PROJET DE PARC ÉOLIEN DE LA TRÉZENCE

Communes de Lozay et de Vergné

Département de la Charente Maritime

Demande d'autorisation environnementale d'une installation relevant du régime ICPE

Etude de dangers

Octobre 2025

Maître d'ouvrage :

ELICIO France SAS

Etude réalisée par :

énergies et territoires développement

Sommaire

PREAMBULE 6

1. INTRODUCTION 8

1.1. Objectif de l'étude de dangers 8

1.2. Contexte législatif et réglementaire 9

1.3. Nomenclature des installations classées 11

2. INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION 12

2.1. Renseignements administratifs 12

2.1. Localisation du site 13

2.2. Définition de l'aire d'étude 15

3. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT 17

3.1. Environnement humain 17

3.2. Environnement naturel 23

3.3. Environnement matériel 32

3.4. Synthèse des enjeux 40

4. DESCRIPTION DE L'INSTALLATION 45

4.1. Caractéristiques de l'installation 45

4.2. Fonctionnement de l'installation 50

4.3. Fonctionnement des réseaux de l'installation 61

5. IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION 63

5.1. Les potentiels de dangers liés aux produits 63

5.2. Les potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation 65

5.3. Réduction des potentiels de dangers à la source 66

6. ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE 69

6.1. Inventaire des accidents et incidents en France 69

6.2. Inventaire des accidents et incidents à l'international 70

6.3. Inventaires des accidents majeurs survenus sur les sites de l'exploitant 72

6.4. Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience 73

6.5. Limites d'utilisation de l'accidentologie 75

7. ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES 76

7.1. Objectif de l'analyse préliminaire des risques 76

7.2. Recensement des événements initiateurs exclus de l'analyse des risques 76

7.3. Recensement des agressions externes potentielles 77

7.4. Scénarios étudiés dans l'analyse préliminaire des risques 79

7.5. Effets dominos 83

7.6. Mise en place des mesures de sécurité 83

7.7. Conclusion de l'analyse préliminaire des risques 89

8. ETUDE DETAILLEE DES RISQUES 91

8.1. Rappel des définitions 92

8.2. Caractérisation des scénarios retenus 97

8.3. Synthèse de l'étude détaillée des risques 114

9. CONCLUSION 120

10. RESUME NON TECHNIQUE 121

11. BIBLIOGRAPHIE 122

ANNEXE 1 : GLOSSAIRE 124

ANNEXE 2 : PROBABILITE D'ATTEINTE ET RISQUE INDIVIDUEL 127

ANNEXE 3 : METHODE DE COMPTAGE DES PERSONNES 128

ANNEXE 4 : ACCIDENTOLOGIE FRANÇAISE 130

ANNEXE 5 : SCENARIOS GENERIQUES DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES 156

ILLUSTRATIONS

Figure 1 – Vue caractéristique vers le site 20
Figure 2 – Le site de l'entreprise Ouest palettes 21
Figure 3 – Rose des vents à la station de Nuaillé-sur-Boutonne 23
Figure 4 : Rose des vents sur le site 24
Figure 5 – Carte WIce Atlas – Risque de givre sur le site du projet 25
Figure 6 - Zonage sismique de la France métropolitaine et de la zone d'étude 26
Figure 7 - Fonctionnement d'un parc éolien 45
Figure 8 - Dénomination des différents éléments d'une éolienne 46
Figure 9 - Illustration des emprises au sol d'une éolienne 47
Figure 10 - Schéma de principe du raccordement électrique d'un parc éolien 61
Figure 11 - Répartition des accidents du parc éolien français (base ARIA - 2002-2024) 69
Figure 12 - Répartition des évènements accidentels majeurs dans le monde (CWIF 2021) 70
Figure 13 - Répartition des causes premières d'effondrement, SER-FEE 2012 71
Figure 14 - Répartition des causes premières de rupture de pale, SER-FEE 2012 71
Figure 15 - Répartition des causes premières d'incendie, SER-FEE 2012 71
Figure 16 - Evolution du nombre d'accidents en France (ETD - 2025) 73

CARTES

Carte 1 - Localisation du projet 14
Carte 2 - Identification des éoliennes et périmètre d'étude 16
Carte 3 - Zones habitées 18
Carte 4 – Aléa remontée de nappe (BRGM) 28
Carte 5 – Aléa retrait/gonflement des argiles (BRGM) 29
Carte 6 – Voies de circulation prises en compte 34
Carte 7 – Faisceau hertzien SFR 38
Carte 8 - Synthèse des enjeux : éolienne E1 42
Carte 9 - Synthèse des enjeux : éolienne E2 43
Carte 10 - Synthèse des enjeux : éolienne E3 44
Carte 11 - Plan schématique de l'installation 49
Carte 12 - Carte de synthèse des risques : éolienne E1 117
Carte 13 - Carte de synthèse des risques : éolienne E2 118
Carte 14 - Carte de synthèse des risques : éolienne E3 119

TABLEAUX

Tableau 1 – Gabarit des éoliennes envisagées 6
Tableau 2 - Nomenclature des installations classées 11
Tableau 3 - Distance entre les éoliennes et les habitations les plus proches 17
Tableau 4 - Tableau des précipitations à la station de Nuaillé-sur-Boutonne 24
Tableau 5 - Tableau des températures à la station de Nuaillé-sur-Boutonne 24
Tableau 6 - Statistiques de foudroiement (source : Météorage)..... 30
Tableau 7 – Distances aux voies de circulation routière dans le périmètre des 500 m 33
Tableau 8 - Distances aux radars..... 36
Tableau 9 - Fréquentation du périmètre d'étude (500 m) 40
Tableau 10 - Coordonnées des éoliennes et des postes de livraison 48
Tableau 11 - Caractéristiques génériques des éoliennes retenues 52
Tableau 12 - Classe de vent des éoliennes..... 54
Tableau 13 - Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation 65
Tableau 14 - Principales agressions externes liées aux activités humaines..... 77
Tableau 15 - Tableau synthétique des risques..... 82
Tableau 16 - Fonctions de sécurité des éoliennes du projet..... 88
Tableau 17 - Seuils d'intensité 93
Tableau 18 - Gravité des conséquences des accidents 94
Tableau 19 - Echelle des probabilités..... 95
Tableau 20 - Grille de criticité adaptée par l'INERIS 96
Tableau 21 - Intensité du scénario d'effondrement..... 97
Tableau 22 - Niveaux de gravité des conséquences de l'évènement « effondrement » 98
Tableau 23 - Références quant à la probabilité d'effondrement de l'éolienne 99
Tableau 24 - Intensité du scénario de chute de glace..... 101
Tableau 25 - Niveaux de gravité des conséquences de l'évènement « chute de glace »..... 102
Tableau 26 - Intensité du scénario de chute d'éléments 104
Tableau 27 - Niveaux de gravité des conséquences de l'évènement « chute d'éléments »..... 105
Tableau 28 - Intensité des scénarios de projection de pale 107
Tableau 29 - Niveaux de gravité des conséquences de l'évènement « projection d'élément » 108
Tableau 30 - Références pour l'évaluation d'une projection de pale ou de fragment 109
Tableau 31 - Intensité du scénario de projection de glace 111
Tableau 32 - Niveaux de gravité des conséquences de l'évènement « projection de glace » .. 112
Tableau 33 - Synthèse de l'étude détaillée des risques..... 114
Tableau 34 - Grille de criticité..... 115

Préambule

Ce document constitue l'étude de dangers du projet éolien de La Trézence. Ce projet est situé sur les communes de Vergné et de Lozay (département de la Charente Maritime), et est constitué de 3 éoliennes et de 3 postes de livraison pour une puissance totale maximale de 10,8 MW.

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

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

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

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

- Le régime de déclaration pour les installations comprenant uniquement des éoliennes dont le mât a une hauteur comprise entre 12 et 50 m et dont la puissance totale est inférieure à 20 MW.

Par ailleurs, l'ordonnance 2017-80 et le décret 2017-82 du 26 janvier 2017 relatifs à l'autorisation environnementale ont pérennisé l'autorisation unique en matière d'installations classées pour la protection de l'environnement.

Les éoliennes retenues pour ce parc éolien sont des éoliennes pouvant présenter une hauteur totale maximale de 180 mètres.

Le projet éolien de La Trézence comportant des éoliennes de plus de 50 m de mât relève du régime d'autorisation environnementale, et une étude de dangers est nécessaire.

Le gabarit des éoliennes envisagées pour ce projet présente les caractéristiques maximales suivantes :

Hauteur de moyeu	Diamètre du rotor	Hauteur totale	Puissance maximale du parc	Classe IEC 61400-1
120 m	117 m	180 m	10,8 MW	IEC 2

Tableau 1 – Gabarit des éoliennes envisagées

Les machines retenues dans la version finale du projet correspondront à des éoliennes présentant une hauteur totale et un diamètre de rotor inférieurs ou égaux, construites selon les mêmes normes et présentant les mêmes dispositifs de sécurité que ceux retenus pour l'étude.

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

Les principaux termes utilisés dans la présente étude sont explicités dans le glossaire en annexe 1 page *124*. Les références entre crochets [n] renvoient à la bibliographie (paragraphe 11).

1. Introduction

1.1. Objectif de l'étude de dangers

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

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

Elle précise l'ensemble des mesures de maîtrise des risques mises en œuvre sur le projet, 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.

Le risque pour le personnel de maintenance relève de la prévention des risques et des procédures de sécurité au travail, formalisées par le document unique de l'exploitant. L'introduction de visiteurs dans une éolienne relève de la responsabilité de l'exploitant et ne peut se faire que dans le cadre de son plan de prévention. Ces 2 risques sont exclus de l'analyse des risques de l'étude de dangers telle qu'elle est définie par le guide technique [19] « Elaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens ».

1.2. Contexte législatif et réglementaire

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

L'étude de dangers exigée pour toute demande d'autorisation environnementale d'une installation relevant du régime ICPE repose sur le fondement de l'article 181-25 du code de l'environnement et vise à protéger les intérêts visés à l'article L511-1 en cas d'accident, que la cause soit interne ou externe à l'installation.

Les principaux textes applicables sont les suivants :

- Code de l'environnement Livre V « Prévention des Pollutions des Risques et des Nuisances », Titre I « Installations Classées pour la Protection de l'Environnement » ;
- Loi n°2003-699 du 30 juillet 2003 relative à la prévention des risques technologiques et naturels et à la réparation des dommages ;
- Décret n°2005-1170 du 13 septembre 2005 modifiant le décret n°77-1133 du 21 septembre 1977 pris pour application de la loi n°76-663 du 19 juillet 1976 relative aux installations classées pour la protection de l'environnement ;
- Circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 juillet 2003 ;
- Décret n° 2011-984 du 23 août 2011 modifiant la nomenclature des installations classées.
- Arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement, modifié par les arrêtés du 6 novembre 2014, du 11 mai 2015, du 22 juin 2020, du 10 décembre 2021, du 11 juillet 2023 et du 8 mars 2024 (dénommé par la suite : « arrêté du 26 août 2011 modifié ») ;
- Ordonnance 2017-80 du 26 janvier 2017 et Décret 2017-82 du 26 janvier 2017 relatifs à l'autorisation environnementale ;
- Décret n°2024-742 du 6 juillet 2024 venant préciser les modalités d'application de la loi n°2023-973 du 23 octobre 2023 dite « loi Industrie Verte ».

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

Ainsi, l'étude de dangers a pour objectif de démontrer la maîtrise du risque par l'exploitant. Elle comporte une analyse des risques qui présente les différents scénarios d'accidents majeurs susceptibles d'intervenir. Ces scénarios sont caractérisés en fonction de leur probabilité d'occurrence, de leur cinétique, de leur intensité et de la gravité des conséquences potentielles. 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 :

- Description de l'environnement et du voisinage ;
- Description des installations et de leur fonctionnement ;
- Identification et caractérisation des potentiels de dangers ;
- Estimation des conséquences de la concrétisation des dangers ;
- Réduction des potentiels de dangers ;
- Enseignements tirés du retour d'expérience (des accidents et incidents représentatifs) ;
- Analyse préliminaire des risques ;
- Étude détaillée de réduction des risques ;
- Quantification et hiérarchisation des différents scénarios en termes de gravité des conséquences, de probabilité et de cinétique de développement en tenant compte de l'efficacité des mesures de prévention et de protection ;
- Représentation cartographique ;
- Résumé non technique de l'étude des dangers.

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

1.3. Nomenclature des installations classées

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

N°	A -Nomenclature des installations classées		
	Désignation de la rubrique	**A, D, E, S, C (1)**	**Rayon (2)**
2980	Installation terrestre de production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent et regroupant un ou plusieurs aérogénérateurs		
	1. Comprenant au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m	A	6
	2. Comprenant uniquement des aérogénérateurs dont le mât a une hauteur inférieure à 50 m et au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur maximale supérieure ou égale à 12 m et pour une puissance totale installée :		
	a) supérieure où égale à 20 MW	A	6
	b) inférieure à 20 MW	D	

Tableau 2 - Nomenclature des installations classées

Avec

(1) A : Autorisation, D : déclaration, E : Enregistrement, S : Servitude d'Utilité Publique, C : soumise au contrôle périodique.

(2) Rayon d'affichage de l'enquête publique en km

Le projet éolien de La Trézence se situe dans le premier cas, car il comporte des aérogénérateurs dont le mât est supérieur à 50 m de hauteur. Il est donc soumis à autorisation (A) au titre des installations classées pour la protection de l'environnement et doit présenter une étude de dangers intégrée à sa demande d'autorisation environnementale. Le rayon d'affichage de l'avis d'enquête publique sera de 6 km. La liste des communes concernées par le rayon d'affichage figure dans le dossier de demande d'autorisation.

2. Informations générales concernant l'installation

2.1. Renseignements administratifs

Le projet éolien de La Trézence est porté par la société ***ELICIO France SAS***. Voir le KBis de la société annexé au dossier de demande d'autorisation. La présentation de la société *ELICIO France SAS* figure dans le dossier de demande d'autorisation environnementale.

Rédacteur de l'étude de dangers

L'étude de dangers a été rédigée par le bureau d'études **Energies et Territoires Développement (ETD)**, sous la direction de l'assistant au maître d'ouvrage représenté par Monsieur Julien CHOUAN (ELICIO France).

ETD - Siège - Pôle d'innovation de Mescoat, 29800 LANDERNEAU
www.etd-energies.fr
Rédacteurs : M. Philippe DAUGUET, ingénieur. M. Brendan PARIS, technicien cartographe et PAO.
Tél. : 02 98 30 36 82 - Fax : 02 98 30 35 13

Energies et Territoires Développement est un bureau d'études travaillant essentiellement dans le domaine du grand éolien. Créé fin 2002, ETD compte un effectif de 8 ingénieurs et chargés d'études, et dispose de 2 implantations en France (Brest et Amiens). ETD intervient en conseil et réalise de nombreuses études, à la fois pour les porteurs de projets éoliens souhaitant être accompagnés dans leurs développements, mais aussi pour les collectivités engagées dans des analyses prospectives du développement des énergies renouvelables sur leur territoire (schémas de développement et plans climat énergie territoire).

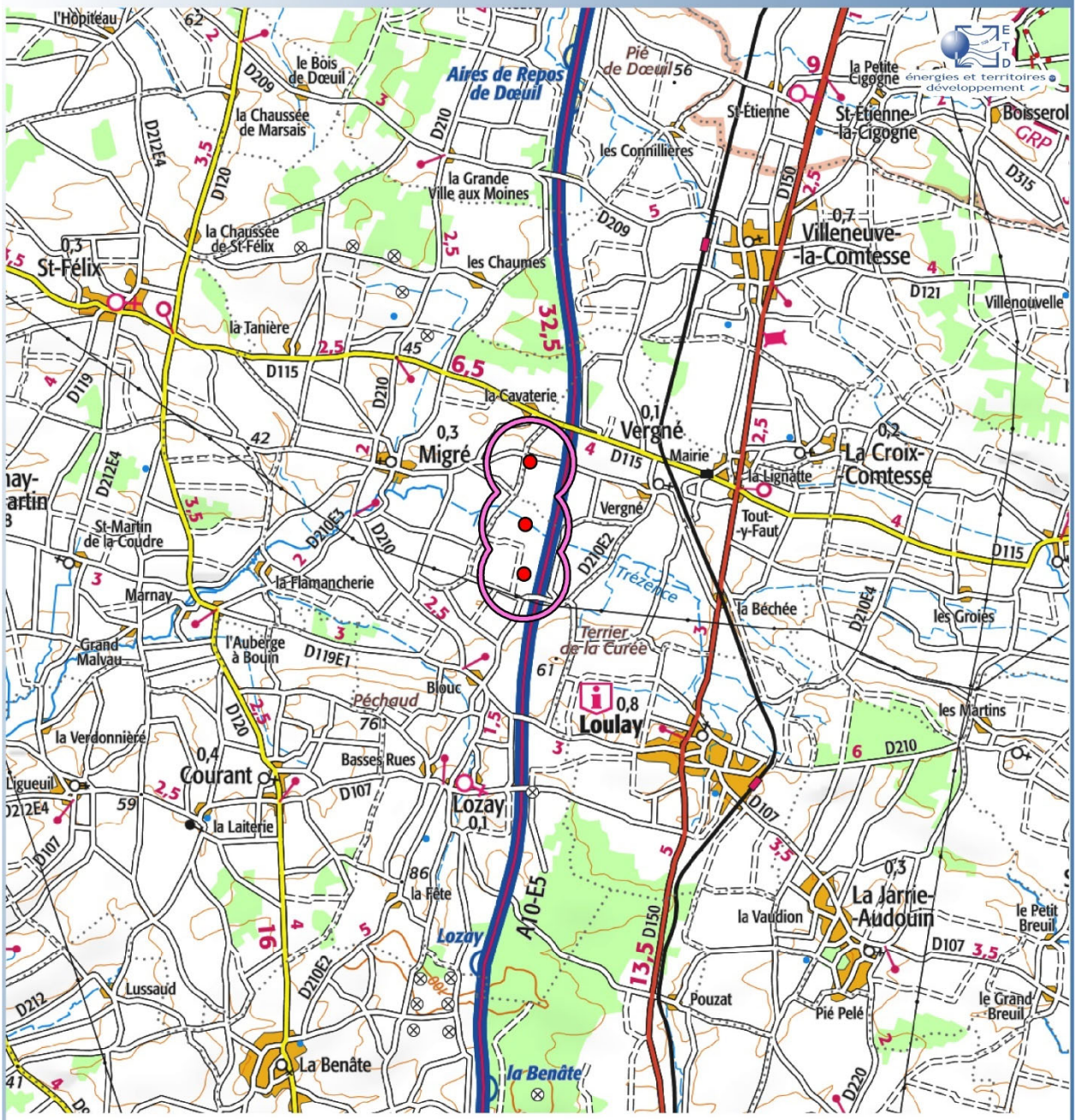
2.1. Localisation du site

Le projet est situé en région Nouvelle Aquitaine dans le département de la Charente Maritime (17), sur les communes de Vergné et de Lozay. Les communes de Vergné et de Lozay appartiennent à la Communauté de Communes Vals de Saintonge Communauté qui regroupe 109 communes. Deux éoliennes sont situées sur la commune de Lozay et une éolienne est située sur la commune de Vergné

Les éoliennes du projet sont implantées à une altitude comprise entre 32 et 36 mètres sur des terrains agricoles ouverts dédiés aux grandes cultures, entrecoupés de parcelles boisées.

Voir la *Carte 1 - Localisation du projet* ci-après.

LOCALISATION DU PROJET



Carte 1 - Localisation du projet

2.2. Définition de l'aire d'étude

Limites de propriété

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

Périmètre d'étude

Les éoliennes du Projet éolien de La Trézence présentent une hauteur totale maximale de 180 m. Compte tenu des spécificités de l'organisation spatiale d'un parc éolien, composé de plusieurs éléments disjoints, la zone sur laquelle porte l'étude de dangers est constituée d'une aire d'étude par éolienne.

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

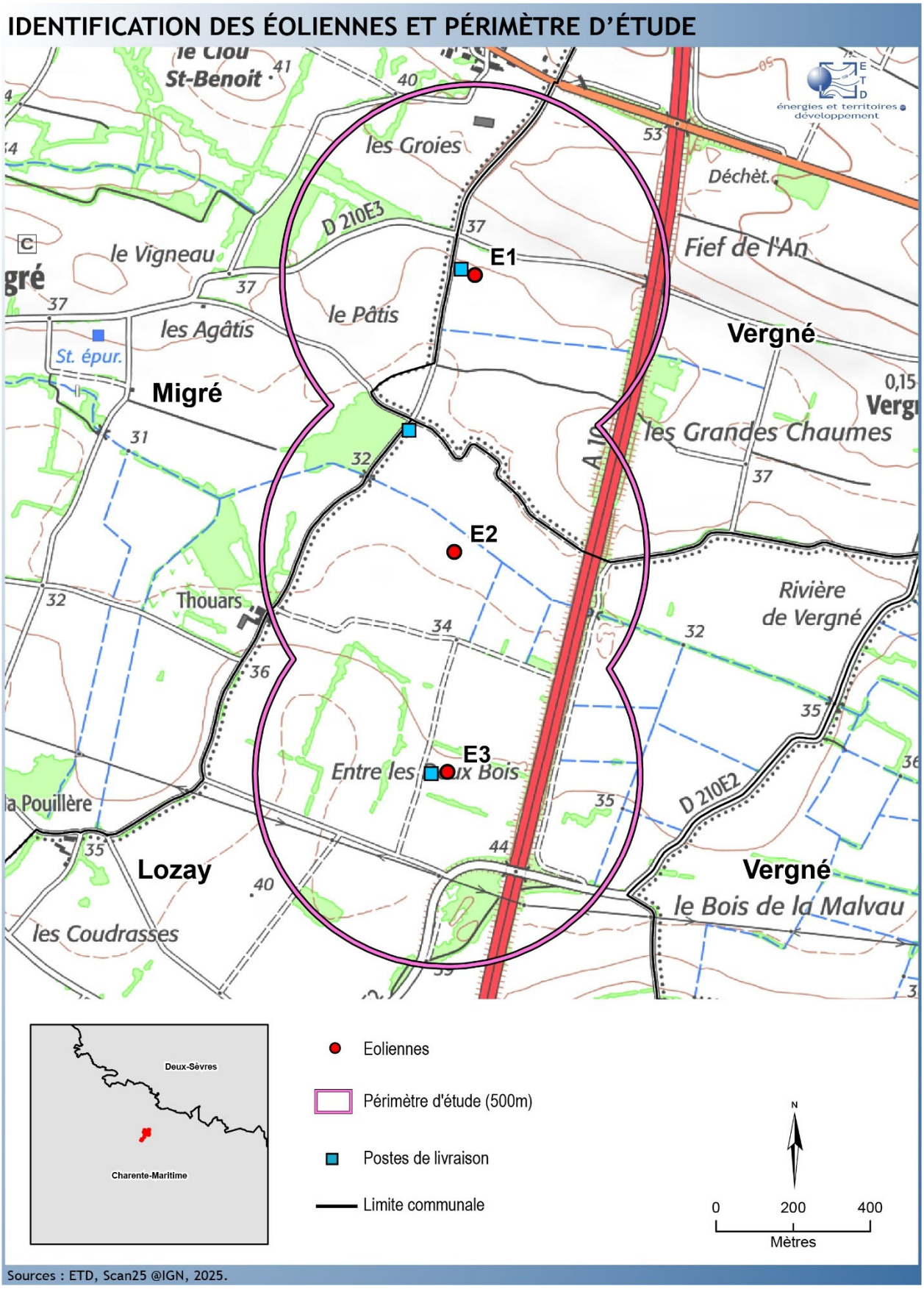
Chaque éolienne du projet dispose de son propre poste de livraison. Les postes de livraison des éoliennes E1 et E3 sont implantés en bordure de leur plateforme permanente. Celui de l'éolienne E2 est implanté en bordure de voie communale. Deux postes de livraison sont situés sur la commune de Lozay et un poste est situé sur la commune de Vergné. A noter que les postes de livraison ne présentent pas d'enjeu en dehors de leurs limites de propriété.

Le périmètre global d'étude des 500 mètres concerne les communes de Vergné, Lozay et Migré.

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

Les 3 éoliennes du projet sont numérotées E1 à E3. L'éolienne E1 est située sur la commune de Vergné et les éoliennes E2 et E3 sont situées sur la commune de Lozay.

[1] Périmètre d'effet de 500 mètres proposé dans le guide technique « Elaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens » de mai 2012 [19], réalisé par l'INERIS et le Syndicat des Energies Renouvelables / France Energie Eolienne (SER-FEE) et validé par la Direction Générale de Prévention des Risques.



Carte 2 - Identification des éoliennes et périmètre d'étude

3. Description de l'environnement

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

3.1. Environnement humain

3.1.1. Zones urbanisées et urbanisables

Zones habitées

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

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

Le projet est situé sur des terrains agricoles ouverts dédiés aux grandes cultures, entrecoupés de parcelles boisées et de bocage résiduel. Les bourgs les plus proches du projet : Vergné, Migré et Blouc (commune de Lozay), sont tous situés à plus de 1000 m des éoliennes. L'habitat sur la zone large est assez dispersé. Dans un rayon de 1000 m des éoliennes, on ne trouve que quelques habitations, dont les plus proches sont les suivantes (voir *Carte 3 - Zones habitées* ci-après) :

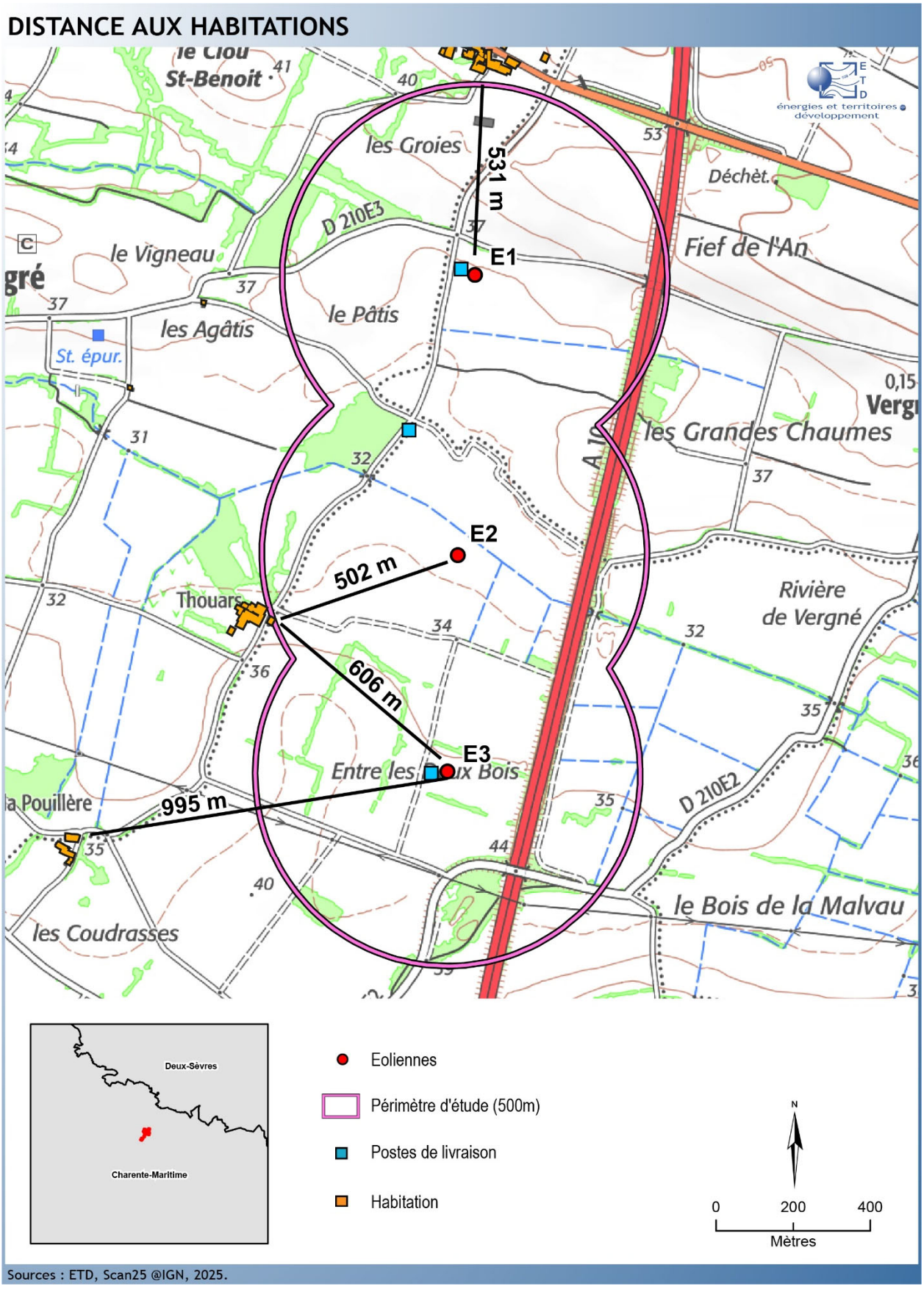
Habitation ou hameau	Eolienne	Distance
Thouars (ruine)	E2	502 m
La Cavaterie	E1	531 m
Thouars (ruine)	E3	606 m
La Pouillère	E3	995 m

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

Urbanisme :

Les deux communes d'accueil du projet disposent chacune de leur propre Plan Local d'Urbanisme (PLU). Les règlements d'urbanisme actuellement en vigueur ne présentent pas de contre-indication directe à l'implantation d'éoliennes. Le ScoT est également favorable au développement de l'éolien.

Le règlement du PLU de Vergné (Art. N2) admet dans l'ensemble de la zone N (secteur inondable inclus) les constructions et installations d'intérêt collectif, notamment liés à l'environnement. Par ailleurs, bien que classée N, la parcelle d'implantation de E1 se situe en plein champs et les sondages pédologiques n'indiquent pas de zone humide.



Carte 3 - Zones habitées

3.1.2. Etablissements recevant du public (ERP)

Il n'existe aucun ERP dans le périmètre d'étude.

De même, aucun bureau n'est situé à moins de 250 m des installations (article 5 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 : contraintes si existence de bureaux à moins de 250 m).

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

La réglementation[2] impose le respect d'une distance minimum de 300 mètres entre les éoliennes et les installations SEVESO seuil bas ou seuil haut[3] ou les installations nucléaires de base.

Aucune installation nucléaire de base ni installation SEVESO n'est présente sur les communes concernées par l'implantation du projet.

Les communes de Vergné et de Lozay ne sont pas concernées par un Plan de Prévention des Risques Technologiques (PPRT).

Les éoliennes existantes les plus proches du projet sont les éoliennes du parc éolien de Villeneuve-Vergné sur les communes de Vergné et de Villeneuve-la-Comtesse (12 éoliennes au nord du projet) et le parc éolien de Foye Migré situé sur la commune de Migré (5 éoliennes au nord-ouest). Aucune des éoliennes de ces 2 parcs n'est située dans le périmètre de l'étude du projet.

Aucune installation classée à risque technologique, ou SEVESO ou installation nucléaire de base n'est répertoriée dans le périmètre de l'étude.

[2] Arrêté du 26 août 2011 modifié, relatif aux parcs éoliens soumis à autorisation au titre des Installations Classées Pour la Protection de l'Environnement ou ICPE

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

3.1.4. Autres activités

Agriculture :

Le périmètre de l'étude du projet correspond majoritairement à des terrains agricoles ouverts dédiés aux grandes cultures. Quelques parcelles boisées sont également présentes dans le périmètre.

En termes de fréquentation humaine, l'enjeu représenté par la surface agricole et forestière du périmètre de l'étude de dangers a été évalué selon la classification proposée par la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques de comptage applicables aux études de dangers (voir en annexe 3 page *128*), au titre des « Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, forêts ...) », soit 1 personne permanente par tranche de 100 ha en moyenne annuelle.

Les chemins d'exploitation agricole carrossables ont été pris en compte au titre des voies de circulation non structurantes (voir paragraphe 3.3.1).



Figure 1 – Vue caractéristique vers le site

Tourisme :

Le tourisme local est un tourisme patrimonial (Puyrolland, Dampierre-sur-Boutonne, Villeneuve-la-Comtesse), naturel (sites naturels, canoë, randonnée…) ou de terroir (Pineau des Charentes, Cognac, et autres AOC ou IGP…). A l'approche du site du projet, on ne note pas de site touristique majeur.

Il n'existe aucun site d'accueil touristique ni aucune zone de loisirs dans la limite de la zone d'étude de 500 m.

Chemins de randonnée :

Il n'y a pas de sentier répertorié de grande ou de petite randonnée qui traverse le périmètre de l'étude.

Aucun sentier répertorié de grande ou de petite randonnée pédestre, équestre ou VTT ne traverse le périmètre de l'étude de dangers.

Autres activités :

Les communes concernées par l'aire d'étude du projet comptent quelques entreprises artisanales, de services et de commerce.

