



Projet éolien d'Ambernac

COMMUNE D'AMBERNAC
COMMUNAUTÉ DE COMMUNES CHARENTE LIMOUSINE
DÉPARTEMENT DE LA CHARENTE (16)

ÉTUDE DE DANGERS

Maître d'ouvrage :
Énergie Ambernac
32-36 Rue de Bellevue
92 100 Boulogne-Billancourt

JANVIER 2021
COMPLÉTÉE EN JUIN 2022



FICHE D'IDENTITÉ DU PROJET

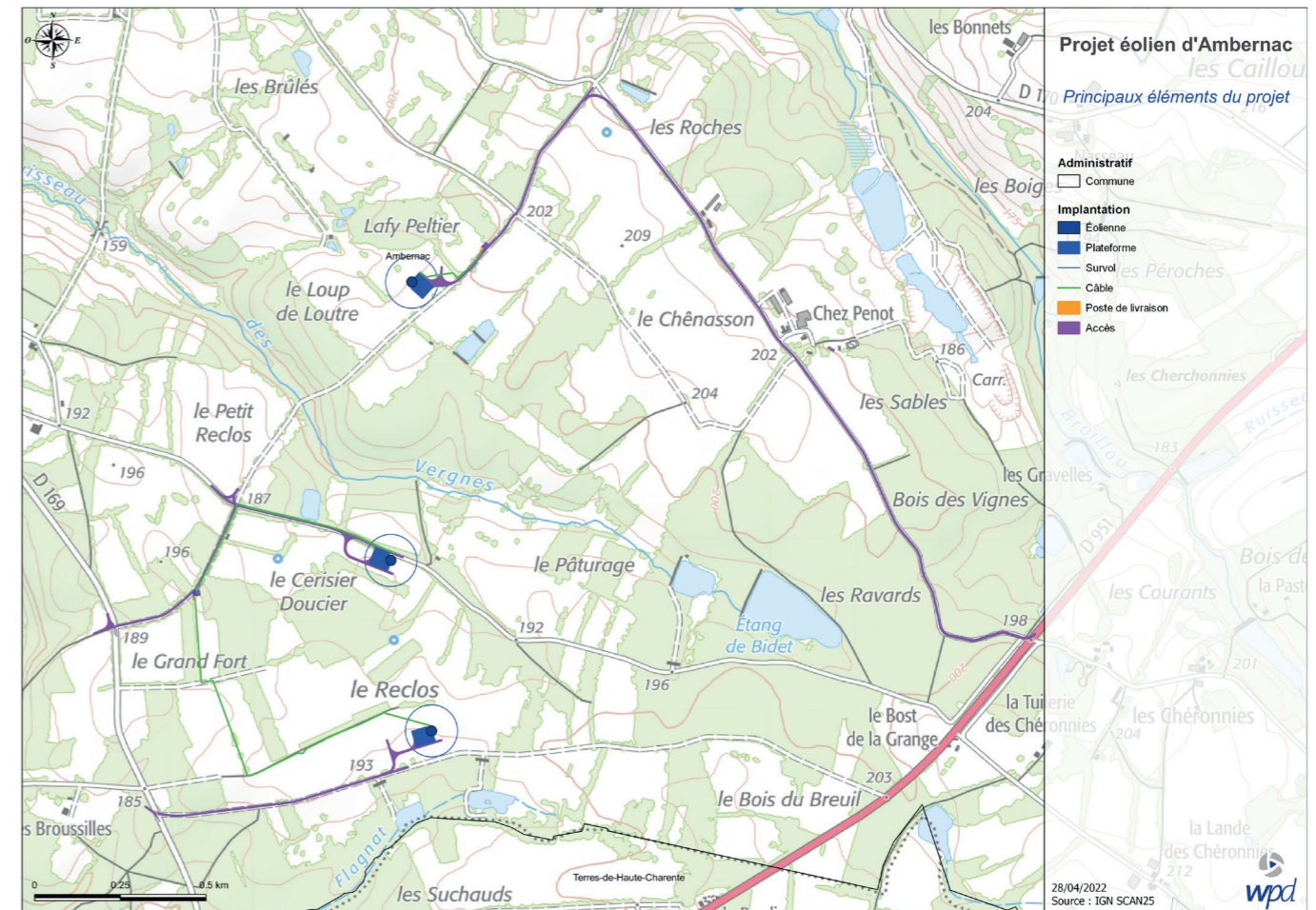
Le projet éolien d'Ambernac se situe sur la commune d'Ambernac, sur la Communauté de communes Charente Limousine dans la zone la plus ventée du département de la Charente. Il est composé de 3 éoliennes d'une hauteur totale maximale en bout de pale de 200 mètres, et de 2 postes de livraison électrique.

Ce projet est développé par la société wpd onshore France depuis l'année 2015. Une délibération unanime des élus du conseil municipal d'Ambernac a été le point de départ du lancement du projet éolien sur la commune. Les différentes études écologiques, paysagères, techniques et acoustiques ont permis de retenir un projet de trois éoliennes en cohérence avec les enjeux du territoire. La distance aux habitations a été un élément important dans la définition de l'implantation. Ainsi, l'éolienne la plus proche des habitations se situe à 829 m du hameau de la Vergne Noire, bien au-delà de la distance réglementaire d'éloignement de 500 m.

Le modèle définitif des éoliennes n'est pas connu au stade de cette étude puisque les éoliennes feront l'objet d'une mise en concurrence entre les turbiniers afin d'optimiser la rentabilité du projet et *in fine* rendre plus concurrentielle l'énergie électrique d'origine éolienne. Aussi, les éoliennes retenues dans le cadre de l'étude d'impact possèdent le gabarit maximisant suivant :

Caractéristiques	Gabarit
Hauteur maximale de l'éolienne en bout de pale	200 m
Diamètre maximal du rotor	150 m
Hauteur de moyeu	124 à 130 m
Puissance unitaire maximale	5,6 MW

Caractéristiques des éoliennes du projet (source : wpd onshore France)



Principaux éléments du projet (source : wpd onshore France)

Les coordonnées du centre de chacune des éoliennes et des postes de livraison ainsi que leur altitude au sol sont données dans le tableau suivant :

Éolienne / Poste de Livraison	Coordonnées X (Lambert 93)	Coordonnées Y (Lambert 93)	Coordonnées Z au sol (m)	Coordonnées Z au passage le plus élevé de la pale (m)	Latitude (WGS 84 DMS)	Longitude (WGS 84 DMS)
E1	510 463	6 543 746	197	397	45°58'01,16"	0°33'07,40"
E2	510 401	6 542 934	190	390	45°57'34,78"	0°33'05,69"
E3	510 520	6 542 437	197	397	45°57'18,80"	0°33'11,93"
PdL1	510 666	6 543 840	201	203	45°58'04,40"	0°33'16,69"
PdL2	509 831	6 542 825	195	197	45°57'30,68"	0°32'39,36"

Coordonnées géographiques des éoliennes et des postes de livraison (source : wpd onshore France)



Projet éolien d'Ambernac

Commune d'Ambernac (16)

Etude de Dangers



Energie d'Ambernac

32-36 rue de Bellevue
92100 Boulogne-Billancourt
Tél : 01 41 31 60 41
Fax : 01 41 31 10 09

Décembre 2020



Sommaire

Introduction	4
I. Préambule	5
I.1. Objectif de l'étude de dangers	5
I.2. Contexte législatif et réglementaire	5
I.3. Nomenclature des installations classées	6
I.4. Démarche générale de l'étude de dangers	6
II. Informations générales concernant l'installation	8
II.1. Renseignements administratifs	8
II.2. Localisation du site	8
II.3. Définition de l'aire d'étude	8
III. Description de l'environnement de l'installation	11
III.1. Environnement humain	11
III.2. Environnement naturel	13
III.3. Environnement matériel	20
IV. Cartographie de synthèse	21
V. Description de l'installation	24
V.1. Caractéristiques de l'installation	24
V.2. Fonctionnement de l'installation	28
V.3. Sécurité de l'installation	29
V.4. Opérations de maintenance de l'installation	31
V.5. Fonctionnement des réseaux de l'installation	32
VI. Identification des potentiels de dangers de l'installation	33
VI.1. Potentiels de dangers liés aux produits	33
VI.2. Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation	33
VI.3. Réduction des potentiels de dangers à la source	34
VII. Analyse des retours d'expérience	34
VII.1. Inventaire des accidents et incidents en France	34
VII.2. Inventaire des accidents et incidents à l'international	35
VII.3. Inventaire des accidents majeurs survenus sur les sites de l'exploitant	35
VII.4. Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience	35
VII.5. Limites d'utilisation de l'accidentologie	36
IX. Analyse préliminaire des risques	37
IX.1. Objectif de l'analyse préliminaire des risques	37
IX.2. Recensement des événements initiateurs exclus de l'analyse des risques	37
IX.3. Recensement des agressions externes potentielles	37
IX.4. Scenarii étudiés dans l'analyse préliminaire des risques	38
IX.5. Effets dominos	40
IX.6. Mise en place des mesures de sécurité	40
IX.7. Conclusion de l'analyse préliminaire des risques	44
X. Etude détaillée des risques	46
X.1. Rappel des définitions	46
X.2. Caractérisation des scenarii retenus	47
XI. Synthèse de l'étude détaillée des risques	54
XII. Cartographie des risques	54

