 27 : Enjeux humains – chute de glace (Source : ENCIS Environnement) .....	88
Tableau 28 : Intensité du scenario.....	88
Tableau 29 : Gravité du scenario.....	89
Tableau 30 : Niveau de risque du scenario .....	89
Tableau 31 : Enjeux humains – chute d'éléments (Source : ENCIS Environnement).....	92
Tableau 32 : Intensité du scenario.....	92
Tableau 33 : Gravité du scenario.....	93
Tableau 34 : Niveau de risque du scenario .....	93
Tableau 35 : Enjeux humains - projection de pales ou de fragments de pale (Source : ENCIS Environnement) ..	96
Tableau 36 : Intensité du scenario.....	97
Tableau 37 : Gravité du scenario.....	97
Tableau 38 : Niveau de risque du scenario .....	98
Tableau 38 : Enjeux humains - projection de glace (Source : ENCIS Environnement) .....	101
Tableau 40 : Intensité du scenario.....	102
Tableau 40 : Gravité du scenario.....	102
Tableau 42 : Niveau de risque du scenario .....	103
Tableau 45 : Niveau de risque du scenario avec application de la fonction de sécurité n°1bis .....	103
Tableau 43 : Paramètres de risques.....	104
Tableau 44 : Matrice de criticité.....	105
Tableau 45 : Synthèse des scénarios et des risques .....	111
Tableau 46 : Mesure de sécurité .....	112

## Figures

Figure 1 : Rose des vents de la Station de St-Ségal (Source : Météo France).....	24
Figure 2 : Carte du zonage sismique en France (source Ministère de l'écologie) .....	25
Figure 3 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur .....	38
Figure 4 : Illustration des emprises au sol d'une éolienne .....	38
Figure 5 : Raccordement électrique des installations .....	47
Figure 6 : Répartition des accidents et de leurs causes premières sur le parc éolien français entre 2000 et septembre 2020 (source : ENCIS Environnement d'après le Guide technique, mai 2012).....	55
Figure 7 : Répartition des accidents à l'international entre 2000 et 2011 (Source : Guide technique, mai 2012) ..	56
Figure 8 : Répartition des causes premières d'effondrement dans les accidents à l'international entre 2000 et 2011 (Source : Guide technique, mai 2012) .....	56
Figure 9 : Répartition des causes premières de rupture de pale dans les accidents à l'international entre 2000 et 2011 (Source : Guide technique, mai 2012) .....	57
Figure 10 : Répartition des causes premières d'incendie dans les accidents à l'international entre 2000 et 2011 (Source : Guide technique, mai 2012) .....	57
Figure 11 : Evolution du nombre d'accidents annuels en France et puissance éolienne installée depuis 2000 ....	58
Figure 12 : zone d'effet / Effondrement de l'éolienne.....	81
Figure 13 : zone d'effet / Chute de glace .....	86
Figure 14 : zone d'effet / Chute d'éléments de l'éolienne .....	90
Figure 15 : zone d'effet / projection de pales ou de fragments de pale.....	94
Figure 16 : zone d'effet / Projection de glace.....	99

## Photographies

Photographie 1 : Ruches (site sud-ouest de la zone d'étude) .....	22
Photographie 2 : Maison en ruine .....	22
Photographie 3 : Cabanon abandonné.....	22
Photographie 4 : Clôture de l'école de gendarmerie au nord de E1 .....	22

## **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 (partie III.4), de comptabiliser les enjeux humains présents dans les ensembles homogènes (terrains non bâtis, voies de circulation, zones habitées, ERP, zones industrielles, commerces...) situés dans l'aire d'étude de l'éolienne considérée.

D'autre part, cette méthode permet ensuite de déterminer la gravité associée à chaque phénomène dangereux retenu dans l'étude détaillée des risques (partie 8).

### ***Terrains non bâtis***

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

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

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

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

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

### **Voies de circulation automobiles**

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

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

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

## Voies ferroviaires

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

## Voies navigables

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

## Chemins et voies piétonnes

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

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

## Logements

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

## Etablissements recevant du public (ERP)

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

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

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

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

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

### ***Zones d'activité***

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

## ANNEXE 2 – TABLEAU DE L'ACCIDENTOLOGIE FRANÇAISE

Nota : Comme indiqué au chapitre 6.1, et conformément à la méthodologie du guide technique d'élaboration des études de dangers édité par l'INERIS (2012), les accidents du travail touchant des opérateurs, les événements qui n'ont pas conduit à des effets sur les zones autour des aérogénérateurs et les événements recensés en dehors de la phase d'exploitation ne sont pas pris en compte dans les calculs statistiques réalisés dans la présente étude de dangers. Ces événements "non retenus" sont surlignés en gris dans le tableau suivant. Seuls les incidents survenus en phase d'exploitation et susceptibles d'avoir ou ayant eu des conséquences sur les personnes dans ces zones d'effets sont retenus.

Type d'accident	Date	Nom du parc / Commune	Département	Puissance par éolienne	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire sur l'utilisation dans l'étude de dangers
Chute de pale + effondrement	Novembre 2000	Port-la-Nouvelle	Aude	0,5 MW	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 MW	1998	Non	Bris de pales en bois (avec inserts)	?	Site Vent de Colère	Information peu précise
Rupture de pale + effondrement	01/02/2002	Wormhout	Nord	0,4 MW	1997	Non	Bris d'hélice et mât plié	Tempête	Rapport du CGM Site Vent de Colère	-
Maintenance	01/07/2002	Port-la-Nouvelle – Sigean	Aude	0,66 MW	2000	Non	Grave électrisation avec brûlures d'un technicien	Lors de mesures pour caractériser la partie haute d'un transformateur 690V/20kV en tension. Le mètre utilisé par la victime, déroulé sur 1,46 m s'est soudainement plié et est entré dans la zone du transformateur, créant un arc électrique.	Rapport du CGM	Non retenu dans l'étude de dangers (Cf. Nota)
Effondrement	28/12/2002	Névian - Grande Garrigue	Aude	0,85 MW	2002	Non	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 MW	1998	Non	Bris de pale en bois (avec inserts) sur une éolienne bipale	Tempête	Article de presse (La Dépêche du 26/03/2003)	Information peu précise
Rupture de pale (avec projection d'éléments)	05/11/2003	Sallèles-Limousis	Aude	0,75 MW	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 MW	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 kms.	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 MW	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)	-