A l'intérieur du périmètre de l'étude de l'éolienne E1, on note la présence de la zone d'activité de l'entreprise **Ouest palettes** située sur la commune de Migré au lieu-dit Les Groies. Il s'agit d'une entreprise de recyclage de palettes dont l'effectif est compris entre 10 et 19 salariés[4] et qui occupe un site d'une surface d'environ 20 000 m².



Figure 2 – Le site de l'entreprise Ouest palettes

En termes de fréquentation humaine, l'enjeu représenté par cette zone d'activité a été évalué selon la classification proposée par la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques de comptage applicables aux études de dangers (voir en annexe 3 page *128*), au titre des « Zones d'activités (industries et autres activités ne recevant pas habituellement de public) ». Le nombre d'équivalent personnes permanentes (epp) retenu est de **7 epp** réparties sur le site (soit 19 salariés présents environ 9 heures par jour sur le site).

Toutes les autres activités industrielles, artisanales, de services ou de commerce sont situées en dehors de la zone d'étude.

Risques industriel et technologique :

Le Risque « Transport de Marchandises dangereuses » ou TMD est potentiellement associé à la présence d'axes routiers, ferroviaires ou fluviaux importants ou bien à la présence de canalisations (gazoducs et pipelines le plus souvent).

Le DDRM de la Charente-Maritime ne retient pas de risque pour les communes d'accueil du projet en lien avec une canalisation de gaz ou de produits dangereux.

A noter que dans le cadre de l'étude de dangers des parcs éoliens, seules les agressions externes liées aux activités humaines présentes dans un rayon de 200 m (distance à partir de laquelle l'activité considérée ne constitue plus un agresseur potentiel) sont recensées, à l'exception de la présence des aérodromes qui sera reportée lorsque ceux-ci sont implantés dans un rayon de 2 km et des autres aérogénérateurs qui

[4] *Data-prospects* 2023.

seront reportés dans un rayon de 500 mètres (voir le paragraphe *7.3.1 - Agressions externes liées aux activités humaines1.1).*

Plateformes permanentes et accès aux éoliennes :

En phase d'exploitation, chacune des éoliennes conservera une plateforme aménagée au pied de l'éolienne. Cette plateforme permanente est destinée à permettre l'accès et le stationnement des véhicules de maintenance à proximité immédiate de l'éolienne, ainsi que le positionnement de grues pour le transfert d'éventuelles pièces de rechange vers la nacelle ou le changement de pale.

Pour ce projet, la surface d'une plateforme permanente est d'environ 2250 m². Il est à noter qu'il s'agit d'une propriété privée dont l'accès est réservé aux exploitants et aux services de secours. Sur les parcelles dédiées à l'élevage, les plateformes peuvent être clôturées. Dans l'hypothèse où les plateformes ne seraient pas clôturée, elles peuvent présenter une fréquentation hors personnel de maintenance.

Il est considéré que la fréquentation hors personnel de maintenance de ces plateformes est susceptible de présenter un enjeu qui a été apprécié selon la classification proposée par la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques de comptage applicables aux études de dangers (voir annexe 3 page *128*) au titre des « terrains aménagés peu fréquentés », soit 1 personne permanente pour 10 ha.

Par ailleurs, quelques accès permanents aux éoliennes seront créés entre le réseau de chemins existants et les plateformes des éoliennes, pour une longueur cumulée d'environ 600 m. Ces chemins créés ont été considérés au titre des voies à faible circulation (voir le paragraphe 3.3.1 - *Voies de communication*).

3.2. Environnement naturel

3.2.1. Contexte climatique

Les principales données météorologiques présentées ici sont celles issues de la station Météo-France de Nuaillé-sur-Boutonne, station située à 11 km du projet.

Le vent :

A la station de Nuaillé-sur-Boutonne, la vitesse moyenne du vent mesuré sur la période 1991-2020 est de de 2,9 m/s à 10 mètres, cette valeur est indicatrice d'un potentiel éolien moyen. La rose des vents relevée à la station de Nuaillé montre que les vents les plus fréquents et les plus forts sont ceux de secteur ouest, suivis des vents du secteur nord-est :

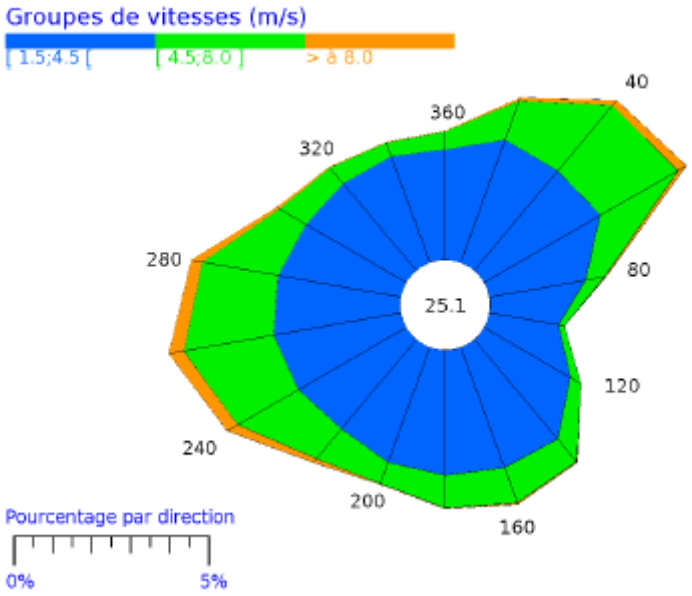


Figure 3 – Rose des vents à la station de Nuaillé-sur-Boutonne

Par ailleurs, une étude de vent a été menée à partir d'une campagne de mesure effectuée sur le site. La caractérisation du potentiel éolien du site fait état d'une vitesse moyenne de vent long terme de l'ordre de 6,3 m/s à hauteur de moyeu (source : maitre d'ouvrage du projet), avec la rose des vents suivante :

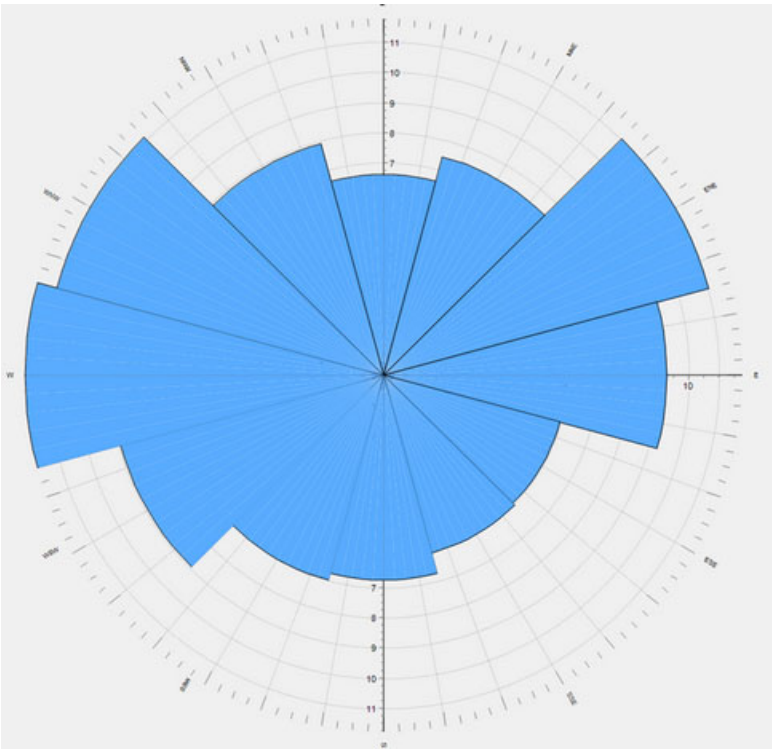


Figure 4 : Rose des vents sur le site

Note : les vents extrêmes rencontrés sont abordés au paragraphe 3.2.2 – Risques naturels.

La pluviométrie

Le cumul annuel des précipitations est moyen (850 mm sur l'année) à Nuaillé. Les cumuls mensuels sur la période d'octobre à janvier sont sensiblement plus élevés que sur le reste de l'année :

Hauteur de précipitations (moyenne en mm)									Statistiques établies sur la période 1991–2020			
Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
80.3	65.5	66	67.7	64.9	58.7	47.1	52	67	86.6	94.5	99	849.3

Tableau 4 - Tableau des précipitations à la station de Nuaillé-sur-Boutonne

Températures

La température moyenne annuelle est de 12,9°C à Nuaillé. La température moyenne du mois le plus chaud (juillet) est de 20,2°C, celle du mois le plus froid (Janvier) de 6,1°C, soit une amplitude de 14,1°C.

Température moyenne (moyenne en °C)									Statistiques établies sur la période 1991–2020			
Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
6.1	6.4	9.3	11.6	15.2	18.5	20.2	20.1	17.2	13.8	9.3	6.5	12.9

Tableau 5 - Tableau des températures à la station de Nuaillé-sur-Boutonne

Pour la période 1965-2023, les températures extrêmes rencontrées sont de **-17°C** le 17 janvier 1987 et de **40,4°C** le 7 août 2003. On note également, toujours à Nuaillé :

1,6 jour par an où la température reste négative toute la journée
42 jours par an où la température descend sous 0°C
4,6 jours par an où la température descend sous -5°C
4 jours tous les 10 ans où la température descend sous -10°C

Givre :

La conjonction du froid et de l'humidité peut entraîner l'accumulation de givre sur les pales des éoliennes.

L'entreprise finlandaise *VTT,* active dans le domaine de l'éolien en climat froid, a mis en ligne un atlas mondial du risque de givre[5]. Cette carte appelée *WIceAtlas* est basée sur les observations de 4500 stations météorologiques à travers le monde (données de 1979 à 2015) :

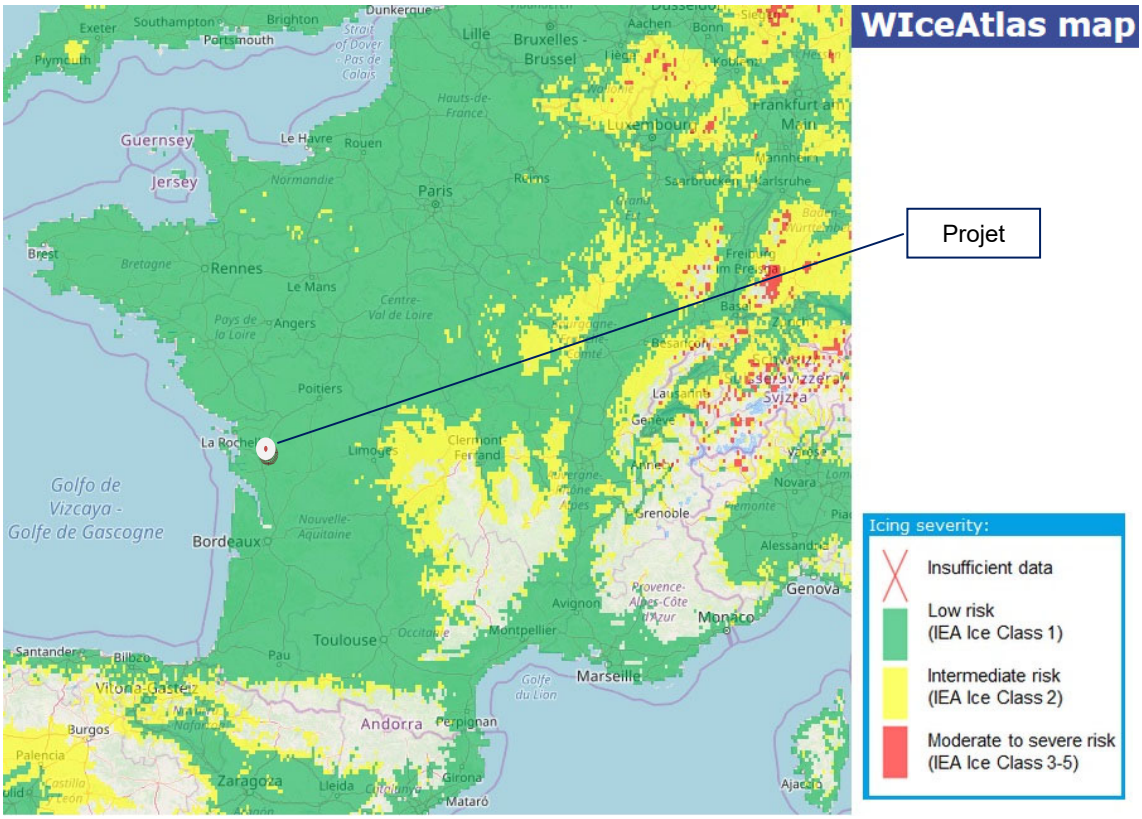


Figure 5 – Carte WIce Atlas – Risque de givre sur le site du projet

Sur cette carte, le secteur du projet apparaît proche d'un zonage **à faible risque de givre** (IEA Ice class 1) soit moins de 10 jours de givre par an.

3.2.2. Risques naturels

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

Sismicité :

[5] http://virtual.vtt.fi/virtual/wiceatla/

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

La France dispose d'un zonage sismique divisant le territoire national en cinq zones de sismicité croissante en fonction de la probabilité d'occurrence des séismes (voir la carte en *Figure 6 - Zonage sismique de la France métropolitaine et de la zone d'étude*). Ce zonage est entré en vigueur le 1er Mai 2011 :

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

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

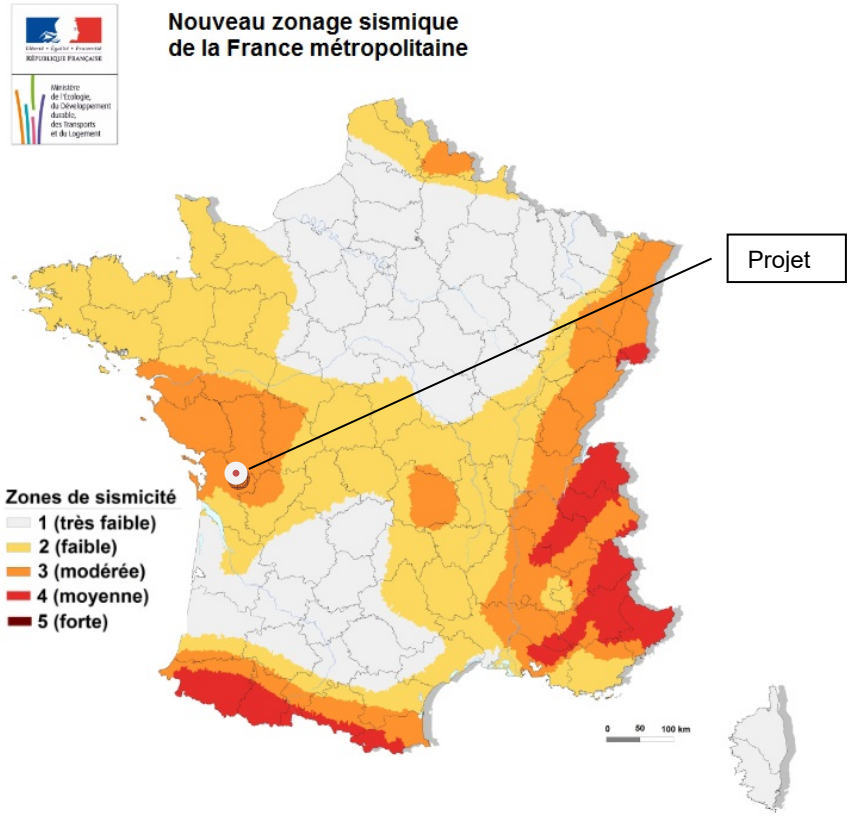


Figure 6 - Zonage sismique de la France métropolitaine et de la zone d'étude

Le site du projet figure en zone de sismicité 3 (modérée). Le projet sera donc tenu de respecter les règles de construction parasismique.

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

A noter que la classe des sols (selon la norme EN 1998-1:2004) sera déterminée après les sondages de reconnaissance qui seront exécutés dans le cadre des études d'avant-projet.

Inondations par débordement des cours d'eau

Le risque d'inondation est retenu par le DDRM pour les deux communes d'accueil du projet. Le risque sur ces deux communes est lié à la présence de la Trézence. Aucun Plan de Prévention des Risques d'inondation (PPRi) n'est cependant prescrit sur ces deux communes.

Considérant la topographie plane du site et la proximité du projet avec la rivière La Trézence, en cas de crue, le projet pourrait être concerné par un débordement du cours d'eau.

Remontée de nappe phréatique

Plusieurs années pluvieuses consécutives peuvent entraîner une remontée de la surface de la nappe phréatique qui peut atteindre la surface du sol et provoquer des inondations, notamment dans les sous-sols.

Les aléas de remontée de nappe sont présentés sur la *Carte 4 – Aléa remontée de nappe (BRGM)* ci-après.

Les 3 éoliennes du projet figurent en zone à risque de remontée de nappe. Des études géotechniques et pédologiques seront menées par une entreprise spécialisée sur les points d'implantation afin de déterminer la technique de fondation la plus adaptée au sol concerné.

Cavités, mouvements de terrains :

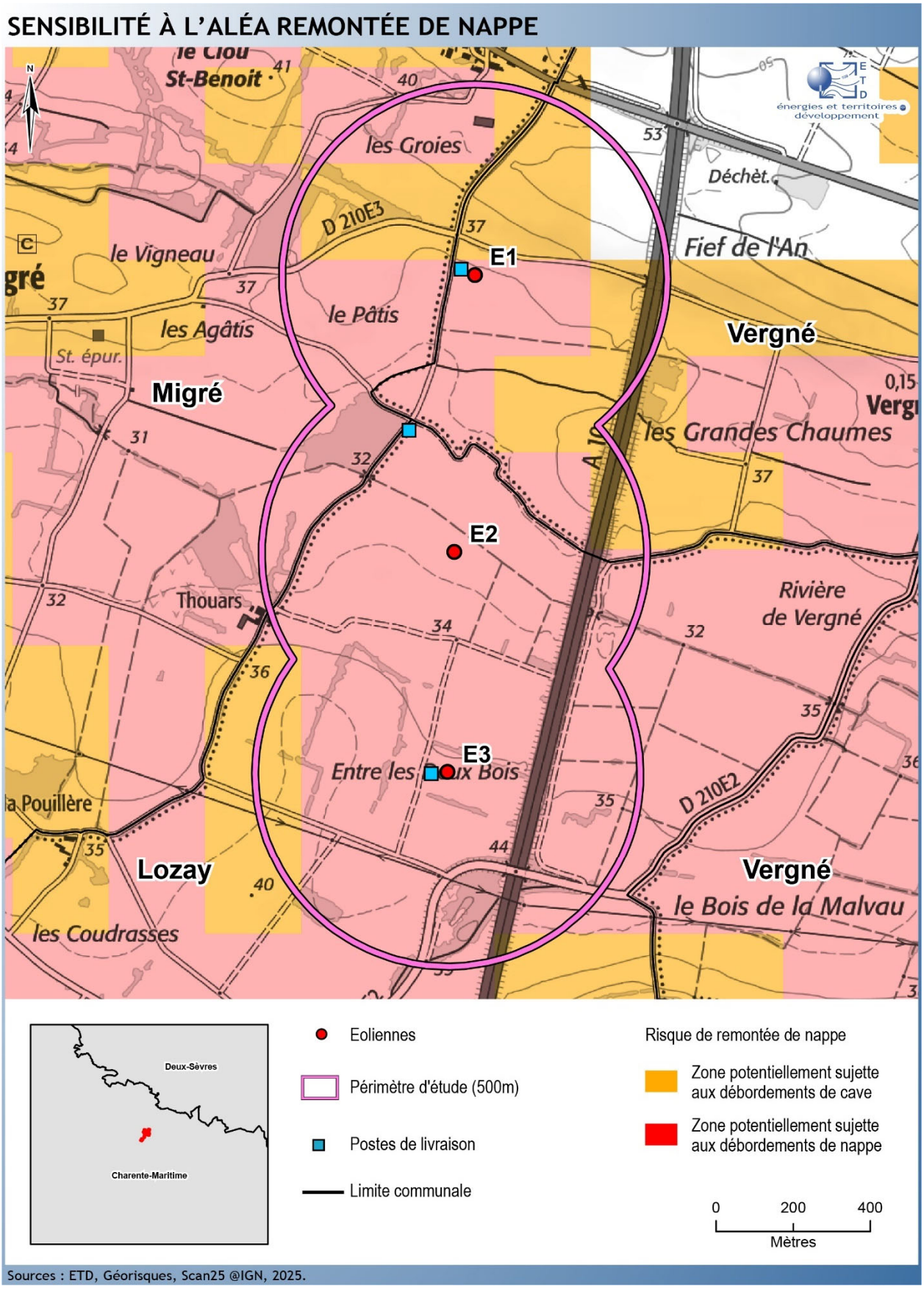
Aucune cavité n'est recensée sur la zone d'implantation potentielle d'après le site internet georisques.gouv.fr.

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

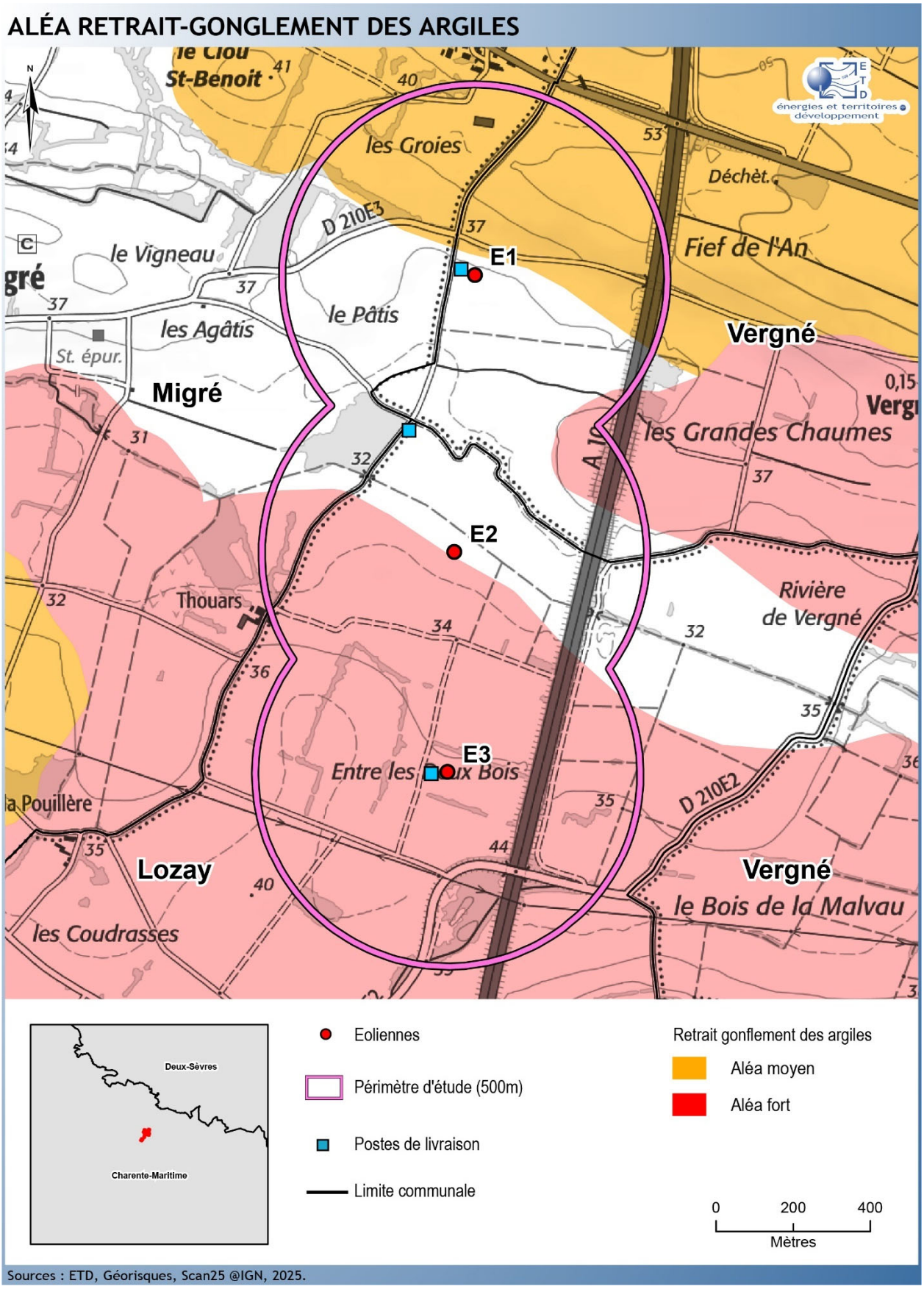
Aléa retrait-gonflement des argiles :

Le changement d'humidité des sols argileux entraîne des modifications de volume du sol, pouvant créer des dégâts importants : ces tassements différentiels se manifestent par des désordres affectant principalement le bâti individuel pour lequel il n'est généralement pas mené d'étude géotechnique préalable. Dans le cadre d'un projet éolien, une telle étude est systématiquement réalisée au droit de l'implantation de chaque aérogénérateur afin d'adapter les fondations au type de sol.

Comme le montre la *Carte 5 – Aléa retrait/gonflement des argiles (BRGM)* ci-après, les éoliennes du projet sont implantées en zones d'aléa moyen à fort.



Carte 4 – Aléa remontée de nappe (BRGM)



Carte 5 – Aléa retrait/gonflement des argiles (BRGM)

Vents extrêmes :

Selon Météo France, en moyenne quinze tempêtes affectent la France chaque année. Une sur dix peut être qualifiée de " *forte* " (un épisode est qualifié de " forte tempête " si au moins 20 % des stations départementales enregistrent un vent maximal instantané quotidien supérieur à 100 km/h). L'ensemble du territoire français est exposé aux tempêtes. Les zones les plus sensibles se situent sur les franges littorales et le quart Nord-Ouest de l'hexagone.

A la station de Nuaillé-sur-Boutonne, le nombre moyen de jours avec des rafales supérieures à 28 m/s (100 km/h) est inférieur à 0,5 jour par an.

Vents instantanés extrêmes :

Sur les 25 dernières années, aucune rafale de vent supérieures à 36 m/s (130 km/h) n'a été enregistrée à 10 mètres à Nuaillé-sur-Boutonne. Le record sur cette période étant de 35,4 m/s (127 km/h) en février 2010, soit 47 m/s (169 km/h) à hauteur de moyeu maximale des éoliennes du projet (soit 120 m) par application du coefficient de cisaillement de la norme IEC 61400-1 pour les vents extrêmes[6].

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

Vents extrêmes sur 3 secondes :

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

Vents moyens 10 minutes maximum :

Toujours à Nuaillé-sur-Boutonne, le vent moyen 10 mn maximum enregistré en février 2010 a été de 20 m/s à 10 mètres (62 km/h), soit 26 m/s (95 km/h) à hauteur de moyeu maximale des éoliennes du projet (soit 120 m) par application du coefficient de cisaillement de la norme IEC 61400-1 pour les vents extrêmes.

Voir le paragraphe *4.2.2 - Sécurité de l'installation* pour l'adéquation de la machine retenue aux conditions de vent du site.

Orages :

Les orages peuvent faire courir des risques aux aérogénérateurs. 7 jours d'orage par an sont observés en moyenne sur la commune de Lozay. Ce paramètre correspond au nombre de jours où l'on a entendu gronder le tonnerre. Le tableau suivant présente les densités de foudroiement annuelles pour les communes du projet, ainsi que pour l'ensemble du territoire métropolitain.

	Vergné	Lozay	France
Da (nombre d'arcs par an et par Km²)	0,51	0,52	1,63
Niveau kéraunique approximatif (Nk ~ 10 densité)	5	5	16

Tableau 6 - Statistiques de foudroiement (source : Météorage)

[6] soit $\alpha = 0{,}11$ et $v/v0 = (h/h0)^{\alpha}$

Le critère « densité d'arcs » (Da - qui est le nombre d'arcs de foudre au sol par km² et par an) rend compte de l'importance (la violence) des phénomènes orageux et constitue la meilleure représentation de l'activité orageuse.

Le niveau kéraunique est le nombre de fois où le tonnerre a été entendu dans l'année, noté « Nk ». Le niveau kéraunique était l'indicateur de référence avant l'apparition des réseaux de détection foudre. Il reste quelquefois encore utilisé. Le rapport approximatif entre Nk et Da est voisin de 10.

Ces chiffres montrent une activité orageuse sur la zone du projet sensiblement plus faible que la moyenne nationale.

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

Feux de forêts :

Le risque « incendie » fait partie des risques naturels recensés pour la commune de Lozay (source : DDRM de la Charente Maritime). La commune de Vergné ne présente pas de sensibilité au risque d'incendie. Les éoliennes du projet sont implantées en zone agricole, elles ne sont pas exposées au risque feu de forêt.

A noter toutefois que les dernières années ont vu apparaitre (par exemple en Picardie) des feux de moissons, dus à la sécheresse et à la canicule.

Il est à noter par ailleurs que la réglementation sur les installations classées pour la protection de l'environnement impose aux parcs éoliens le maintien en permanence d'au moins une voie carrossable pour permettre l'intervention des véhicules de secours et d'incendie.

Les départs d'incendie liés à un parc éolien pourraient être dus à la foudre ou à une défaillance des équipements électriques. Les aérogénérateurs sont tous munis d'un dispositif de protection contre la foudre et les équipements électriques observent les normes en vigueur (NF EN 60204-1 et 60 204-11 (Sécurité des machines – Equipement électrique des machines). Les éoliennes sont donc peu susceptibles d'être à l'origine d'un incendie.

3.3. Environnement matériel

3.3.1. Voies de communication

Aucune voie ferrée ni aucune voie navigable ne traverse le périmètre de l'étude de dangers des éoliennes du projet.

Voies de circulation routière structurantes[7] :

L'autoroute A10 (E5) traverse le périmètre de l'étude des 3 éoliennes du projet. L'éolienne la plus proche (E3) est située à 220 m de La voie de circulation. Les jeux de données officiels (DIR Atlantique / TMJA 2024) et l'inventaire national des TMJA indiquent que les sections de l'A10 autour de Saint-Jean-D'Angély présentent un trafic moyen journalier annuel (TMJA) de l'ordre de 23 000 véhicules par jour (tous sens confondus) sur la période la plus récente publiée.

La circulation de véhicules sur cette voie présente un enjeu qui a été apprécié selon la classification proposée par la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques de comptage applicables aux études de danger (voir en annexe 3 page *128*). La fréquentation des voies de circulation structurantes est évaluée selon la règle forfaitaire : 0,4 personne permanente par km et par tranche de 100 véhicules par jour.

Voies de circulation routière non structurantes, chemins d'exploitation :

Le périmètre de l'étude de dangers est traversé par quelques voies de desserte locale non structurantes ou chemins d'exploitation carrossables. Les accès permanents aux éoliennes créés spécifiquement pour le projet ont également été considérés au titre des voies de circulation non structurantes.

La circulation de véhicules sur l'ensemble de ces voies non structurantes présente un enjeu qui a été apprécié selon la classification proposée par la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques de comptage applicables aux études de dangers (voir en annexe 3 page *128*). Les voies de circulation non structurantes sont à considérer au titre des « terrains aménagés peu fréquentés », soit 1 personne permanente pour 10 ha en considérant une largeur de voie de 6 m.

➔ Le réseau des voies de circulation prises en compte dans le périmètre de l'étude de dangers figure sur la *Carte 6 – Voies de circulation prises en compte* en page suivante.