Conclusion	56
Bibliographie et références utilisées	57
Annexe 1 – Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne	57
Annexe 2 – Tableau de l'accidentologie française	59
Annexe 3 – Glossaire	66





Sommaire des illustrations

Carte 2 : Aire d'étude du projet éolien d'Ambernac.....	10
Carte 1 : Localisation du projet	10
Carte 3 : Distance des habitations du projet éolien d'Ambernac	11
Carte 4 : ICPE les plus proches du projet éolien d'Ambernac	12
Carte 5 : Répartition de la pluviométrie et des températures moyennes dans le Poitou-Charentes.....	13
Carte 6 : Zone de sismicité en Charente.....	16
Carte 7 : Localisation des mouvements de terrain et des cavités souterraines les plus proches du site	17
Carte 8 : Zones de retrait et gonflement des argiles les plus proches du site	17
Carte 9 : Aléas inondation par débordement de cours d'eau les plus proches du site	18
Carte 10 : Répartition des impacts de foudre sur le territoire français métropolitain	19
Carte 11 : Voies de communication dans le périmètre des 500 m aux éoliennes	20
Carte 12 : Emprises et réseaux publics et privés.....	21
Carte 13 : Synthèse des contraintes.....	22
Carte 14 : Destination des terrains.....	23
Carte 15 : Plan des abords du projet éolien d'Ambernac	27
Carte 16 : Zones d'effet par scénario étudié	45
Carte 17: synthèse des risques.....	55
Tableau 1 : Identification des parcelles cadastrales.....	8
Tableau 2 : Zones habitées les plus proches du projet éolien	11
Tableau 3 : Données météorologiques moyennes. Source : Météo France	13
Tableau 4 : Vitesse moyenne mensuelle du vent à 10 m (Source : Météo France)	14
Tableau 5 : Type de risque naturel sur la commune d'Ambernac concernée par le projet (Source : Géorisques) ..	15
Tableau 6 : Liste des arrêtés portant reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle (Source : Géorisques)	15
Tableau 7 : Caractérisation des voies de communication les plus proches du projet éolien d'Ambernac.....	20
Tableau 8 : Coordonnées géographiques (Lambert 93 et WGS 84 décimal) des éoliennes du projet éolien d'Ambernac	25
Tableau 9 : Coordonnées géographiques (Lambert 93 et WGS 84 décimal) des postes de livraison du projet éolien d'Ambernac	25
Tableau 10 : Dangers potentiels recensés.....	33
Tableau 11 : Principales agressions externes liées aux activités humaines.....	37
Tableau 12 : Principales agressions externes liées aux phénomènes naturels.....	38
Tableau 13 : Analyse générique des risques	38
Tableau 14 : Catégories exclues de l'APR.....	44
Tableau 15 : Détermination de l'acceptabilité.....	54
Figure 1 : Ratio incidents/puissance installée sur les parcs éoliens entre 1998 et 2018.....	4
Figure 2 : Arrêt d'une éolienne (source : ENERCON).....	28
Figure 3 : Schéma de raccordement électrique d'un parc éolien	32
Figure 4 : Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières	34
Figure 5 : Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières dans le monde entre 2000 et 2011.....	35
Figure 6 : Répartition des causes premières d'effondrement.....	35
Figure 7 : Répartition des causes premières de rupture de pale	35
Figure 8 : Répartition des causes premières d'incendie	35
Figure 9 : Evolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées	36
Figure 10 : Matrice de criticité de l'installation.....	47





Introduction

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

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

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

Dans le cadre du Grenelle de l'Environnement, les engagements de la France en matière de production d'énergies renouvelables ont été confirmés, précisés et élargis. La loi n°2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'Environnement (loi Grenelle I) prévoit que la France porte la part des énergies renouvelables à au moins 23 % de sa consommation d'énergie finale d'ici 2020.

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

La Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE), qui fixe les priorités d'actions des pouvoirs publics dans le domaine de la transition énergétique, a attribué en 2018 des objectifs pour la filière éolienne.

Pour l'éolien terrestre, la puissance installée devra atteindre 24,6 GW à fin 2023. A l'horizon 2028, ce seront 34,1 GW pour une option basse, et 35,6 GW pour une option haute, qui devront être implantés en France métropolitaine.

Pour l'éolien en mer, l'objectif est d'atteindre 2,4 GW de puissance à fin 2023 et une fourchette de 4,7 – 5,2 GW en 2028.

En France, la puissance éolienne totale raccordée était de 15 757 MW au 30 Juin 2019 (source journal de l'éolien et FEE).

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

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

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

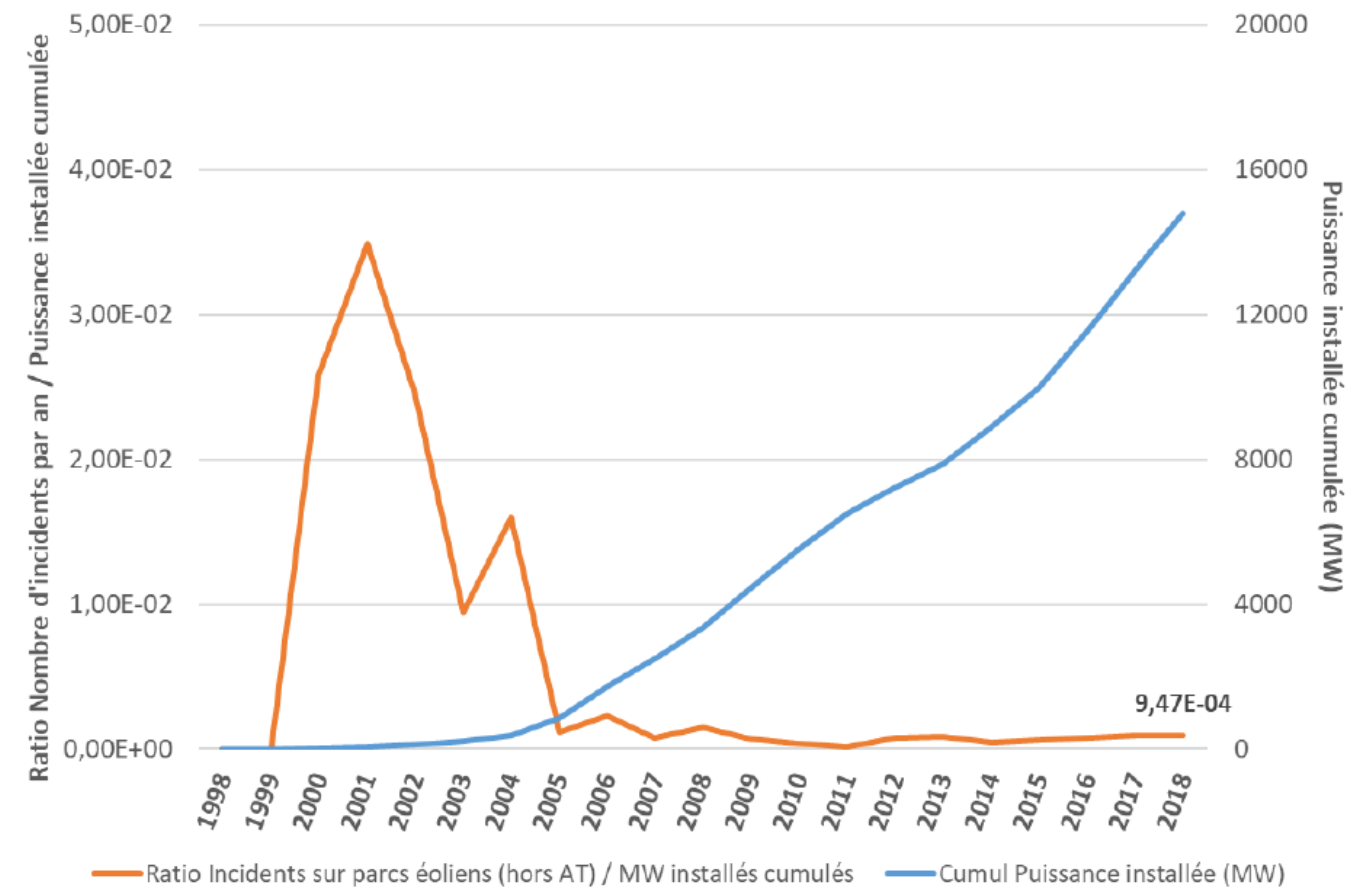


Figure 1 : Ratio incidents/puissance installée sur les parcs éoliens entre 1998 et 2018