Type d'accident	Date	Nom du parc / Commune	Département	Puissance par éolienne	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire sur l'utilisation dans l'étude de dangers
Rupture de pale (avec projection d'éléments)	22/06/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3 MW	2001	Non	Une pale de l'une des 5 éoliennes d'un parc se brise en heurtant le mat	Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage)	Base de données ARIA Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004)	-
Rupture de pale (avec projection d'éléments)	08/07/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3 MW	2001	Non	Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5m à 50 m, mât intact	Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage)	Base de données ARIA Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004)	-
Rupture de pale	2004	Escales-Conilhac	Aude	0,75 MW	2003	Non	Bris de trois pales	Cause probable de l'accident non évoquée	Site Vent de Colère	Information peu précise
Rupture de pale + incendie	22/12/2004	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75 MW	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 MW	?	Non	Bris de pale	Cause probable de l'accident non évoquée	Site Vent de Colère	Information peu précise
Chute de pale	08/10/2006	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3 MW	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 MW	2001	Non	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 MW	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)	-
Chute de pale	31/12/2006	Ally	Haute-Loire	1,5 MW	2005	Non	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	Non retenu dans l'étude de dangers (phase chantier)
Rupture de pale (avec projection d'éléments)	03/2007	Clitourps	Manche	0,66 MW	2005	Non	Rupture d'un morceau de pale de 4 m et éjection à plus de 200 m de distance dans un champ	Cause inconnue	Site FED	-
Chute d'éléments (nacelle)	11/10/2007	Plouvien	Finistère	1,3 MW	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 / Commune	Département	Puissance par éolienne	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire sur l'utilisation dans l'étude de dangers
Emballement	03/2008	Dinéault	Finistère	0,3 MW	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 retenu dans l'étude de dangers (événement sans répercussion sur les personnes)
Collision d'avion	04/2008	Plouguin	Finistère	2 MW	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 1000 m 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 (éolienne intacte)
Rupture de pale (avec chute + projection d'éléments)	19/07/2008	Erize-la-Brûlée - Voie Sacrée	Meuse	2 MW	2007	Non	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 MW	2006	Non	Incendie de la nacelle	Problème au niveau d'éléments électroniques	Dépêche AFP 28/08/2008	-
Chute de pale	26/12/2008	Raival - Voie Sacrée	Meuse	2 MW	2007	Non	Chute de pale	Cause probable de l'accident non évoquée	Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain)	-
Maintenance	26/01/2009	Clastres	Aisne	2,75 MW	2004	Non	Accident électrique ayant entraîné la brûlure de deux agents de maintenance	Accident électrique (explosion d'un convertisseur)	Base de données ARIA	Non retenu dans l'étude de dangers (personnel de maintenance)
Rupture de pale	08/06/2009	Bollène	Vaucluse	2,3 MW	2009	Non	Bout de pale d'une éolienne ouvert	Coup de foudre sur la pale	Interne exploitant	Non utilisable dans les chutes ou les projections (la pale est restée accrochée)
Incendie	21/10/2009	Froidfond - Espinassière	Vendée	2 MW	2006	Non	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	Freyssenet	Ardèche	2 MW	2005	Non	Incendie de la nacelle	Court-circuit faisant suite à une opération de maintenance	Base de données ARIA Site FED Article de presse (Le Dauphiné)	-
Maintenance	20/04/2010	Toufflers	Nord	0,15 MW	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)	Non retenu dans l'étude de dangers (personnel de maintenance)

Type d'accident	Date	Nom du parc / Commune	Département	Puissance par éolienne	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire sur l'utilisation dans l'étude de dangers
Effondrement	30/05/2010	Port-la-Nouvelle	Aude	0,2 MW	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 MW	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	-
Maintenance	15/12/2010	Pouillé-les-Côteaux	Loire Atlantique	2,3 MW	2010	Non	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.	Cause probable de l'accident non évoquée	Interne SER-FEE	Non retenu dans l'étude de dangers (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)	Non retenu dans l'étude de dangers (accident hors site éolien)
Rupture de pale (avec projection d'éléments)	14/12/2011	Non communiqué	Non communiqué	2,5 MW	2003	Non	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 retenu dans l'étude de dangers (pas de propagation de l'incendie)
Chute de pale + rupture de pale (avec projection d'éléments)	04/01/2012	Widehem	Pas-de-Calais	450 kW	2001	Non	6 éoliennes d'un parc se mettent en arrêt de sécurité. Sur l'une d'elles, une pale se disloque, percute le mât puis une seconde pale. Des débris sont projetés à 160° jusqu'à 380 m sur 4,3 ha.	Violentes rafales instantanées (150 km/h) enregistrées la veille ayant pu endommager la pale en générant des efforts excédant les valeurs admissibles. Les fortes contraintes mécaniques lors de l'arrêt brutal de la rotation auraient alors déclenché sa dislocation. L'intrados de la pale se serait séparé de l'extrados avant de percuter le mât puis l'autre pale.	Base de données ARIA	-
Maintenance	06/02/2012	Léhaucourt	Aisne	2,5 MW	2007	Non	A cours d'une opération de maintenance dans la nacelle d'une éolienne, un arc électrique (690 V) blesse deux sous-traitants.	Cause probable de l'accident non évoquée	Base de données ARIA	Non retenu dans l'étude de dangers (personnel de maintenance)
Rupture de pale (avec projection d'éléments)	11/04/2012	Sigean	Aude	0,2 MW	1991	Non	Une éolienne se met en arrêt automatique suite à l'apparition d'un défaut à 10 h. Des agents de maintenance la réarment à 12h14. Un défaut de vibration apparaît 11 minutes plus tard. Sur place, les techniciens constatent la présence d'un impact sur le mât et la projection à 20 m d'un débris de pale long de 15 m.	Cause probable de l'accident non évoquée	Base de données ARIA	-
Chute de pale	18/05/2012	Chemin d'Ablis	Eure-et-Loir	2 MW	2008	Non	Détachement d'une pale de 46 mètres et de 9 tonnes	Rupture du roulement qui raccordait la pale au moyeu. Problèmes de corrosion provenant, selon le constructeur, des conditions de production et de stockage des pièces constitutives du roulement.	Base de données ARIA Article de presse (AFP 22/05/2012)	-