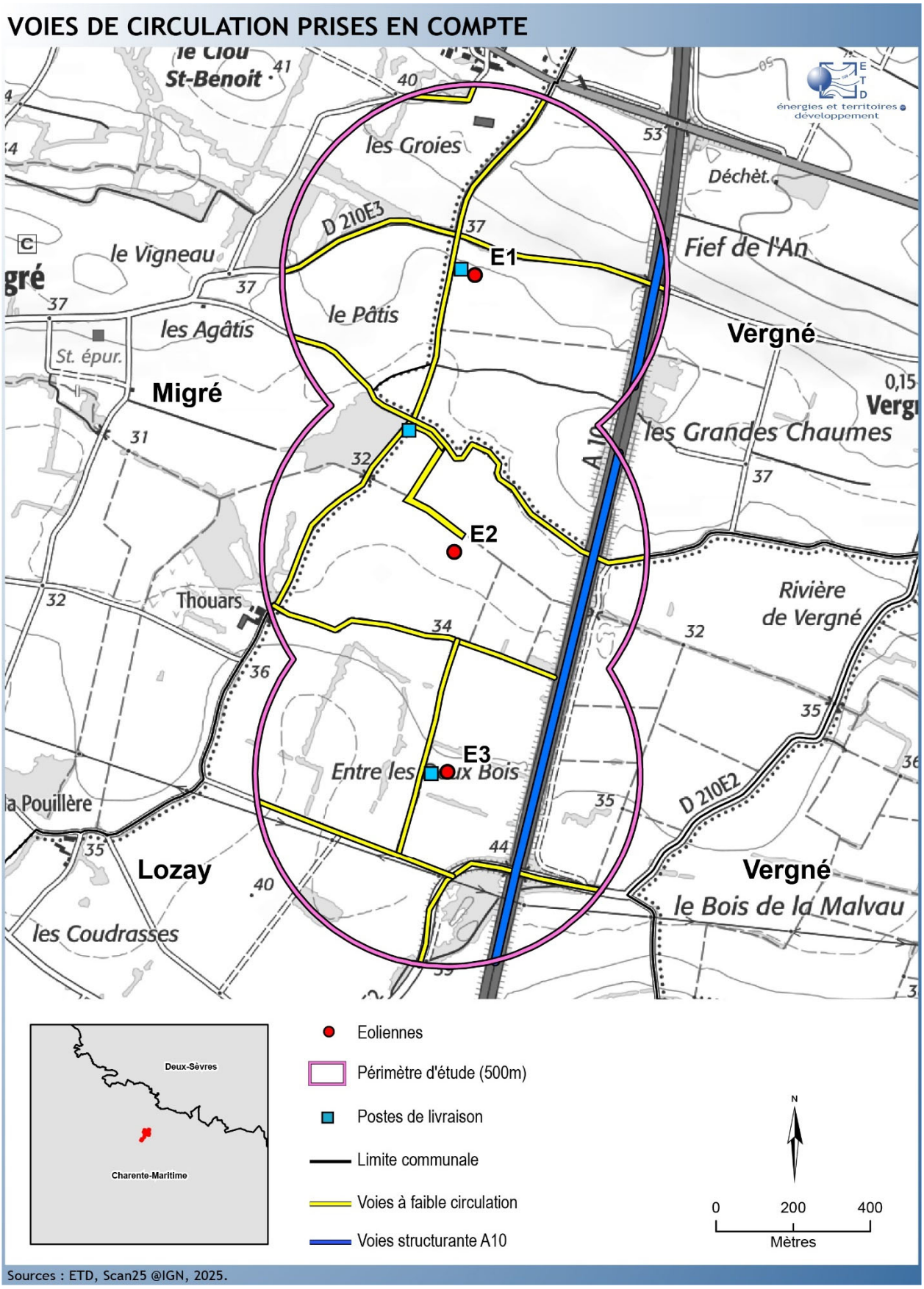
[7] C.à.d. dont le trafic moyen journalier annuel est supérieur à 2000 véhicules.

Le tableau ci-après indique, par éolienne et dans le périmètre des 500 m de l'éolienne, la distance entre l'éolienne et la voie de circulation routière la plus proche :

Eolienne	Distance à l'autoroute A10 (Inférieure à 500 m)	Distance à la voie de circulation routière la plus proche (hors chemins d'exploitation et hors A10)
E1	450 m	63 m
E2	340 m	300 m
E3	220 m	245 m

Tableau 7 – Distances aux voies de circulation routière dans le périmètre des 500 m

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



Carte 6 – Voies de circulation prises en compte

Circulation aérienne :

L'infrastructure aéronautique la plus proche est l'aérodrome de Saint-Jean-d'Angély/Saint-Denis-du-Pin à 10,8 km au sud du projet. Toutes les autres infrastructures aéronautiques régionales sont situées à plus de 20 km. L'aéroport de Fontenay-le-Comte (Saint-Martin-de-Fraigneau) est situé à 46 km au nord-nord-ouest du projet.

Consultée, la Direction Générale de l'Aviation Civile (DGAC) précise dans un courrier du 29 juin 2022, que les éoliennes du projet sont concernées par une procédure d'approche en lien avec l'aéroport de Fontenay-le-Comte (zone FK402) nécessitant une altitude minimale libre de tout obstacle entre les altitudes de 279 m NFG et de 579 m NGF (Minimum Obstacle Clearance Altitude de 1900 ft).

L'altitude maximale en bout de pale atteinte par le projet est de 215,4 m NGF (E1). Cette procédure d'approche n'est pas une contrainte pour le projet.

Un balisage "diurne et nocturne" des éoliennes sera nécessaire, conformément à la réglementation.

Contraintes aéronautiques militaires :

La zone potentielle d'implantation n'est pas située en zone SETBA (Site d'Entraînement à Très Basse Altitude) ni en zone VOLTAC (Vol Tactique) du ministère de la défense.

Consultée, la sous-direction régionale de la circulation aérienne militaire Sud précise dans son mail du 1er août 2025 que : « Après consultations des différents organismes concernés des forces armées, il ressort que votre projet n'est pas de nature à remettre en cause leurs missions.. »

Un balisage "diurne et nocturne" des éoliennes sera nécessaire, conformément à la réglementation.

Radars :

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

Type de radar	Seuil fixé par l'arrêté ministériel du 26 août 2011 modifié par les arrêtés du 6 novembre 2014 et du 22 juin 2020	Distance au projet éolien du radar le plus proche	Conformité avec l'arrêté ministériel
Météo France Bande de fréquence C Bande de fréquence S Bande de fréquence X	20 km 30 km 10 km	Radar de Cherves dans la Vienne 82 km au nord-est	**Oui**
Aviation civile, radars primaires	30 km	Radar VOR de Cognac 49 km au sud-sud-ouest	Oui
Aviation civile, radars secondaires	16 km		Oui
VOR	15 km		Oui
Radars portuaires	20 km	Projet situé à 40 km de la côte	Oui
CROSS	10 km		Oui

Tableau 8 - Distances aux radars

3.3.2. Réseaux publics et privés

Lignes électriques haute ou très haute tension :

Il existe une ligne haute tension 90 kV à proximité du projet, située à 260 m au sud de l'éolienne E3. Aucune ligne électrique de transport n'existe à moins de 200 mètres[8] des éoliennes du projet.

Canalisation de transport (gaz, hydrocarbures, produits chimiques)

Le DDRM de la Charente-Maritime ne retient pas de risque pour les communes d'accueil du projet en lien avec une canalisation de gaz ou de produits dangereux. Aucune canalisation enterrée ou aérienne n'est identifiée dans le périmètre de l'étude de danger.

Captages d'eau potable

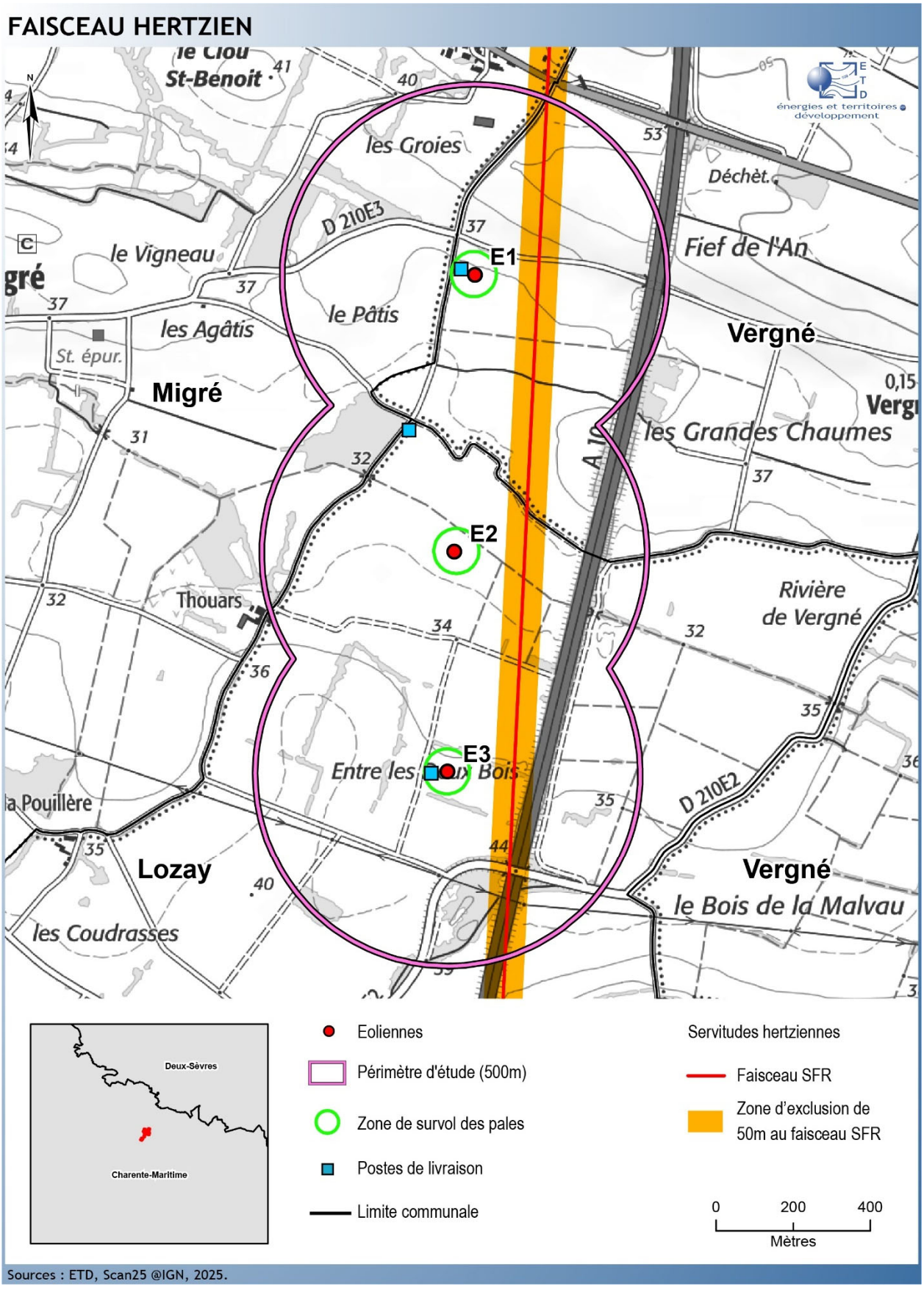
Aucun élément du parc éolien (éolienne, accès ou poste de livraison) ne se situe à l'intérieur d'un périmètre rapproché de protection de captage.

Liaisons hertziennes

Un faisceau hertzien SFR traverse le site du nord au sud à proximité des éoliennes (voir la carte ci-après). Dans un courrier en date du 26/9/2022, SFR indique : « *Il conviendra de ne pas envisager de projet éolien dans les zones d'exclusion, c'est-à-dire en respectant une distance de 50 ml (mètres linéaires) de part et*

[8] Distance à partir de laquelle l'activité considérée ne constitue plus un agresseur potentiel. Voir le paragraphe 7.3.1

d'autre de chaque liaison hertzienne (et plus précisément entre l'axe de la liaison FH et l'extrémité de l'une des pales de l'éolienne ». Le projet est conforme à cette recommandation d'exclusion.



Carte 7 – Faisceau hertzien SFR

3.3.3. Autres ouvrages publics

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

3.4. Synthèse des enjeux

Au final, et selon les critères de l'étude de dangers[9], les enjeux humains suivants ont été identifiés dans le périmètre de l'étude (soit dans un rayon de 500 m autour des éoliennes) :

- Personnes non abritées (promeneurs, agriculteurs, exploitants divers) présentes dans le périmètre de l'étude ;
- Véhicules susceptibles d'emprunter les voies de circulation du périmètre de l'étude.

La détermination du nombre de personnes (enjeux humains en équivalent personnes permanentes - epp) exposées dans le périmètre de l'étude de dangers est basée sur la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques de comptage applicables aux études de dangers (fiche n°1 de la circulaire – Voir l'annexe 3 page *128*). Ont été distingués :

- Les terrains non aménagés très peu fréquentés (terrains agricoles ou forestiers) avec l'hypothèse forfaitaire d'une personne permanente pour 100 ha ;
- Les terrains aménagés peu fréquentés (les plateformes permanentes de éoliennes) avec l'hypothèse d'une personne permanente pour 10 ha ;
- Les voies à faible circulation (largeur : 6 m), avec l'hypothèse forfaitaire d'une personne permanente pour 10 ha ;
- Les voies de circulation structurantes (autoroute A10) avec l'hypothèse forfaitaire de 0,4 personne permanente par km et par tranche de 100 véhicules par jour.
- La zone d'activité de l'entreprise Ouest palettes avec une fréquentation retenue de 7 epp sur une surface d'environ 20 000 m².

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

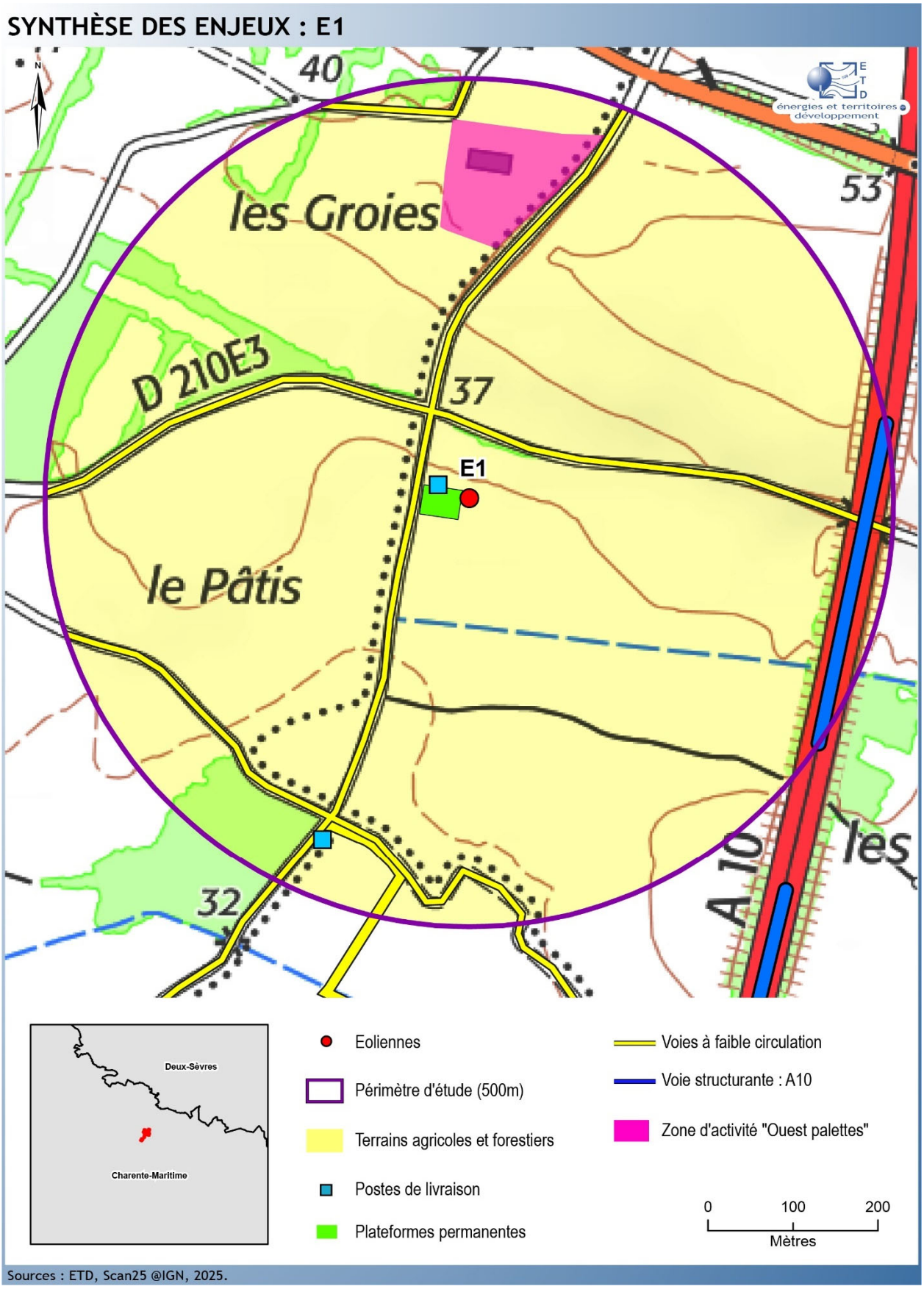
		Enjeu: personnes non abritées					Enjeu: véhicules						
	Rayon d'effet	Terrains non aménagés		Terrains aménagés peu fréquentés (plateformes permanentes)		ZA Ouest palettes	Voies peu fréquentées			Voies structurantes (A10)			
Eolienne	(m)	S (ha)	epp	S (ha)	epp	epp	L (m)	S (ha)	epp	L (m)	v/j	epp	**Total epp**
E1	500	78.5	0.79	0.23	0.02	7.0	3 037	1.82	0.18	395	23000	36	**44**
E2	500	78.5	0.79	0.21	0.02	0.0	3 089	1.85	0.19	730	23000	67	**68**
E3	500	78.5	0.79	0.24	0.02	0.0	2 395	1.44	0.14	882	23000	81	**82**

Tableau 9 - Fréquentation du périmètre d'étude (500 m)

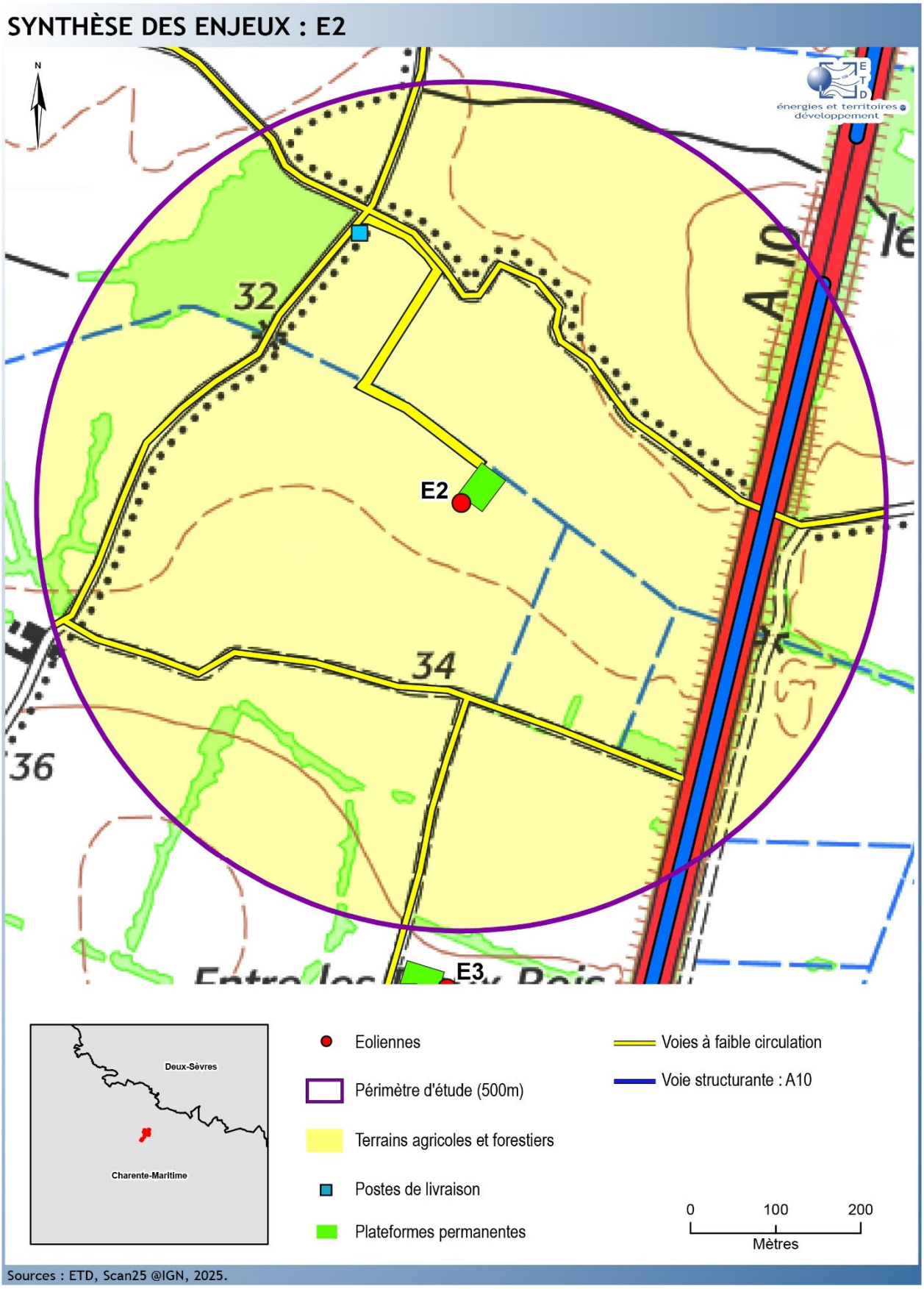
[9] L'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation environnementale impose une évaluation des accidents majeurs sur les personnes uniquement et non sur 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.

3.4.1. Cartographie de synthèse des enjeux

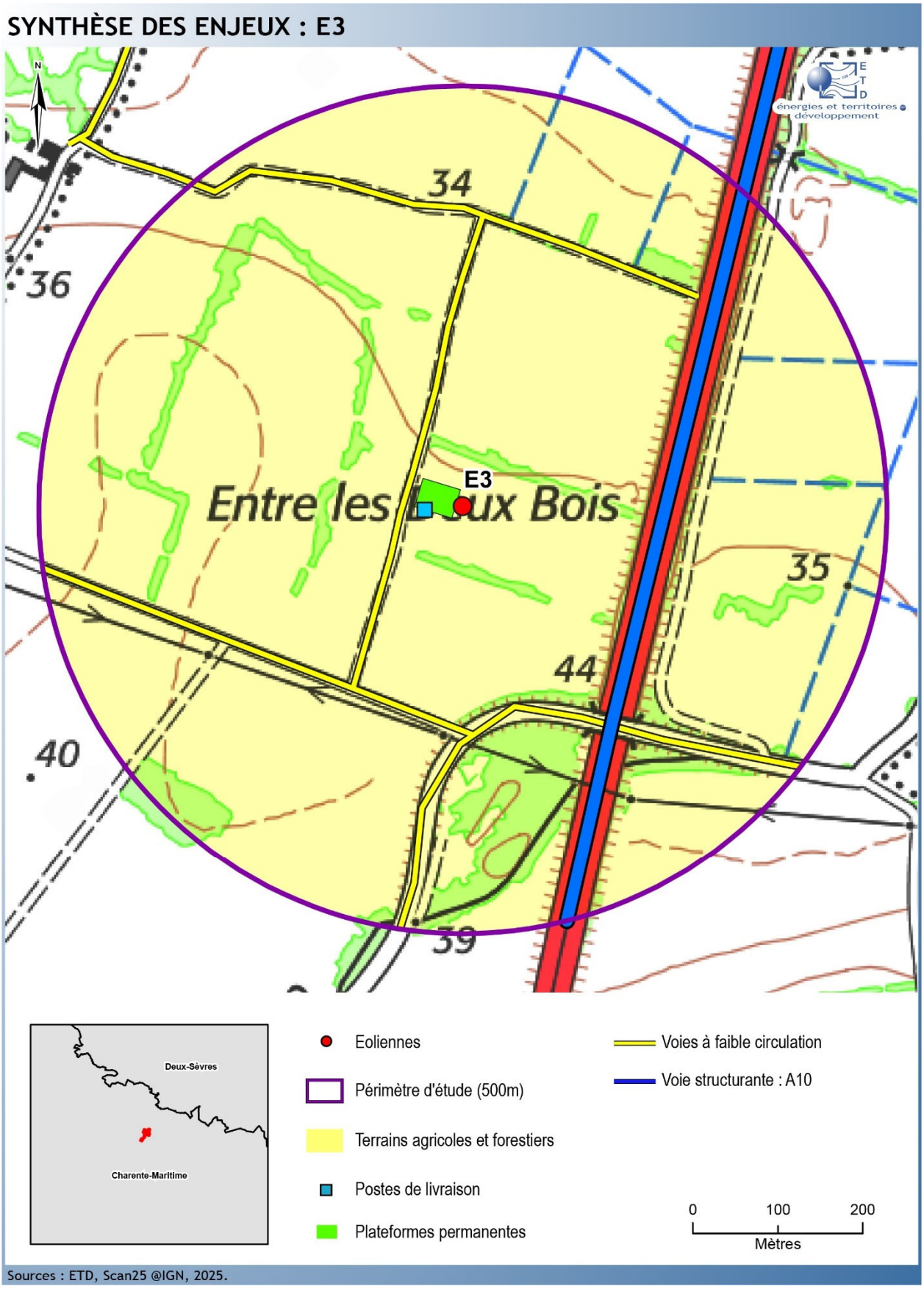
Les enjeux identifiés dans le périmètre de l'étude de chaque éolienne ont été cartographiés sur les cartes en pages suivantes.



Carte 8 - Synthèse des enjeux : éolienne E1



Carte 9 - Synthèse des enjeux : éolienne E2



Carte 10 - Synthèse des enjeux : éolienne E3

4. Description de l'installation

4.1. Caractéristiques de l'installation

4.1.1. Caractéristiques générales d'un parc éolien

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

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

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

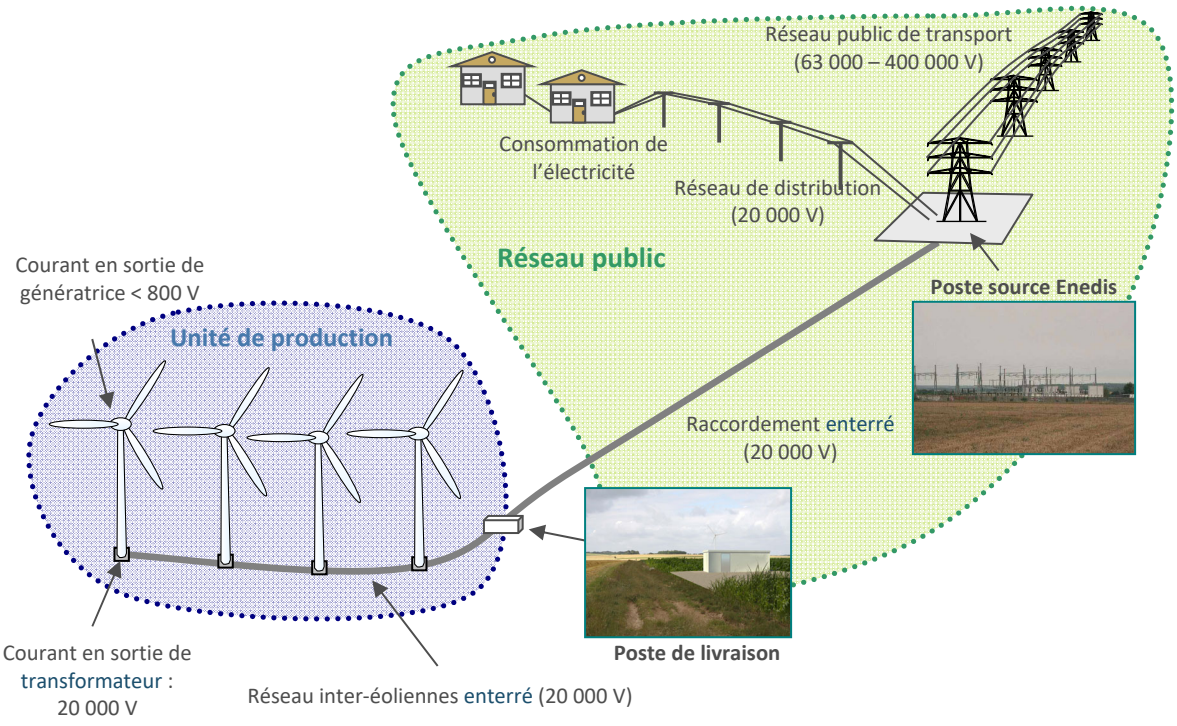


Figure 7 - Fonctionnement d'un parc éolien

L'éolienne :

Une éolienne est constituée des éléments principaux suivants :

1 - un rotor, constitué du moyeu, de trois pales et du système à pas variable ;

2 - une nacelle supportant le rotor, dans laquelle se trouvent des éléments techniques indispensables à la création d'électricité (train d'entraînement, éventuellement multiplicateur, génératrice, système d'orientation, …) ainsi que le système de freinage mécanique, les équipements de mesure de vent (anémomètre, girouette), le balisage diurne et nocturne nécessaire à la sécurité aéronautique ;

3 - un mât maintenant la nacelle et le rotor ;

4 - une fondation assurant l'ancrage de l'ensemble.

Ainsi que d'un transformateur (dans le mât ou dans la nacelle) et une installation de commutation moyenne tension.

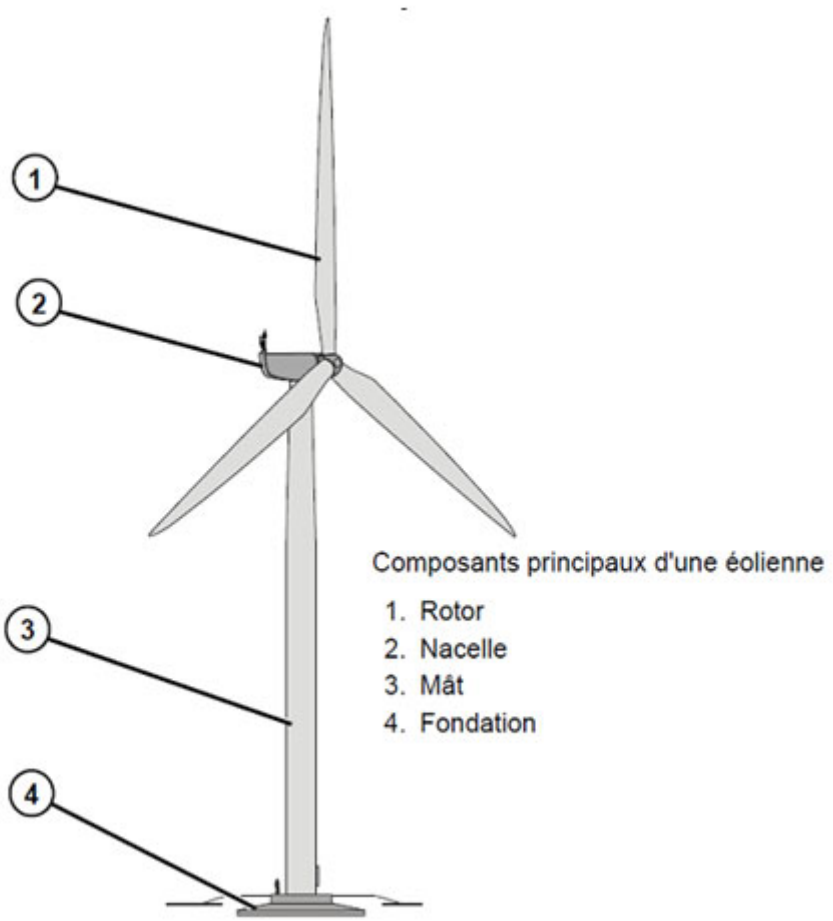


Figure 8 - Dénomination des différents éléments d'une éolienne

Emprise au sol

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

- La surface de chantier est une surface temporaire, durant la phase de construction, destinée aux manœuvres des engins et au stockage au sol des éléments constitutifs des éoliennes ;
- La fondation de l'éolienne est recouverte de terre végétale ou de graves. 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.

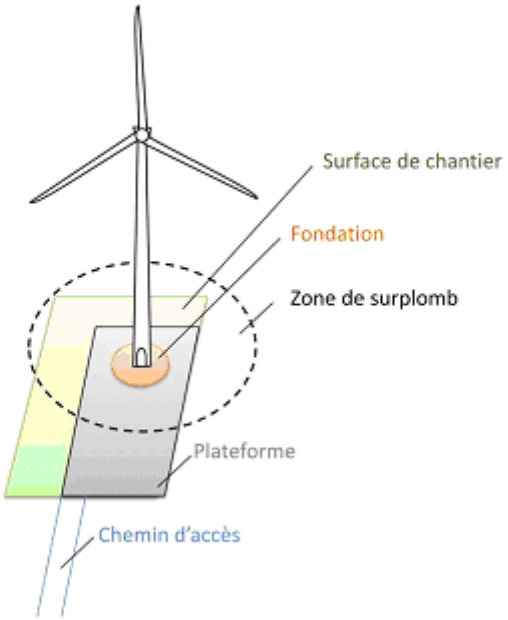


Figure 9 - Illustration des emprises au sol d'une éolienne

Chemins d'accès

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

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

Durant la phase de construction et de démantèlement, les engins empruntent ces chemins pour acheminer les éléments constituants des éoliennes et de leurs annexes. Durant la phase d'exploitation, les chemins sont utilisés par des véhicules légers (maintenance régulière) ou par des engins permettant d'importantes opérations de maintenance (exemple : changement de pale).

4.1.2. Activité de l'installation

Le parc éolien de La Trézence est destiné à la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent avec des aérogénérateurs d'une hauteur totale maximale de 180 mètres. A ce titre, cette installation est soumise à la rubrique 2980 des installations classées pour la protection de l'environnement.