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

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

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





I. Préambule

I.1. Objectif de l'étude de dangers

La présente étude de dangers a été rédigée sur la base du Guide technique élaboré conjointement par le Syndicat des Energies Renouvelables (SER) et l'INERIS, sur la demande de la Direction Générale de la Prévention des Risques (DGPR) du Ministère de l'écologie. Ce guide a été reconnu comme référence pour l'étude de dangers des parcs éoliens en juin 2012 par le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie.

La présente étude a pour objet de rendre compte de l'examen effectué par Wpd Onshore France pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques du projet éolien d'Ambarnac, 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 et les postes de livraison du parc situés sur la commune d'Ambarnac. 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 éolien d'Ambarnac, 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, en satisfaisant les principaux objectifs suivants :

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

I.2. Contexte législatif et réglementaire

L'article L.181-1 du Code de l'environnement précise que le régime de l'autorisation environnementale instauré par l'ordonnance n° 2017-80 et les décrets n°s 2017-81 et 2017-82 du 26 janvier 2017 est applicable aux installations classées pour la protection de l'environnement.

Aux termes de l'article L.515-44 du Code de l'environnement, les parcs éoliens dont l'une des éoliennes au moins dispose d'un mât d'une hauteur supérieure à 50 mètres sont soumis à autorisation au titre des installations classées pour la protection de l'environnement et l'article D.181 -15-2, 10° du même Code précise que lorsque l'autorisation environnementale concerne une installation classée pour la protection de l'environnement, le dossier de demande est complété par une étude de dangers.

Selon l'article L.181 -25 du Code de l'environnement, l'étude de dangers expose les risques que peut présenter l'installation pour les intérêts visés à l'article L.511-1 du même Code en cas d'accident, que la cause soit interne ou externe à l'installation. Les impacts de l'installation sur ces intérêts en fonctionnement normal sont traités dans l'étude d'impact sur l'environnement.

Article L.181 -25 du Code de l'environnement :

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

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

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

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

Le contenu de l'étude de dangers devant être jointe au dossier de demande est précisé à l'article D.181 -15-2, III du Code de l'environnement.

Article D.181 -15-2, III du Code de l'environnement :

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

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

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

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

Les intérêts visés à l'article L.511-1 du Code de l'environnement sont la commodité du voisinage, la santé, la sécurité, la salubrité publiques, l'agriculture, la protection de la nature, de l'environnement et des paysages, l'utilisation rationnelle de l'énergie, la conservation des sites et des monuments ainsi que des éléments du patrimoine archéologique. Cependant, il convient de noter que l'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation impose une évaluation des accidents majeurs sur les personnes uniquement et non sur la totalité des enjeux identifiés dans l'article L.511-1.

En cohérence avec cette réglementation et dans le but d'adopter une démarche proportionnée, l'évaluation des accidents majeurs dans l'étude de dangers s'intéressera prioritairement aux dommages sur les personnes. Pour les parcs éoliens, les atteintes à l'environnement (notamment au paysage), l'impact sur le fonctionnement des radars et les problématiques liées à la circulation aérienne feront l'objet d'une évaluation détaillée au sein de l'étude d'impact.

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

Selon le principe de proportionnalité, le contenu de l'étude de dangers doit être en relation avec l'importance des risques engendrés par l'installation, compte tenu de son environnement et de sa vulnérabilité. Ce contenu est défini par l'article D.181 -15-2, III du Code de l'environnement.

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

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

Le contenu de l'étude de dangers doit être en relation avec l'importance des risques engendrés par l'installation, compte tenu de son environnement et de la vulnérabilité des intérêts mentionnés aux articles L.181 -3.

Cette étude précise, notamment, la nature et l'organisation des moyens de secours dont le pétitionnaire dispose ou dont il s'est assuré le concours en vue de combattre les effets d'un éventuel sinistre. Dans le cas des





installations figurant sur la liste prévue à l'article L.515-8¹, le demandeur doit fournir les éléments indispensables pour l'élaboration par les autorités publiques d'un plan particulier d'intervention.

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

Le ministre chargé des installations classées peut préciser les critères techniques et méthodologiques à prendre en compte pour l'établissement des études de dangers, par arrêté pris dans les formes prévues à l'article L.512-5.

Pour certaines catégories d'installations impliquant l'utilisation, la fabrication ou le stockage de substances dangereuses, le ministre chargé des installations classées peut préciser, par arrêté pris sur le fondement de l'article L.512-5, le contenu de l'étude de dangers portant, notamment, sur les mesures d'organisation et de gestion propres à réduire la probabilité et les effets d'un accident majeur.

Enfin, 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 (NOR : DEVP0540371A) fixe la détermination des seuils réglementaires pour apprécier l'intensité des effets physiques des phénomènes dangereux, la gravité des accidents et les classes de probabilité de ces phénomènes et 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 (NOR : DEVP1013761C) énonce des règles de méthodologie applicables pour l'élaboration des études de dangers.

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 :

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

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

Le projet éolien d'Ambarnac comprend au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m (cas 1) : cette installation est donc soumise à autorisation (A) au titre des installations classées pour la protection de l'environnement et doit présenter une étude de dangers au sein de sa demande d'autorisation d'exploiter.

1.4. Démarche générale de l'étude de dangers

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

¹ Les installations soumises à la rubrique 2980 de la nomenclature des installations classées (parcs éoliens) ne font pas partie de cette liste.