Type d'accident	Date	Nom du parc / Commune	Département	Puissance par éolienne	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire sur l'utilisation dans l'étude de dangers
Effondrement	30/05/2012	Port-la-Nouvelle	Aude	0,2 MW	1991	Non	Effondrement de la tour en treillis d'une éolienne de 30 m de haut.	Rafales de vent (130 km/h)	Base de données ARIA	-
Rupture de pale (avec projection d'éléments)	01/11/2012	Vieillespesse	Cantal	2,5 MW	2011	Non	Un élément de 400 g constitutif d'une pale d'éolienne est projeté à 70 m du mât, à l'intérieur de la parcelle clôturée du parc	Cause probable de l'accident non évoquée	Base de données ARIA	-
Incendie avec projection d'éléments (et propagation) + chute de pale	05/11/2012	Sigean	Aude	660 kW	2000	Non	Un feu se déclare vers 17 h. Des projections incandescentes enflamment 80 m <sup>2</sup> de garrigue environnante. Les pompiers éteignent l'incendie vers 21h30. L'exploitant met en place un balisage de sécurité à l'aube le lendemain. A la suite de la chute d'une pale à 15h20, un gardiennage 24 h / 24 est mis en place.	Un dysfonctionnement de disjoncteur situé sur l'éolienne a entraîné la propagation de courants de court-circuit faisant fondre les câbles et entraînant un départ d'incendie dans la nacelle. Un dysfonctionnement du frein de l'éolienne à la suite de la perte des dispositifs de pilotage résultant de l'incendie en pied pourrait avoir agi comme circonstance aggravante.	Base de données ARIA	-
Chute de pale	06/03/2013	Roquetaillade	Aude	660 kW	2001	Non	A la suite d'un défaut de vibration détecté à 19h05, une éolienne se met automatiquement à l'arrêt. Sur place le lendemain à 9 h, des techniciens du constructeur trouvent au sol l'une des 3 pales qui s'est décrochée avant de percuter le mât.	La veille du défaut de vibration, la machine s'était arrêtée après la détection d'un échauffement du frein et d'une vitesse de rotation excessive de la génératrice. Un technicien l'avait remise en service le matin même de l'accident sans avoir constaté de défaut.	Base de données ARIA	-
Incendie + chute de pale + fuite d'huile	17/03/2013	Euvy	Marne	2,5 MW	2011	Non	Des usagers de la N4 signalent un feu dans la nacelle d'une éolienne. L'exploitant arrête 7 des 18 aérogénérateurs du parc. Un périmètre de sécurité de 150 m est mis en place. Une des pales tombe au sol, une autre menace de tomber. 450 l d'huile de boîte de vitesse s'écoulent.	Défaillance électrique	Base de données ARIA	-
Rupture de pale	20/06/2013	Labastide-sur-Besorgues	Ardèche	2 MW	2006	Non	Un impact de foudre endommage une éolienne : une pale est déchirée sur 6 m de longueur, le boîtier basse tension et le parafoudre en tête d'installation au poste de livraison sont détruits. Des installations du réseau électrique et téléphonique sont également endommagées.	Le fabricant de l'éolienne indique que ce type d'incident est exceptionnel (incursion d'un arc électrique dans la pale conduisant à une montée en pression de l'air intérieur), aucune dérive fonctionnelle du système parafoudre n'ont été trouvées.	Base de données ARIA	Non utilisable dans les chutes ou les projections (la pale est restée accrochée)
Maintenance	01/07/2013	Cambon-Et-Salvergues	Hérault	1,3 MW	2006	Non	Un opérateur remplissant un réservoir d'azote sous pression dans une éolienne est blessé par la projection d'un équipement. Alors qu'il vient de faire l'appoint en gaz d'un cylindre sous pression, un technicien de maintenance démonte l'embout d'alimentation vissable. Une partie de la visserie de la vanne de fermeture reste solidaire de l'embout et se dévisse avec lui. L'ensemble démonté est projeté au visage de l'opérateur et lui brise le nez et plusieurs dents.	Afin d'éviter de tels accidents, la visserie de la vanne présentait une petite perforation destinée à alerter l'opérateur : un sifflement et une formation de glace liée à la détente du gaz se produisent 4 tours et demi avant le dévissage total. La survenue de l'accident malgré ce dispositif amène l'exploitant à repenser la procédure d'alimentation de l'accumulateur de gaz dans la configuration exigüe de la nacelle d'éolienne	Base de données ARIA	Non retenu dans l'étude de dangers (personnel de maintenance)
Fuite d'huile	03/08/2013	Moreac	Morbihan	2 MW	2010	Non	Une nacelle élévatrice utilisée pour une intervention de maintenance sur une éolienne perd 270 l d'huile hydraulique. Le produit pollue le sol sur 80 m <sup>2</sup> . 25 t de terres polluées sont excavées et envoyées en filière spécialisée.	Cause probable de l'accident non évoquée	Base de données ARIA	Retenu : incident en phase exploitation et susceptible de polluer des eaux captées
Incendie	09/01/2014	Antheny	Ardennes	2,5 MW	2013	Oui	Un feu se déclare au niveau de la nacelle d'une éolienne. Le parc éolien est isolé électriquement. Un périmètre de sécurité de 300 m est instauré. Le feu s'éteint de lui-même vers 20 h. La nacelle est détruite, le rotor est intact.	La presse évoque un incident électrique pour expliquer le départ de feu.	Base de données ARIA	-

Type d'accident	Date	Nom du parc / Commune	Département	Puissance par éolienne	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire sur l'utilisation dans l'étude de dangers
Chute de pale	20/01/2014	Sigean	Aude	660 kW	2000	Non	Une des éoliennes d'un parc s'arrête automatiquement à 3h09 à la suite d'un défaut « vibration ». Sur place à 9h30, les techniciens de maintenance (assurée par le fabricant des éoliennes) retrouvent une pale de 20 m au pied du mât. Les 2 autres pales sont toujours en place.	Cause probable de l'accident non évoquée	Base de données ARIA	-
Chute de pale + rupture de pale (avec projection d'éléments)	14/11/2014	Saint-Cirgues-en-Montagne	Ardèche	2,05 MW	2012	Oui	La pale d'une éolienne chute lors d'un orage. L'élément principal chute au pied de l'éolienne, mais certains débris sont projetés à 150 m. Les secours établissent un périmètre de sécurité et ferment la voie d'accès. L'exploitant sécurise la pale endommagée et bloque la rotation de la nacelle.	Rafales de vent de 130 km/h.	Base de données ARIA	-
Rupture de pale (avec projection d'éléments)	05/12/2014	Fitou	Aude	1,3 MW	2002	Non	À leur arrivée sur le parc éolien, des techniciens de maintenance constatent que l'extrémité d'une pale d'une éolienne est au sol. Il s'agit d'une des 2 parties de l'aérofrein de la pale. Cette partie, en fibre de verre, mesure 3 m de long. Elle est retrouvée à 80 m du mât. La seconde partie de l'aérofrein constitue sa partie mécanique interne. Ces éléments sont encore en place sur la pale. L'éolienne est arrêtée et mise en sécurité, la pale endommagée vers le bas.	En première approche, l'exploitant attribue l'incident à une défaillance matérielle ou à un décollement sur les plaques en fibre de verre. Les morceaux récupérés au sol sont envoyés au centre de maintenance de l'exploitant pour expertise.	Base de données ARIA	-
Incendie	29/01/2015	Rémigny	Aisne	2,3 MW	2015	Oui	Un feu se déclare dans une éolienne. Celle-ci est automatiquement mise à l'arrêt sur alarme du détecteur de fumée. Sur place, des employés constatent la présence de flammes et alertent les pompiers qui ne parviennent pas à approcher de la source de l'incendie à cause de la fumée. A 9h20 ils réussissent à progresser dans l'éolienne et éteignent l'incendie.  Les 1 500 l d'eau utilisés pour le nettoyage sont pompés. L'éolienne n'était pas encore en exploitation, mais en phase de test.	Un défaut d'isolation au niveau des connexions des conducteurs de puissance serait à l'origine du sinistre. Le câble mis en cause assure la jonction entre la base et le haut de la tour. Ce défaut aurait provoqué un arc électrique entre 2 phases ce qui aurait initié l'incendie.	Base de données ARIA	-
Incendie	06/02/2015	Lusseray	Deux-Sèvres	2,0 MW	2011	Non	Un feu se déclare dans une éolienne, au niveau d'une armoire électrique où interviennent 2 techniciens. Ces derniers éteignent l'incendie avec 2 extincteurs. L'éolienne est hors service le temps des réparations.	Cause probable de l'accident non évoquée	Base de données ARIA	Non retenu dans l'étude de dangers (maintenance)
Incendie	24/08/2015	Santilly	Eure-et-Loire	2,3 MW	2007	Non	Un feu se déclare vers 13h30 sur le moteur d'une éolienne. La nacelle étant trop haute pour la grande échelle des pompiers, ces derniers décident de laisser brûler le foyer sous surveillance. Les chemins menant à l'éolienne sont interdits à la circulation.	Cause probable de l'accident non évoquée	Base de données ARIA	-
Chute du rotor	10/11/2015	Ménil-la-Horgne	Meuse	1,5 MW	2007	Non	Les 3 pales et le rotor d'une éolienne chutent au sol. Le transformateur électrique, à son pied, est endommagé. De l'huile s'en écoule mais reste confinée dans la rétention. Le centre de supervision à distance du parc découple l'éolienne du réseau. Le lendemain, les agents de maintenance constatent sur place la rupture du rotor. Ils sécurisent la zone. Les 6 autres éoliennes du parc sont mises à l'arrêt. Les débris, disséminés sur 4000 m <sup>2</sup> , sont ramassés.	Les premières constatations indiqueraient une défaillance de l'arbre lent, qui assure la jonction entre le rotor et la multiplicatrice. Elle trouverait son origine dans un défaut de fabrication de la pièce. Une non-conformité dans le processus de moulage de cette pièce de fonderie en acier est suspectée. Un défaut métallurgique, de type inclusion de laitier, aurait fragilisé la pièce et conduit à sa rupture par fatigue. Les contrôles réalisés sur les autres éoliennes du parc ont mis en évidence que ce type de défaut était présent sur un des autres arbres lents, au même niveau que celui accidenté.	Base de données ARIA	-