4.1.3. Composition de l'installation

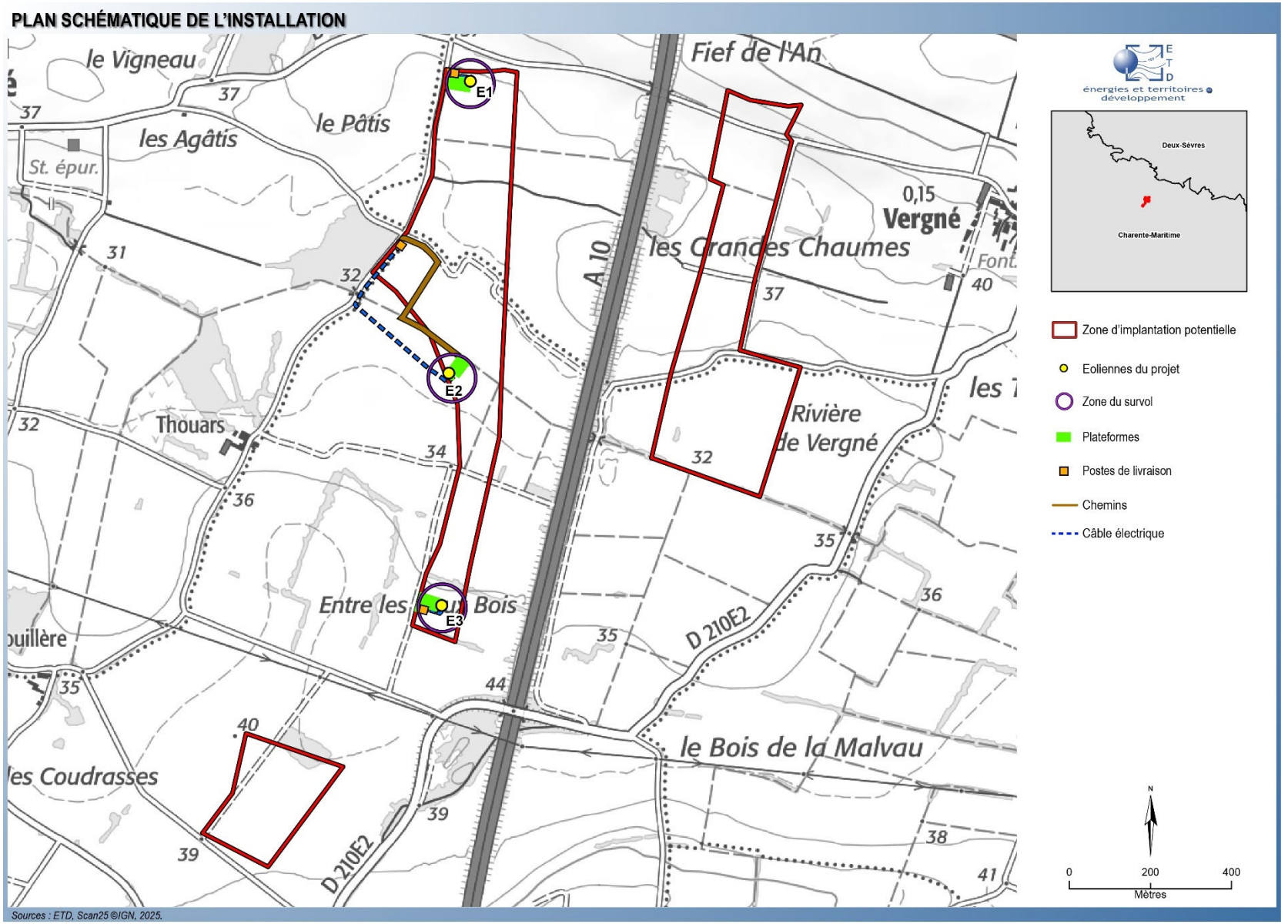
Le projet éolien de La Trézence est composé de 3 éoliennes et de 3 postes de livraison répartis sur le site. La puissance totale maximale du projet est de 10,8 MW.

Les coordonnées des éoliennes et des postes de livraison (PDL) sont les suivantes :

La Trézence	Lambert 93		Géo (°) WGS 84		Altitude terrain
Eolienne	X	Y	Longitude (E)	Latitude (N)	(m)
E1	426667	6558944	-0°32'15,97"	46°04'30,57"	34.6
E2	426622	6558219	-0°32'16,55"	46°04'07,19"	32.4
E3	426597	6557653	-0°32'16,51"	46°03'48,66"	35.4
PDL1	426627	6558965	-0°32'17,87"	46°04'31,18"	34.6
PDL2	426494	6558545	-0°32'23,20"	46°04'17,38"	31.8
PDL3	426553	6557652	-0°32'18,60"	46°03'48,54"	35.5

Tableau 10 - Coordonnées des éoliennes et des postes de livraison

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



Carte 11 - Plan schématique de l'installation

4.2. Fonctionnement de l'installation

4.2.1. Principe de fonctionnement de l'éolienne

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

Les pales se mettent en mouvement lorsque l'anémomètre (positionné sur la nacelle) indique une vitesse de vent d'environ 2 m/s, et c'est seulement à partir de 3 m/s que l'éolienne peut être couplée au réseau électrique. Le rotor et l'arbre dit « lent » transmettent alors l'énergie mécanique à basse vitesse (entre 5 et 14 tr/min) soit aux engrenages du multiplicateur, dont l'arbre dit « rapide » tourne environ 100 à 120 fois plus vite que l'arbre lent, soit directement à la génératrice dans le cas des éoliennes Enercon (entrainement direct de la génératrice - sans multiplicateur). 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, l'éolienne fournit sa puissance nominale.

L'électricité produite par la génératrice est convertie en courant alternatif de fréquence 50 Hz avec une tension de l'ordre de 700 V. La tension est ensuite élevée jusqu'à 20 kV 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 de transmission à l'intérieur de la nacelle. Ce frein mécanique n'est activé que par un arrêt d'urgence.

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

Eolienne envisagée		
Conditions climatiques	Température ambiante de survie	-20 ºC à +50 ºC
	Puissance nominale	-20 ºC à +40 ºC
	Arrêt	-20 ºC, redémarrage à -18 ºC
	Certificat	Classe 2 selon IEC 61400-1
Conception technique	Puissance nominale	3675 kW
	Régulation de puissance	Variation active de pale individuelle
	Diamètre du rotor	117 m
	Hauteur du moyeu	120 m
	Concept de l'installation	Boite de vitesse, vitesse de rotation variable
	Plage de vitesse de rotation du rotor	7.9 à 14,1 tours par min

Eolienne envisagée		
Rotor *Capte l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice*	Type	Orientation active des pales face au vent
	Sens de rotation	Sens horaire
	Nombre de pales	3
	Surface balayée	10 715 m2
	Contrôle de vitesse	Variable via microprocesseur
	Contrôle de survitesse	Pitch électromotorisé indépendant sur chaque pale
	Matériau des pales	Plastique renforcé à la fibre de verre (GFK), protection contre la foudre intégrée en accord complet avec la norme IEC 61 - 400-24 (Juin 2010)
Nacelle *Supporte le rotor et abrite le dispositif de conversion de l'énergie mécanique en électricité (génératrice, etc.) ainsi que les dispositifs de contrôle et de sécurité*	Arbre de rotor *Transmet le mouvement de rotation des pales*	Entraîné par les pales
	Multiplicateur *Augmente le nombre de rotation de l'arbre*	Engrenage planétaire à plusieurs étages + étage à roue dentée droite ou entraînement différentiel Tension nulle
	Génératrice *Produit l'électricité*	Asynchrone à double alimentation Tension de 660 V
Système de freinage	Frein principal aérodynamique	Orientation individuelle des pales par activation électromécanique avec alimentation de secours
	Frein auxiliaire mécanique	Frein à disque à actionnement actif sur l'arbre rapide
Mât *Supporte le rotor et la nacelle*	Type	Tubulaire en acier
	Nombre de sections	4
	Protection contre la corrosion	Revêtement multicouche résine époxy
	Fixation du pied du mât	Cage d'ancrage noyée dans le béton de fondation
Transformateur *Elève la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau*	Caractéristiques	A l'intérieur du mât Tension de 20 kV à la sortie
Fondation *Ancre et stabilise le mât dans le sol*	Type	En béton armé, de forme octogonale
	Dimensions	Design adapté en fonction des études géotechnique et hydrogéologique réalisées avant la construction
Contrôle commande	Type matériel logiciel	Remote Field Controller/PLC, Scada
	Démarrage automatique après coupure de réseau	Oui
	Démarrage automatique après vent de coupure	Oui
Périodes de fonctionnement	1,1 à 3 m/s	Un automate, informé par une girouette, commande aux moteurs d'orientation de placer l'éolienne face au vent
	Environ 3 m/s	Le vent est suffisant pour générer de l'électricité.

Eolienne envisagée		
		L'éolienne peut être couplée au réseau électrique
	> 3 m/s	La génératrice délivre un courant électrique alternatif, dont l'intensité varie en fonction de la vitesse du vent
	12.6 à 25 m/s	L'éolienne fournit sa puissance nominale. Cette dernière est maintenue constante grâce à une réduction progressive de la portance des pales
Poste de livraison *Adapte les caractéristiques du courant électrique à l'interface entre le réseau privé et le réseau public*	Caractéristiques	Equipé de différentes cellules électriques et automates qui permettent la connexion et la déconnexion du parc éolien au réseau 20 kV

Tableau 11 - Caractéristiques génériques des éoliennes retenues

4.2.2. Sécurité de l'installation

4.2.2.1. Systèmes de sécurité

Les différents systèmes de sécurité de l'installation sont détaillés au stade de l'analyse préliminaire des risques (paragraphe 7.6 - Mise en place des mesures de sécurité), et notamment les principales fonctions de sécurité contre les risques suivants :

- Le risque lié au givre (fonctions de sécurité n°1 et 2) ;
- L'échauffement des pièces mécaniques (fonction n°3) ;
- La survitesse du rotor (fonction n°4) ;
- Le risque électrique (court-circuit) (fonction n° 5) ;
- La foudre (fonction n° 6) ;
- L'incendie interne à l'éolienne (fonction n° 7) ;
- Le vent fort (fonction n°11).

4.2.2.1. Conformité et respects des normes

Conformité aux prescriptions de l'arrêté ministériel

L'installation est déclarée conforme aux prescriptions de l'arrêté ministériel du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 relatif aux installations soumises à autorisation au titre de la rubrique 2980 des installations classées relatives à la sécurité de l'installation ainsi qu'aux principales normes et certifications applicables à l'installation. Notamment le fournisseur des éoliennes sera en mesure de justifier des solutions mises en œuvre pour répondre article par article aux prescriptions de l'arrêté du 26 août 2011 modifié.

Notamment :

Art. 8.-L'aérogénérateur est conçu pour garantir le maintien de son intégrité technique au cours de sa durée de vie. Le respect de la norme NF EN 61 400-1 ou IEC 61 400-1, dans leur version en vigueur à la date de dépôt du dossier de demande d'autorisation environnementale prévu par l'article L. 181-8 du code de l'environnement, ou toute norme équivalente en vigueur dans l'Union européenne à l'exception des dispositions contraires aux prescriptions du présent arrêté, permet de répondre à cette exigence. « Un rapport de contrôle d'un organisme compétent atteste de la conformité de chaque aérogénérateur de l'installation avant leur mise en service industrielle. « En outre l'exploitant dispose des justificatifs démontrant que chaque aérogénérateur de l'installation est conforme aux dispositions de l'article R. 111-38 du code de la construction et de l'habitation. »

Classification des éoliennes selon la norme IEC 61400-1

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

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

Tableau 12 - Classe de vent des éoliennes

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

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

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

L'exploitant impose par ailleurs au constructeur qu'il délivre un certificat de conformité à la norme IEC 61400-1 adapté aux conditions de vent du site et réalisé suivant les règles et procédures de l'IEC WT 01 (*type certificate*). La fourniture des certificats est une condition de la réception définitive de l'installation. L'exploitant s'engage à fournir à l'administration le certificat de conformité des machines définitivement choisies en amont de la construction du parc.

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

Les éoliennes qui seront implantées sur le parc éolien de La Trézence sont certifiées à plusieurs titres *:*

- Conception des installations : dispositions de la norme NF EN 61400-1 dans sa version de juin 2006 à l'exception des dispositions contraires aux prescriptions de l'arrêté du 26 août 2011 modifié. Dispositions de la norme IEC EN 61400-24 dans sa version de juin 2010 ;

- Pour la partie turbine, la machine respecte les normes EN53108, EN 61400 ainsi que la directive machine 2006/42/CE ;

- **Au titre de la conception et du contrôle des fondations,** outre l'application des règlements nationaux usuels pour les ouvrages de génie civil, le maître d'ouvrage impose dans son cahier des charges que les fondations soient conçues conformément à l'Eurocode 2 concernant les sollicitations de fatigue[10]. En outre, le maître d'ouvrage confie toujours une mission couvrant la "Solidité des ouvrages et des éléments d'équipements indissociables" à un bureau de contrôle agréé. Les plans et notes de calcul doivent donc être soumis à l'avis du bureau de contrôle avant la réalisation des travaux ;

- **Au titre de la sécurité du personnel d'exploitation et de maintenance,** les éoliennes qui seront érigées seront conformes :

  a) aux directives européennes :
  - "directive machine" 98/37/CE,
  - directive 73/23/EEC, relative aux équipements électriques,
  - directive 89/336/EEC, relative à la compatibilité électromagnétique.

  b) à la norme : EN 50308 : aérogénérateurs – mesures de protection – exigences pour la conception, le fonctionnement et la maintenance.

  c) au Code du travail.

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

- NFC 15-100 : installations électriques basse tension (version compilée de 2008),
- NFC 13-200 : installations électriques haute tension (version de 2009),
- NFC 13-100 : postes de livraison Haute tension/Basse tension raccordés à un réseau de distribution de seconde catégorie (version de 2001) ;

- **Mesures des nuisances acoustiques,** NF 31-114 dans sa version en vigueur six mois après la publication de l'arrêté de classement ICPE des parcs éoliens ; NFS 31-114 dans sa version de mai 2011.

Enfin, l'exploitation et la maintenance des éoliennes sont confiées à du personnel qualifié et formé régulièrement suivant les consignes préalablement définies dans les manuels rédigés par le constructeur lui-même. A noter que ENGIE Green est exploitant et assure la maintenance de ses parcs.

Balisage des éoliennes :

Le balisage des éoliennes est défini par l'arrêté du 23 avril 2018 modifié en mars 2022 relatif à la réalisation du balisage des obstacles à la navigation aérienne. Les éoliennes retenues seront conformes à cet arrêté. Par ailleurs ce projet est implanté à une distance supérieure à 25 km d'une côte maritime, il n'est donc pas concerné par les dispositions issues du décret n° 2017-1653 relatif à la signalisation maritime du 30 novembre 2017 modifié le 29 septembre 2020.

[10] Rupture progressive

4.2.2.2. Contrôle du système

Procédures d'exploitation

Un ensemble de procédures d'exploitation est mis en place par l'exploitant. Ces procédures se conforment notamment aux obligations de l'arrêté du 26 août 2011 modifié.

Conduite du système

Les éoliennes sont des équipements de production d'énergie qui sont disposés à l'écart des zones urbanisées et qui ne nécessitent pas de présence permanente de personnel. Bien que certaines opérations nécessitent des interventions sur site, les éoliennes sont surveillées et pilotées à distance. Pour cela, les installations sont équipées d'un système SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) qui permet le pilotage à distance à partir des informations fournies par les capteurs. Les parcs éoliens sont ainsi reliés à des centres de télésurveillance permettant le diagnostic et l'analyse de leur performance en permanence, ainsi que certaines actions à distance. Ce dispositif assure la transmission de l'alerte en temps réel en cas de panne ou de simple dysfonctionnement.

Il permet également de relancer aussitôt les éoliennes si les paramètres requis sont validés et les alarmes traitées. C'est notamment le cas lors des arrêts de l'éolienne par le système normal de commande (en cas de vent faible, de vent fort, de température extérieure trop élevée ou trop basse, de perte du réseau public, …). Par contre, en cas d'arrêt lié à des déclenchements de capteurs de sécurité (déclenchement survitesse, déclenchement détecteur d'arc ou température haute, pression basse huile, …), une intervention humaine sur l'éolienne est nécessaire pour examiner l'origine du défaut et acquitter l'alarme avant de pouvoir relancer un démarrage.

En cas d'intervention, des équipes de techniciens sont réparties sur le territoire afin de pouvoir réagir rapidement. Les interventions sont toujours faites par une équipe d'au moins deux personnes. Afin d'assurer la sécurité des équipes intervenantes, un dispositif de prise de commande locale de l'éolienne est disposé en partie basse de la tour. Ainsi, lors des interventions sur l'éolienne, les opérateurs basculent ce dispositif sur « commande locale » ce qui interdit toute action pilotée à distance.
Toute intervention dans le rotor n'est réalisée qu'après mise à l'arrêt de celui-ci et sous condition de vent adaptée. De plus, des dispositifs de sectionnement sont répartis sur l'ensemble de la chaîne électrique afin de pouvoir isoler certaines parties et protéger ainsi le personnel intervenant. Au-delà de certaines vitesses de vent, les interventions sur les équipements ne sont pas autorisées.

Perte d'utilité : perte du réseau électrique :

Effets : en cas de perte du réseau électrique, la pression accumulée dans les systèmes d'orientation des pales est renvoyée vers le réseau hydraulique de la nacelle ce qui a pour effet d'entraîner une mise en drapeau des pales qui va permettre un freinage aérodynamique du rotor et une mise à l'arrêt de l'éolienne.
Mesures prévues : dans ce cas, il n'y a pas de danger particulier, les équipes de gestion technique sont prévenues par SMS et/ou mail de la déconnexion des machines du réseau. Le centre de conduite du gestionnaire de réseau (ENEDIS) est alors contacté pour connaitre les raisons de cette panne et demander l'autorisation de reconnexion si le réseau est à nouveau disponible.
Capacité et délais d'interventions : ce cas de figure ne présentant pas de danger pour la sécurité, les équipes vont intervenir dans les meilleurs délais pour permettre la reprise de la production.

Perte d'utilité : perte du réseau de télécommunication :

Effets : ceci peut entrainer la non réception des alarmes par les équipes d'exploitation et de maintenance. Ainsi, l'effet cumulé avec la survenance d'un incendie ou de l'entrée en survitesse pourrait retarder le temps de prévenance des secours.
Mesures prévues : le système d'alarme sera doublé et utilisera deux technologies (ADSL/FIbre avec 4g en secours ou Starlink et adsl/fibre en secours), afin de pallier à la défaillance de l'un des deux systèmes d'alerte.
Capacités et délais d'intervention : en cas de panne d'un système de télécommunication, l'opérateur prendra contact avec le gestionnaire du réseau de télécommunication dans les meilleurs délais pour demander le rétablissement du service. La solution de secours assurera la prévenance en cas d'incendie ou de survitesse.

Moyens de détection et/ou d'extinction incendie :

Il est strictement interdit de fumer dans les aérogénérateurs et dans les postes de livraison.

Chacun des aérogénérateurs est doté de détecteurs de fumée[11] et de plusieurs extincteurs et a minima : dans la nacelle et au pied de la tour. Tous les techniciens d'entretien seront correctement formés à l'utilisation appropriée des équipements de sécurité, et notamment des extincteurs. Les emplacements, état et qualité des extincteurs feront l'objet de contrôles réguliers de sécurité.

4.2.2.3. Situations d'urgence

Gestion de la sécurité et gestion des situations d'urgence et de crises

L'exploitant du site dispose d'une procédure de gestion des situations d'urgence. Le personnel intervenant et les équipes extérieures sont formés pour réagir à ces situations et des exercices sont réalisés périodiquement.

Les éoliennes sont munies de systèmes de protection et se mettent en sécurité en cas de dysfonctionnement. Des alertes sont alors envoyées aux centres de conduite et de surveillance. De plus, un numéro d'astreinte 24/24 est fourni aux mairies, et au Services Départementaux d'Incendie et Secours (SDIS) situés à proximité des parcs éoliens.

En cas d'urgence, une procédure d'alerte pour remonter les informations aux autorités concernées est mise en place.

Par ailleurs, l'exploitant du site dispose d'une procédure de maîtrise des risques accompagnée du Document Unique et des plans de prévention sont établis pour les opérations réalisées par des entreprises extérieures.

Prévention des incendies

Le risque « incendie » fait partie des risques naturels recensés pour la commune de Lozay (source : DDRM de la Charente Maritime). La commune de Vergné ne présente pas de sensibilité au risque d'incendie. Les éoliennes du projet sont implantées en zone agricole, elles ne sont pas exposées au risque feu de forêt.

[11] Conformément à l'arrêté ICPE du 26 août 2011

Il est à noter que la réglementation sur les installations classées pour la protection de l'environnement impose aux parcs éoliens le maintien en permanence d'au moins une voie carrossable pour permettre l'intervention des véhicules de secours et d'incendie.

Les départs d'incendie liés à un parc éolien pourraient être dus à la foudre ou à une défaillance des équipements électriques. Les aérogénérateurs sont tous munis d'un dispositif de protection contre la foudre et les équipements électriques observent les normes en vigueur (NF EN 60204-1 et 60 204-11 (Sécurité des machines – Equipement électrique des machines). Les éoliennes sont donc peu susceptibles d'être à l'origine d'un incendie.

Le SDIS de la Charente Maritime confirme les préconisations habituelles (accessibilité au site, aux éoliennes, techniques d'évacuation). A noter qu'un DECI[12] a été installé à proximité du parc éolien vers le lieu-dit Thouars.

Moyens externes :

En cas de sinistre, les procédures indiquent d'alerter les services de secours et d'incendie. Le centre de secours le plus proche du site est celui de Loulay situé à moins de 5 km.

Les accès sont aménagés et entretenus pour permettre aux engins des services d'incendie et de secours d'évoluer sans difficulté en toute circonstance, ces pistes étant par ailleurs régulièrement empruntées par les véhicules des équipes de maintenance.

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

Numéros d'urgence :

Le personnel intervenant a pour consigne d'appeler le 112 en cas d'accident ou d'incendie. Les plans d'accès au site, ainsi que les coordonnées et caractéristiques pertinentes des aérogénérateurs (hauteur, conditions d'accès, identification et localisation des dangers, etc.) seront communiqués au SDIS avant la mise en service des éoliennes.

Circuits d'évacuation en cas de sinistre :

Chaque aérogénérateur compte 2 issues :

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

Premiers secours :

Le personnel intervenant dans les aérogénérateurs est formé aux premiers secours. Chaque aérogénérateur est équipé de 2 boîtes de premiers secours (1 au pied de la tour, 1 en nacelle). Les véhicules des techniciens de maintenance sont également dotés d'une boîte de premiers secours.

Règles particulières en cas de choc électrique : Les consignes de soins aux électrisés sont affichées dans chaque aérogénérateur et au poste de raccordement. Une perche à corps doit être utilisée lors des

[12] DECI : aménagement de défense extérieur contre l'incendie.

manœuvres sur les installations HT, conformément aux instructions données lors des formations de préparation à l'habilitation électrique.

4.2.3. Opération d'entretien et de maintenance

Note : 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.

Par ailleurs, 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 (voir au paragraphe *7.6 – Mise en place des mesures de sécurité)*.

Formation des personnels

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

Conformément à l'article 15 du 26 août 2011 modifié, les techniciens de maintenance possèdent des formations en interne concernant le travail à effectuer. Ils sont également soumis à l'obtention de plusieurs habilitations, mises à jour périodiquement :

- Travail en hauteur ;
- Habilitation électrique BT/HT ;
- Sauveteur Secouriste du Travail ;
- Certificat d'aptitude par la médecine du travail.

Les habilitations de l'ensemble des techniciens sont mises à disposition de l'exploitant. Les consignes de sécurité enseignées aux techniciens sont celles conformes à l'article 22 de l'arrêté du 26/08/2011.

Le personnel de maintenance procède annuellement à des exercices d'entrainement aux situations d'urgence. Les scénarii effectués sont l'évacuation d'une personne sur l'échelle et l'évacuation de l'éolienne en cas d'incendie. Ces exercices d'entrainement sont assurés le cas échéant en lien avec les services de secours. La formation continue concerne :

- 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 ;
- le cas échéant, les informations à transmettre aux services de secours externes ;
- les risques principaux d'exploitation dont la survitesse, les incendies ou la formation de glace.

Maintenance préventive

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

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

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

Pour la maintenance, c'est l'équipe de techniciens spécialisés du centre de maintenance du constructeur des éoliennes implantée au plus près du parc éolien qui interviendra. En cas de déviance sur la production ou d'avaries techniques, une équipe de maintenance interviendra sur le site.

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

4.2.4. 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 en projet.

Durant leur formation, les techniciens reçoivent la consigne de maintenir les aérogénérateurs en parfait état de propreté et de ne pas y entreposer de matériaux, combustibles et inflammables ou non. Leur support de formation basique électrique/mécanique le stipule explicitement. Des rappels réguliers sont effectués lors des rappels de sécurité qu'ils suivent tous les 6 mois.

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

4.3. Fonctionnement des réseaux de l'installation

4.3.1. Raccordements électriques

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

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

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

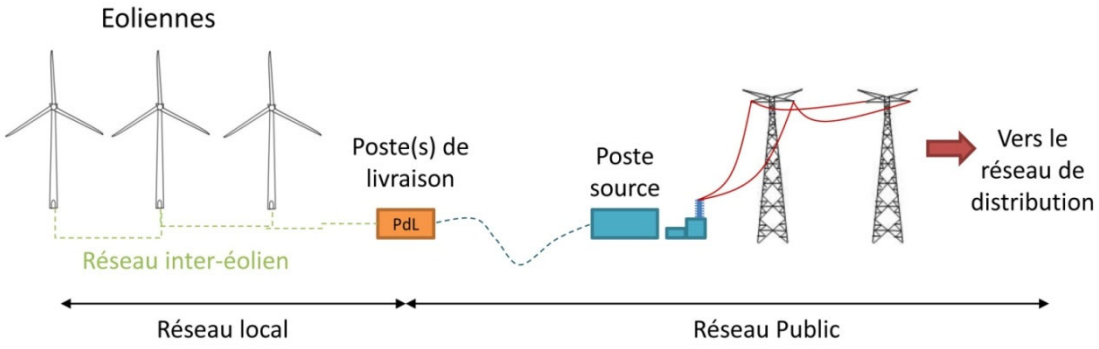


Figure 10 - Schéma de principe du raccordement électrique d'un parc éolien

- Le réseau HTA inter- éoliennes

La tension de l'électricité produite par la génératrice de chaque éolienne est élevée à 20 000 Volts par des transformateurs intégrés dans le mât ou la nacelle de l'éolienne. Les éoliennes sont reliées entre elles par des câbles enfouis à une profondeur minimale de 80 cm, normalisés et prévus pour le transport d'un courant d'une tension de 20 000 V. Les liaisons enterrées inter-éoliennes, puis de raccordement vers les postes de livraison, sont réalisées soit en bordure de chemin ou sous la route si l'accotement n'est pas utilisable, soit directement au travers des terrains agricoles.

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

Conformité des liaisons électriques

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

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

Par ailleurs, le pétitionnaire s'engage à respecter les dispositions de l'article R323-40 modifié par décret n°2018-1160 du 17 décembre 2018 - art. 4 (code de l'énergie) relatif à la conformité des ouvrages électriques situés en amont du point d'injection.

- La liaison postes de livraison - poste source

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

A ce jour, la solution de raccordement la plus pertinente au regard de la facilité de mise en œuvre et du potentiel de raccordement est aujourd'hui celle du poste source de Boisseuil. La solution de raccordement définitive ne sera définie qu'après obtention de l'arrêté d'autorisation.

4.3.2. Autres réseaux

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

5. Identification des potentiels de dangers de l'installation

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

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

5.1. Les potentiels de dangers liés aux produits

Les risques associés aux différents produits sont :

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

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

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

L'activité de production d'électricité par les éoliennes ne consomme pas de matières premières (hormis l'acier et/ ou le béton qui ont été nécessaires à la construction des éoliennes), ne génère pas d'émission atmosphérique mais peut générer une petite quantité de déchets dans le cadre de l'exploitation des parcs. Les produits identifiés dans le cadre du projet sont utilisés pour le bon fonctionnement des éoliennes, leur maintenance et leur entretien :

- Produits nécessaires au bon fonctionnement des installations (graisses et huiles de transmission, huiles hydrauliques pour systèmes de freinage…), qui une fois usagés sont traités en tant que déchets industriels spéciaux,

- Produits de nettoyage et d'entretien des installations (solvants, dégraissants, nettoyants…) et les déchets industriels banals associés (pièces usagées non souillées, cartons d'emballage…), évacués selon la procédure adaptée[13]. Le détail concernant les produits de nettoyage et d'entretien des installations présents ponctuellement au moment des opérations d'entretien des machines sera apporté par l'exploitant au moment de la mise en service de l'installation.

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 les postes de livraison (en dehors des produits nécessaires au fonctionnement de l'éolienne).

Rappel de la règlementation

- Code de l'environnement articles L541-1 à L541-8
- Directive 67/548/CEE du Conseil, du 27 juin 1967, concernant le rapprochement des dispositions législatives, réglementaires et administratives relatives à la classification, l'emballage et l'étiquetage des substances dangereuses ; modifiée par le nouveau règlement (CE) N° 1272/2008 et la création de l'Agence Européenne des produits chimiques.

[13] Voir demande d'autorisation environnementale - Procédure de Gestion des déchets

INVENTAIRE DES PRODUITS (exemple)

Système	Lubrifiant	Spécification	Quantité typique	Classe ADR/IMDG/IATA	Fréquence de remplacement
Boîte de vitesses	Huile synthétique VG320	ISO-VG 320	400–650 L	Non classée	5 ans
Système yaw (orientation)	Huile VG320	ISO-VG 320	8 L	Non classée	5 ans
Système hydraulique	Huile VG32	Mobil DTE13M / Castrol…	225 L	Non classée	5 ans
Graisse paliers pales/yaw	Shell Rhodina BBZ	Graisse spéciale pales	6 kg	Non classée	Annuel
Graisse roulements générateur	Klüber Plex BEM-41-132	Graisse polyuréa	1 kg	Non classée	Annuel

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

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

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

Ces dangers potentiels sont recensés dans le tableau suivant :

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

Tableau 13 - Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation

5.3. Réduction des potentiels de dangers à la source

5.3.1. Principales actions préventives

Le porteur du projet veille à réduire autant que possible les potentiels de dangers en intégrant cet aspect dans la conception du projet. Le modèle d'éolienne retenu est certifié ce qui contribue à assurer une sécurité optimale de l'installation.

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

Les éoliennes doivent être légalement éloignées d'au minimum 500 m des habitations. La distance minimale aux habitations observée sur ce projet est de 502 m (maison en ruine de Thouars).

Les éoliennes sont implantées sur des terrains agricoles. Les principaux enjeux rencontrés dans le périmètre de l'étude de dangers (soit dans le rayon des 500 m autour des éoliennes) sont ceux liés à la présence de l'autoroute A10 (voie de circulation structurante[14]), de quelques voies de circulation non structurantes (dessertes locales et chemins d'exploitation), ainsi que d'une zone d'activité (entreprise Ouest palettes).

Dans le périmètre de l'étude, on ne note aucune voie ferrée, ni voie navigable, aucun établissement recevant du public.

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

Les éoliennes envisagées sont des éoliennes de conception récente, certifiées, respectant les normes européennes.

En ce qui concerne **la résistance aux vents extrêmes**, la classe de conception des éoliennes retenues (norme IEC 61400-1), sera vérifiée conforme aux caractéristiques de vent du site par le constructeur des machines. Les normes de sécurité appliquées, ainsi que les principaux systèmes de sécurité de l'éolienne retenue sont décrits au paragraphe **4.2.2 – Sécurité de l'installation**.

Concernant **la projection de bris de glace**, la réduction des dangers est assurée via un système de déduction de formation de glace sur l'éolienne avec arrêt automatique de l'éolienne (voir fonction de sécurité n°1 du paragraphe 7.6 – Mise en place des mesures de sécurité). Conformément à la réglementation ICPE, des panneaux d'information seront mis en place pour informer les riverains des risques éventuels. L'option dégivrage des pales (pales chauffantes) n'est pas retenue pour les éoliennes de ce projet.

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

Feux de forêt : sans objet pour ce projet.

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

[14] C'est-à-dire présentant un trafic moyen supérieur à 2000 véhicule par jour

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

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

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

Substitution des équipements

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

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

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

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

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

Réduction des dangers liés aux produits

Les plus gros volumes de produits présents dans une éolienne sont les lubrifiants (plusieurs centaines de litres). Les lubrifiants sont 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.

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.

5.3.2. Utilisation des meilleures techniques disponibles

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

Les installations éoliennes, ne rejetant aucune émission dans l'atmosphère, ne sont pas soumises à cette directive.

6. Analyse des retours d'expérience

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

Il n'existe actuellement aucune base de données officielle recensant l'accidentologie dans la filière éolienne au niveau mondial. 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.