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

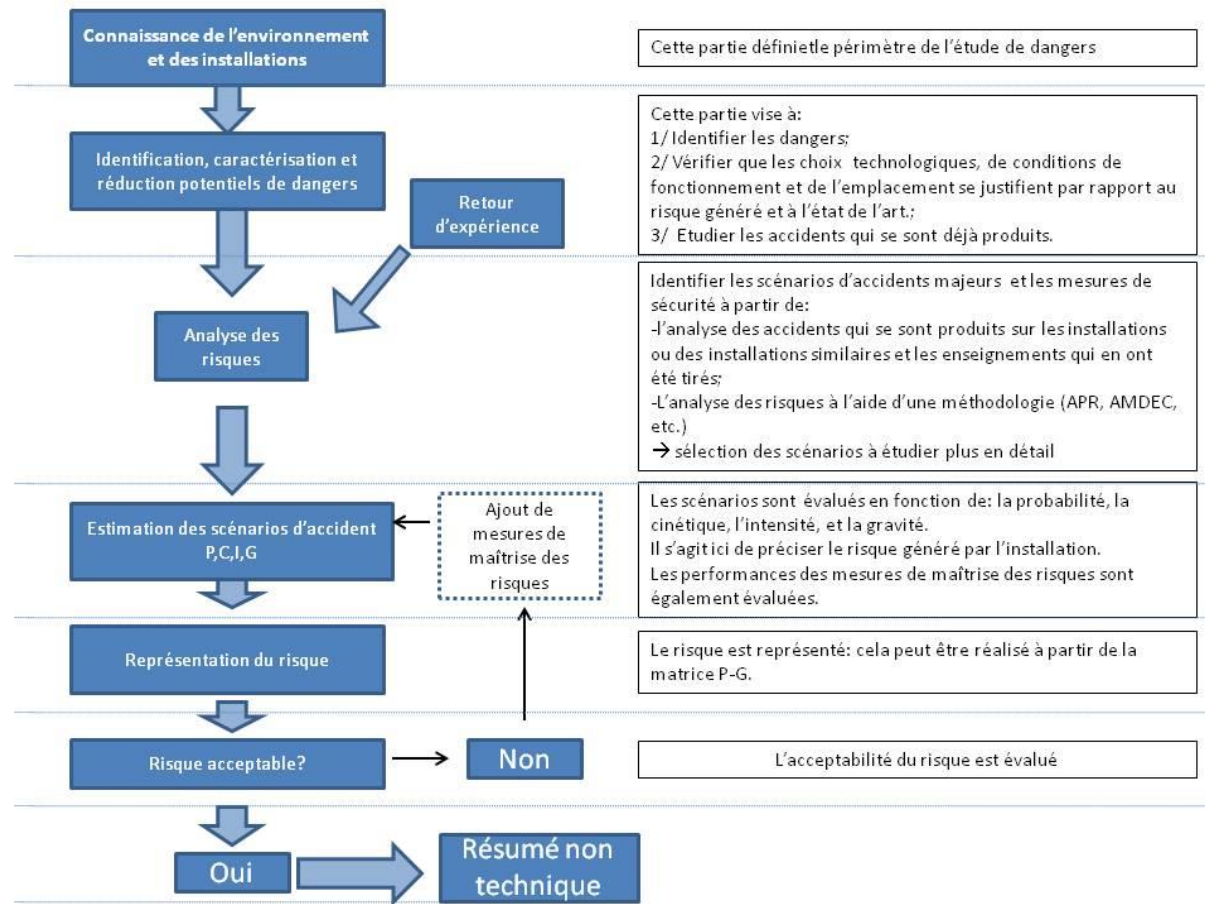


Figure 2 : Démarche de l'étude de dangers

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





livraison pour chacun des phénomènes dangereux potentiels pouvant l'affecter. L'aire d'étude retenue dans le cadre de ce projet est représentée sur la carte 2.

II. Informations générales concernant l'installation

II.1. Renseignements administratifs

L'exploitant du projet éolien d'Ambernac est la société Energie Ambernac, immatriculée sous le numéro 844 428 au registre du commerce et des sociétés (RCS) de Nanterre et domiciliée au 32-36 rue de Bellevue à Boulogne-Billancourt (92).

Cette société d'exploitation est une filiale à 100 % du groupe wpd Europe GmbH, qui rassemble l'ensemble des compétences nécessaires au développement, au financement, à la construction et à l'exploitation de parcs éoliens. En particulier, le projet éolien d'Ambernac a été porté par wpd onshore France, filiale française du groupe basée à Boulogne-Billancourt et chargée du développement de parcs éoliens (voir explications complémentaires dans le dossier de demande d'autorisation d'environnementale unique).

Energie Ambernac est une société entièrement dédiée au projet éolien d'Ambernac, ce qui permet d'assurer une gestion locale et efficace du parc éolien.

Le rédacteur de la présente étude de dangers au sein de wpd est Doriane Moisan, responsable d'études environnementales.

II.2. Localisation du site

Le projet éolien d'Ambernac est composé de 3 aérogénérateurs et de 2 postes de livraison. Il est localisé sur la commune d'Ambernac, située dans le département de la Charente, en région Nouvelle-Aquitaine. Les cartes 1 et 2 ci-après permettent de localiser le projet.

Les éoliennes et les postes de livraison sont implantés sur des parcelles agricoles :

Tableau 1 : Identification des parcelles cadastrales

EOLIENNE	Commune	Section	N° parcelle	Type de parcelle
E1	Ambernac	G	424	Parcelle agricole
E2	Ambernac	F	391	Parcelle agricole
E3	Ambernac	F	436	Parcelle agricole
PDL 1	Ambernac	G	622	Parcelle agricole
PDL 2	Ambernac	F	364	Parcelle agricole