Type d'accident	Date	Nom du parc / Commune	Département	Puissance par éolienne	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire sur l'utilisation dans l'étude de dangers
Rupture de pale (avec chute d'éléments)	07/02/2016	Conilhac-Corbières	Aude	2,3 MW	2014	Oui	L'aérofrein d'une des 3 pales d'une éolienne se rompt et chute au sol. L'exploitant procède à l'arrêt de l'ensemble du parc éolien à distance. Les secours sécurisent les lieux.	Les premières investigations indiqueraient qu'un point d'attache du système mécanique de commande de l'aérofrein (système à câble) se serait rompu, ce qui aurait actionné l'ouverture de l'aérofrein. Du fait des fortes charges présentes sur le rotor, l'axe en carbone qui maintient l'aérofrein à la pale et/ou le point d'ancrage de cet axe, se serait alors rompu.	Base de données ARIA	-
Rupture de pale (avec projection d'éléments)	08/02/2016	Dinéault	Finistère	300 kW	1999	Non	Une tempête endommage une éolienne : une pale chute au sol, une autre se déchire. La pale rompue est retrouvée à 40 m du pied du mat. Dans les 2 cas, les manchons des pales sont restés arrimés au moyeu. L'exploitant met en sécurité les 4 éoliennes du parc. Les secours établissent un périmètre de sécurité de 350 m.	Tempête (vents à 160 km/h)	Base de données ARIA	-
Chute de pale	05/03/2016	Calanhel	Côtes-d'Armor	850 kW	2009	Non	Une pale d'une éolienne se rompt et chute à 5 m du pied du mât. La turbine s'arrête automatiquement. L'exploitant est alerté par un agriculteur. Un intervenant se rend sur place et constate les dégâts. Le mât est endommagé dans sa partie haute, causé par un choc avec la pale, sans présenter de risque de chute.	L'inspection des éléments mécaniques au sol et du rotor permet d'envisager une défaillance du système d'orientation de la pale. Celle-ci aurait entraîné la rupture de la couronne extérieure du roulement à bille puis la libération de la couronne intérieure solidaire de la pale.	Base de données ARIA	-
Fuite d'huile	28/05/2016	Janville	Eure-et-Loir	2,3 MW	2005	Non	Un employé constate un écoulement d'huile sous la nacelle d'une éolienne. Il arrête celle-ci et contacte l'équipe de maintenance. Arrivés à 17 h, les agents mettent en place des absorbants. L'écoulement d'huile est récupéré avant d'avoir atteint le sol.	La défaillance d'un raccord sur le circuit de refroidissement de l'huile de la boîte de vitesse de l'éolienne est à l'origine de la fuite.	Base de données ARIA	-
Incendie	10/08/2016	Hescamps	Somme	1,2 MW	2008	Non	Un feu se déclare dans la partie haute d'une éolienne, au niveau du rotor. Un technicien maîtrise l'incendie avant l'arrivée des pompiers	Une défaillance électrique serait à l'origine du départ de feu.	Base de données ARIA	-
Incendie	18/08/2016	Dargies	Oise	2,0 MW	2014	Oui	Un technicien de maintenance d'un parc éolien constate qu'une éolienne ne tourne plus. Il découvre que de la fumée s'échappe de la tête de l'éolienne, à 80 m de haut.	Une défaillance électrique serait à l'origine de l'incendie. L'armoire électrique ou le pupitre de commande en serait le point de départ.	Base de données ARIA	-
Maintenance	14/09/2016	Les Grandes-Chapelles	Aube	2,3 MW	2009	Non	Un employé est électrisé alors qu'il intervient dans le nez d'une éolienne. Les pompiers spécialisés dans les interventions en hauteur évacuent la victime consciente.	Cause probable de l'accident non évoquée	Base de données ARIA	Non retenu dans l'étude de dangers (maintenance)
Chute de pales	12/01/2017	Tuchan	Aude	600 kW	2002	Non	Vers 4 h, au cours d'un épisode de vents violents, les 3 pales d'une éolienne chutent au sol. L'exploitant collecte les morceaux de fibre de carbone et met en place des barrières et un gardiennage pour en sécuriser l'accès.	L'éolienne était à l'arrêt pour maintenance suite à la casse totale de son arbre lent quelques jours auparavant. Cette rupture a eu pour conséquence le désaccouplement du rotor avec le multiplicateur, donc de rendre inopérant le frein mécanique. Bien que mise en position de sécurité, les vents à 25 m/s ont provoqué la rupture des pales à cause d'une vitesse de rotation excessive.	Base de données ARIA	-