6.1. Inventaire des accidents et incidents en France

Un inventaire des incidents et accidents en France a été réalisé afin d'identifier les principaux phénomènes dangereux potentiels pouvant affecter un parc éolien. Cet inventaire se base sur la base de données ARIA du Ministère du Développement Durable, permettant d'arriver à un inventaire aussi complet que possible des incidents survenus 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.

Analyse des accidents survenus en France

A fin 2024, 117 accidents touchant à l'intégrité matérielle d'une éolienne ont été recensés en France (sur un total d'environ 10 000 éoliennes installées). Cette synthèse exclut les accidents de construction et les événements qui n'ont pas conduit à des effets sur les zones autour des aérogénérateurs. A ce jour, à l'exception des opérations de maintenance, aucun des accidents français n'a entraîné de victime.

Le graphique suivant montre la répartition de ces événements accidentels survenus sur le parc d'aérogénérateurs français entre 2002 et 2024.

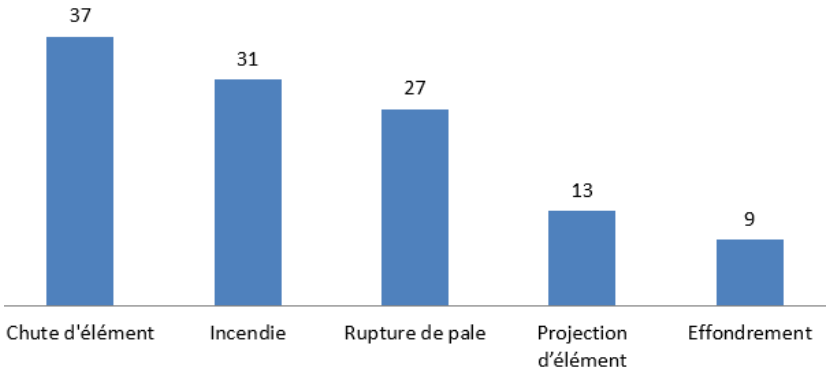


Figure 11 - Répartition des accidents du parc éolien français (base ARIA - 2002-2024)

Par ordre d'importance, les accidents les plus recensés sont les chutes d'élément, les incendies (hors incendies criminels), les ruptures de pale, les projections d'élément et les effondrements.

6.2. Inventaire des accidents et incidents à l'international

Un inventaire des incidents et accidents à l'international a également été réalisé. Il se base sur le retour d'expérience de la filière éolienne jusqu'au 30 juin 2021.

La synthèse ci-dessous provient de l'analyse de la base de données réalisée par l'association Caithness Wind Information Forum (CWIF). Seuls les « accidents majeurs » ont été considérés. Les autres concernant plutôt des accidents du travail, des presque-accidents, des incidents, etc. n'ont pas été pris en compte dans l'analyse.

Au 30 juin 2021, 1 155 accidents pouvant être considérés comme des accidents majeurs (effondrements, ruptures de pale, incendies et projection de glace) sont recensés au niveau mondial. Le graphique suivant montre la répartition de ces événements accidentels :

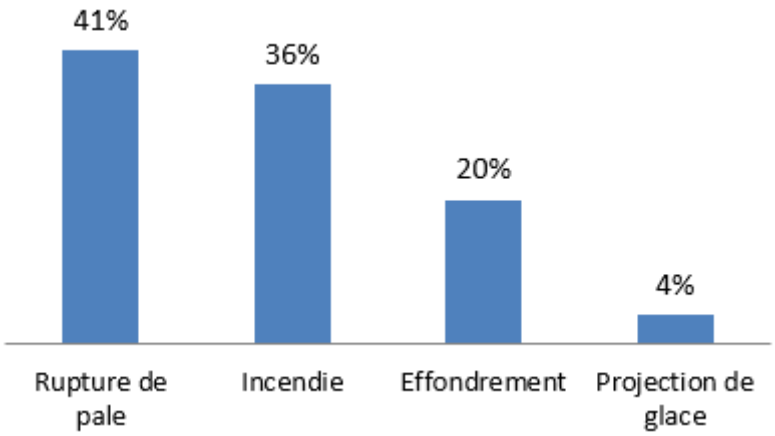


Figure 12 - Répartition des évènements accidentels majeurs dans le monde (CWIF 2021)

Soit pour les ruptures de pale, 41% des accidents majeurs contre 44% fin 2010, 36% d'incendies contre 32% fin 2010 et 20% d'effondrements contre 24% fin 2010.

Ci-après, est présenté le recensement des causes premières pour chacun des événements accidentels recensés au niveau mondial (données en répartition par rapport à la totalité des accidents analysés). Cette analyse des causes premières est celle effectuée par le groupe de travail Ineris/SER/FEE au moment de la rédaction du guide de l'étude de dangers en 2012 :

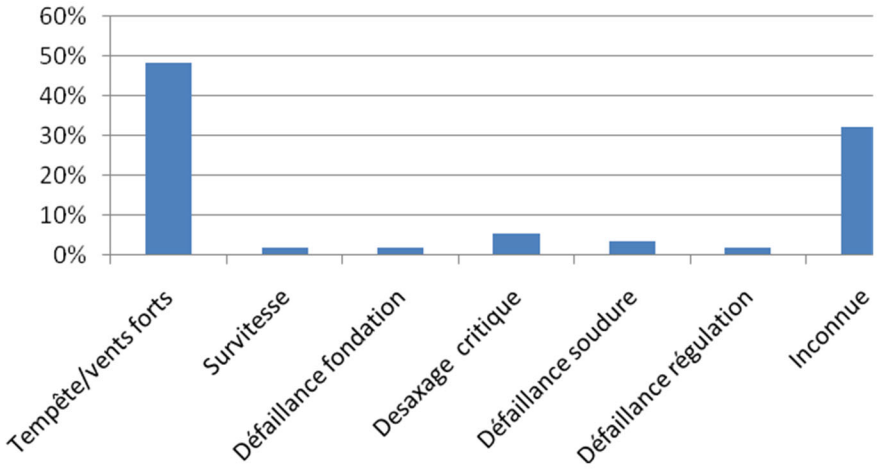


Figure 13 - Répartition des causes premières d'effondrement, SER-FEE[15] 2012

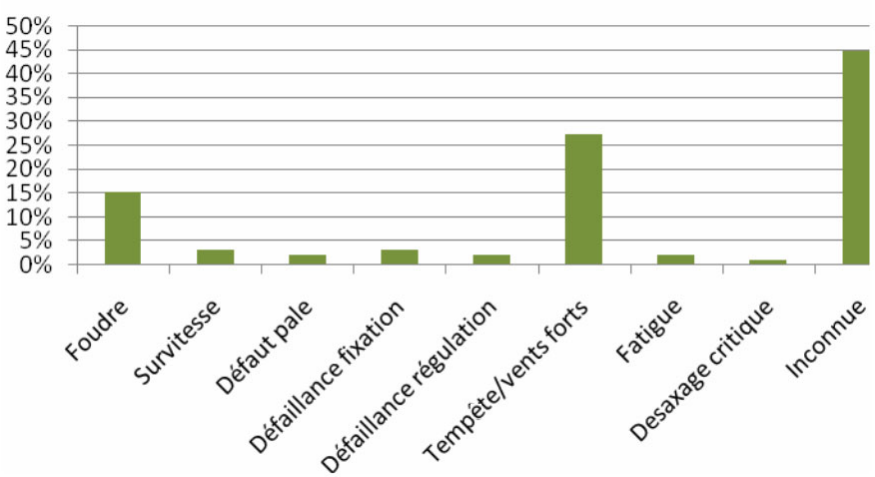


Figure 14 - Répartition des causes premières de rupture de pale, SER-FEE 2012

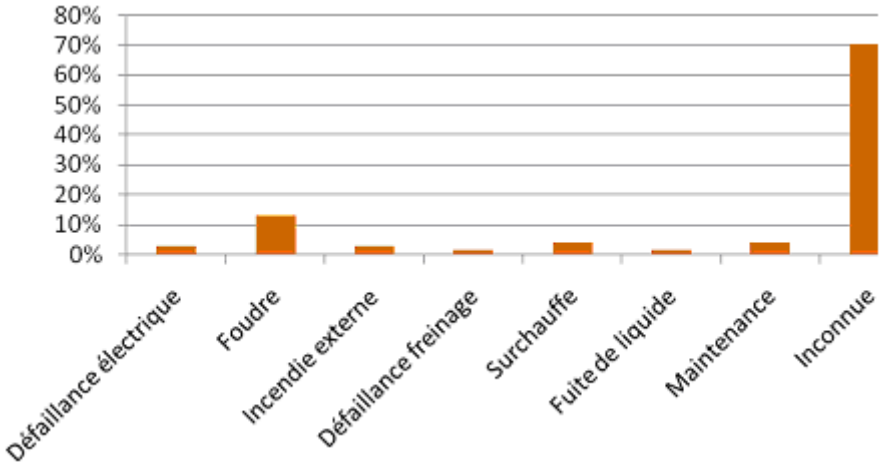


Figure 15 - Répartition des causes premières d'incendie, SER-FEE 2012

[15] Devenu France renouvelable en 2023

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

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

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

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

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

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

Les figures ci-dessous montrent cette évolution entre 2002 et 2024. Il apparaît que le nombre d'accidents (pour 1000 éoliennes) a fortement décru en début de période (second graphe) pour se stabiliser depuis 10 ans à une moyenne de 1,1 accident par an pour 1000 éoliennes installées. Cette tendance s'explique principalement par un parc éolien français assez récent, qui utilise majoritairement des éoliennes de nouvelle génération, équipées de technologies plus fiables et plus sûres, et profitant du retour d'expérience en matière d'équipements, de construction et d'exploitation.

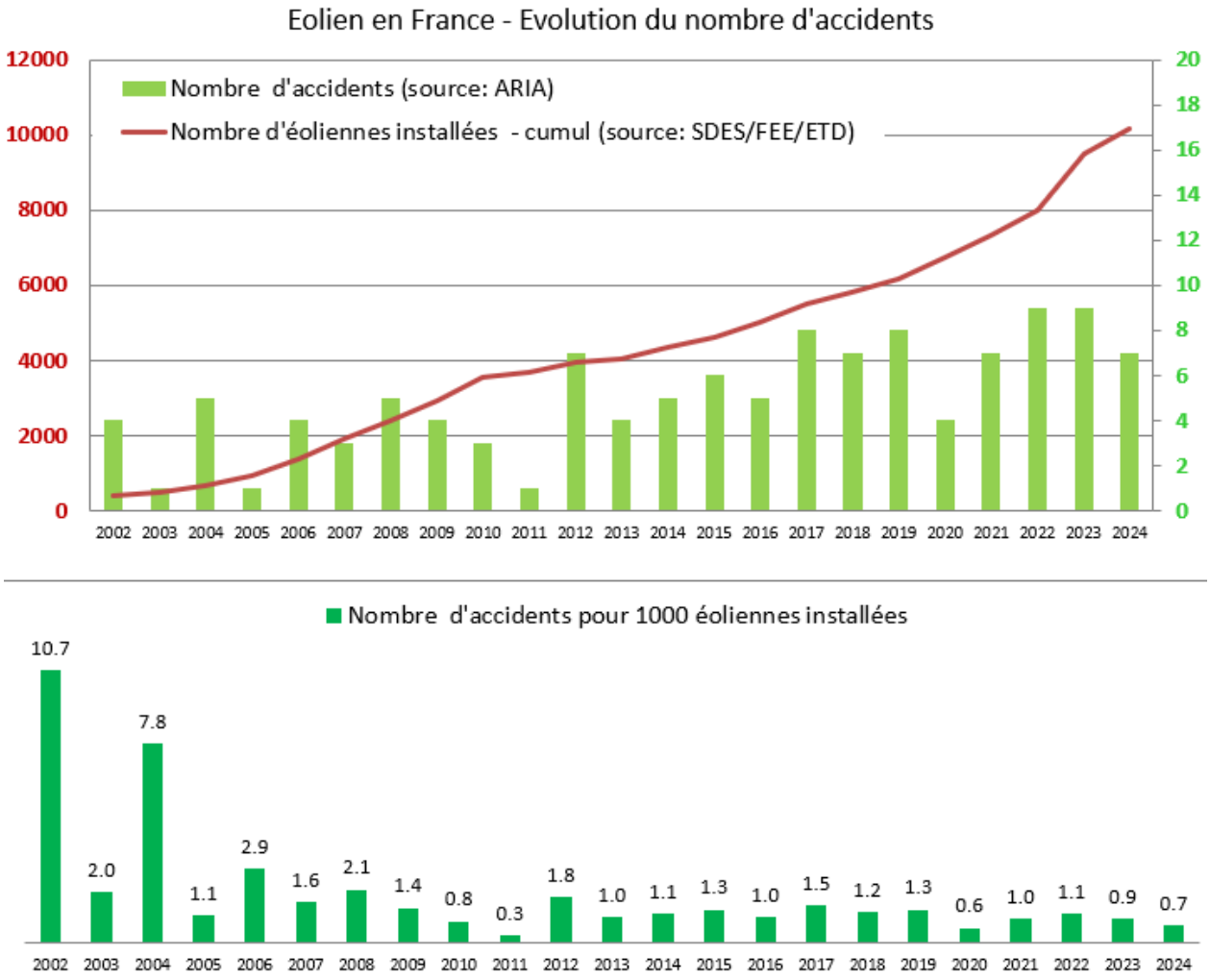


Figure 16 - Evolution du nombre d'accidents en France (ETD - 2025)

6.4.2. Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents

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

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

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

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

L'effondrement d'une éolienne peut avoir d'autres origines : tempête, fondations mal réalisées, erreur de calcul, etc. Cependant, ce risque est très limité quant à ses conséquences, qui sont circonscrites au périmètre d'effondrement (soit la taille de l'éolienne).

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

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

Projection de glace : 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 (De) = 1,5 x (hauteur de moyeu + diamètre de rotor)

Accidents du travail : La grande majorité des accidents qui concernent les éoliennes relèvent des accidents du travail, et sont liés soit au travail à grande hauteur, soit au matériel électrique ou mécanique. Ces accidents relèvent de la réglementation hygiène et sécurité du travail.

Synthèse et atteinte aux personnes : L'analyse précédente a montré que les incidents liés aux éoliennes de par le monde étaient relativement peu nombreux. D'après les données disponibles les incidents de type chute d'éolienne, projection de débris ou de glace, ou incendie sur les éoliennes n'ont jamais été à l'origine de décès de personnes extérieures à l'exploitation dans le monde. Par ailleurs l'analyse des accidents en France ne montre aucun blessé en dehors du personnel de maintenance.

6.5. Limites d'utilisation de l'accidentologie

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

- La non-exhaustivité des événements : ce retour d'expérience, constitué à partir de sources variées, ne provient pas d'un système de recensement organisé et systématique. Dès lors, certains événements ne sont pas reportés. En particulier, les événements les moins spectaculaires peuvent être négligés : chutes d'éléments, projections et chutes de glace ;

- La non-homogénéité des aérogénérateurs inclus dans ce retour d'expérience : les aérogénérateurs observés n'ont pas été construits aux mêmes époques et ne mettent pas en œuvre les mêmes technologies. Les informations sont très souvent manquantes pour distinguer les différents types d'aérogénérateurs (en particulier concernant le retour d'expérience mondial) ;

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

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

7. Analyse préliminaire des risques

7.1. Objectif de l'analyse préliminaire des risques

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

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

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

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

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

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

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

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

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

7.3. Recensement des agressions externes potentielles

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

7.3.1. Agressions externes liées aux activités humaines

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

	Voies de circulation	Autres éoliennes	Lignes THT
Fonction	Transport	Production d'électricité	Transport d'électricité
Evénement redouté	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Accident générant des projections d'éléments	Rupture de câble
Danger potentiel	Energie cinétique des véhicules et flux thermiques	Energie cinétique des éléments projetés	Arc électrique, surtensions
Périmètre	200 m	500 m	200 m
E1	63 m (desserte locale)	-	-
E2	-	-	-
E3	-	-	-

Tableau 14 - Principales agressions externes liées aux activités humaines

Par ailleurs : aucun aérodrome n'est présent dans un rayon de 2 km des éoliennes. Aucune installation classée pour l'environnement (autre que les autres éoliennes du projet) n'est présente dans un rayon de 500 m des éoliennes. Il n'existe aucune ligne THT de transport électrique, ni aucune canalisation de transport de gaz, hydrocarbures ou produits chimiques à moins de 200 m des éoliennes.

7.3.2. Agressions externes liées aux phénomènes naturels

7.3.2.1. Généralités

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

Le cas spécifique des effets directs de la foudre et du risque de « tension de pas » n'est pas traité dans l'analyse des risques et dans l'étude détaillée des risques dès lors qu'il est vérifié que la norme IEC 61400-24 (Juin 2010) ou la norme EN 62 305-3 (Décembre 2006) est respectée. Ces conditions sont reprises dans la fonction de sécurité n° 6 (voir paragraphe 7.6 – Mise en place des mesures de sécurité). En ce qui concerne la foudre, on considère que le respect des normes rend le risque d'effet direct de la foudre négligeable (risque électrique, risque d'incendie, etc.). En effet, le système de mise à la terre permet d'évacuer l'intégralité du courant de foudre.

7.3.2.2. Identification des agressions potentielles

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

Les tempêtes : Les vents violents peuvent être la cause de détériorations de structures, de chute/pliage de mât, de survitesse des pales et de projection de pales. Les vents violents sont pris en compte dans le dimensionnement des éoliennes. Du point de vue de la résistance aux vents extrêmes, la classe de conception de l'éolienne retenue (norme IEC 61400-1), sera vérifiée conforme aux caractéristiques de vent du site par le constructeur des éoliennes.

La formation de glace ou l'accumulation de neige : Il n'est pas rare que de la glace se forme sur les éoliennes en période hivernale, que ce soit sur les pales, le moyeu ou sur la nacelle. L'augmentation de température entraînant la fonte partielle ou la mise en rotation du rotor peuvent alors provoquer des chutes de glace ou des projections de morceaux de glace. Pour rappel, le secteur du projet apparaît à faible risque de givre (IEA Ice class 1) soit moins de 10 jours de givre par an. A noter que les machines sont équipées de systèmes redondants de détection de la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. L'option dégivrage des pales (pales chauffantes) n'a pas été retenue pour les éoliennes du projet.

On ne recense pas de cavités souterraines naturelles à proximité de la zone d'implantation des éoliennes.

Des analyses géotechniques et pédologiques seront menées sur les points d'implantation des éoliennes. Cette étude de sol permettra de déterminer la technologie de fondation la plus adaptée au sol concerné, et de vérifier l'absence de cavité au droit des éoliennes.

Par ailleurs, le site du projet figure en zone de sismicité 3 (risque modéré). Le projet sera donc tenu de respecter les règles de construction parasismique.

7.4. Scénarios étudiés dans l'analyse préliminaire des risques

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

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

- Une description des causes et de leur séquençage (événements initiateurs et événements intermédiaires) ;
- Une description des événements redoutés centraux qui marquent la partie incontrôlée de la séquence d'accident ;
- Une description des fonctions de sécurité permettant de prévenir l'événement redouté central ou de limiter les effets du phénomène dangereux (voir le tableau des fonctions de sécurité au paragraphe *7.6 - Mise en place des mesures de sécurité*) ;
- Une description des phénomènes dangereux dont les effets sur les personnes sont à l'origine d'un accident ;
- Une évaluation qualitative de l'intensité de ces événements.

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

L'annexe 5 page *156* du présent document apporte un certain nombre de précisions par rapport à chacun des scénarios étudiés dans le cadre de l'analyse préliminaire des risques.

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

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

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

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique et N°)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
G01	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales, le mât et la nacelle	Chute de glace lorsque les éoliennes sont arrêtées	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace (fonction N°2) *Option : prévenir la formation de glace sur les pales (N°15)*	Impact de glace sur les enjeux	1

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique et N°)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
G02		Dépôt de glace sur les pales	Projection de glace lorsque les éoliennes sont en mouvement	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de la glace (fonction N°1) *Option : prévenir la formation de glace sur les pales (N°15)*		2
I01	Humidité / Gel	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (fonction N°5)	Chute/ projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I02	Dysfonction-nement électrique					
I03	Survitesse	Echauffement des parties mécaniques et inflammation		Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (fonction N°3) Prévenir la survitesse (fonction N°4)		
I04	Désaxage de la génératrice / Pièce défectueuse / Défaut de lubrification			Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (fonction N°3)		
I05	Conditions climatiques humides	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	
I06	Rongeur					
I07	Défaut d'étanchéité	Perte de confinement	Fuites d'huile isolante	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Incendie au poste de transformation Propagation de l'incendie	
F01	Fuite système de lubrification Fuite convertisseur Fuite transformateur	Ecoulement hors de la nacelle et le long du mât, puis sur le sol avec infiltration	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1

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

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique et N°)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
E02	Glissement de sol	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) N°9	Projection/ chute fragments et chute mât	2
E05	Crash d'aéronef ou sortie de voie d'un véhicule (y.c. agricole) avec collision					
E07	Effondrement engin de levage travaux				Chute fragments et chute mât	
E08	Vents forts	Défaillance fondation		Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9) Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort (N°12)	Projection/ chute fragments et chute mât	
E09	Fatigue	Défaillance mât		Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)		
E10	Désaxage critique du rotor	Impact pale – mât		Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9) Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)		

Tableau 15 - Tableau synthétique des risques

7.5. Effets dominos

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

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

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

7.6. Mise en place des mesures de sécurité

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

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

Dans leur principe, ces fonctions de sécurité sont génériques et sont proposées a minima par la plupart des constructeurs d'éoliennes.

Fonction de sécurité	**Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace**	**N°**	**1**
Mesures de sécurité	Système de détection ou de déduction de la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. Procédure adéquate de redémarrage.		
Description	Système de détection redondant du givre permettant, en cas de détection de glace, une mise à l'arrêt rapide de l'aérogénérateur. Le redémarrage peut ensuite se faire soit automatiquement après disparition des conditions de givre, soit manuellement après inspection visuelle sur site.		
Indépendance	Non Les systèmes traditionnels s'appuient généralement sur des fonctions et des appareils propres à l'exploitation du parc. En cas de danger particulièrement élevé sur site (survol d'une zone fréquentée sur site soumis à des conditions de gel importantes), des systèmes additionnels peuvent être envisagés.		
Temps de réponse	Quelques minutes (<60 min.) conformément à l'article 25 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié		
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 l'atteinte des personnes par la chute de glace**	**N°**	**2**
Mesures de sécurité	Panneautage en pied de machine. Eloignement des zones habitées et fréquentées. Sensibilisation des agriculteurs aux risques potentiels de chute de glace et transmission du numéro de téléphone à composer en cas d'anomalie.		
Description	Mise en place de panneaux informant de la possible formation de glace en pied de machines (conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié).		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %. Nous considérerons que compte tenu de l'implantation des panneaux et de l'entretien prévu, l'information des promeneurs sera systématique.		
Tests	NA		
Maintenance	Vérification de l'état général du panneau, de l'absence de détérioration, entretien de la végétation afin que le panneau reste visible.		

Fonction de sécurité	**Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques**	**N°**	**3**
Mesures 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	Temps de détection de l'ordre de la seconde. Mise en pause de la turbine < 1 min.		
Efficacité	100 %		
Tests	Surveillance via la maintenance prédictive, avec détection de la déviation de températures de 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°**	**4**
Mesures 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.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection < 1 minute. 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.		
Efficacité	100 %		
Tests	Test d'arrêt simple, d'arrêt d'urgence et de la procédure d'arrêt en cas de survitesse avant la mise en service des aérogénérateurs conformément à l'article 15 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié.		
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 (notamment de l'usure du frein et de pression du circuit de freinage d'urgence.) Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

Fonction de sécurité	**Prévenir les court-circuit**	**N°**	**5**
Mesures de sécurité	Coupure de la transmission électrique en cas de fonctionnement anormal d'un composant électrique.		
Description	Les organes et armoires électriques de l'éolienne sont équipés d'organes de coupures et de protection adéquats et correctement dimensionnés. Tout fonctionnement anormal des composants électriques est suivi d'une coupure de la transmission électrique et à la transmission d'un signal d'alerte vers l'exploitant qui prend alors les mesures appropriées.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	De l'ordre de la seconde		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	Des vérifications de tous les composants électriques ainsi que des mesures d'isolement et de serrage des câbles sont intégrées dans la plupart des mesures de maintenance préventive mises en œuvre. Les installations électriques sont contrôlées avant la mise en service du parc puis à une fréquence		

	annuelle, conformément à l'article 10 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié.		
Fonction de sécurité	**Prévenir les effets de la foudre**	**N°**	**6**
Mesures de sécurité	Mise à la terre et protection des éléments de l'aérogénérateur.		
Description	Respect de la norme IEC 61 400 – 24 (juin 2010). Dispositif de capture + mise à la terre. Parasurtenseurs sur les circuits électriques		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Immédiat dispositif passif		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	Contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre inclus dans les opérations de maintenance, conformément à l'article 9 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié.		

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

Fonction de sécurité	**Prévention et rétention des fuites**	**N°**	**8**
Mesures de sécurité	Détecteurs de niveau d'huiles. 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 via un système de tuyauterie et de pompes directement entre l'élément à vidanger et le camion de vidange. Des kits de dépollution d'urgence composés de grandes feuilles de textile absorbant pourront être utilisés afin : − de contenir et arrêter la propagation de la pollution ; − d'absorber jusqu'à 20 litres de déversements accidentels de liquides (huile, eau, alcools ...) et produits chimiques (acides, bases, solvants ...) ; − de récupérer les déchets absorbés. Si ces kits de dépollution s'avèrent insuffisants, une société spécialisée récupérera et traitera le gravier souillé via les filières adéquates, puis le remplacera par un nouveau revêtement.		
Indépendance	Oui		

Temps de réponse	Dépendant du débit de fuite
Efficacité	100 %
Tests	/
Maintenance	Inspection des niveaux d'huile plusieurs fois par an

Fonction de sécurité	**Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)**	**N°**	**9**
Mesures de sécurité	Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints, etc.). Procédures qualités. Attestation du contrôle technique lors de la mise en service du parc.		
Description	La norme IEC 61 400-1 « Exigence pour la conception des aérogénérateurs » fixe les prescriptions propres à fournir « un niveau approprié de protection contre les dommages résultant de tout risque durant la durée de vie » de l'éolienne. Ainsi la nacelle, le nez, les fondations et la tour répondent au standard IEC 61 400-1. Les pales respectent le standard IEC 61 400-1 ; 12 ; 23. Les éoliennes sont 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	NA		
Maintenance	Trois mois, puis un an après leur mise en service industrielle, puis suivant une périodicité qui ne peut excéder trois ans, l'exploitant procède à un contrôle des brides de fixations, des brides de mât, de la fixation des pales et un contrôle visuel du mât de chaque aérogénérateur. Le contrôle de l'ensemble des brides et des fixations de chaque aérogénérateur peut être lissé sur trois ans tant que chaque bride respecte la périodicité de trois ans.		

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

Fonction de sécurité	**Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort**	**N°**	**11**
Mesures de sécurité	Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents. Détection et prévention des vents forts et tempêtes. Arrêt automatique et diminution de la prise au vent de l'éolienne (mise en drapeau progressive des pales) par le système de conduite.		
Description	L'éolienne est mise à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale pour laquelle elle a été conçue.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	< 1 min		
Efficacité	100 %. NB : En fonction de l'intensité attendue des vents, d'autres dispositifs de diminution de la prise au vent de l'éolienne peuvent être envisagés.		
Tests	/		

Maintenance	/

Fonction de sécurité	**Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de cyclones dans les zones cycloniques**	**N°**	**12**
Mesures de sécurité	Mise en place d'une procédure de veille cyclonique et d'intervention + mise en œuvre d'éoliennes équipées de dispositifs anticycloniques permettant abattage et arrimage au sol des éléments les plus sensibles, en particulier les pales.		
Description	L'ensemble de la structure [mât et/ou nacelle + hélice] peut être rabattu et arrimé au sol. Détection des cyclones. Formation des opérateurs. Mise en place d'une procédure d'intervention suivant les niveaux d'alerte.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	/		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	Contrôle et entretien des équipements de repli cyclonique		

Fonction de sécurité	**Prévenir la dégradation de l'état des équipements**	**N°**	**13**
Mesures de sécurité	Mise en place d'une procédure de vérification périodique de l'état des équipements.		
Description	Des tests adaptés à l'organe à contrôler sont effectués, (visuels, prélèvements, analyses thermographiques, endoscopie, contrôles réglementaires par organisme agréé...).		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Court (temps de remontée de l'information pour prise de décision par l'exploitant).		
Efficacité	100%		
Tests	/		
Maintenance	NA		

Tableau 16 - Fonctions de sécurité des éoliennes du projet

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 préliminaire des risques

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

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

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

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

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

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

Conclusion :

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

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

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

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

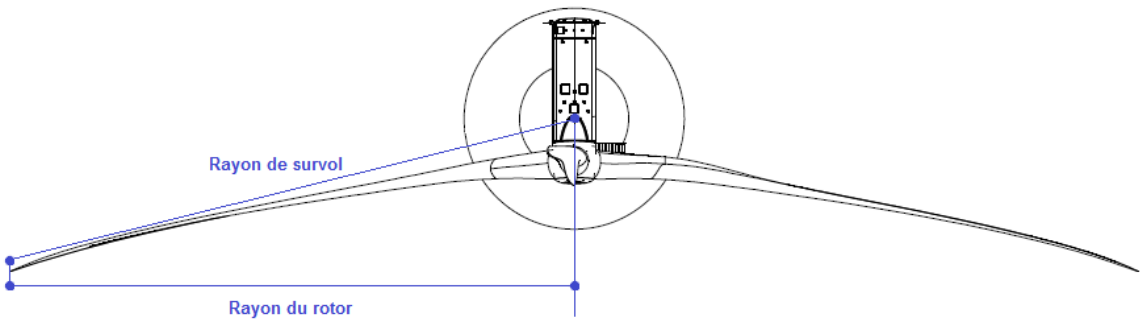
8. Etude détaillée des risques

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

Dimensions caractéristiques utilisées pour l'étude détaillée des risques :

	Eolienne E1 à E3
Gabarit retenu :	
Diamètre du rotor :	117 m
Hauteur totale (arrondie à) :	180 m
Hauteur de moyeu :	120 m
Rayon du rotor :	58,5 m
Rayon de survol (*) :	60 m
Longueur de la pale (**) :	58,5 m
Corde de la pale :	3,30 m
Largeur de la base du mât :	4,23 m

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



La valeur du rayon de survol retenu par l'étude correspond au rayon du rotor + 3%, arrondi au mètre supérieur.

(**) La longueur de la pale est assimilée au rayon du rotor

8.1. Rappel des définitions

Réglementation :

Les règles méthodologiques applicables pour la détermination de l'intensité, de la gravité et de la probabilité des phénomènes dangereux sont précisées dans l'arrêté ministériel du 29 septembre 2005. Cet arrêté ne prévoit de détermination de l'intensité et de la gravité que pour les effets de surpression, de rayonnement thermique et d'effets toxiques.
Cet arrêté est complété par la circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 juillet 2003.

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

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

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

8.1.1. Cinétique

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

8.1.2. Intensité

L'intensité des effets des phénomènes dangereux est définie par rapport à des valeurs de référence exprimées sous forme de seuils d'effets toxiques, d'effets de surpression, d'effets thermiques et d'effets liés à l'impact d'un projectile, pour les hommes et les structures (article 9 de l'arrêté du 29 septembre 2005).
On constate que les scénarios retenus au terme de l'analyse préliminaire des risques pour les parcs éoliens sont des scénarios de projection (de glace ou de tout ou partie de pale), de chute d'éléments (glace ou tout ou partie de pale) ou d'effondrement de machine.
Or, les seuils d'effets proposés dans l'arrêté du 29 septembre 2005 caractérisent des phénomènes dangereux dont l'intensité s'exerce dans toutes les directions autour de l'origine du phénomène, pour des effets de surpression, toxiques ou thermiques. Ces seuils ne sont donc pas adaptés aux accidents générés par les aérogénérateurs.
Dans le cas de scénarios de projection, l'annexe II de cet arrêté précise : « *Compte tenu des connaissances limitées en matière de détermination et de modélisation des effets de projection, l'évaluation des effets de projection d'un phénomène dangereux nécessite, le cas échéant, une analyse, au cas par cas, justifiée par l'exploitant. Pour la délimitation des zones d'effets sur l'homme ou sur les structures des installations classées, il n'existe pas à l'heure actuelle de valeur de référence. Lorsqu'elle s'avère nécessaire, cette délimitation s'appuie sur une analyse au cas par cas proposée par l'exploitant* ».