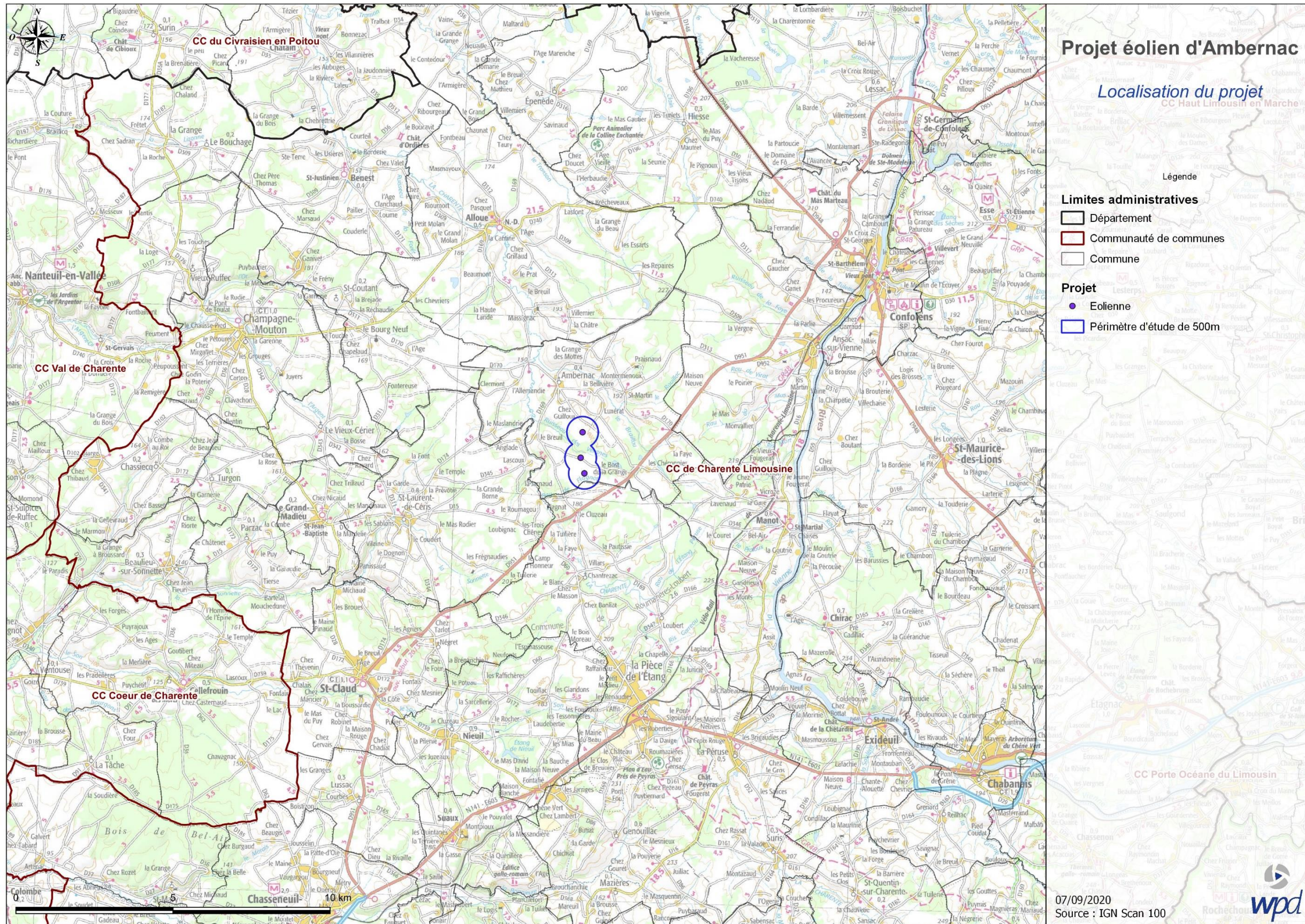
II.3. Définition de l'aire d'étude

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

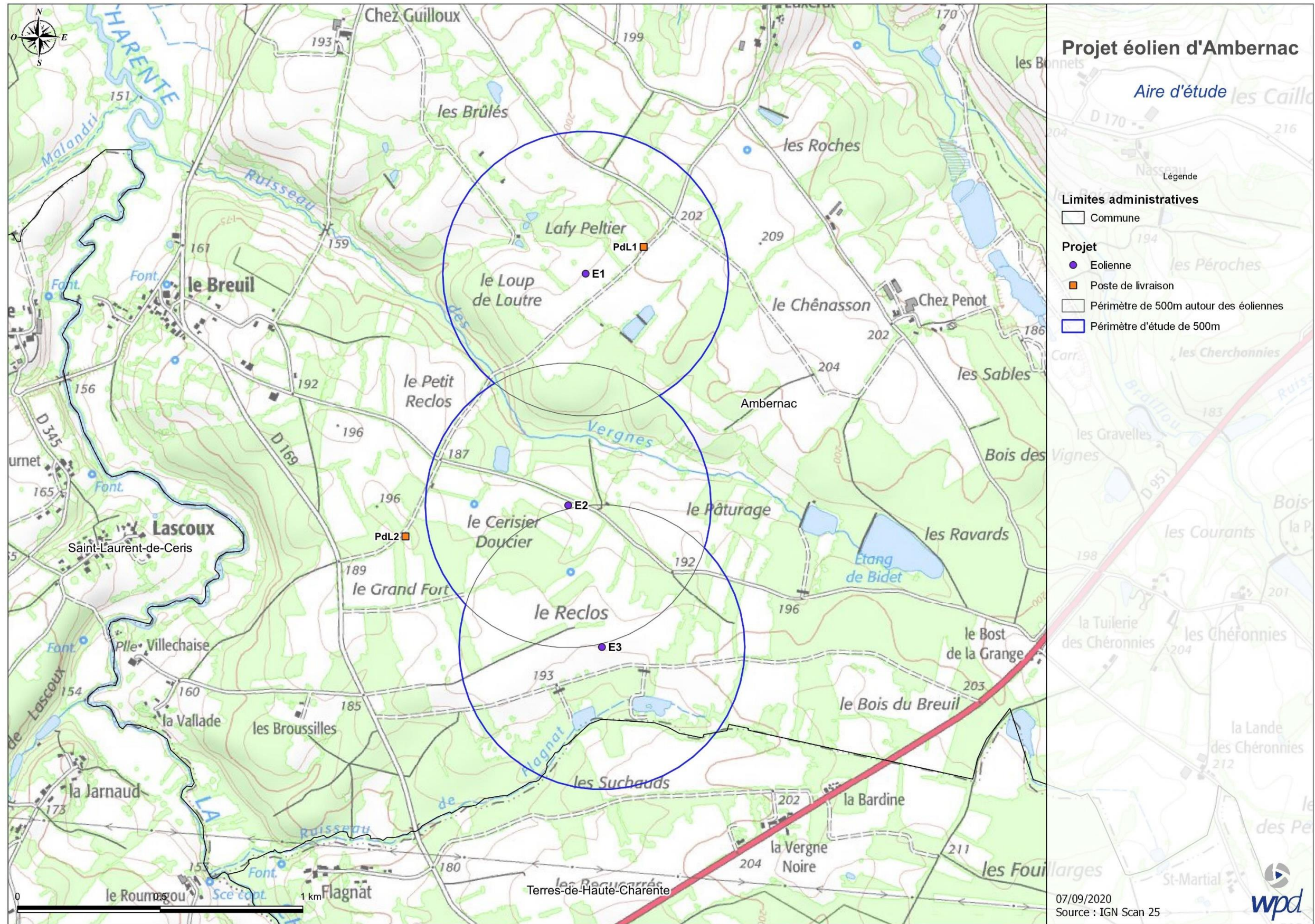
Chaque aire d'étude correspond à l'ensemble des points situés à une distance inférieure ou égale à 500 m à partir de l'emprise du mât de l'aérogénérateur. Cette distance équivaut à la distance d'effet retenue pour les phénomènes de projection, telle que définie au paragraphe IX.2.4.

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





Carte 1 : Localisation du projet éolien d'Ambernac



Carte 1 : Aire d'étude du projet éolien d'Ambernac



III. Description de l'environnement de l'installation

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

III.1. Environnement humain

1. Zones urbanisées

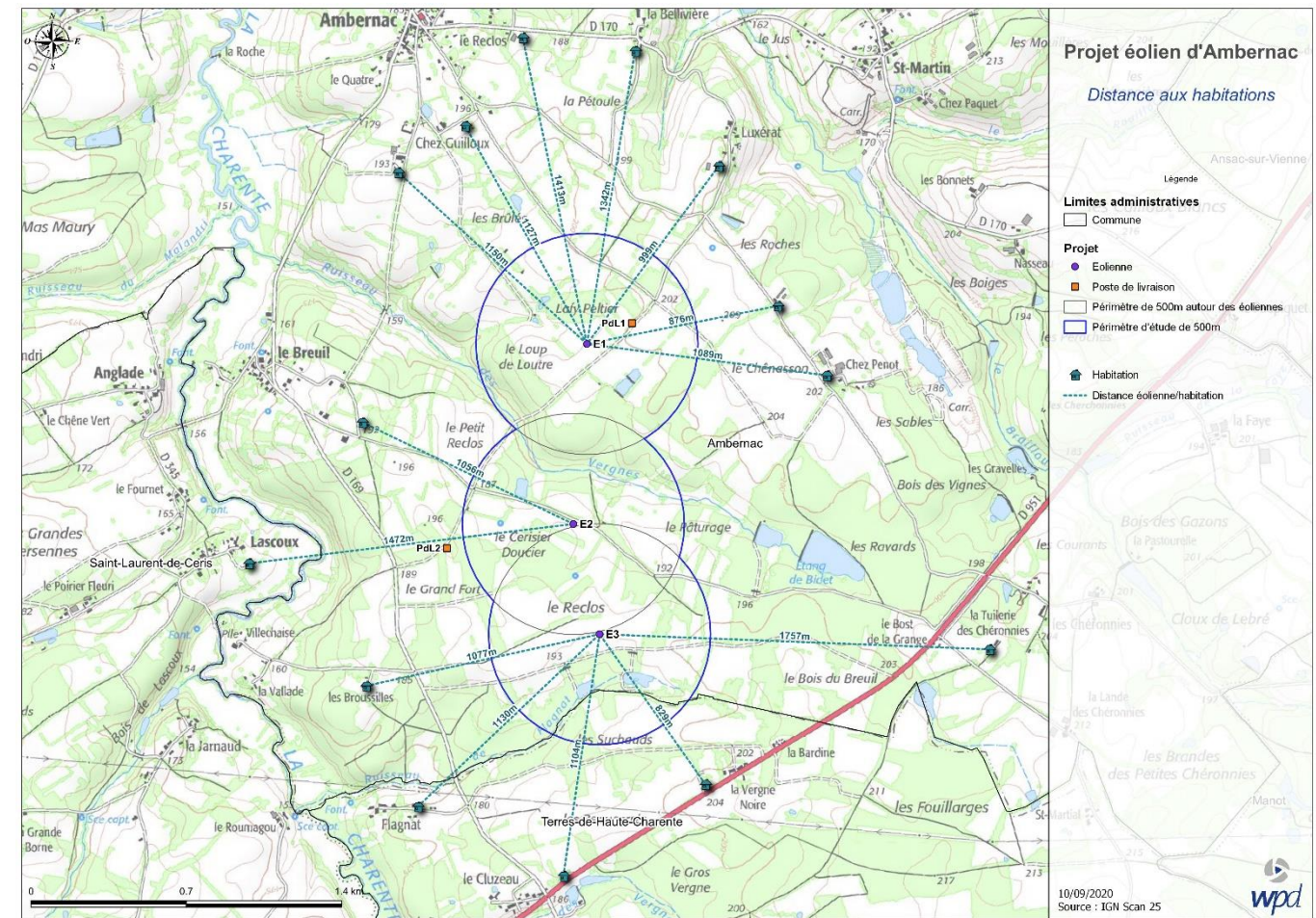
Le projet se situe au sein de la Communauté de commune de Charente Limousine. Depuis 2015, deux PLUi sont à l'étude sur le territoire de la Charente Limousine, ils correspondent aux périmètres des anciennes communautés de communes : PLUi du Confolentais et PLUi de Haute Charente. Lors du Conseil communautaire du 23 mai 2019, les élus communautaires ont arrêté le PLUi. Ce dernier est donc consultable.

L'habitation la plus proche du projet éolien d'Ambernac se trouve à 829 mètres de la première éolienne au lieu-dit de la Vergne Noire.

Tableau 2 : Zones habitées les plus proches du projet éolien

Nom des lieux de vie	Eolienne la plus proche	Distance à l'éolienne (en m)
La Vergne Noire	E3	829 m
Les Roches	E1	876 m
Luxérat	E1	999 m
Le Petit Reclos	E2	1056 m
Les Broussilles	E3	1077 m
Chez Penot	E1	1089 m
Le Cluzeau	E3	1104 m
Chez Guilloux	E1	1127 m
Flagnat	E3	1130 m
Chez Guilloux	E1	1150 m
La Bellivière	E1	1342 m
Le Reclos	E1	1413 m
Lascoux	E2	1472 m
La Tuilerie des Chéronnies	E3	1757 m

Les éoliennes du projet éolien d'Ambernac sont à chaque fois situées à plus de 500 mètres des habitations.