Type d'accident	Date	Nom du parc / Commune	Département	Puissance par éolienne	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire sur l'utilisation dans l'étude de dangers
Rupture de pale (avec projection d'éléments)	18/01/2017	Nurlu	Somme	2,0 MW	2010	Non	Un particulier constate qu'une pale d'éolienne est tombée au sol et s'est brisée en plusieurs morceaux. Il informe l'exploitant qui arrête toutes les machines du parc en activité. Des agents arrivent sur site et demandent la mise en sécurité de l'éolienne et mettent en place un périmètre de sécurité.  L'inspection des installations classées se rend sur place le lendemain. Elle constate que les 2/3 de la pale sont brisés mais que son armature est toujours en place. L'essentiel des débris se situe à moins de 90 m du mât. Les débris les plus lourds sont à moins de 27 m.	Selon la presse, la tempête survenue quelques jours auparavant pourrait être à l'origine de la chute.	Base de données ARIA	-
Rupture de pale (avec projection d'éléments)	27/02/17	Lavallée	Meuse	2,0 MW	2011	Non	Lors d'un orage, la pointe d'une pale d'éolienne se rompt. L'extrémité, de 7 à 10 m, est retrouvée au sol, en 3 morceaux, à 200 m de l'éolienne. L'ensemble du parc éolien, qui compte 4 éoliennes de 2 MW et 80 m de haut, est mis à l'arrêt.	Un orage violent s'est abattu sur la zone de 18 h à 18h30. À 18h07, l'alarme "vent fort" de l'éolienne voisine s'est déclenchée. L'alarme "capteur de vibration" de l'éolienne endommagée s'est déclenchée à la même heure. À 18h10, le réseau électrique a été coupé, provoquant la perte de liaison avec le parc éolien. L'exploitant a découvert la casse le lendemain en se rendant sur place pour remettre le parc en service.	Base de données ARIA	-
Rupture de pale (avec projection d'éléments)	27/02/17	Trayes	Deux-Sevres	2,0 MW	2011	Non	Vers 22 h, le système d'exploitation du parc éolien émet des alarmes portant sur une éolienne : mise à l'arrêt de l'éolienne et incohérence entre les vitesses de rotation du rotor et de l'arbre de la génératrice électrique. Le lendemain matin, l'exploitant constate sur place que les 7 derniers mètres d'une pale de 44 m, se sont désolidarisés. Plusieurs fragments de la pale sont projetés jusqu'à 150 m du mât. L'exploitant place les 5 éoliennes en position de sécurité et initie des expertises.	L'exploitant envisage les facteurs suivants, seuls ou combinés, comme cause du bris de pale : - défaut au niveau du bord d'attaque de la pale ; - impact de la foudre ; - fortes rafales de vent.	Base de données ARIA	-
Incendie + fuite d'huile	06/06/2017	Allonnes	Eure-et-Loir	3,0 MW	2014	Oui	La nacelle d'une éolienne a pris feu propageant l'incendie au rotor. 30 pompiers sont intervenus pour mettre en place un périmètre de sécurité et une déviation sur la D336. Les autres éoliennes du parc ont été mises à l'arrêt. L'incendie s'éteint seul. Des coulures d'hydrocarbures sont constatées sur le mât.	En première hypothèse, l'exploitant indique un défaut des condensateurs du boîtier électrique, situé dans la nacelle. Il exclut la piste d'un impact de foudre.	Base de données ARIA	-
Rupture de pale (avec chute + projection d'éléments)	08/06/2017	Aussac-Vadalle	Charente	2 MW	2010	Non	Durant la nuit lors d'un orage, une partie d'une pale d'une éolienne chute au sol. Le lendemain matin, l'exploitant arrête les 4 éoliennes de son parc. Il collecte les débris tombés dans une zone de 50 à 100 m du mât et met en place un balisage.	Impact de foudre. Le dispositif de protection contre la foudre ne montre toutefois pas de défaut.	Base de données ARIA	-
Rupture de pale (avec chute d'éléments)	17/07/2017	Fécamp	Seine-Maritime	900 kW	2006	Non	Un aérofrein se détache d'une pale d'éolienne. Le lendemain matin, un agent de maintenance découvre l'équipement au pied du mât de 49 m	Un desserrage d'une vis anti-rotation a provoqué la chute de l'aérofrein. Un problème de montage, ou des vibrations en fonctionnement, en serait à l'origine	Base de données ARIA	-
Fuite d'huile	24/07/2017	Mauron	Morbihan	2 MW	2008	Non	Une fuite d'huile est détectée vers 17 h sur une éolienne. Le rejet, estimé à 5 l, s'est écoulé le long du mât et quelques gouttes sont tombées au sol.	La rupture d'un flexible du circuit hydraulique de l'aérogénérateur en est à l'origine.	Base de données ARIA	-
Rupture de pale (avec chute d'éléments)	05/08/2017	Priez	Aisne	2 MW	2017	Oui	Vers 3 h une pale d'éolienne se brise en son milieu et tombe au sol. Les débris sont retrouvés par l'exploitant au pied du mât le matin.	Cause probable de l'accident non évoquée	Base de données ARIA	-

Type d'accident	Date	Nom du parc / Commune	Département	Puissance par éolienne	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire sur l'utilisation dans l'étude de dangers
Chute d'éléments (nacelle)	08/11/2017	Roman	Eure	2 MW	2010	Non	Le carénage de la pointe de la nacelle d'une éolienne est tombé au sol. Cette pièce mesure 2 m de diamètre, pèse plusieurs dizaines de kg et supporte une armoire électrique. Les agents de maintenance, avertis par une alarme "arrêt automatique turbine" à 17h30, se rendent sur place le lendemain matin. Ils sécurisent l'accès à la zone et préviennent l'exploitant agricole de la parcelle. L'ensemble du parc éolien est mis à l'arrêt.	L'exploitant conclut que la chute du carénage est due à un défaut d'assemblage de ses boulonnages (rondelles métalliques pour le vissage des boulons absentes). La procédure n'aurait pas été respectée lors du montage des turbine.	Base de données ARIA	-
Effondrement	01/01/2018	Bouin	Vendée	2,5 MW	2003	Non	Le mât d'une éolienne de 60 m de haut se brise en 2. Les 55 m supérieurs chutent au sol. Des débris s'éparpillent sur une surface assez importante. Aucune personne n'a été blessée.	Erreur d'interprétation des données par un opérateur au cours d'une tempête qui a placé l'éolienne dans une position entraînant une augmentation rapide de la vitesse du rotor, dépassant la limite de sécurité. Malgré l'activation des dispositifs de protection contre la survitesse la machine ne s'arrête pas à cause d'une usure anormale des blocs de frein du système d'orientation des pales. Les charges mécaniques exercées sur le mât entraînent alors son effondrement. Les investigations de l'exploitant lui permettent de découvrir que le protocole des inspections de maintenance ne couvrait pas la liaison mécanique entre le moteur et les freins. L'usure de cet équipement n'a pas été détectée lors des contrôles annuels.	Base de données ARIA	-
Rupture de pale (avec chute + projection d'éléments)	04/01/2018	Nixeville-Blercourt	Meuse	2 MW	2008	Non	L'extrémité d'une pale se rompt et un morceau de 20 m chute au sol. Les morceaux les plus éloignés sont ramassés à 200 m. La zone est sécurisée et un gardiennage est mis en place 24 h/24.	Cause probable de l'accident non évoquée	Base de données ARIA	-
Rupture de pale (avec chute d'éléments)	06/02/2018	Conilhac-Corbières	Aude	2,3 MW	2014	Oui	L'aérovein d'une pale d'éolienne chute au sol. L'équipe technique présente sur site arrête l'aérogénérateur. La zone est sécurisée, les débris ramassés.	À la suite d'un défaut sur l'électronique de puissance, l'éolienne est passée en arrêt automatique par sollicitation du freinage aérodynamique. Lors de l'ouverture de l'aérovein en bout de pale, son axe de fixation en carbone s'est rompu provoquant sa chute.	Base de données ARIA	-
Rupture de pale	10/04/2018	Dio-et-Valquières	Hérault	1,67 MW	2006	Non	Un orage de pluie et de grêle, ainsi que des rafales de vent comprises entre 120 et 150 km/h provoquent la rupture d'une pale. Le rotor et le mât n'ont subi aucun dégât. Un périmètre de sécurité a été mis en place.	La foudre ou les vents violents ou la conjugaison des deux phénomènes semblent être à l'origine de l'accident.	Articles de presse (France 3 Occitanie, 03/05/2018 et Midi Libre, 04/05/2018)	-
Incendie	01/06/2018	Marsanne	Drôme	2 MW	2008	Non	Un incendie détruit totalement une éolienne et provoque le départ de feu d'une autre éolienne qui sera partiellement endommagée.	L'incendie d'origine criminelle a été revendiqué. Un mélange huile/essence a été déversé sur les installations électriques avant d'y mettre le feu.	Base de données ARIA Article de presse (France bleue, 19/06/2018)	-
Incendie d'éolienne + chute d'éléments incandescents	05/06/2018	Aumelas	Hérault	2 MW	2014	Oui	La nacelle d'une éolienne prend feu. 10 minutes plus tard, l'exploitant découple à distance le parc éolien du réseau électrique. Des éléments de l'éolienne en feu chutent au sol. Les flammes se propagent en partie basse de l'aérogénérateur. Les pompiers laissent l'incendie se terminer sous surveillance mais placent des lances en prévention d'une propagation du sinistre à la végétation. La nacelle de l'aérogénérateur est presque totalement détruite. 50 m <sup>2</sup> de végétation ont brûlé. L'accès à la zone est interdit et surveillé. Les débris sont ramassés.	Dysfonctionnement électrique probable.	Base de données ARIA	-
Rupture de pale (avec projection d'éléments)	04/07/2018	Port-la-Nouvelle	Aude	0,66 MW	2000	Non	Une avarie est constatée sur 2 des pales d'une éolienne : leurs extrémités se sont disloquées. Des éléments ont été projetés à 150 m du mât après s'être décrochées. L'exploitant met en place un périmètre de sécurité. L'aérogénérateur est mis en position de sécurité.	Survitesse probable.	Base de données ARIA	-