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

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

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

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

Tableau 17 - Seuils d'intensité

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

8.1.3. Gravité

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

> *La gravité correspond au nombre de personnes potentiellement impactées. Les seuils retenus pour l'étude sont liés au degré d'exposition.*[16]

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

Tableau 18 - Gravité des conséquences des accidents

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

[16] Arrêté du 29 septembre 2005

8.1.4. Probabilité

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

Niveaux	Echelle qualitative	Echelle quantitative (probabilité annuelle)
A	***Courant*** Se produit sur le site considéré et/ou peut se produire à plusieurs reprises pendant la durée de vie des installations, malgré d'éventuelles mesures correctives.	$P > 10^{-2}$
B	***Probable*** S'est produit et/ou peut se produire pendant la durée de vie des installations.	$10^{-3} < P \leq 10^{-2}$
C	***Improbable*** 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.	$10^{-4} < P \leq 10^{-3}$
D	***Rare*** S'est déjà produit mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement la probabilité.	$10^{-5} < P \leq 10^{-4}$
E	***Extrêmement rare*** Possible mais non rencontré au niveau mondial. N'est pas impossible au vu des connaissances actuelles.	$\leq 10^{-5}$

Tableau 19 - Echelle des probabilités

Dans la présente étude, les probabilités ont été majoritairement calculées à partir d'une approche dite « quantitative » basée sur le guide de l'étude de dangers des parcs éoliens de l'INERIS [19] et s'appuyant sur des fréquences génériques d'événements redoutés centraux (voir l'annexe 2 page *127* « *Probabilité d'atteinte et risque individuel* »). En effet, le retour d'expérience est apparu suffisamment fourni pour permettre l'utilisation de cette méthode. La probabilité de chaque événement accidentel identifié pour une éolienne est donc déterminée en fonction :

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

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

Cependant, on pourra rappeler que la probabilité qu'un accident sur une personne ou un bien se produise est très largement inférieure à la probabilité de départ de l'événement redouté. La probabilité d'accident est en effet le produit de plusieurs probabilités : $P_{accident} = P_{ERC} \times P_{orientation} \times P_{rotation} \times P_{atteinte} \times P_{présence}$

Où :

- P_{ERC} = probabilité que l'événement redouté central (défaillance) se produise = probabilité de départ ;
- $P_{orientation}$ = probabilité que l'éolienne soit orientée de manière à projeter un élément lors d'une défaillance dans la direction d'un point donné (en fonction des conditions de vent notamment) ;
- $P_{rotation}$ = probabilité que l'éolienne soit en rotation au moment où l'événement redouté se produit (en fonction de la vitesse du vent notamment) ;
- $P_{atteinte}$ = probabilité d'atteinte d'un point donné autour de l'éolienne (sachant que l'éolienne est orientée de manière à projeter un élément en direction de ce point et qu'elle est en rotation) ;
- $P_{présence}$ = probabilité de présence d'un enjeu donné au point d'impact sachant que l'élément est projeté en ce point donné.

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

8.1.5. Grille de criticité

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

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

- Zone en jaune ou vert : zone de risque faible ou très faible ⇔ accidents qui ne nécessitent pas de mesures de réduction du risque supplémentaires.

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

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

Légende de la matrice :

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

Tableau 20 - Grille de criticité adaptée par l'INERIS

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

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

8.2. Caractérisation des scénarios retenus

8.2.1. Effondrement de l'éolienne

8.2.1.1. Zone d'effet

La zone d'effet de l'effondrement d'une éolienne correspond à une surface circulaire de rayon égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale. 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.

Pour ce projet, la zone d'effet est un cercle de 180 m de rayon pour toutes les éoliennes. Les enjeux concernés sont les suivants :

- Personnes non abritées (promeneurs, agriculteurs, exploitants divers) présentes dans la zone d'effet ;
- Véhicules susceptibles d'emprunter les voies de circulation de la zone d'effet.

8.2.1.2. Intensité

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

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

	Eolienne
	Toutes
Hauteur de moyeu (H) :	120 m
Rayon du rotor (R) :	58,5 m
Corde de la pale (LB) :	3,30 m
Largeur de la base du mât (L) :	4,23 m

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne)			
Zone d'impact en m² (Zi) = H x L + 3*R*LB/2	Zone d'effet du phénomène étudié en m² (Ze)	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
La surface d'impact est de **797 m²**	= π x (rayon d'effet)² La zone d'effet est de **101 788 m²**	Zi/Ze = **0,78 %** **Soit < 1%**	**Exposition modérée**

Tableau 21 - Intensité du scénario d'effondrement

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

8.2.1.3. Gravité des conséquences

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

La détermination du nombre de personnes (enjeu humain en *epp* : équivalent personnes permanentes) exposées dans chacune des zones d'effet est basée sur la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers (fiche n°1 de la circulaire en annexe 3 page *128*).

Ont été distingués (dans le périmètre d'effondrement autour des éoliennes) :

- Les terrains non aménagés très peu fréquentés (terrains agricoles) avec l'hypothèse forfaitaire d'une personne permanente pour 100 ha ;
- Les terrains aménagés peu fréquentés (plateformes permanentes des éoliennes) avec l'hypothèse forfaitaire d'une personne permanente pour 10 ha ;
- Les voies à faible circulation (largeur : 6 m), y compris les accès permanents créés, avec l'hypothèse forfaitaire d'une personne permanente pour 10 ha.

Note : L'autoroute A10 et la zone d'activité Ouest palettes ne sont pas concernées par le périmètre d'effondrement.

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

Effondrement														
		Enjeu: personnes non abritées					Enjeu: véhicules							Exposition:
	Rayon d'effet	Terrains non aménagés		Terrains aménagés peu fréquentés (plateformes permanentes)		ZA Ouest palettes	Voies peu fréquentées			Voies structurantes (A10)				Modérée
Eol.	(m)	S (ha)	epp	S (ha)	epp	epp	L (m)	S (ha)	epp	L (m)	v/j	epp	Total epp	Niveau de gravité
E1	180	10.2	0.10	0.23	0.02	0.0	648	0.39	0.04	0		0	0.16	**Modéré**
E2	180	10.2	0.10	0.21	0.02	0.0	164	0.10	0.01	0		0	0.13	**Modéré**
E3	180	10.2	0.10	0.24	0.02	0.0	331	0.20	0.02	0		0	0.15	**Modéré**

***epp** : équivalent personnes permanentes*

Tableau 22 - Niveaux de gravité des conséquences de l'évènement « effondrement »

8.2.1.4. Probabilité

Pour l'effondrement d'une éolienne, les valeurs retenues dans la littérature sont détaillées dans le tableau ci-après. Ces valeurs correspondent à une classe de probabilité « C » selon l'arrêté du 29 septembre 2005. Le retour d'expérience français montre également une classe de probabilité « C ». En effet, il a été recensé seulement 7 événements pour 15 667 années d'expérience[17], soit une probabilité de 4,47 x 10^{-4} par éolienne et par an.

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

Tableau 23 - Références quant à la probabilité d'effondrement de l'éolienne

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.

⇨ Note : mise à jour à fin 2024 :

Les données de l'accidentologie française mises à jour à fin 2024 à partir de la base de données ARIA font état de 9 effondrements, pour 10140 éoliennes installées correspondant, compte tenu de l'accroissement du parc éolien français sur 24 ans, à environ 100 000 années x éoliennes d'expérience. La probabilité est donc de 0,9 x 10^{-4} par éolienne et par an, soit une diminution sensible confirmée depuis 2012. Il est donc permis d'écrire que 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.

Ces données mises à jour correspondent bien à la définition qualitative de l'arrêté du 29 septembre 2005 d'une probabilité « D ».

[17] 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.

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

8.2.1.5. Acceptabilité

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

Effondrement		Probabilité			
		D	C	B	A
Gravité	Désastreux				
	Catastrophique				
	Important				
	Sérieux				
	Modéré	Toutes les éoliennes			

Légende de la matrice:

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

8.2.2. Chute de glace

8.2.2.1. Généralités

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

NB : le scénario « projection de glace » fait l'objet du paragraphe 8.2.5.

8.2.2.2. Zone d'effet

Le risque de chute de glace est cantonné à la zone de survol des pales. Pour ce projet, la zone d'effet est un cercle ayant le rayon suivant :

	Eolienne
	Toutes
Rayon de survol (R) :	60 m

Les enjeux concernés sont les suivants :

- Personnes non abritées (promeneurs, agriculteurs, exploitants divers) présentes dans la zone d'effet ;
- Véhicules susceptibles d'emprunter les voies de circulation de la zone d'effet.

8.2.2.3. Intensité

Pour le phénomène de chute de glace, le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface d'un morceau de glace et la superficie de la zone d'effet du phénomène (zone de survol). La surface maximale d'un morceau de glace est estimée à 1 m².

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute de glace dans le cas de la configuration étudiée. Z_I est la zone d'impact, Z_E est la zone d'effet, R est le rayon d'effet, SG est la surface du morceau de glace majorant (SG= 1 m^2).

Chute de glace dans la zone de survol des pales			
Zone d'impact	Zone d'effet du phénomène étudié	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
Z_I = SG	$Z_E = \pi \times R^2$	$d = Z_I/Z_E$	exposition modérée
1 m²	11 310 m²	0,01% < 1%	

Tableau 24 - Intensité du scénario de chute de glace

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

8.2.2.4. Gravité des conséquences

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

La détermination du nombre de personnes (enjeu humain en *epp* : équivalent personnes permanentes) exposées dans chacune des zones d'effet est basée sur la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers (fiche n°1 de la circulaire en annexe 3 page *128*).

Ont été distingués (dans la zone de survol de chaque éolienne) :

- Les terrains non aménagés très peu fréquentés (terrains agricoles) avec l'hypothèse forfaitaire d'une personne permanente pour 100 ha ;
- Les terrains aménagés peu fréquentés (plateformes permanentes des éoliennes) avec l'hypothèse forfaitaire d'une personne permanente pour 10 ha ;
- Les voies à faible circulation (largeur : 6 m), y compris les accès permanents créés, avec l'hypothèse forfaitaire d'une personne permanente pour 10 ha.

Note : L'autoroute A10 et la zone d'activité Ouest palettes ne sont pas concernées par le périmètre de chute de glace.

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

Chute de glace														
		Enjeu: personnes non abritées					Enjeu: véhicules							Exposition:
	Rayon d'effet	Terrains non aménagés		Terrains aménagés peu fréquentés (plateformes permanentes)		ZA Ouest palettes	Voies peu fréquentées			Voies structurantes (A10)				Modérée
Eol.	(m)	S (ha)	epp	S (ha)	epp	epp	L (m)	S (ha)	epp	L (m)	v/j	epp	Total epp	Niveau de gravité
E1	60	1.1	0.01	0.23	0.02	0.0	0	0.00	0.00	0		0	0.03	**Modéré**
E2	60	1.1	0.01	0.21	0.02	0.0	0	0.00	0.00	0		0	0.03	**Modéré**
E3	60	1.1	0.01	0.24	0.02	0.0	0	0.00	0.00	0		0	0.04	**Modéré**

***epp** : équivalent personnes permanentes*

Tableau 25 - Niveaux de gravité des conséquences de l'évènement « chute de glace »

8.2.2.5. Probabilité

Sur la carte *WIceAtlas* (voir paragraphe 3.2.1), le secteur du projet apparaît en zonage à risque faible de givre (IEA Ice class 1) soit moins de 11 jours de givre par an.

De façon conservatoire, il est considéré que pour chaque jour où les conditions sont réunies pour la formation de glace sur un aérogénérateur, une chute de morceau de glace est possible. Cette hypothèse est simplificatrice dans la mesure où lors de ce type d'épisode, le cas de plusieurs chutes de glace et d'aucune chute de glace peut se présenter. La classe de probabilité retenue est maximale, soit une **probabilité de classe « A »,** c'est-à-dire une probabilité supérieure à 10^{-2}.

8.2.2.6. Acceptabilité

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

Chute de glace		Probabilité			
		D	C	B	A
Gravité	Désastreux				
	Catastrophique				
	Important				
	Sérieux				
	Modéré				Toutes les éoliennes

Légende de la matrice:

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

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.

8.2.3. Chute d'éléments de l'éolienne

8.2.3.1. Généralités

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

NB : le scénario « projection d'éléments, pales ou fragments de pale » fait l'objet du paragraphe 8.2.4.

8.2.3.2. Zone d'effet

Le risque de chute d'élément est cantonné à la zone de survol des pales. Pour ce projet, la zone d'effet est un cercle ayant le rayon suivant :

	Eolienne
	Toutes
Rayon de survol (R) :	60 m

Les enjeux concernés sont les suivants :

- Personnes non abritées (promeneurs, agriculteurs, exploitants divers) présentes dans la zone d'effet ;
- Véhicules susceptibles d'emprunter les voies de circulation de la zone d'effet.

8.2.3.3. Intensité

Pour le phénomène de chute d'éléments, le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface d'un élément (cas majorant d'une pale entière se détachant de l'éolienne) et la superficie de la zone d'effet du phénomène (zone de survol). La zone d'impact Zi correspondra à la surface d'une pale (évènement majorant). La pale est assimilée à un triangle dont la longueur est celle de la pale (r) et dont la base correspond à la largeur maximale de la pale (LB). Dans le cas de la configuration étudiée :

	Eolienne
	Toutes
Rayon de survol (R) :	60 m
Longueur de la pale (r) :	58,5 m
Corde de la pale (LB) :	3,30 m

Chute d'éléments de l'éolienne (dans la zone de survol)			
Surface d'impact en m²	Zone d'effet du phénomène étudié en m²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = r*LB/2$	$Z_E = \pi \times R^2$	$d = Z_I/Z_E$	
96,5 m²	11 310 m²	0,85 % **Soit inférieur à 1%**	**Exposition modérée**

Tableau 26 - Intensité du scénario de chute d'éléments

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

8.2.3.4. Gravité des conséquences

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

La détermination du nombre de personnes (enjeu humain en *epp* : équivalent personnes permanentes) exposées dans chacune des zones d'effet est basée sur la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers (fiche n°1 de la circulaire en annexe 3 page *128*).

Ont été distingués (dans la zone de survol de chaque éolienne) :

- Les terrains non aménagés très peu fréquentés (terrains agricole) avec l'hypothèse forfaitaire d'une personne permanente pour 100 ha ;
- Les terrains aménagés peu fréquentés (plateformes permanentes des éoliennes) avec l'hypothèse forfaitaire d'une personne permanente pour 10 ha ;
- Les voies à faible circulation (largeur : 6 m), y compris les accès permanents créés, avec l'hypothèse forfaitaire d'une personne permanente pour 10 ha.

Note : L'autoroute A10 et la zone d'activité Ouest palettes ne sont pas concernées par le périmètre de chute d'élément.

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

Chute d'élément														
		Enjeu: personnes non abritées					Enjeu: véhicules							Exposition:
	Rayon d'effet	Terrains non aménagés		Terrains aménagés peu fréquentés (plateformes permanentes)		ZA Ouest palettes	Voies peu fréquentées			Voies structurantes (A10)				Modérée
Eol.	(m)	S (ha)	epp	S (ha)	epp	epp	L (m)	S (ha)	epp	L (m)	v/j	epp	Total epp	Niveau de gravité
E1	60	1.1	0.01	0.23	0.02	0.0	0	0.00	0.00	0		0	0.03	**Modéré**
E2	60	1.1	0.01	0.21	0.02	0.0	0	0.00	0.00	0		0	0.03	**Modéré**
E3	60	1.1	0.01	0.24	0.02	0.0	0	0.00	0.00	0		0	0.04	**Modéré**

***epp** : équivalent personnes permanentes*

Tableau 27 - Niveaux de gravité des conséquences de l'évènement « chute d'éléments »

8.2.3.5. Probabilité

Peu d'éléments sont disponibles dans la littérature pour évaluer la fréquence des événements de chute de pales ou d'éléments d'éoliennes. A l'édition du guide (2012), le retour d'expérience connu en France montre que ces événements ont une classe de probabilité « C » (2 chutes et 5 incendies pour 15 667 années d'expérience, soit 4.47 x 10^{-4} événement par éolienne et par an).

⇨ Note : mise à jour à fin 2024 :

Les données de l'accidentologie française mises à jour à fin 2024 à partir de la base de données ARIA font état de 68 chutes d'éléments (consécutives ou non à incendie) à ce jour, pour 10140 éoliennes installées correspondant, compte tenu de l'accroissement du parc éolien français sur 24 ans, à environ 100 000 années x éoliennes d'expérience. La probabilité est donc de 6,8 x 10^{-4} par éolienne et par an, soit une légère augmentation de probabilité depuis 2012.

Il est considéré que **la classe de probabilité « C » de l'accident est confirmée** 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* ».

8.2.3.6. Acceptabilité

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

Chute d'élément		Probabilité			
		D	C	B	A
Gravité	Désastreux				
	Catastrophique				
	Important				
	Sérieux				
	Modéré		Toutes les éoliennes		

Légende de la matrice:

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

8.2.4. Projection de pales ou de fragments de pales

8.2.4.1. Zone d'effet

Dans l'accidentologie française rappelée en annexe 4 page *130*, la distance maximale relevée et vérifiée par le groupe de travail précédemment mentionné pour une projection de fragment de pale est de 380 mètres par rapport au mât de l'éolienne. On constate que les autres données disponibles dans cette accidentologie montrent des distances d'effet inférieures. L'accidentologie éolienne mondiale manque de fiabilité car la source la plus importante (en termes statistiques) est une base de données tenue par une association écossaise majoritairement opposée à l'énergie éolienne [3]. Pour autant, des études de risques déjà réalisées dans le monde ont utilisé une distance de 500 mètres, en particulier les études [5] et [6].

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

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

- Personnes non abritées (promeneurs, agriculteurs, exploitants divers) présentes dans le périmètre de l'étude ;
- Véhicules susceptibles d'emprunter les voies de circulation du périmètre de l'étude.

8.2.4.2. Intensité

Pour le phénomène de projection de pale ou de fragment de pale, le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface d'un élément (cas majorant d'une pale entière) et la superficie de la zone d'effet du phénomène (RC=500 m). Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène dans le cas de la configuration étudiée. d est le degré d'exposition, Z_I la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, et :

	Eolienne
	Toutes
Longueur de la pale (r) :	58,5 m
Corde de la pale (LB) :	3,30 m

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)			
Zone d'impact	Zone d'effet du phénomène étudié	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = r*LB/2$	$Z_E = \pi \times RC^2$	$d = Z_I/Z_E$	
96,5 m²	785 398 m²	0,01% (< 1 %)	Exposition modérée

Tableau 28 - Intensité des scénarios de projection de pale

8.2.4.3. Gravité des conséquences

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

La détermination du nombre de personnes (enjeu humain en *epp* : équivalent personnes permanentes) exposées dans chacune des zones d'effet est basée sur la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers (fiche n°1 de la circulaire en annexe 3 page *128*).

Ont été distingués (dans un périmètre de 500 m autour des éoliennes) :

- Les terrains non aménagés très peu fréquentés (terrains agricoles et forestiers) avec l'hypothèse forfaitaire d'une personne permanente pour 100 ha ;
- Les terrains aménagés peu fréquentés (plateformes permanentes des éoliennes) avec l'hypothèse forfaitaire d'une personne permanente pour 10 ha ;
- Les voies à faible circulation (largeur : 6 m), y compris les accès permanents créés, avec l'hypothèse forfaitaire d'une personne permanente pour 10 ha ;
- Les voies de circulation structurantes (autoroute A10) avec l'hypothèse forfaitaire de 0,4 personne permanente par km et par tranche de 100 véhicules par jour ;
- La zone d'activité de l'entreprise Ouest palettes avec une fréquentation retenue de 7 epp sur une surface d'environ 20 000 m².

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

Projection d'élément														
		Enjeu: personnes non abritées					Enjeu: véhicules							Exposition:
	Rayon d'effet	Terrains non aménagés		Terrains aménagés peu fréquentés (plateformes permanentes)		ZA Ouest palettes	Voies peu fréquentées			Voies structurantes (A10)				Modérée
Eol.	(m)	S (ha)	epp	S (ha)	epp	epp	L (m)	S (ha)	epp	L (m)	v/j	epp	Total epp	Niveau de gravité
E1	500	78.5	0.79	0.23	0.02	7.0	3 037	1.82	0.18	395	23000	36	44	**Important**
E2	500	78.5	0.79	0.21	0.02	0.0	3 089	1.85	0.19	730	23000	67	68	**Important**
E3	500	78.5	0.79	0.24	0.02	0.0	2 395	1.44	0.14	882	23000	81	82	**Important**

***epp** : équivalent personnes permanentes*

Tableau 29 - Niveaux de gravité des conséquences de l'évènement « projection d'élément »

8.2.4.4. Probabilité

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

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

Tableau 30 - Références pour l'évaluation d'une projection de pale ou de fragment

Ces valeurs correspondent à des classes de probabilité de « B », « C » ou « E ». Le retour d'expérience français montre également une classe de probabilité « C » (12 événements pour 15 667 années d'expérience, soit $7,66 \times 10^{-4}$ événement par éolienne et par an). Ces événements correspondent également à la définition qualitative de l'arrêté du 29 Septembre 2005 d'une probabilité « C » : « *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.

⇨ Note : mise à jour à fin 2024 :

Les données de l'accidentologie française mises à jour à fin 2024 à partir de la base de données ARIA font état de 40 projections d'éléments à ce jour, pour 10 140 éoliennes installées correspondant, compte tenu de l'accroissement du parc éolien français sur 24 ans, à environ 100 000 années x éoliennes d'expérience. La probabilité est donc de $4,0 \times 10^{-4}$ par éolienne et par an, soit une diminution de près de 50 % depuis 2012.

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.) ;
- Contrôles réguliers de l'état des pales.

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* ».

8.2.4.5. Acceptabilité

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

Projection d'élément		Probabilité			
		D	C	B	A
Gravité	Désastreux				
	Catastrophique				
	Important	Toutes les éoliennes			
	Sérieux				
	Modéré				

Légende de la matrice:

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

8.2.5. Projection de glace

8.2.5.1. Zone d'effet

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

En ce qui concerne la distance maximale atteinte par ce type de projectiles, il n'existe pas d'information dans l'accidentologie. 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 (De) = 1,5 x (hauteur de moyeu + diamètre de rotor)

Pour la configuration étudiée, l'utilisation de cette formule pour le calcul de la distance d'effet pour les projections de glace donne les distances d'effet suivantes autour des éoliennes :

	Eolienne
	Toutes
Distance d'effet (De) :	356 m

Le seul enjeu concerné ici est le suivant : personnes non abritées (promeneurs, agriculteurs, exploitants divers) présentes dans le rayon d'effet.

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

8.2.5.2. Intensité

Pour le phénomène de projection de glace, le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface d'un morceau de glace (cas majorant de 1 m²) et la superficie de la zone d'effet du phénomène (de rayon De). Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de glace dans le cas de la configuration étudiée.

Projection de morceaux de glace (dans un rayon égal à la distance d'effet autour de l'éolienne)			
Eolienne	Zone d'effet du phénomène étudié	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
Toutes	$Z_E = \pi \times De^2$ 398 153 m²	$d = 1/Z_E = 0,0003\%$ (< 1 %)	**Exposition modérée**

Tableau 31 - Intensité du scénario de projection de glace

8.2.5.3. Gravité des conséquences

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

La détermination du nombre de personnes (enjeu humain en *epp* : équivalent personnes permanentes) exposées dans chacune des zones d'effet est basée sur la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers (fiche n°1 de la circulaire en annexe 3 page *128*).

Ont été distingués (dans le rayon d'effet autour de chaque éolienne) :

- Les terrains non aménagés très peu fréquentés (terrains agricoles et forestiers) avec l'hypothèse forfaitaire d'une personne permanente pour 100 ha ;
- Les terrains aménagés peu fréquentés (plateformes permanentes des éoliennes) avec l'hypothèse forfaitaire d'une personne permanente pour 10 ha ;
- La zone d'activité de l'entreprise Ouest palettes avec une fréquentation retenue de 7 epp sur une surface d'environ 20 000 m² (8 000 m² pour le périmètre concerné par la projection de glace, soit ici 2,8 epp).

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

Projection de glace								
		Enjeu: personnes non abritées						Exposition:
	Rayon d'effet	Terrains non aménagés		Terrains aménagés peu fréquentés (plateformes permanentes)		ZA Ouest palettes		Modérée
Eolienne	(m)	S (ha)	epp	S (ha)	epp	epp	Total epp	Niveau de gravité
E1	356	39.8	0.40	0.23	0.02	2.8	3.22	**Sérieux**
E2	356	39.8	0.40	0.21	0.02	0.0	0.42	**Modéré**
E3	356	39.8	0.40	0.24	0.02	0.0	0.42	**Modéré**

***epp** : équivalent personnes permanentes*

Tableau 32 - Niveaux de gravité des conséquences de l'évènement « projection de glace »

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

8.2.5.4. Probabilité

Au regard de la difficulté d'établir un retour d'expérience précis sur cet 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.

Il est rappelé ici que concernant la projection de bris de glace, la réduction des dangers est assurée via un système de déduction de glace sur l'éolienne avec arrêt automatique de l'éolienne (voir fonction de sécurité n°1 du paragraphe 7.6 – Mise en place des mesures de sécurité).

8.2.5.5. Acceptabilité

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

Projection de glace		Probabilité			
		D	C	B	A
Gravité	Désastreux				
	Catastrophique				
	Important				
	Sérieux			E1	
	Modéré			E2 et E3	

Légende de la matrice:

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

8.3. Synthèse de l'étude détaillée des risques

8.3.1. Tableaux de synthèse des scénarios étudiés

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

Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité d'exposition	Probabilité	Niveau de gravité des conséquences (fonction de l'intensité d'exposition et du nombre de personnes)
Effondrement de l'éolienne	180 m	Rapide	Exposition modérée	D rare	« Modéré » pour toutes les éoliennes
Chute de glace	60 m	Rapide	Exposition modérée	A courant	« Modéré » pour toutes les éoliennes
Chute d'éléments de l'éolienne	60 m	Rapide	Exposition modérée	C improbable	« Modéré » pour toutes les éoliennes
Projection d'éléments de pale	500 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	D rare	« Important » pour toutes les éoliennes
Projection de glace	356 m	Rapide	Exposition modérée	B probable	« Sérieux » pour l'éolienne E1 « Modéré » pour les éoliennes E2 et E3

Tableau 33 - Synthèse de l'étude détaillée des risques

8.3.2. Synthèse de l'acceptabilité des risques

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

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

Projet éolien de La Trézence					
Matrice des risques		D (rare)	C (improbable)	B (probable)	A (courant)
Niveau de **gravité** des conséquences	Désastreux				
	Catastrophique				
	Important	**Projection d'élément** Toutes les éoliennes			
	Sérieux			**Projection de glace** Eolienne E1	
	Modéré	**Effondrement** Toutes les éoliennes	**Chute d'élément** Toutes les éoliennes	**Projection de glace** Eoliennes E2 et E3	**Chute de glace** Toutes les éoliennes

Tableau 34 - Grille de criticité

Légende de la matrice:

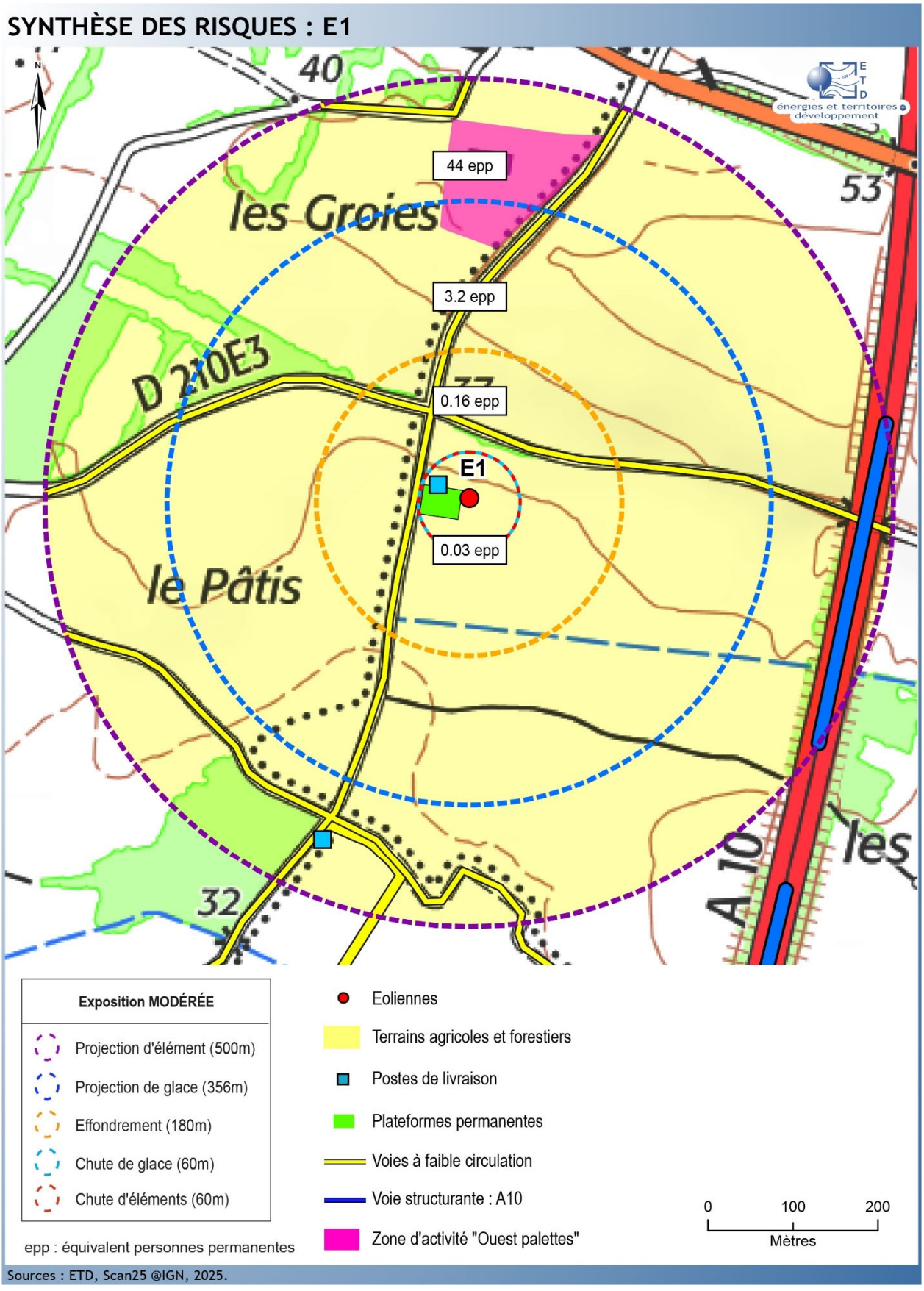
Niveau de risque	Couleur	Acceptabilité
Risque très faible		Acceptable
Risque faible		Acceptable
Risque important		Non acceptable