Carte 3 : Distance des habitations du projet éolien d'Ambernac

2. Etablissements Recevant du Public (ERP)

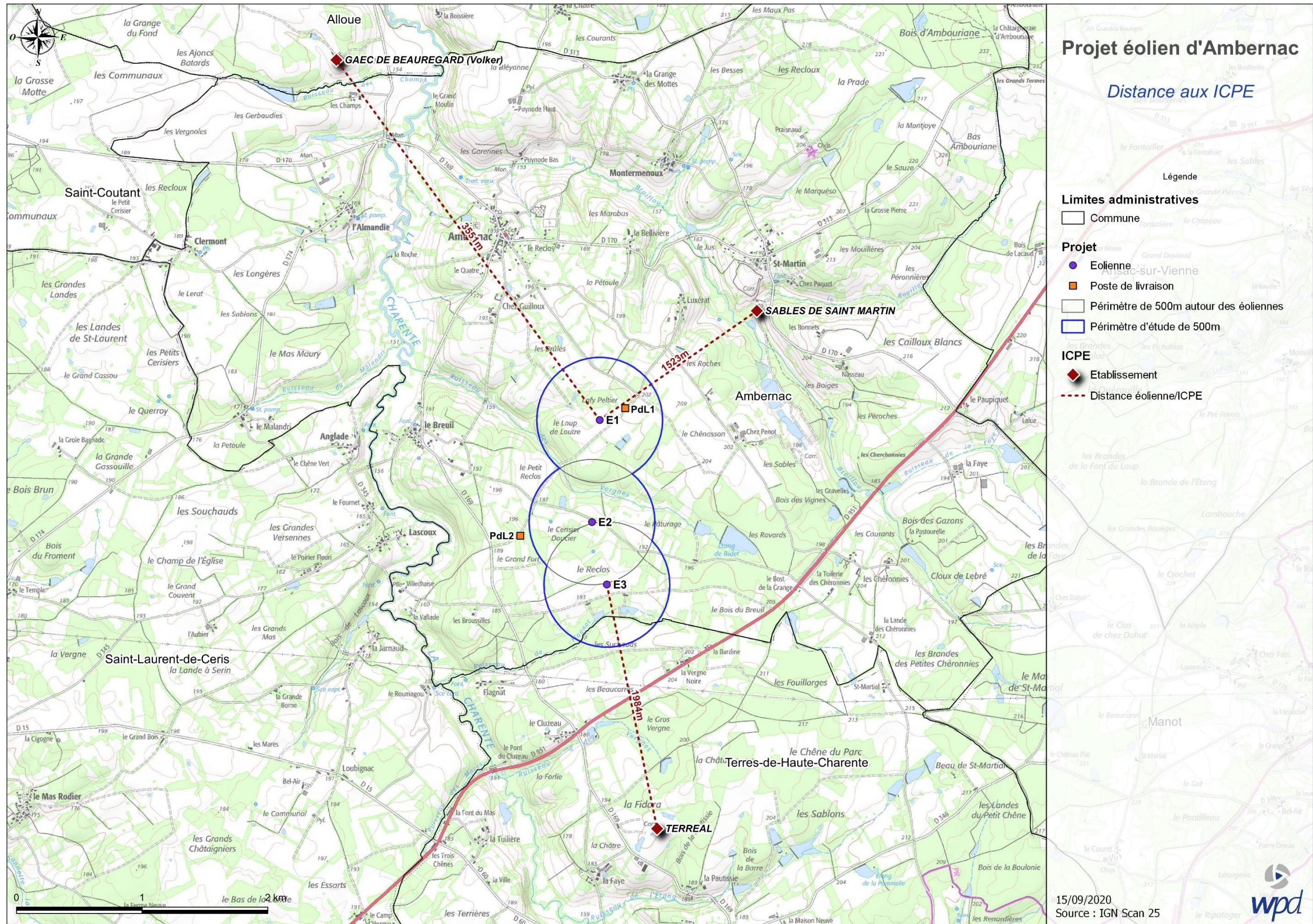
Aucun ERP n'est concerné par le périmètre d'étude de 500 m autour des éoliennes. Les ERP les plus proches (de type écoles, mairies ou magasins de vente) se situent au sein des villes et villages alentours, notamment à Ambernac.

3. Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE)

D'après les informations disponibles, il n'y a pas d'ICPE dans le rayon d'étude de 500 m autour des éoliennes. L'ICPE la plus proche est située à 1,5 km de l'éolienne E1 : il s'agit de la carrière des Sables de Saint-Martin, qui est un établissement en fonctionnement soumis au régime d'autorisation, implanté sur la commune d'Ambernac. Il n'y a pas d'installation classée SEVESO sur la commune d'implantation, ni dans un rayon d'environ 15 km autour du projet. De plus, aucune installation nucléaire n'est présente dans la zone d'étude de danger.

Ces données sont issues de la base de données des Installations Classées du Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie, disponible en ligne sur le site Géorisques, du site de la DREAL Nouvelle-Aquitaine, et du site de la DDT de Charente.





Carte 4 : ICPE les plus proches du projet éolien d'Ambernac



III.2. Environnement naturel

1. Climat régional, départemental et local

Située à proximité du littoral atlantique, l'ancienne région Poitou-Charentes bénéficie d'un climat océanique aquitain pour sa partie charentaise (Charente et Charente-Maritime) et d'un climat océanique ligérien pour sa partie poitevine (Deux-Sèvres et Vienne).

Les hivers sont relativement doux et les étés plutôt tempérés. Néanmoins, lorsque l'on s'enfonce dans les terres, le climat est légèrement modifié : les hivers sont plus rigoureux et les étés plus chauds. L'influence océanique joue également un rôle sur la force du vent. En effet, à l'intérieur des terres, les vents sont atténués.

La région bénéficie d'un ensoleillement important, avec une moyenne de 1 900 heures d'insolation annuelle. La côte charentaise est la plus exposée, avec environ 2 200 heures de soleil par an, soit 300 heures d'ensoleillement de plus que l'intérieur des terres.

La pluviométrie moyenne en Poitou-Charentes atteint 800 mm, valeur correspondant également à la moyenne française. Les hauteurs de Gâtine sont, quant à elles, plus soumises aux pluies, avec des précipitations allant jusqu'à 1 000 mm.

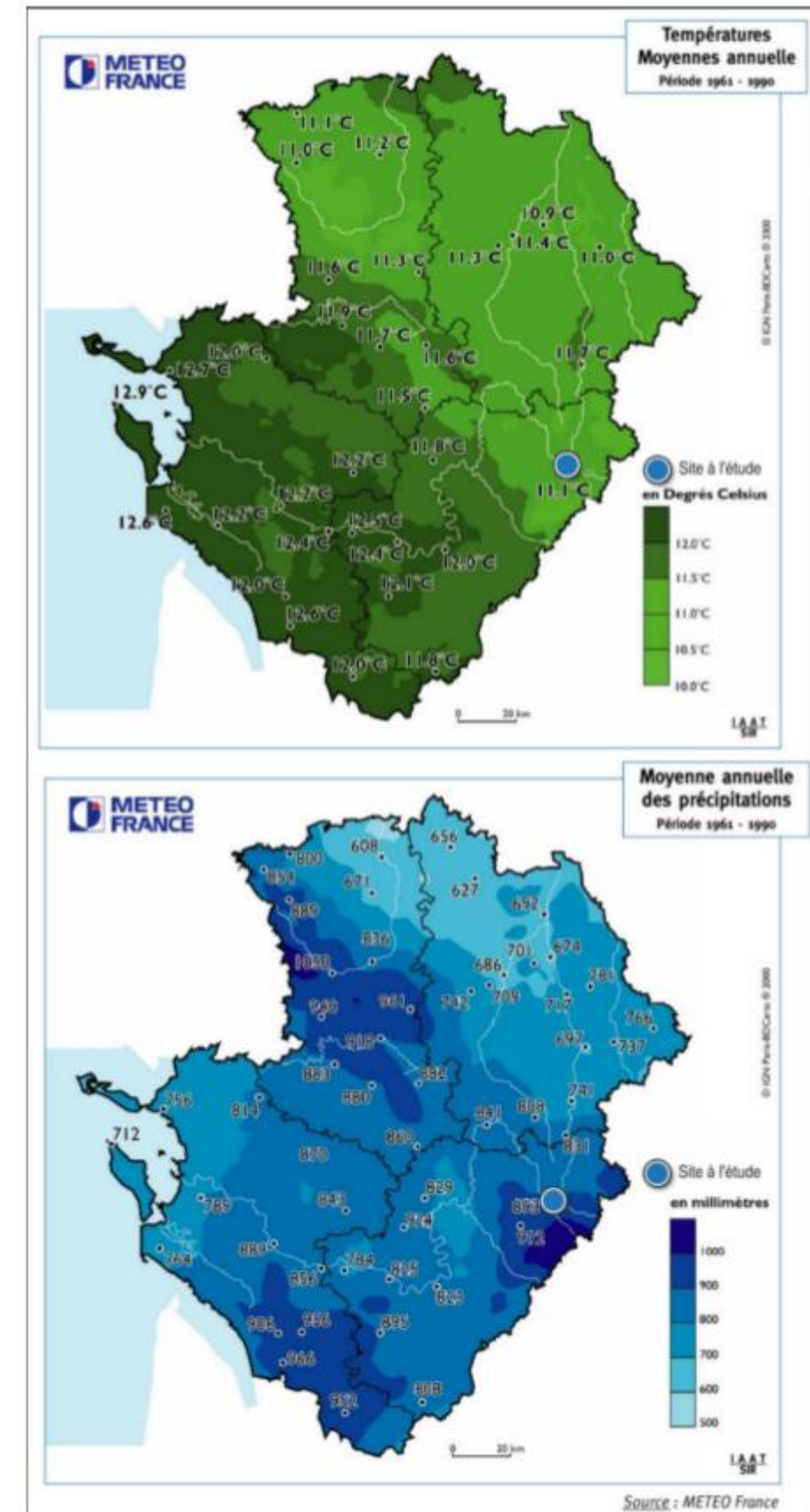
Le site du projet éolien d'Ambarnac est concerné par un climat océanique dégradé, avec une pluviométrie supérieure à la moyenne régionale et des températures modérées.