Type d'accident	Date	Nom du parc / Commune	Département	Puissance par éolienne	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire sur l'utilisation dans l'étude de dangers
Incendie + chute de pales	02/08/2018	Monts de l'Ain	Ain	2,05 MW	2017	Oui	Une éolienne est endommagée par l'incendie de sa nacelle. Deux pales sont tombées au sol du fait de l'incendie. Le feu ne s'est pas propagé du fait de l'intervention des secours.	L'origine de l'incendie semble criminelle puisque deux éoliennes ont été vandalisées (porte fracturée) dont une a pris feu.	Article de presse (France 3 Auvergne Rhône Alpes, 03/08/2018)	-
Incendie d'éolienne + chute d'éléments (et propagation)	28/09/2018	Trois Évêques (Sauveterre)	Tarn	2 MW	2009	Non	La nacelle et le rotor d'une éolienne ont pris feu. 2,5 hectares de boisements (essentiellement une plantation de résineux) et de broussailles détruits par les flammes. Les pompiers ont rencontré des difficultés d'accès à la zone sinistrée.	Acte de malveillance	Base de données ARIA	-
Fuite d'huile	17/10/2018	Flers-sur-Noye	Somme	2 MW	2017	Oui	Détection d'une fuite d'huile hydraulique depuis la nacelle d'une éolienne. 150 l d'huiles sont récupérés. L'exploitant du parc éolien estime que 50 l ont été perdus. Sous l'effet du vent, la zone impactée (pied de l'éolienne et terrains cultivés adjacents) est de 2 000 m <sup>2</sup> . Une partie des cultures est perdue. Les terres polluées sont décapées sur une dizaine de cm. Elles sont stockées sur une bâche étanche avant leur retraitement. De la terre végétale est mise en œuvre pour permettre la reprise de l'activité agricole. Un contrôle des prochaines récoltes est planifié.	Erreur de maintenance : filtre mal serré et contrôle non effectué.	Base de données ARIA	-
Effondrement	06/11/2018	La Mardelle (Guigneville)	Loiret	3 MW	2010	Non	Vers 6 h, une éolienne, de 140 m de haut en bout de pale, s'effondre. L'inspection des installations classées constate sur site que le mat s'est arraché de sa base en béton. Les filetages des boulons de fixation du mât sont arasés et les écrous sont arrachés. Des fissures circulaires sont présentes au niveau de la base en béton.	Le rapport d'analyse par l'exploitant est tierce expertisé. Il est conclu qu'une survitesse de rotation des pales de l'éolienne a conduit à une surcharge de contraintes sur la structure, provoquant son effondrement. Une défaillance du système d'alimentation de secours des pales a empêché le déclenchement de l'arrêt d'urgence	Base de données ARIA	-
Rupture de pale (avec chute + projection d'éléments)	18/11/2018	Conilhac-Corbières	Aude	2,3 MW	2014	Oui	Les 3 aérofreins en extrémité des pales d'une éolienne chutent au sol. L'installation est mise en sécurité. Les débris, contenus dans un rayon de 150 m au pied du mât, sont ramassés et stockés avant traitement et recyclage. L'éolienne s'est arrêtée à la suite de l'ouverture de la chaîne de sécurité.	Défaut probable de conception (un accident similaire est survenu sur ce parc au début 2018)	Base de données ARIA	-
Chute de pale	19/11/2018	Ollezy	Aisne	2,4 MW	2017	Oui	Un agent de surveillance constate la rupture d'une pale d'une éolienne. Des 40 m de l'équipement, les 30 derniers sont tombés au sol. L'exploitant arrête les 9 aérogénérateurs du site. La zone est sécurisée et un balisage du pied de la turbine et de la pale au sol est mis en place.	Cause probable de l'accident non évoquée	Base de données ARIA	-
Incendie + fuite d'huile	03/01/2019	La Limouzinière	Loire-Atlantique	2 MW	2011	Non	La nacelle d'une éolienne, située à 80 m de hauteur, s'est embrasée dans la nuit du 2 au 3 janvier. Les secours, avertis par des riverains, ont établi un périmètre de sécurité de 150 m autour de la machine, des débris tombant au sol. Aucun blessé n'est à déplorer. Des traces d'huile hydraulique sont présentes jusqu'à 100 m du pied du mât.	Selon les premiers éléments de l'enquête, une avarie sur la génératrice de l'éolienne semble à l'origine de l'incendie.	Base de données ARIA	-
Rupture de pale (avec projection d'éléments)	17/01/2019	Bambiderstroff	Moselle	2 MW	2007	Non	Une pale d'éolienne se rompt. Deux morceaux, l'un de 5 m (coque) et l'autre de 28 m (fibre de verre), chutent au sol. Celui de 28 m est projeté à 100 m de l'éolienne.	Selon les premiers éléments d'analyse, un défaut d'adhérence dû à un manque de matière entre la coque en fibre de verre et le cœur de la pale serait à l'origine de cette rupture.	Base de données ARIA	-
Incendie	20/01/2019	Roussas	Drôme	1,75 MW	2006	Non	Dans la nuit, un feu se déclare sur 2 éoliennes d'un parc composé de 12 aérogénérateurs. Les éoliennes sont lourdement endommagées.	D'après la presse, il s'agit d'un acte criminel. Un accident similaire était survenu en juin 2018, dans un parc éolien proche appartenant au même exploitant.	Base de données ARIA	-