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

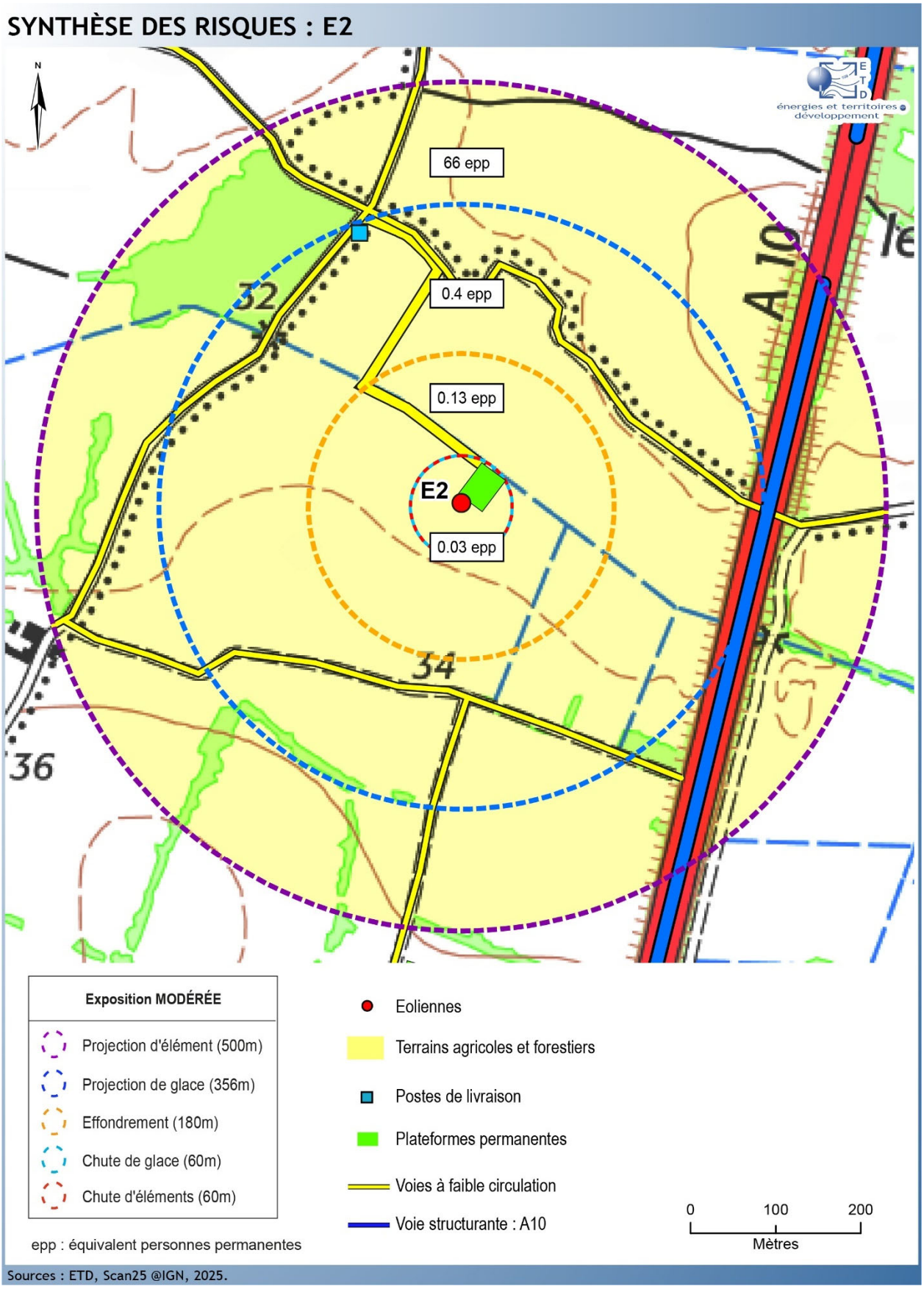
8.3.3. Cartographie des risques

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

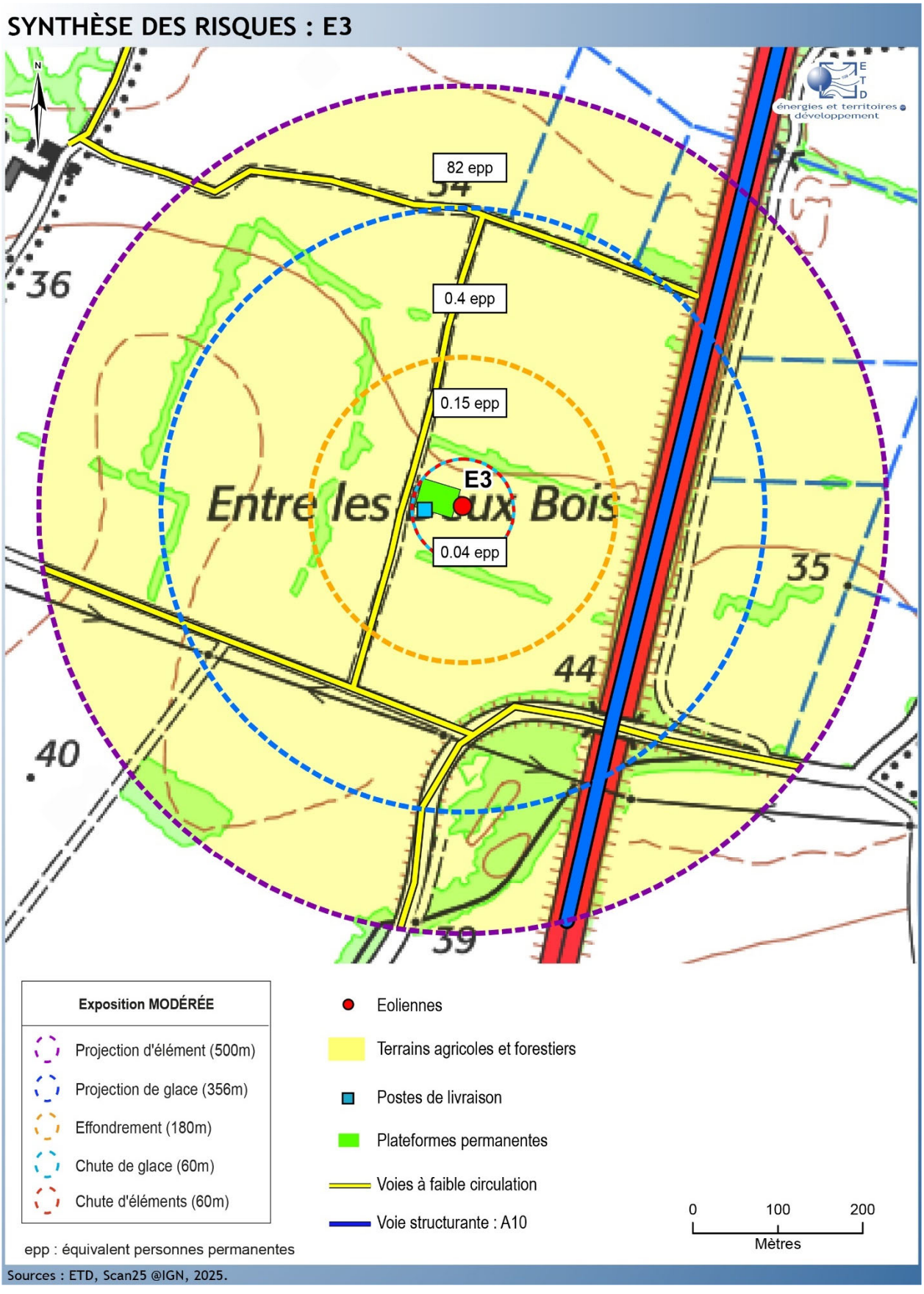
- les enjeux présents dans les différentes zones d'effet ;
- Le nombre de personnes permanentes (epp, ou équivalent personnes permanentes) exposées par zone d'effet ;
- L'intensité de l'exposition aux différents phénomènes dangereux dans les zones d'effet de ces phénomènes (exposition forte ou modérée).



Carte 12 - Carte de synthèse des risques : éolienne E1



Carte 13 - Carte de synthèse des risques : éolienne E2



Carte 14 - Carte de synthèse des risques : éolienne E3

9. Conclusion

L'étude de dangers des 3 éoliennes du projet éolien de La Trézence a été réalisée dans le cadre règlementaire des projets d'Installations Classées pour la Protection de l'Environnement et selon la méthodologie décrite par le « Guide technique pour l'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens ».

Le modèle d'éolienne envisagé pour ce projet présente une hauteur totale maximale de 180 m et un diamètre de rotor de 117 m.

L'étude a retenu les 5 évènements suivants susceptibles de générer un risque pour les enjeux humains présents dans le périmètre de l'étude (soit 500 m autour de chaque éolienne) :

- Effondrement de l'éolienne (portée : 180 m, classe de probabilité : « rare ») ;
- Chute de glace (portée : 60 m, classe de probabilité : « courant ») ;
- Chute d'éléments de l'éolienne (portée : 60 m, classe de probabilité : « improbable ») ;
- Projection d'éléments de pale (portée 500 m, classe de probabilité : « rare ») ;
- Projection de glace (portée : 356 m, classe de probabilité : « probable »).

Les enjeux humains considérés sont ceux liés à la fréquentation des différents périmètres concernés : personnes non abritées (promeneurs, agriculteurs, exploitants divers) présentes sur les terrains non aménagés (terrains agricoles ou forestiers) ou aménagés (plateformes permanentes), ou sur les zones d'activité présentes dans le périmètre, ainsi que les véhicules susceptibles d'emprunter les voies de circulation concernées (autoroute A10 et voies à faible circulation).

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

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

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

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

Par ailleurs, les éoliennes font l'objet d'une maintenance préventive régulière et corrective par un personnel compétent et spécialisé. La maintenance porte sur le fonctionnement mécanique et électrique ainsi que l'état des composants et des structures de la machine. Une inspection visuelle de la machine et des pales est réalisée lors des maintenances préventives afin de détecter des éventuelles fissures ou défauts. Le niveau de prévention et de protection au regard de l'environnement est considéré comme acceptable. En effet, les accidents répertoriés par l'accidentologie ont dès à présent fait l'objet de mesures intégrées dans la structure des éoliennes « nouvelle génération ». Enfin le respect des prescriptions du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation permet de s'assurer que l'ensemble des accidents majeurs identifiés lors de cette étude de dangers constitue un risque acceptable pour les personnes.

10. Résumé non technique

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

11. Bibliographie

[1] L'évaluation des fréquences et des probabilités à partir des données de retour d'expérience (ref DRA-11-117406-04648A), INERIS, 2011

[2] NF EN 61400-1 Eoliennes – Partie 1 : Exigences de conception, Juin 2006

[3] Wind Turbine Accident data to 31 March 2011, Caithness Windfarm Information Forum

[4] Site Specific Hazard Assessment for a wind farm project – Case study – Germanischer Lloyd, Windtest Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH, 2010/08/24

[5] Guide for Risk-Based Zoning of wind Turbines, Energy research centre of the Netherlands (ECN), H. Braam, G.J. van Mulekom, R.W. Smit, 2005

[6] Specification of minimum distances, Dr-ing. Veenker ingenieurgesellschaft, 2004

[7] Permitting setback requirements for wind turbine in California, California Energy Commission – Public Interest Energy Research Program, 2006

[8] Oméga 10: Evaluation des barrières techniques de sécurité, INERIS, 2005

[9] Arrêté du 26 août 2011 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 Gütsch : monitoring of a wind turbine under icing conditions- R. Cattin etal.

[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

[19] INERIS, SER, FEE, « Elaboration de l'étude de dangers dans le cadre de parcs éoliens – Guide Technique », mai 2012

Normes, arrêtés et circulaires

- Arrêté du 26 août 2011 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 ;

- Arrêté du 29 Septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation ;

- Circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 Juillet 2003 ;

- NF EN 61400-1 Eoliennes – Partie 1 : Exigences de conception, Juin 2006.

Annexe 1 : Glossaire

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

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

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

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

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

Evénement initiateur : 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 matériels, sans préjuger l'existence de ces dernières. C'est une « Source potentielle de dommages » .

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

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

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

Probabilité d'occurrence : Au sens de l'article L. 512-1 du code de l'environnement, la probabilité d'occurrence d'un accident est assimilée à sa fréquence d'occurrence future estimée sur l'installation considérée. Elle est en général différente de la fréquence historique et peut s'écarter, pour une installation donnée, de la probabilité d'occurrence moyenne évaluée sur un ensemble d'installations similaires.
Attention aux confusions possibles :
1. Assimilation entre probabilité d'un accident et celle du phénomène dangereux correspondant, la première intégrant déjà la probabilité conditionnelle d'exposition des enjeux. L'assimilation sous-entend que les enjeux sont effectivement exposés, ce qui n'est pas toujours le cas, notamment si la cinétique permet une mise à l'abri ;
2. Probabilité d'occurrence d'un accident x sur un site donné et probabilité d'occurrence de l'accident x, en moyenne, dans l'une des N installations du même type (approche statistique).

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

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

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

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

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

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

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

Les définitions suivantes sont issues de l'arrêté du 26 août 2011 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 document sont listés et explicités ci-dessous :

ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
SER : Syndicat des Energies Renouvelables
FEE : France Energie Eolienne
INERIS : Institut National de l'EnviRonnement Industriel et des RisqueS
EDD : Etude De Dangers
APR : Analyse Préliminaire des Risques
ERP : Etablissement Recevant du Public
BRGM : Bureau de Recherches Géologiques et Minières
DDRM : Dossier Départemental des Risques Majeurs
ERC : Evènement Redouté Central
SCADA : *Supervisory Control and Data Acquisition*.
DGAC : Direction Générale de l'Aviation Civile
EPI : Equipement de Protection Individuel
HSE : Hygiène, Sécurité, Environnement

Annexe 2 : Probabilité d'atteinte et risque individuel

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

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

P_{ERC} = probabilité que l'événement redouté central (défaillance) se produise = probabilité de départ;
$P_{orientation}$ = probabilité que l'éolienne soit orientée de manière à projeter un élément lors d'une défaillance dans la direction d'un point donné (en fonction des conditions de vent notamment);
$P_{rotation}$ = probabilité que l'éolienne soit en rotation au moment où l'événement redouté se produit (en fonction de la vitesse du vent notamment);
$P_{atteinte}$ = probabilité d'atteinte d'un point donné autour de l'éolienne (sachant que l'éolienne est orientée de manière à projeter un élément en direction de ce point et qu'elle est en rotation);
$P_{présence}$ = probabilité de présence d'un enjeu donné au point d'impact sachant que l'élément est projeté en ce point donné.

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

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

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

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

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

Annexe 3 : Méthode de comptage des personnes

La détermination du nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) présentes dans chacune des zones d'effet se base sur la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers. Cette fiche permet de compter aussi simplement que possible, selon des règles forfaitaires, le nombre de personnes exposées dans chacune des zones d'effet des phénomènes dangereux identifiés.
Dans le cadre de l'étude de dangers des parcs éoliens, cette méthode permet tout d'abord, au stade de la description de l'environnement de l'installation (partie III.4), de comptabiliser les enjeux humains présents dans les ensembles homogènes (terrains non bâtis, voies de circulation, zones habitées, ERP, zones industrielles, commerces...) situés dans l'aire d'étude de l'éolienne considérée.
D'autre part, cette méthode permet ensuite de déterminer la gravité associée à chaque phénomène dangereux retenu dans l'étude détaillée des risques (partie VIII).

Terrains non bâtis

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

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

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

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

Nombre de personnes exposées sur voies de communication structurantes en fonction du linéaire et du trafic

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

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

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

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

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

Etablissements recevant du public (ERP)
Compter les ERP (bâtiments d'enseignement, de service public, de soins, de loisir, religieux, grands centres commerciaux, etc.) en fonction de leur capacité d'accueil (au sens des catégories du code de la construction et de l'habitation), le cas échéant sans compter leurs routes d'accès (cf. paragraphe sur les voies de circulation automobile).
Les commerces et ERP de catégorie 5 dont la capacité n'est pas définie peuvent être traités de la façon suivante :
– compter 10 personnes par magasin de détail de proximité (boulangerie et autre alimentation, presse et coiffeur) ;
– compter 15 personnes pour les tabacs, cafés, restaurants, supérettes et bureaux de poste.
Les chiffres précédents peuvent être remplacés par des chiffres issus du retour d'expérience local pour peu qu'ils restent représentatifs du maximum de personnes présentes et que la source du chiffre soit soigneusement justifiée.
Une distance d'éloignement de 500 m aux habitations est imposée par la loi. La présence d'habitations ou d'ERP ne se rencontreront peu en pratique.

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

Annexe 4 : Accidentologie française

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

La principale source officielle utilisée est la Base de données ARIA[18] du Ministère du Développement Durable ;

Au 11 février 2025, 117 accidents touchant à l'intégrité matérielle d'une éolienne ont été recensés en France, dont 9 effondrements.

A ce jour, si on exclut les opérations de maintenance, aucun des accidents français n'a entraîné de victime.

Les numéros d'accident qui sont mentionnés dans les tableaux suivants renvoient au site internet de la base de données ARIA et permettent d'accéder à la description précise de l'accident :

https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/*numéro*/

[18] La base de données ARIA (Analyse, Recherche et Information sur les Accidents) répertorie les incidents, accidents ou presque accidents qui ont porté, ou auraient pu porter atteinte à la santé ou la sécurité publiques ou à l'environnement.

TYPE D'ACCIDENT	DATE	NOM DU PARC	DEPARTEMENT	PUISSANCE (EN MW)	MISE EN SERVICE	TECHNOLOGIE RECENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT A L'UTILISATION DANS L'ETUDE DE DANGERS
Effondrement	Novembre 2000	Port la Nouvelle	Aude	0,5	1993	Non	Le mât d'une éolienne s'est plié lors d'une tempête suite à la perte d'une pale (coupure de courant prolongée pendant 4 jours suite à la tempête)	Tempête avec foudre répétée	Rapport du CGM Site Vent de Colère	-
Rupture de pale	2001	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pales en bois (avec inserts)	?	Site Vent de Colère	Information peu précise
Effondrement	01/02/2002	Wormhout	Nord	0,4	1997	Non	Bris d'hélice et mât plié	Tempête	Rapport du CGM Site Vent du Bocage	-
Maintenance	01/07/2002	Port la Nouvelle – Sigean	Aude	0,66	2000	Oui	Grave électrisation avec brûlures d'un technicien	Lors de mesures pour caractériser la partie haute d'un transformateur 690V/20kV en tension. Le mètre utilisé par la victime, déroulé sur 1,46m, s'est soudainement plié et est entré dans la zone du transformateur, créant un arc électrique.	Rapport du CGM	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Rupture de pale	25/02/2002	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pale en bois (avec inserts) sur une éolienne bipale	Tempête	Article de presse (La Dépêche du 26/03/2003)	Information peu précise
Effondrement	28/12/2002	Névian - Grande Garrigue	Aude	0,85	2002	Non Gamesa G52 850	Effondrement d'une éolienne suite au dysfonctionnement du système de freinage	Tempête + dysfonctionnement du système de freinage	Base de données ARIA	-
➢ **N°42882 - 28/12/2002 - FRANCE - 11 - NEVIAN**										
Rupture de pale	05/11/2003	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pales en bois (avec inserts) sur trois éoliennes. Morceaux de pales disséminés sur 100 m.	Dysfonctionnement du système de freinage	Rapport du CGM Article de presse (Midi Libre du 15/11/2003)	-

TYPE D'ACCIDENT	DATE	NOM DU PARC	DEPARTEMENT	PUISSAN-CE (EN MW)	MISE EN SERVICE	TECHNO-LOGIE RECENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT A L'UTILISATION DANS L'ETUDE DE DANGERS
Effondrement	01/01/2004	Le Portel – Boulogne sur Mer	Pas de Calais	0,75	2002	Non Lagerwey	Cassure d'une pale, chute du mât et destruction totale. Une pale tombe sur la plage et les deux autres dérivent sur 8 km.	Tempête	Base de données ARIA	-
➢ **Accident N°26119 - 01/01/2004 au PORTEL (62)**										
Effondrement	20/03/2004	Loon Plage – Port de Dunkerque	Nord	0,3	1996	Non Windenergy	Couchage du mât d'une des 9 éoliennes suite à l'arrachement de la fondation	Rupture de 3 des 4 micropieux de la fondation, erreur de calcul (facteur de 10)	Base de données ARIA	-
➢ **Accident N°29388 - 20/03/2004 à DUNKERQUE (59)** 										
Rupture de pale	22/06/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2001	Non Wind-master	Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5 m à 50 m, mât intact	Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage)	Base de données ARIA	-
➢ **N°42887 - 22/06/2004 - FRANCE - 29 - PLEYBER-CHRIST**										
Rupture de pale	08/07/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2001	Non Wind-master	Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5m à 50m, mat intact	Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage)	Base de données ARIA	Incident identique à celui s'étant produit 15 jours auparavant

TYPE D'ACCIDENT	DATE	NOM DU PARC	DEPARTEMENT	PUISSANCE (EN MW)	MISE EN SERVICE	TECHNOLOGIE RECENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT A L'UTILISATION DANS L'ETUDE DE DANGERS
➢ **N°42889 - 08/07/2004 - FRANCE - 29 - PLEYBER-CHRIST**										
Rupture de pale	2004	Escales-Conilhac	Aude	0,75	2003	Non	Bris de trois pales		Site Vent de Colère	Information peu précise
Rupture de pale + incendie	22/12/2004	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75	2004	Non Jeumont	Bris des trois pales et début d'incendie sur une éolienne (survitesse de plus de 60 tr/min)	Survitesse due à une maintenance en cours, problème de régulation, et dysfonctionnement du système de freinage	Base de données ARIA	-
➢ **Accident N°29385 - 22/12/2004 à MONTJOYER (26)**										
Rupture de pale	2005	Wormhout	Nord	0,4	1997	Non	Bris de pale		Site Vent de Colère	Information peu précise
Chute de pale	08/10/2006	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2004	Non Wind-master	Chute d'une pale de 20 m pesant 3 tonnes	Allongement des pales et retrait de sécurité (débridage), pas de REX suite aux précédents accidents sur le même parc	Base de données ARIA	-
➢ **N°42891 - 07/10/2006 - FRANCE - 29 - PLEYBER-CHRIST**										
Incendie	18/11/2006	Roquetaillade	Aude	0,66	2001	Oui	Acte de malveillance: explosion de bonbonne de gaz au pied de 2 éoliennes. L'une d'entre elles a mis le feu en pied du mat qui s'est propagé jusqu'à la nacelle.	Malveillance / incendie criminel	Base de données ARIA	-
➢ **N°42909 - 18/11/2006 - FRANCE - 11 - ROQUETAILLADE**										
Effondrement	03/12/2006	Bondues	Nord	0,08	1993	Non Lagerwey	Sectionnement du mât puis effondrement d'une éolienne dans une zone industrielle	Tempête (vents mesurés à 137Kmh)	Base de données ARIA	-

TYPE D'ACCIDENT	DATE	NOM DU PARC	DEPARTEMENT	PUISSANCE (EN MW)	MISE EN SERVICE	TECHNOLOGIE RECENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT A L'UTILISATION DANS L'ETUDE DE DANGERS
➢ **N°42895 - 03/12/2006 - FRANCE - 59 - BONDUES**										
Chute de pale	31/12/2006	Ally	Haute-Loire	1,5	2005	Oui	Chute de pale lors d'un chantier de maintenance visant à remplacer les rotors	Accident faisant suite à une opération de maintenance	Site Vent de Colère	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident pendant la phase chantier)
Rupture de pale	03/2007	Clitourps	Manche	0,66	2005	Non Vestas V47 660	Rupture d'un morceau de pale de 4 m et éjection à environ 80 m de distance dans un champ	Cause pas éclaircie	Base de données ARIA	-
➢ **N°43107 - 02/03/2007 - FRANCE - 50 - CLITOURPS**										
Maintenance - Incendie	1/8/2007	Corbières-Maritime - Port la Nouvelle / Sigean	Aude	8,8	1991 - 1993 - 2000	Non Gamesa G47 Vestas V39 V25	Incendie pendant une maintenance	-	Engie Green	-
Chute d'élément	11/10/2007	Plouvien	Finistère	1,3	2007	Non Siemens SWT 1.3	Chute d'un élément de la nacelle (trappe de visite de 50 cm de diamètre)	Défaut au niveau des charnières de la trappe de visite. Correctif appliqué et retrofit des boulons de charnières effectué sur toutes les machines en exploitation.	Base de données ARIA	-
➢ **N°42896 - 11/10/2007 - FRANCE - 29 - PLOUVIEN**										
Emballement	10/03/2008	Dinéault	Finistère	0,3	2002	Non Windmaster 28	Emballement de l'éolienne mais pas de bris de pale	Tempête + système de freinage hors service (boulon manquant)	Base de données ARIA	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (événement unique et sans répercussion potentielle sur les personnes)

TYPE D'ACCIDENT	DATE	NOM DU PARC	DEPARTEMENT	PUISSANCE (EN MW)	MISE EN SERVICE	TECHNOLOGIE RECENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT A L'UTILISATION DANS L'ETUDE DE DANGERS
➢ **Accident N°34340 - 10/03/2008 à DINEAULT (29)**										
Collision avion	04/2008	Plouguin	Finistère	2	2004	Non	Léger choc entre l'aile d'un bimoteur Beechcraftch (liaison Ouessant-Brest) et une pale d'éolienne à l'arrêt. Perte d'une pièce de protection au bout d'aile. Mise à l'arrêt de la machine pour inspection.	Mauvaise météo, conditions de vol difficiles (sous le plafond des 1000m imposé par le survol de la zone) et faute de pilotage (altitude trop basse)	Base de données ARIA	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident aéronautique)
➢ **N°42884 - 04/04/2008 - FRANCE - 29 - PLOUGUIN**										
Rupture de pale	19/07/2008	Erize-la-Brûlée - Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Oui Gamesa G90	Chute de pale et projection de morceaux de pale suite à un coup de foudre	Foudre + défaut de pale	Base de données ARIA	-
➢ **N°42904 - 19/07/2008 - FRANCE - 55 - ERIZE-LA-BRULEE**										
Incendie	28/08/2008	Vauvillers	Somme	2	2006	Oui Vestas V80 2.0	Incendie de la nacelle	Problème au niveau d'éléments électroniques	Base de données ARIA	-
➢ **N°43109 - 21/08/2008 - FRANCE - 80 - VAUVILLERS**										
Chute de pale	26/12/2008	Raival - Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Oui	Chute de pale		Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain)	-
Maintenance	26/01/2009	Clastres	Aisne	2,75	2004	Non Neg Micon	Accident électrique ayant entraîné la brûlure de deux agents de maintenance	Accident électrique (explosion d'un convertisseur)	Base de données ARIA	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)

TYPE D'ACCIDENT	DATE	NOM DU PARC	DEPARTEMENT	PUISSAN-CE (EN MW)	MISE EN SERVICE	TECHNO-LOGIE RECENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT A L'UTILISATION DANS L'ETUDE DE DANGERS
➢ **Accident N°35814 - 26/01/2009 à CLASTRES (02)**										
Rupture de pale	08/06/2009	Bolléne	Vaucluse	2,3	2009	Oui	Bout de pale d'une éolienne ouvert	Coup de foudre sur la pale	Interne exploitant	Non utilisable dans les chutes ou les projections (la pale est restée accrochée)
Incendie	21/10/2009	Froidfond - Espinassière	Vendée	2	2006	Oui	Incendie de la nacelle	Court-circuit dans transformateur sec embarqué en nacelle ?	Base de données ARIA	-
➢ **N°42906 - 21/10/2009 - FRANCE - 85 - FROIDFOND**										
Incendie	30/10/2009	Freyssenet	Ardèche	2	2005	Oui Vestas	Incendie de la nacelle	Court-circuit faisant suite à une opération de maintenance (problème sur une armoire électrique)	Base de données ARIA	-
➢ **Accident N°37601 - 30/10/2009 à FREYSSENET (07)**										
Maintenance	20/04/2010	Toufflers	Nord	0,15	1993	Non	Décès d'un technicien au cours d'une opération de maintenance	Crise cardiaque	Article de presse (La Voix du Nord 20/04/2010)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)

TYPE D'ACCIDENT	DATE	NOM DU PARC	DEPARTEMENT	PUISSANCE (EN MW)	MISE EN SERVICE	TECHNOLOGIE RECENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT A L'UTILISATION DANS L'ETUDE DE DANGERS
Effondrement	30/05/2010	Port la Nouvelle	Aude	0,2	1991	Non	Effondrement d'une éolienne	Le rotor avait été endommagé par l'effet d'une survitesse. La dernière pale (entière) a pris le vent créant un balourd. Le sommet de la tour s'est plié et est venu buter contre la base entrainant la chute de l'ensemble.	Interne exploitant	-
Incendie	19/09/2010	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75	2004	Non Jeumont	Emballement de deux éoliennes et incendie des nacelles.	Maintenance en cours, problème de régulation, freinage impossible, évacuation du personnel, survitesse de +/- 60 tr/min	Base de données ARIA	-
➢ **Accident N° 38999 – 19/09/2010 à Rochefort en Valdaine (26).**										
Maintenance	15/12/2010	Pouillé-les-Côteaux	Loire Atlantique	2,3	2010	Oui Enercon E70 2.3 MW	Chute de 3 m d'un technicien de maintenance à l'intérieur de l'éolienne. L'homme de 22 ans a été secouru par le GRIMP de Nantes. Aucune fracture ni blessure grave.		Base de données ARIA	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
➢ **Accident N° 39464 – 15/12/2010 à POUILLE-LES-COTEAUX (44)**										
Transport	10/02/2011	Non communiqué	Seine-Maritime	-	-	-	Lors du levage d'éléments d'éoliennes, 1 docker intérimaire est tué, écrasé entre 2 pylônes.	Non précisée	Base de données ARIA	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident de transport hors site éolien)

TYPE D'ACCIDENT	DATE	NOM DU PARC	DEPARTEMENT	PUISSANCE (EN MW)	MISE EN SERVICE	TECHNOLOGIE RECENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT A L'UTILISATION DANS L'ETUDE DE DANGERS
Transport	31/05/2011	Mesvres	Saône-et-Loire	-	-	-	Collision entre un train régional et un convoi exceptionnel transportant une pale d'éolienne, au niveau d'un passage à niveau. Aucun blessé.		Article de presse (Le Bien Public 01/06/2011)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident de transport hors site éolien)
Rupture de pale	14/12/2011	Non communiqué	Non communiqué	2,5	2003	Oui	Pale endommagée par la foudre. Fragments retrouvés par l'exploitant agricole à une distance n'excédant pas 300 m.	Foudre	Interne exploitant	Information peu précise sur la distance d'effet
Incendie	03/01/2012	Non communiqué	Non communiqué	2,3	2006	Oui	Départ de feu au pied de la tour. Acte de vandalisme : la porte de l'éolienne a été découpée pour y introduire des pneus et de l'huile que l'on a essayé d'incendier. Le feu ne s'est pas propagé, dégâts très limités et restreints au pied de la tour.	Malveillance / incendie criminel	Interne exploitant	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (pas de propagation de l'incendie)
Rupture de pale	04/01/2012	Widehem	Pas-de-Calais	0,75	2000	Non Jeumont	Bris de pales, dont des fragments ont été projetés jusqu'à 380 m. Aucun blessé et aucun dégât matériel (en dehors de l'éolienne).	Tempête + panne d'électricité	Base de données ARIA	-
➢ **Accident N°41578 - 04/01/2012 - FRANCE - 62 - WIDEHEM**										
Maintenance	06/02/2012	Lehaucourt-Gricourt	Aisne	2	2008	Oui Vestas V80 2 MW	Lors d'une opération de maintenance dans la nacelle, un arc électrique (690 V) blesse deux sous-traitants, l'un gravement et l'autre légèrement.	Non précisée	Base de données ARIA	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
➢ **Accident N°41628 - 06/02/2012 - FRANCE - 02 - LEHAUCOURT**										

TYPE D'ACCIDENT	DATE	NOM DU PARC	DEPARTEMENT	PUISSANCE (EN MW)	MISE EN SERVICE	TECHNOLOGIE RECENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT A L'UTILISATION DANS L'ETUDE DE DANGERS
Rupture de pale	11/04/2012	Corbières-Maritimes	Aude	0,66	2000	Non	Projection à 20 m d'un débris de pale long de 15 m. Aucun blessé et aucun dégât matériel (en dehors de l'éolienne).	Foudre	Base de données ARIA	-
➢ **N°43841 - 11/04/2012 - FRANCE - 11 - SIGEAN**										
Chute de pale	18/05/2012	Chemin d'Ablis	Eure-et-Loir	2	2008	Oui Repower MM92 2.0	Une des trois pales de l'éolienne s'est décrochée. Aucun blessé et aucun dégât matériel (en dehors de l'éolienne).	Rupture du roulement qui raccordait la pale au rotor. Présence de traces de corrosion.	Base de données ARIA	-
➢ **Accident N°42919 - 18/05/2012 - FRANCE - 28 - FRESNAY-L'EVEQUE**										
Effondrement	30/05/2012	Corbières-Maritimes	Aude	0,2	1991	Non Vestas V25 200	Les rafales de vent à 130 km/h observées durant la nuit ont provoqué l'effondrement de la tour en treillis de 30 m de haut.	Tempête	Base de données ARIA	-
➢ **Accident N°43110 - 30/05/2012 - FRANCE - 11 - PORT-LA-NOUVELLE**										
Rupture de pale	01/11/2012	Rézentières - Vieillespesse	Cantal	2,5	2011	Oui Nordex N90 2.5	Un élément de 400 g constitutif d'une pale d'éolienne est projeté à 70 m du mât.	Non précisée	Base de données ARIA	-
➢ **Accident N°43120 - 01/11/2012 - FRANCE - 15 - VIEILLESPESSE**										
Incendie	05/11/2012	Corbières-Maritimes	Aude	0,66	2000	Non Vestas V47 660	L'incendie s'est déclaré en partie basse de l'éolienne. Les flammes ont ensuite atteint la nacelle.	Non précisée	Base de données ARIA	-
➢ **Accident N°43228 - 05/11/2012 - FRANCE - 11 - SIGEAN**										

TYPE D'ACCIDENT	DATE	NOM DU PARC	DEPARTE MENT	PUISSA N-CE (EN MW)	MISE EN SERVICE	TECHNO-LOGIE RECENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT A L'UTILISATION DANS L'ETUDE DE DANGERS
Chute de pale	06/03/2013	Roquetailla de - Escales-Conilhac	Aude	0,75	2003	Non Jeumont J48 750	Une des trois pales de l'éolienne s'est décrochée. Aucun blessé et aucun dégât matériel (en dehors de l'éolienne).	Problème de fixation de la pale.	Base de données ARIA	-
➢ **N°43576 - 06/03/2013 - FRANCE - 11 - CONILHAC-DE-LA-MONTAGNE**										
Incendie	17/03/2013	Fère-Champenoi se-Euvy-Corroy	Marne	2,5	2011	Oui GE 100 2.5	L'incendie s'est déclaré dans la nacelle de l'éolienne. L'incendie a entrainé la chute d'une des trois pales.	Non communi-quée	Base de données ARIA	-
➢ **N°43630 - 17/03/2013 - FRANCE - 51 - EUVY**										
Foudre	20/06/2013	Labastide-sur-Besorgues	07			Oui Enercon E44 900	Pale déchirée par la foudre	Foudre	Base de données ARIA	
➢ **N°45016 - 20/06/2013 - FRANCE - 07 - LABASTIDE-SUR-BESORGUES**										
Maintenance	01/07/2013	Haut-Languedoc	Hérault	1,3	2006	Non Siemens SWT62	Un opérateur remplissant un réservoir d'azote sous pression dans une éolienne est blessé par la projection d'un équipement.	Erreur de maintenance	Base de données ARIA	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
➢ **N°44150 - 01/07/2013 - FRANCE - 34 - CAMBON-ET-SALVERGUES**										
Maintenance	03/08/2013	Moréac	Morbihan	0,04	2000	Non	Une nacelle élévatrice utilisée pour une intervention de maintenance sur une éolienne perd 270 l d'huile hydraulique.	Erreur de maintenance	Base de données ARIA	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (événement unique et sans répercussion potentielle sur les personnes)