La station météorologique la plus proche du site est celle du Vieux-Cérier (16) située à 9 km à l'ouest du site d'étude (données disponibles sur la période 1981-2010), mais elle ne fournit pas de données de vent. Ces données proviennent de la station de Montemboeuf (19 km au sud du site). Les données de grêle, brouillard et orages n'étant pas disponibles à ces stations, elles ont été fournies par la station de Limoges-Bellegarde (48 km à l'est).

Tableau 3 : Données météorologiques moyennes. Source : Météo France

Données météorologiques moyennes de la station du Vieux Cérier (période 1981-2010)	
Pluviométrie annuelle	1037,2 mm cumulés par an
Amplitude thermique	15°C (moyenne mois hiver le plus froid/moyenne mois d'été le plus chaud)
Température moyenne	11,7°C
Température minimale	-14,3°C (en février 2012)
Température maximale	39,3°C (en août 2003)
Données météorologiques moyennes de la station de Limoges-Bellegarde (période 1981-2010)	
Insolation	1859,8 heures par an
Gel	Non fourni
Neige	Non fourni
Grêle	4 jours par an
Brouillard	84,1 jours par an
Orages	25,5 jours par an

Le nombre de jours de gel et de neige n'est pas disponible dans les stations météorologiques utilisées pour l'étude. Malgré tout, le nombre de jour de gel dans la région reste limité, et il ne signifie pas forcément qu'il y aura formation de givre sur les pales des éoliennes, ces données devant être corrélées avec les conditions d'humidité à hauteur de nacelle pour déterminer les conditions propices à ce phénomène.



Carte 5 : Répartition de la pluviométrie et des températures moyennes dans le Poitou-Charentes.





2. Vent

La station Météo France de Montemboeuf (16) fournit des indications sur les régimes de vent et sur les rafales maximales. La vitesse moyenne annuelle du vent (1981-2010) à 10 m est de 3,4 m/s.

Tableau 4 : Vitesse moyenne mensuelle du vent à 10 m (Source : Météo France)

Vitesse moyenne du vent à 10 m mesurée à Montemboeuf sur la période 1981-2010 (Source : Météo France)													
	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moyenne
En m/s	4,2	4	3,9	3,6	3,3	2,9	2,7	2,6	2,9	3,5	3,6	4,1	3,4

Les rafales maximales de vent mesurées sur les trente dernières années par Météo France à Montemboeuf s'étalonnent entre 24 et 39 m/s. Le maximum de 39 m/s (140 km/h) a été atteint en décembre 1999 et en juin 2003.

Les vents proviennent majoritairement du sud et du nord-est, avec une présence négligeable de vents d'ouest.

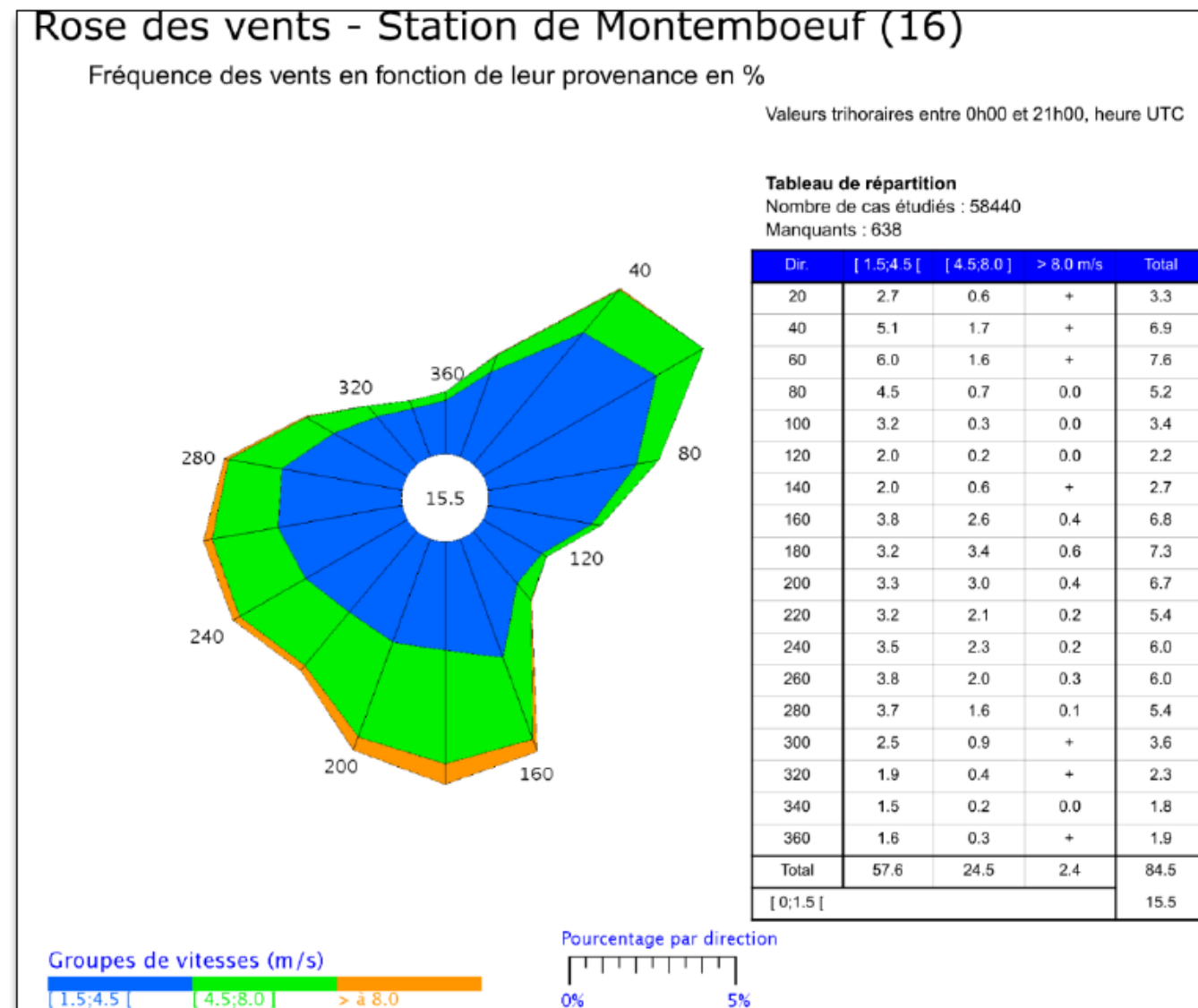


Figure 3 : Distribution des vents à 10 m à la station Montemboeuf (période 1991-2010)





3. Risques naturels

D'après le **Dossier Départemental des Risques Majeurs de la Charente (DDRM 16)** et la base de données de Géorisques, la commune d'Ambernac, concernée par le projet, est soumise aux risques naturels majeurs présentés dans le tableau qui suit :

Tableau 5 : Type de risque naturel sur la commune d'Ambernac concernée par le projet (Source : Géorisques)

Type des risques majeurs par communes						
Communes	Inondation	Mouvement de terrain	Feux de forêt	Evènements climatiques	Séismes	Total
Ambernac	-	-	-	-	1	1

La commune d'Ambernac est soumise à un risque de séismes d'après le DDRM de la Charente. Le département de la Charente est soumis au risque d'inondation mais du fait de sa situation géographique, la commune d'Ambernac et donc le projet éolien d'Ambernac en sont exempt.