Type d'accident	Date	Nom du parc / Commune	Département	Puissance par éolienne	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire sur l'utilisation dans l'étude de dangers
Rupture de pale (avec projection d'éléments) + effondrement	23/01/2019	Boutavent	Oise	2 MW	2011	Non	Le rotor d'une éolienne est entré en survitesse pendant plus de 40 minutes jusqu'à ce qu'une des pales commence à se délaminer, provoquant un balourd suffisant pour fatiguer le mât qui s'est plié en deux. Des débris ont été retrouvés jusqu'à 300 m.	Selon l'exploitant, l'absence de passage en position de sécurité des pales est due à une chute de tension au niveau des batteries pilotant la rotation des pales en cas de coupure de l'alimentation électrique.	Base de données ARIA	-
Chute de pale	30/01/2019	Roquetaillade	Aude	660 kW	2001	Non	Une pale de l'éolienne n°5 est tombée au sol. Aucun blessé n'est à déplorer.	Certaines des vis retrouvées au sol présentent des ruptures franches, des éléments distinctifs de fatigue et des traces de corrosion. Cette corrosion pourrait avoir été engendrée par une précharge insuffisante lors du serrage.	Base de données ARIA	-
Défaut de conception de composants	12/02/2019	Autechoux	Doubs	2,75 MW	2016	Oui	A la suite d'une fissuration constatée sur une bague extérieure de roulement de pale d'une éolienne d'un parc éolien de même technologie hors de France, l'exploitant réalise des inspections de cette pièce sur 3 de ses parcs éoliens comprenant 43 éoliennes.  Ces contrôles mettent en évidence 6 fissurations sur des roulements de pale, positionnés entre la base de la pale et le moyeu.	L'origine des fissurations serait un défaut d'alésage qui, sous contrainte, conduirait à une fissuration par fatigue de la bague au niveau d'une zone d'amorçage propice constituée par les trous d'introduction des billes dans les roulements.	Base de données ARIA	Non retenu dans l'étude de dangers (aucun accident)
Fuite d'huile	23/03/2019	Argentonnay	Deux-Sèvres	-	-	-	Une fuite d'huile se produit depuis le multiplicateur d'une éolienne. Celle-ci se met automatiquement à l'arrêt à la suite d'une défaillance au niveau d'un composant tournant du multiplicateur. Sur les 450 L d'huile présents dans le mécanisme, seuls 1 à 2 L ont débordé sur la végétation jouxtant la plateforme. L'opérateur est intervenu assez rapidement pour limiter tout risque de pollution.	La rupture d'un composant tournant du multiplicateur est à l'origine de l'incident.	Base de données ARIA	-
Foudre	02/04/2019	Équancourt	Somme	-	-	-	Lors d'un épisode orageux, la foudre touche une éolienne. Après avoir été alerté par un élu, le gestionnaire du site arrête la machine à distance. Une équipe technique, constate que l'impact de foudre a endommagé le revêtement de la pale, proche de la base, sur 5 000 cm².  Le lendemain matin, un expert de la société de fabrication et maintenance de l'éolienne inspecte l'équipement et la pale endommagée. Il estime qu'il n'y a pas de risque d'aggravation des dégâts ni de chute de composants tant que l'éolienne reste à l'arrêt avec les pales mises en drapeau.	Foudre	Base de données ARIA	Non utilisable dans les chutes ou les projections (la pale est restée accrochée)
Maintenance	12/04/2019	Fontenelle-Montby	Doubs	-	-	-	Lors d'une opération de maintenance, un agent a été légèrement électrisé et un autre présentait des acouphènes.	Suppression ayant causé un arc électrique.	Article de presse (L'Est Républicain)	Non retenu dans l'étude de dangers (maintenance)
Maintenance	15/04/2019	Chailly-sur-Armançon	Côte-d'Or	-	-	-	Un sous-traitant est électrisé par un courant de 20 000 V dans une éolienne. La victime est légèrement blessée. Elle est transportée en centre hospitalier.	Cause probable de l'accident non évoquée	Base de données ARIA	Non retenu dans l'étude de dangers (maintenance)
Incendie	18/06/2019	Quesnoy-sur-Airaines	Somme	2,3 MW	2011	Non	Un feu se déclare sur une éolienne du parc. Les équipes de maintenance du site maîtrisent l'incendie. Les pompiers alertés réalisent des contrôles thermiques pour confirmer l'extinction.	D'après la presse, un court-circuit sur un condensateur est à l'origine du sinistre.	Base de données ARIA	-

Type d'accident	Date	Nom du parc / Commune	Département	Puissance par éolienne	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire sur l'utilisation dans l'étude de dangers
Incendie + chute d'éléments	25/06/2019	Ambon	Morbihan	1,7 MW	2008	Non	La nacelle d'une éolienne a pris feu. Les pompiers ont sécurisé la zone (périmètre de sécurité de 500 m) laissant le feu s'éteindre de lui-même et gérant le risque de propagation. Des composants ont chuté au sol.	Court-circuit faisant suite à une intervention de maintenance sur le tableau électrique de l'aérogénérateur.	Base de données ARIA	-
Rupture de pale (avec projection d'éléments)	27/06/2019	Charly-sur-Marne	Aisne	2 MW	2009	Non	Lors d'une maintenance, deux techniciens remarquent qu'une pale d'éolienne présente un angle anormal. Lors de la mise à l'arrêt de la machine, le bout de la pale abîmée est projeté en 2 morceaux, l'un à 15 m de l'éolienne, l'autre à 100 m. Chaque morceau correspond à une face de la pale.	Après expertise de la pale, il est constaté un contact inadéquat de la coque côté extrados et des bords avec l'adhésif du longeron	Base de données ARIA	-
Foudre	03/07/2019	Sigean	Aude	660 kW	2000	Non	A 18 h, une éolienne d'un parc s'arrête automatiquement à la suite d'une alarme vibration provoquée par un impact de foudre. Le lendemain, à 10 h, l'exploitant constate un impact sur le milieu de la pale et une ouverture du bout de pale sur 2 m. L'exploitant découpe l'extrémité de la pale endommagée pour éviter sa rupture complète. Le morceau de pale est stocké en vue d'une expertise. La machine est à l'arrêt et le rotor en position de sécurité.	Impact de foudre	Base de données ARIA	Non utilisable dans les chutes ou les projections (la pale est restée accrochée)
Rupture de pale (avec chute + projection d'éléments)	04/09/2019	Escales	Aude	750 kW	2003	Non	L'arrêt d'urgence d'une éolienne se déclenche sans cause identifiée. L'arrêt de l'éolienne est anormalement brutal si bien que deux aérofreins se détachent d'une des pales de l'éolienne, l'un étant retrouvé à 5 m du pied de l'éolienne, l'autre à 65 m.	Cause probable de l'accident non évoquée	Base de données ARIA	-
Rupture de pale (avec chute d'éléments)	09/12/2019	Montjean – Theil-Rabier	Charente	2 MW	2016	Oui	En fin de journée, la pale de l'éolienne n°5 s'est brisée. L'aérogénérateur s'est automatiquement mis à l'arrêt et les 11 autres machines stoppées par l'exploitant. La zone a été sécurisée et gardée afin d'en interdire l'accès au public. Le morceau de pale est resté accroché pendant trois jours jusqu'à ce qu'il cède et chute au sol	Cause probable de l'accident non évoquée. À l'issue des premières analyses aucun emballement du rotor n'a été constaté.	Article de presse (Charente Libre, 14/12/2019)	-
Rupture de pale	26/02/2020	Montjean – Theil-Rabier	Charente	2 MW	2016	Oui	Deux mois et demi après un événement similaire sur un autre aérogénérateur du parc, une pale s'est à nouveau brisée. Le morceau rompu est resté accroché au rotor, maintenu par les fibres de verre constituant l'habillage de la pale.	Cause probable de l'accident non évoquée	Article de presse (Charente Libre, 28/02/2020)	Non utilisable dans les chutes ou les projections (la pale est restée accrochée)
Incendie	29/02/2020	Boisbergues	Somme	2 MW	2015	Oui	Vers 13h25, un feu se déclare au niveau du moteur d'une éolienne. L'électricité est coupée et l'éolienne est mise à l'arrêt. Un technicien et le groupe d'intervention en milieu périlleux des pompiers sont sur place. Le feu est resté sur le mât sans atteindre les pales. L'éolienne est hors-service.	L'incendie est probablement dû à une fuite d'huile.	Base de données ARIA	-
Incendie	24/03/2020	Flavin	Aveyron	-	-	-	A 9h40, un feu se déclare au niveau de la nacelle d'une éolienne. Un riverain alerte les pompiers qui préviennent l'exploitant. Les pompiers mettent en place un périmètre de sécurité. A 12 h, l'incendie est terminé. Les 4 autres éoliennes sont arrêtées. Dès le lendemain, l'exploitant met en place un gardiennage par une société extérieure et une surveillance permanente à distance via une caméra. L'éolienne était en fonctionnement normal et les conditions météorologiques peu contraignantes au moment de l'incident.  Des coulures d'huiles sont visibles sur la partie supérieure du mât mais aucune pollution du sol n'est constatée. L'incendie est limité à la nacelle et au rotor.	Cause probable de l'accident non évoquée	Base de données ARIA	-