TYPE D'ACCIDENT	DATE	NOM DU PARC	DEPARTEMENT	PUISSANCE (EN MW)	MISE EN SERVICE	TECHNOLOGIE RECENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT A L'UTILISATION DANS L'ETUDE DE DANGERS
Incendie	09/01/2014	Vent de Thiérache 02	Ardennes	2,5	2013	Oui Nordex N100 2.5	L'incendie s'est déclaré dans la tour de l'éolienne, au niveau des câbles de puissance puis s'est propagé le long du mât pour atteindre la nacelle qui a pris feu.	Défaillance électrique	Base de données ARIA	-
➢ **N°44831 - 09/01/2014 - FRANCE - 08 - ANTHENY**										
Chute de pale	20/01/2014	Corbières-Maritimes	Aude	0,660	2000	Non Vestas V39	Une des trois pales de l'éolienne s'est décrochée. Aucun blessé et aucun dégât matériel (en dehors de l'éolienne).	Problème de fixation de la pale.	Base de données ARIA	-
➢ **N°44870 - 20/01/2014 - FRANCE - 11 - SIGEAN**										
Projection d'élément	29/6/2014	Fitou	11		2002	Non Nordex N60 1.3	Projection d'un élément		Engie Green	
Chute de pale	14/11/2014	St-Cirgues-en-Montagne	07			Oui Senvion MM82	Chute d'une pale lors d'un orage. Débris projetés à 150 m	Expertise	Base de données ARIA	
➢ **N°45960 - 14/11/2014 - FRANCE - 07 - SAINT-CIRGUES-EN-MONTAGNE**										
Projection d'élément	05/12/2014	Fitou	11		2002	Non Nordex N60 1.3	Extrémité d'une pale projetée à 80 m	Décollement de fibre de verre	Base de données ARIA	-
➢ **N°46030 - 05/12/2014 - FRANCE - 11 - FITOU**										
Incendie	29/01/2015	Remigny	02			Oui Siemens SWT 2.3	Incendie en phase de test avant mise en service	Défaut d'isolation	Base de données ARIA	Phase de test
➢ **N°46304 - 29/01/2015 - FRANCE - 02 - REMIGNY**										

TYPE D'ACCIDENT	DATE	NOM DU PARC	DEPARTEMENT	PUISSANCE (EN MW)	MISE EN SERVICE	TECHNOLOGIE RECENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT A L'UTILISATION DANS L'ETUDE DE DANGERS
Incendie	06/02/2015	Lusseray	79			Enercon E82	Départ de feu dans une armoire électrique	Court-circuit pendant maintenance	Base de données ARIA	Maintenance
➢ **N°46237 - 06/02/2015 - FRANCE - 79 - LUSSERAY**										
Chute de pale	5/4/2015	Roquetaillade	Aude	0,75	2003	Non Jeumont J48 750	Chute de pale	-	Engie Green	-
Projection d'élément	19/5/2015	Fitou	Aude	0,75	2002	Non Nordex N60 1.3	Projection d'un élément		Engie Green	
Projection d'élément	20/5/2015	Fitou	Aude	0,75	2002	Non Nordex N60 1.3	Projection d'un élément		Engie Green	
Incendie	24/08/2015	SANTILLY	28		2006	Nordex N90	Départ de feu dans la génératrice	-	Base de données ARIA	
➢ **N°47062 - 24/08/2015 - FRANCE - 28 - SANTILLY**										
Chute de pale	10/11/2015	MENIL-LA-HORGNE	55		2007	Senvion Repower MD 77	Chute et destruction du rotor complet	Défaut métallurgique sur l'arbre lent	Base de données ARIA	
➢ **N°47377 - 10/11/2015 - FRANCE - 55 - MENIL-LA-HORGNE**										
Chute d'élément	07/02/2016	CONILHAC-CORBIERES	11		2014	Enercon E70 2,3MW	Chute de l'aérofrein d'une pale	Rupture d'un cable	Base de données ARIA	

TYPE D'ACCIDENT	DATE	NOM DU PARC	DEPARTEMENT	PUISSANCE (EN MW)	MISE EN SERVICE	TECHNOLOGIE RECENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT A L'UTILISATION DANS L'ETUDE DE DANGERS
➢ **N°47675 - 07/02/2016 - FRANCE - 11 - CONILHAC-CORBIERES**										
Projection de pale	08/02/2016	DINEAULT	29		1999	Windmaster 300 kW	Rupture d'une pale	Forte tempête	Base de données ARIA	
➢ **N°47680 - 08/02/2016 - FRANCE - 29 - DINEAULT**										
Projection de pale et d'éléments	07/03/2016	CALANHEL	22		2009	Gamesa G58	Chute d'une pale et projection d'éléments mécaniques	Rupture du système d'orientation de la pale	Base de données ARIA	
➢ **N°47763 - 07/03/2016 - FRANCE - 22 - CALANHEL**										
Ecoulement d'huile	28/5/2016	JANVILLE	28		2007	Nordex N90	Ecoulement d'huile sous la nacelle	Défaillance d'un raccord	Base de données ARIA	
➢ **N°48264 - 28/05/2016 - FRANCE - 28 - JANVILLE**										
Incendie	10/08/2016	HESCAMPS	80		2008	WinWind WWD64	Départ de feu au niveau du rotor	Défaillance électrique	Base de données ARIA	
➢ **N°48426 - 10/08/2016 - FRANCE - 80 - HESCAMPS**										
Incendie	18/08/2016	DARGIES	60		2014	Enercon E82	Départ de feu dans la nacelle	Défaillance électrique	Base de données ARIA	
➢ **N°48471 - 18/08/2016 - FRANCE - 60 - DARGIES**										

Depuis août 2016 :

ARIA	**49104**	**Rupture des pales d'une éolienne**	**12/01/2017**	**TUCHAN**	**11**	**FRANCE**
Causes premières:		Vent,Wind,Rupture,Failure	Machine:	Nordex N43		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/49104/						
ARIA	**49151**	**Chute d'une pale d'une éolienne**	**18/01/2017**	**NURLU**	**80**	**FRANCE**
Causes premières:		Vent,Wind,Rupture,Failure	Machine:	Gamesa G90		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/49151/						
ARIA	**49374**	**Chute d'un élément d'une pale d'éolienne**	**27/02/2017**	**TRAYES**	**79**	**FRANCE**
Causes premières:		Rupture,Failure,Action non requise (réalisée)	Machine:	Gamesa G90		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/49374/						
ARIA	**49359**	**Rupture d'une pale d'éolienne**	**27/02/2017**	**LAVALLEE**	**55**	**FRANCE**
Causes premières:		Vent,Wind,Rupture,Failure	Machine:	Gamesa G90		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/49359/						
ARIA	**49746**	**Feu dans la nacelle d?une éolienne**	**06/06/2017**	**ALLONNES**	**28**	**FRANCE**
Causes premières:		Mode dégradé,Degraded mode	Machine:	Vestas V112		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/49746/						
ARIA	**49768**	**Chute de pale d'éolienne due à la foudre**	**08/06/2017**	**AUSSAC-VADALLE**	**16**	**FRANCE**
Causes premières:		Foudre,Lightning	Machine:	Gamesa G90		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/49768/						
ARIA	**49902**	**Chute d'une pale d'éolienne**	**24/06/2017**	**CONCHY-SUR-CANCHE**	**62**	**FRANCE**
Causes premières:		Rupture,Failure	Machine:	Ecotecnia 80		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/49902/						
ARIA	**50291**	**Chute d'un aérofrein d'une éolienne**	**17/07/2017**	**FECAMP**	**76**	**FRANCE**

Causes premières:	Mode dégradé,Degraded mode	Machine:	Neg Micon NM52			
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/50291/						
ARIA	**50898**	**Fuite d'huile sur une éolienne**	**24/07/2017**	**MAURON**	**56**	**FRANCE**
Causes premières:	Perte de confinement , étanchéité (sans rupture)	Machine:	Gamesa G90			
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/50898/						
ARIA	**50148**	**Bris d'une pale d'éolienne**	**05/08/2017**	**PRIEZ**	**2**	**FRANCE**
Causes premières:	Rupture,Failure	Machine:	Siemens SWT 2.3			
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/50148/						
ARIA	**50694**	**Chute du carénage d'une éolienne**	**08/11/2017**	**ROMAN**	**27**	**FRANCE**
Causes premières:	Rupture,Failure,Mal effectuée	Machine:	Vestas V90			
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/50694/						

ARIA	**50913**	**Chute d'une éolienne lors d'une tempête**	**01/01/2018**	**BOUIN**	**85**	**FRANCE**
Causes premières:	Vent,Panne totale (HS),Action non requise (réalisée)	Machine:	Gamesa G90			
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/50913/						
ARIA	**50905**	**Chute d'une pale d'éolienne**	**04/01/2018**	**NIXEVILLE-BLERCOURT**	**55**	**FRANCE**
Causes premières:	Vent,Wind,Défauts matériels,Hardware defects	Machine:	Gamesa G90			
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/50905/						
ARIA	**51122**	**Chute de l'aérofrein d'une pale d'éolienne**	**06/02/2018**	**CONILHAC-CORBIERES**	**11**	**FRANCE**
Causes premières:	Rupture,Failure	Machine:	Enercon E70			
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/51122/						
ARIA	**53153**	**Défaillance mécanique d'une éolienne**	**08/03/2018**	**VILLERS-GRELOT**	**25**	**FRANCE**

Causes premières:		Défauts matériels,Hardware defects	Machine:	GE 2.75 100		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/53153/						
ARIA	**51675**	**Incendies criminels dans un parc éolien**	**01/06/2018**	**MARSANNE**	**26**	**FRANCE**
Causes premières:		Acte de malveillance,Malicious intent	Machine:	Vestas V80		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/51675/						
-	**-**	**Incendie dans une nacelle**	**05/06/2018**	**AUMELAS**	**34**	**FRANCE**
Causes premières:		Défaillance électrique	Machine:	Vestas V80		
-						
ARIA	**51853**	**Chute des extrémités de 2 pales d'une éolienne**	**04/07/2018**	**PORT-LA-NOUVELLE**	**11**	**FRANCE**
Causes premières:		Rupture,Failure	Machine:	Vestas		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/51853/						
ARIA	**52641**	**Incendie d'éolienne propagé à la végétation**	**28/09/2018**	**SAUVETERRE**	**81**	**FRANCE**
Causes premières:		Chaleur intense,Heat wave,Défauts matériels,Hardware defects	Machine:	Vestas V80		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/52641/						
ARIA	**52498**	**Fuite d'huile hydraulique sur une éolienne**	**17/10/2018**	**FLERS-SUR-NOYE**	**80**	**FRANCE**
Causes premières:		Mal effectuée,Yet poorly executed,Non effectuée,Yet not executed	Machine:	Gamesa G97		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/52498/						
ARIA	**52558**	**Effondrement d'une éolienne**	**06/11/2018**	**GUIGNEVILLE**	**45**	**FRANCE**
Causes premières:		Panne,Malfunction,Autre,Other	Machine:	Ecotecnia 100		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/52558/						
ARIA	**52653**	**Chute de 3 aérofreins dans un parc éolien**	**18/11/2018**	**CONILHAC-CORBIERES**	**11**	**FRANCE**
Causes premières:		Rupture,Failure	Machine:	Enercon E70		

https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/52653/						
ARIA	**52638**	**Chute d'une pâle d'éolienne**	**19/11/2018**	**OLLEZY**	**2**	**FRANCE**
Causes premières:		Rupture,Failure	Machine:	Nordex N117		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/52638/						
ARIA	**52838**	**Incendie sur une éolienne**	**03/01/2019**	**LA LIMOUZINIERE**	**44**	**FRANCE**
Causes premières:		Danger latent,Latent hazard,Rupture,Failure	Machine:	Senvion MM92		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/52838/						
ARIA	**52967**	**Chute d'une pale d'éolienne**	**17/01/2019**	**BAMBIDERSTROFF**	**57**	**FRANCE**
Causes premières:		Perte de confinement , étanchéité (sans rupture),Loss of confinement , seal (without a break),Rupture,Failure	Machine:	Gamesa G80		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/52967/						
ARIA	**52993**	**Incendies criminels dans un parc éolien**	**20/01/2019**	**ROUSSAS**	**26**	**FRANCE**
Causes premières:		Acte de malveillance,Malicious intent	Machine:	Vestas V66		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/52993/						
ARIA	**53010**	**Rupture du mât d'une éolienne**	**23/01/2019**	**BOUTAVENT**	**60**	**FRANCE**
Causes premières:		Perte d'utilité externe,Loss of external utility,Mode dégradé,Degraded mode	Machine:	Winwind WD64		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/53010/						
ARIA	**53139**	**Chute d'une pâle d'éolienne**	**30/01/2019**	**ROQUETAILLADE**	**11**	**FRANCE**
Causes premières:		Rupture,Failure	Machine:	Gamesa G47		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/53139/						

ARIA	**53562**	**Fissurations sur des roulements de pales d'éoliennes**	**12/02/2019**	**AUTECHAUX**	**25**	**FRANCE**

Causes premières:	Défauts matériels,Hardware defects	Machine:	GE 2.75 100			
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/53562/						
ARIA	**53429**	**Eolienne touchée par la foudre**	**02/04/2019**	**EQUANCOURT**	**80**	**FRANCE**
Causes premières:	Foudre,Lightning	Machine:	Gamesa G90			
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/53429/						
ARIA	**53479**	**Électrisation lors de la maintenance d'une éolienne**	**15/04/2019**	**CHAILLY-SUR-ARMANCON**	**21**	**FRANCE**
Causes premières:	Interventions humaines,Human interventions	Machine:	SG 2.1-114			
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/53479/						
ARIA	**53857**	**Incendie sur une éolienne**	**18/06/2019**	**QUESNOY-SUR-AIRAINES**	**80**	**FRANCE**
Causes premières:	Autre,Other	Machine:	Siemens SWT-2.3			
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/53857/						
ARIA	**53860**	**Feu de moteur d'éolienne**	**25/06/2019**	**AMBON**	**56**	**FRANCE**
Causes premières:	Action requise,Action mandatory	Machine:	Ecotecnia 80 1.6			
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/53860/						
ARIA	**53894**	**Chute d'un bout de pale d'une éolienne**	**27/06/2019**	**CHARLY-SUR-MARNE**	**2**	**FRANCE**
Causes premières:	Défauts matériels,Hardware defects	Machine:	Gamesa G90			
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/53894/						

ARIA	**53955**	**Impact de foudre sur une pale d'éolienne**	**03/07/2019**	**SIGEAN**	**11**	**FRANCE**
Causes premières:	Foudre,Lightning,Rupture,Failure	Machine:	Repower MM92			
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/53955/						
ARIA	**54407**	**Chute d'aérofreins en bout de pale d'une éolienne**	**04/09/2019**	**ESCALES**	**11**	**FRANCE**

Causes premières:		Mode dégradé,Degraded mode,Rupture,Failure	Machine:	Jeumont J48		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/54407/						
ARIA	**54761**	**Chute du capot de la nacelle d'une éolienne**	**28/11/2019**	**HANGEST-EN-SANTERRE**	**80**	**FRANCE**
Causes premières:		-	Machine:	Gamesa G114		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/54761/						
ARIA	**54898**	**Perte de contrôle d'une éolienne lors d'une mise en service**	**06/12/2019**	**AVELANGES**	**21**	**FRANCE**
Causes premières:		Vent,Wind,Mal effectuée,	Machine:	EnVision 2.5 131		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/54898/						
ARIA	**54810**	**Chute d'une partie de la pale d'une éolienne**	**09/12/2019**	**LA FORET-DE-TESSE**	**16**	**FRANCE**
Causes premières:		Rupture,Failure	Machine:	Vestas V110		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/54810/						
ARIA	**54985**	**Fumée blanche au niveau d'une éolienne**	**16/12/2019**	**POINVILLE**	**28**	**FRANCE**
Causes premières:		Décomposition de produits , réaction parasite,	Machine:	Nordex N90		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/54985/						
ARIA	**54820**	**Incendie sur une éolienne**	**17/12/2019**	**AMBONVILLE**	**52**	**FRANCE**
Causes premières:		Défauts matériels,Hardware defects	Machine:	Vestas V90		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/54820/						
ARIA	**55331**	**Chute d'un joint de pale d'une éolienne**	**22/01/2020**	**SAINT-SEINE-L'ABBAYE**	**21**	**FRANCE**
Causes premières:		Vent,Wind,Déformation ,	Machine:	Vestas V90		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/55331/						
ARIA	**55055**	**Rupture d'une pâle d'éolienne lors du passage d'une tempête**	**09/02/2020**	**BEAUREVOIR**	**2**	**FRANCE**
Causes premières:		Vent,Wind	Machine:	Gamesa G80		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/55055/						

ARIA	**55227**	**Endommagement d'une nacelle d'éolienne lors d'une tempête**	**09/02/2020**	**WANCOURT**	**62**	**FRANCE**
Causes premières:		Phénomène météo,Weather phenomenon	Machine:	Vestas V80		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/55227/						
ARIA	**55311**	**Rupture d'une pale sur une éolienne**	**26/02/2020**	**THEIL-RABIER**	**16**	**FRANCE**
Causes premières:		Rupture,Failure	Machine:	Vestas V110		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/55311/						
ARIA	**55133**	**Incendie sur une éolienne**	**29/02/2020**	**BOISBERGUES**	**80**	**FRANCE**
Causes premières:		Perte de confinement , étanchéité	Machine:	XEMC 93		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/55133/						
ARIA	**55294**	**Incendie d'une nacelle d'une éolienne**	**24/03/2020**	**FLAVIN**	**12**	**FRANCE**
Causes premières:		0	Machine:	Gamesa G87		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/55294/						
ARIA	**55461**	**Arrêt d'éoliennes à la suite de décès d'oiseaux**	**30/03/2020**	**POISEUL-LA-VILLE-ET-LAPERRIERE**	**21**	**FRANCE**
Causes premières:		Autre agression naturelle	Machine:	Nordex N117		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/55461/						
ARIA	**55360**	**Ecoulement d'huile hydraulique le long d'une éolienne**	**10/04/2020**	**RUFFIAC**	**56**	**FRANCE**
Causes premières:		Défauts matériels,	Machine:	Vestas V110		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/55360/						
ARIA	**55456**	**Incendie d'une éolienne au sol pour démantèlement**	**20/04/2020**	**LE VAUCLIN**	**972**	**FRANCE**
Causes premières:		Autre	Machine:	Vergnet GEV MP 275/32		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/55456/						

ARIA	**55641**	**Pliure d'une pale**	**30/04/2020**	**PLOUARZEL**	**29**	**FRANCE**
Causes premières:		Mal effectuée,Danger latent,Vent,Foudre,Rupture	Machine:	Gamesa G47		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/55641/						
ARIA	**56437**	**Fuite d'huile hydraulique sur une éolienne**	**07/06/2020**	**LEHAUCOURT**	**2**	**FRANCE**
Causes premières:		Rupture	Machine:	Nordex N90		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/56437/						
ARIA	**55650**	**Chute au sol d'une pale complète d'éolienne**	**27/06/2020**	**PLEMET**	**22**	**FRANCE**
Causes premières:		-	Machine:	Nordex N100		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/55650/						
ARIA	**56309**	**Fuite d'huile sur une éolienne**	**01/09/2020**	**BOUCHY-SAINT-GENEST**	**51**	**FRANCE**
Causes premières:		Perte de confinement , étanchéité (sans rupture)	Machine:	Vestas V100		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/56309/						
ARIA	**56492**	**Fuite d'huile sur une éolienne**	**11/12/2020**	**CHARMONT-EN-BEAUCE**	**45**	**FRANCE**
Causes premières:		Action non requise (réalisée)	Machine:	Repower MM92		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/56492/						
ARIA	**56597**	**Chute d'une pale d'éolienne**	**12/01/2021**	**SAINT-GEORGES-SUR-ARNON**	**36**	**FRANCE**
Causes premières:		Autre,Décomposition de produits , réaction parasite,Panne totale (HS),Mode dégradé	Machine:	Nordex N90		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/56597/						
ARIA	**56765**	**Casse d'une pale d'une éolienne**	**12/02/2021**	**PRIEZ**	**2**	**FRANCE**
Causes premières:		Action requise,Rupture	Machine:	Vestas V110		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/56765/						
ARIA	**56753**	**Chute d'une pale d'éolienne**	**13/02/2021**	**PATAY**	**45**	**FRANCE**
Causes premières:		Rupture	Machine:	Vestas V90		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/56753/						

ARIA	**58012**	**Défaut sur un rotor d'éolienne**	**14/09/2021**	**TREILLES**	**11**	**FRANCE**
Causes premières:		-	Machine:	Bonus B62		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/58012/						
ARIA	**58388**	**Chute d'un élément en fibre d'une éolienne**	**20/10/2021**	**COOLE**	**51**	**FRANCE**
Causes premières:		-	Machine:	Senvion MM92		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/58388/						
ARIA	**58114**	**Casse d'une pale d'éolienne**	**21/10/2021**	**AUCHAY-SUR-VENDEE**	**85**	**FRANCE**
Causes premières:		-	Machine:	Enercon E138		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/58114/						
ARIA	**58412**	**Chute d'une pale d'éolienne**	**03/12/2021**	**LA SOUTERRAINE**	**23**	**FRANCE**
Causes premières:		-	Machine:	Gamesa G97		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/58412/						
ARIA	**58446**	**Chute d'un aérofrein d'une éolienne**	**24/12/2021**	**FECAMP**	**76**	**FRANCE**
Causes premières:		-	Machine:	Neg Micon NM52		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/58446/						
ARIA	**58778**	**Éoliennes touchées par la cyberattaque d'un satellite**	**24/02/2022**	**COUPELLE-VIEILLE**	**62**	**FRANCE**
Causes premières:		-	Machine:	Enercon E70		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/58778/						
ARIA	**58897**	**Casse de la pale d'une éolienne**	**02/04/2022**	**SAINT-FELIX-LAURAGAIS**	**31**	**FRANCE**
Causes premières:		-	Machine:	Ecotecnia 80		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/58897/						
ARIA	**59013**	**Chute d'une pale d'éolienne**	**30/04/2022**	**ROQUETAILLADE-ET-**	**11**	**FRANCE**

				CONILHAC		
Causes premières:	-		Machine:	Gamesa G52		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/59013/						

ARIA	**59167**	**Déversement d'huile de multiplicatrice sur un parc éolien**	**29/05/2022**	**ASSAC**	**81**	**FRANCE**
Causes premières:	-		Machine:	Senvion MM92		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/59167/						
ARIA	**59452**	**Feu sur une éolienne**	**05/08/2022**	**PONT-MELVEZ**	**22**	**FRANCE**
Causes premières:	-		Machine:	Siemens SWT 1.3		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/59452/						
ARIA	**59533**	**Feu sur une éolienne**	**22/08/2022**	**COOLE**	**51**	**FRANCE**
Causes premières:	-		Machine:	Senvion MM92		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/59533/						

ARIA	**59952**	**Impact de foudre sur une éolienne**	**23/11/2022**	**PLELAN-LE-GRAND**	**35**	**FRANCE**
Causes premières:	-		Machine:	Enercon E92		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/59952/						
ARIA	**60172**	**Incendie sur une éolienne**	**09/01/2023**	**PETIT-CAUX**	**76**	**FRANCE**
Causes premières:	-		Machine:	Nordex N90		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/60172/						
ARIA	**60248**	**Projection de glace sur un parc éolien**	**17/01/2023**	**LE BORN**	**48**	**FRANCE**
Causes premières:	-		Machine:	Vestas V105		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/60248/						
ARIA	**60343**	**Dégagement de fumée sur un parc éolien**	**31/01/2023**	**TIGNY-NOYELLE**	**62**	**FRANCE**

Causes premières:	-		Machine:	Enercon E70		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/60343/						
ARIA	**60358**	**Endommagement d'une pale d'éolienne**	**23/02/2023**	**MOEUVRES**	**59**	**FRANCE**
Causes premières:	-		Machine:	Vestas V112		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/60358/						
ARIA	**60363**	**Feu sur une éolienne**	**09/03/2023**	**FROIDFOND**	**85**	**FRANCE**
Causes premières:	-		Machine:	Gamesa G80		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/60363/						
ARIA	**60746**	**Chute du spoiler d'une pale d'éolienne dans un parc éolien**	**14/03/2023**	**PEUX-ET-COUFFOULEUX**	**12**	**FRANCE**
Causes premières:	-		Machine:	Enercon E70		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/60746/						
ARIA	**60413**	**Incendie d'éolienne**	**20/03/2023**	**CHATENAY**	**28**	**FRANCE**
Causes premières:	-		Machine:	Repower MM92		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/60413/						
ARIA	**60922**	**Pale d'éolienne cassée par un impact de foudre**	**12/07/2023**	**CHANTERAINE**	**55**	**FRANCE**
Causes premières:	-		Machine:	Vestas V110		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/60922/						

ARIA	**62212**	**Chute du nez de rotor d'une éolienne**	**26/03/2024**	**DOMART-EN-PONTHIEU**	**80**	**FRANCE**
Causes premières:	Défauts matériels		Machine:	Vestas V100		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/62212/						
ARIA	**62120**	**Incendie de la nacelle d'une éolienne**	**28/03/2024**	**DERVAL**	**44**	**FRANCE**
Causes premières:	Vent,Foudre		Machine:	Repower MM82		

https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/62120/						
ARIA	**61506**	**Chute du nez d'une nacelle d'éolienne**	**16/11/2023**	**SAINT-CHARTIER**	**36**	**FRANCE**
Causes premières:		Vent,Rupture	Machine:	Vestas V110		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/61506/						
ARIA	**62286**	**Chute d'un aérofrein dans un parc éolien**	**21/05/2024**	**PEUX-ET-COUFFOULEUX**	**12**	**FRANCE**
Causes premières:		Défauts matériels	Machine:	Nordex N60		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/62286/						
ARIA	**62065**	**Incendie sur la nacelle d'une éolienne**	**22/03/2024**	**FRAMERVILLE-RAINECOURT**	**80**	**FRANCE**
Causes premières:		Défauts matériels	Machine:	Vestas V80		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/62065/						
ARIA	**61922**	**Chute de l'extrémité d'une pale d'éolienne**	**11/02/2024**	**BEAUCAIRE**	**30**	**FRANCE**
Causes premières:		Rupture	Machine:	Nordex N80		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/61922/						
ARIA	**61839**	**Impact de la foudre sur une pale d'éolienne**	**28/11/2023**	**NIEUIL**	**16**	**FRANCE**
Causes premières:		Foudre	Machine:	Vestas V110		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/61839/						

Annexe 5 : Scénarios génériques de l'analyse préliminaire des risques

Cette partie apporte un certain nombre de précisions par rapport à chacun des scénarios étudiés par le groupe de travail technique dans le cadre de l'analyse préliminaire des risques. Le tableau générique issu de l'analyse préliminaire des risques est présenté dans la partie VII.4. de la trame type de l'étude de dangers. Il peut être considéré comme représentatif des scénarios d'accident pouvant potentiellement se produire sur les éoliennes et pourra par conséquent être repris à l'identique dans les études de dangers.

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

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

Scénario G01
En cas de formation de glace, les systèmes de préventions intégrés stopperont le rotor. La chute de ces éléments interviendra donc dans l'aire surplombée par le rotor, le déport induit par le vent étant négligeable.
Plusieurs procédures/systèmes permettront de détecter la formation de glace :

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

Note : Si les enjeux principaux sont principalement humains, il conviendra d'évoquer les enjeux matériels, avec la présence éventuelle d'éléments internes au parc éolien (poste de livraisons, sous-stations), ou extérieurs sous le surplomb de la machine.

Scénario G02
La projection de glace depuis une éolienne en mouvement interviendra lors d'éventuels redémarrages de la machine encore « glacée », ou en cas de formation de glace sur le rotor en mouvement simultanément à une défaillance des systèmes de déduction de présence 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 ou 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 scenarios devant être regardé :

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

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

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

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

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

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

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

Concernant la perte de communication entre le parc éolien et le superviseur à distance, celle-ci n'entraîne pas d'action particulière en cas de perte de la communication pendant une courte durée.
En revanche, en cas de perte de communication pendant une longue durée, le superviseur du parc éolien concerné dispose de plusieurs alternatives dont deux principales :

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

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

Scénarios relatifs aux risques de fuites (F01 à F02)
Les fuites éventuelles interviendront en cas d'erreur humaine ou de défaillance matérielle.
Une attention particulière est à porter aux mesures préventives des parcs présents dans des zones protégées au niveau environnemental, notamment en cas de présence de périmètres de protection de captages d'eau potable (identifiés comme enjeux dans le descriptif de l'environnement de l'installation). Dans ce dernier cas, un hydrogéologue agréé devra se prononcer sur les mesures à prendre en compte pour préserver la ressource en eau, tant au niveau de l'étude d'impact que de l'étude de dangers. Plusieurs mesures pourront être mises en place (photographie du fond de fouille des fondations pour montrer que la nappe phréatique n'a pas été atteinte, comblement des failles karstiques par des billes d'argile, utilisation de graisses végétales pour les engins, …).

Scénario F01
En cas de rupture de flexible, perçage d'un contenant ..., il peut y avoir une fuite d'huile ou de graisse ... alors que l'éolienne est en fonctionnement. Les produits peuvent alors s'écouler hors de la nacelle, couler le long du mât et s'infiltrer dans le sol environnant l'éolienne. Plusieurs procédures/actions permettront d'empêcher l'écoulement de ces produits dangereux :

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

Deux événements peuvent être aggravants :

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

Scénario F02
Lors d'une maintenance, les opérateurs peuvent accidentellement renverser un bidon d'huile, une bouteille de solvant, un sac de graisse … Ces produits dangereux pour l'environnement peuvent s'échapper de l'éolienne ou être renversés hors de cette dernière et infiltrer les sols environnants.

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

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

Ce scénario est à adapter en fonction des produits utilisés.
Evénement aggravant : fortes pluies qui disperseront rapidement les produits dans le sol.

Scénarios relatifs aux risques de chute d'éléments (C01 à C03)
Les scénarios de chutes concernent les éléments d'assemblage des aérogénérateurs : ces chutes sont déclenchées par la dégradation d'éléments (corrosion, fissures, …) ou des défauts de maintenance (erreur humaine).
Les chutes sont limitées à un périmètre correspondant à l'aire de survol.

Scénarios relatifs aux risques de projection de pales ou de fragments de pales (P01 à P06)
Les événements principaux susceptibles de conduire à la rupture totale ou partielle de la pale sont liés à 3 types de facteurs pouvant intervenir indépendamment ou conjointement :

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

Si la rupture totale ou partielle de la pale intervient lorsque l'éolienne est à l'arrêt on considère que la zone d'effet sera limitée au surplomb de l'éolienne.
Si l'éolienne est en fonctionnement la zone d'effet sera déterminée en fonction de l'étude balistique et du site.
L'emballement de l'éolienne constitue un facteur aggravant en cas de projection de tout ou partie d'une pale. Cet emballement peut notamment être provoqué par la perte d'utilité décrite au 2.2 de la présente partie C (scénarios incendies).

Scénario P01
En cas de défaillance du système d'arrêt automatique de l'éolienne en cas de survitesse, les contraintes importantes exercées sur la pale (vent trop fort) pourraient engendrer la casse de la pale et sa projection.

Scénario P02
Les contraintes exercées sur les pales - contraintes mécaniques (vents violents, variation de la répartition de la masse due à la formation de givre…), conditions climatiques (averses violentes de grêle, foudre…) - peuvent entraîner la dégradation de l'état de surface et à terme l'apparition de fissures sur la pale.
Prévention : Maintenance préventive (inspections régulières des pales, réparations si nécessaire).
Facteur aggravant : Infiltration d'eau et formation de glace dans une fissure, vents violents, emballement de l'éolienne.

Scénarios P03
Un mauvais serrage de base ou le desserrage avec le temps des goujons des pales pourrait amener au décrochage total ou partiel de la pale, dans le cas de pale en plusieurs tronçons.

Scénarios relatifs aux risques d'effondrement des éoliennes (E01 à E10)
Les évènements 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, …