Type d'accident	Date	Nom du parc / Commune	Département	Puissance par éolienne	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire sur l'utilisation dans l'étude de dangers
Fuite d'huile	10/04/2020	Ruffiac	Morbihan	-	-	-	Une entreprise responsable de la maintenance d'un parc éolien constate une fuite d'huile hydraulique au niveau de la nacelle d'une éolienne. 40 l d'huile s'écoulent le long du mât jusqu'au massif de fondation. L'exploitant du parc est alerté. Il mandate la société de maintenance de réaliser le nettoyage des zones affectées. Il n'y a pas d'atteinte au sol.	L'origine de la fuite est un défaut au niveau de l'accumulateur de l'éolienne.	Base de données ARIA	-
Incendie	20/04/2020	Le Vauclin	Martinique	-	-	-	Peu avant 14 h, un feu se déclare sur le générateur d'une éolienne déposée au sol en vue de son démantèlement, dans un parc éolien comportant 4 éoliennes. Le parc est à l'arrêt depuis le début de l'année 2020. L'incendie de l'huile du transformateur électrique se propage aux broussailles à proximité. Les secours ne pouvant intervenir à cause de la présence d'électricité, un technicien de la société propriétaire de l'éolienne se rend sur place pour couper le courant électrique. Ils évitent la propagation de l'incendie aux alentours, puis éteignent l'incendie vers 16 h une fois l'installation mise hors tension.	Un court-circuit dû à un manicou (famille des marsupiaux) serait à l'origine de l'incendie.	Base de données ARIA	-

## 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 dans le cadre de l'analyse préliminaire des risques.

Le tableau générique issu de l'analyse préliminaire des risques est présenté dans la partie VII.4.. Il peut être considéré comme représentatif des scénarios d'accident pouvant potentiellement se produire sur les éoliennes et pourra par conséquent être repris à l'identique dans les études de dangers.

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

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

#### **Scénario G01**

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

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

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

#### **Scénario G02**

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

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

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

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

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

Dans l'analyse préliminaire des risques seulement quelques exemples 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'emballage peut notamment intervenir lors de pertes d'utilités. Ces pertes d'utilités peuvent être la conséquence de deux phénomènes :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### **Scénario F01**

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

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

- Vérification des niveaux d'huile lors des opérations de maintenance
- Détection des fuites potentielles par les opérateurs lors des maintenances
- Procédure de gestion des situations d'urgence

Deux événements peuvent être aggravants :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## Scénario P01

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

## Scénario P02

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

sur la pale.

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

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

### **Scénarios P03**

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

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

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

- Erreur de dimensionnement de la fondation : Contrôle qualité, respect des spécifications techniques du constructeur de l'éolienne, étude de sol, contrôle technique de construction ;

Non-respect des instructions de montage et/ou de maintenance : Formation du personnel intervenant

- Causes externes dues à l'environnement : séisme, ...

## ANNEXE 4 – PROBABILITE D'ATTEINTE ET RISQUE INDIVIDUEL

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

Cette probabilité d'accident est le produit de plusieurs probabilités :

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

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

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

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

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

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

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

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

Evènement redouté central	Borne supérieure de la classe de probabilité de l'ERC (pour les éoliennes récentes)	Degré d'exposition	Probabilité d'accident
Effondrement	$10^{-4}$	1,4900	$1,490 \cdot 10^{-6}$
Chute de glace	1	0,0093	$9,301 \cdot 10^{-5}$
Chute d'éléments	$10^{-3}$	1,3500	$1,350 \cdot 10^{-5}$
Projection de tout ou partie de pale	$10^{-4}$	0,0200	$2,000 \cdot 10^{-8}$
Projection de morceaux de glace	$10^{-2}$	0,00033	$3,254 \cdot 10^{-8}$

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

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



## ANNEXE 5 – GLOSSAIRE

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Phénomène dangereux :** Libération d'énergie ou de substance produisant des effets, au sens de l'arrêté du 29 septembre 2005, susceptibles d'infliger un dommage à des enjeux (ou éléments vulnérables) vivants ou 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 modifié 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 ingenieuresellschaft, 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 modifié relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement
- [10] Arrêté du 29 Septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation
- [11] Circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 Juillet 2003
- [12] Bilan des déplacements en Val-de-Marne, édition 2009, Conseil Général du Val-de-Marne
- [13] Arrêté du 29 Septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation
- [14] Alpine test site Gütisch : monitoring of a wind turbine under icing conditions- R. Cattin et al.
- [15] Wind energy production in cold climate (WECO), Final report - Bengt Tammelin et al. – Finnish Meteorological Institute, Helsinki, 2000
- [16] Rapport sur la sécurité des installations éoliennes, Conseil Général des Mines - Guillet R., Leteurtrois 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