Le tableau ci-dessous recense les arrêtés de catastrophe naturelle pris sur le territoire de la commune d'Ambernac.

Tableau 6 : Liste des arrêtés portant reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle (Source : Géorisques)

Communes	Type de catastrophe	Début le	Fin le	Arrêté du
Ambernac	Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999
	Inondations et coulées de boue	08/12/1982	31/12/1982	11/01/1983

Les risques naturels (sismicité, mouvements de terrain, inondations, etc.), et particulièrement le risque de sismicité ici, listés ci-après sont susceptibles de constituer des agressions potentielles pour les éoliennes et seront donc pris en compte dans l'évaluation préliminaire des risques.

4. Sismicité

La consultation du Dossier Départemental des Risques Majeurs de Charente indique que plus de 70 séismes ont été ressentis en Poitou-Charentes depuis 1950, dont 20 présentaient des intensités épicentrales supérieures ou égales à 5 sur l'échelle MSK, qui comporte 12 degrés, 5 correspondant à une secousse largement ressentie qui réveille les dormeurs et qui crée des dégâts modérés (fissures).

Depuis le 22 octobre 2010, la France dispose d'un nouveau zonage sismique divisant le territoire national en cinq zones de sismicité croissante en fonction de la probabilité d'occurrence des séismes :

- une zone de sismicité 1 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 trèsfaible),
- quatre zones de sismicité 2 à 5, où les règles de construction parasismique sont applicables aux nouveaux bâtiments, et aux bâtiments anciens dans des conditions particulières.

Les zones de sismicité 5 (aléa fort) se trouvent exclusivement sur des départements outre-mer.

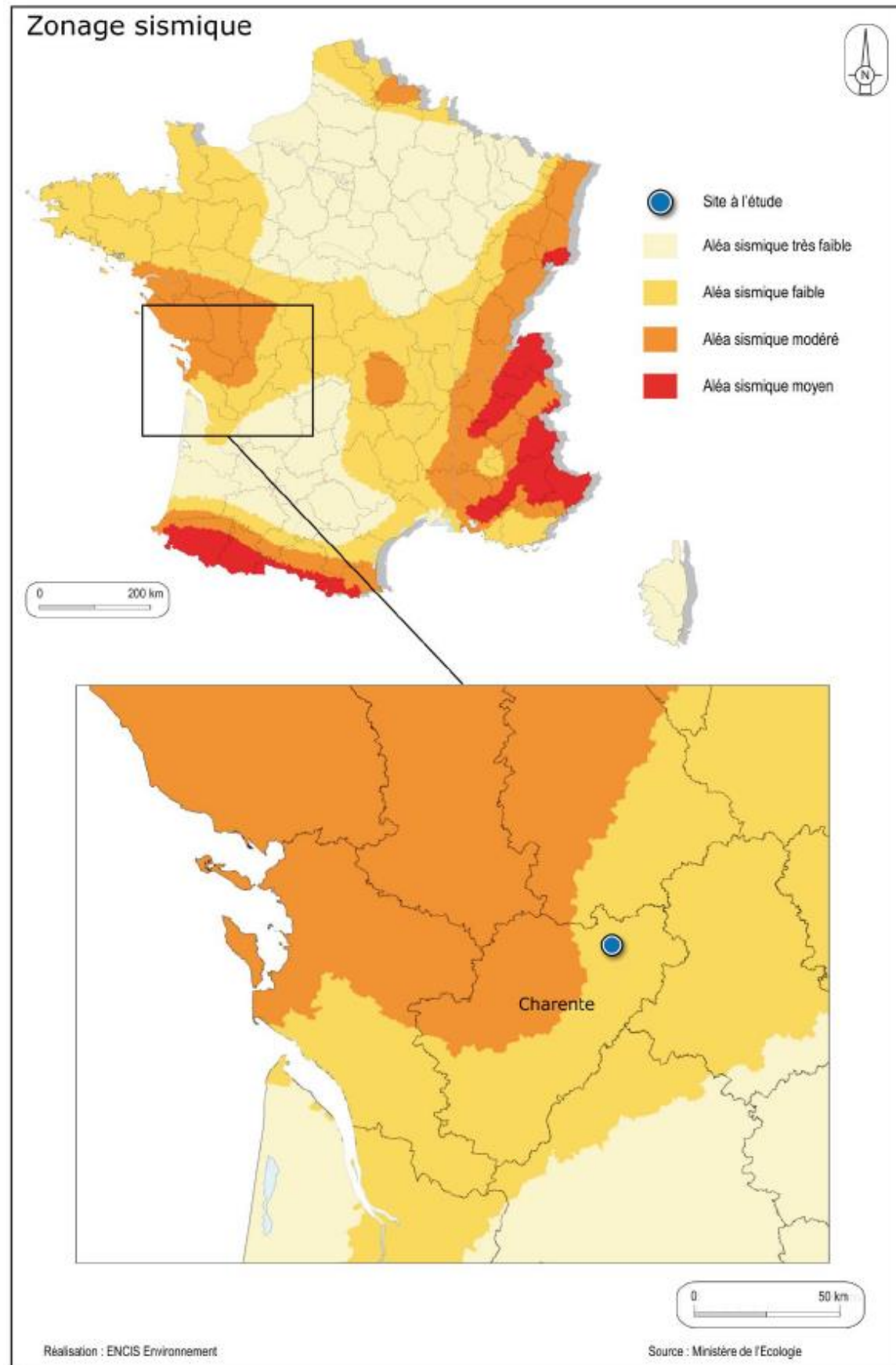
De nouveaux textes réglementaires fixant les règles de construction parasismiques ont été publiés :

- l'arrêté du 22 octobre 2010 pour les bâtiments de la classe dite « à risque normal », applicable à partir du 1er mai 2011,
- l'arrêté du 24 janvier 2011 pour les installations classées dites Seveso, entrant en vigueur à partir du 1er janvier 2013.

La commune du projet, située dans le nord-est de la Charente, est classée en zone de sismicité faible (classe 2).

⁴ Articles R563-1 à R563-8 du Code de l'Environnement modifiés par les décrets n° 2010-1254 du 22 octobre 2010 et n° 2010-1255 du 22 octobre 2010, ainsi que par l'Arrêté du 22 octobre 2010





Carte 6 : Zone de sismicité en Charente

5. Mouvements de terrain, aléa effondrement et cavités souterraines, et retrait-gonflement des argiles

En ce qui concerne les mouvements de terrain, les bases de données du BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières) ont été consultées. Le terme de mouvement de terrains regroupe les glissements, éboulements, coulées, effondrements de terrain et érosions de berges. 226 mouvements de terrain ont été recensés en Charente, répartis sur 85 communes.

Le site du projet n'est pas concerné par un mouvements de terrain recensé dans les bases de données. Le plus proche a été recensé à Manot, à plus de 5 km du projet : il s'agissait d'un glissement de terrain lié à une pluie importante le long du chemin du Port.

Le risque d'effondrement peut être lié à la présence de cavités souterraines. Les cavités sont souvent naturelles (ex : karst dans les substrats calcaires), mais peuvent également être d'origine anthropique (ex : anciennes mines ou carrières souterraines, champignonnières, etc.). La base Géorisques mise en place par le Ministère de l'Écologie et du Développement Durable et gérée par le BRGM permet le recueil, l'analyse et le porter à connaissance des informations relatives à la présence de cavités.

Le site du projet n'est pas concerné par ce risque. La cavité souterraine la plus proche du site est une cavité naturelle située à 765 m à l'ouest. Il s'agit d'une résurgence (source). La nature argileuse du sous-sol du site devrait limiter le risque d'effondrement lié à des cavités souterraines.

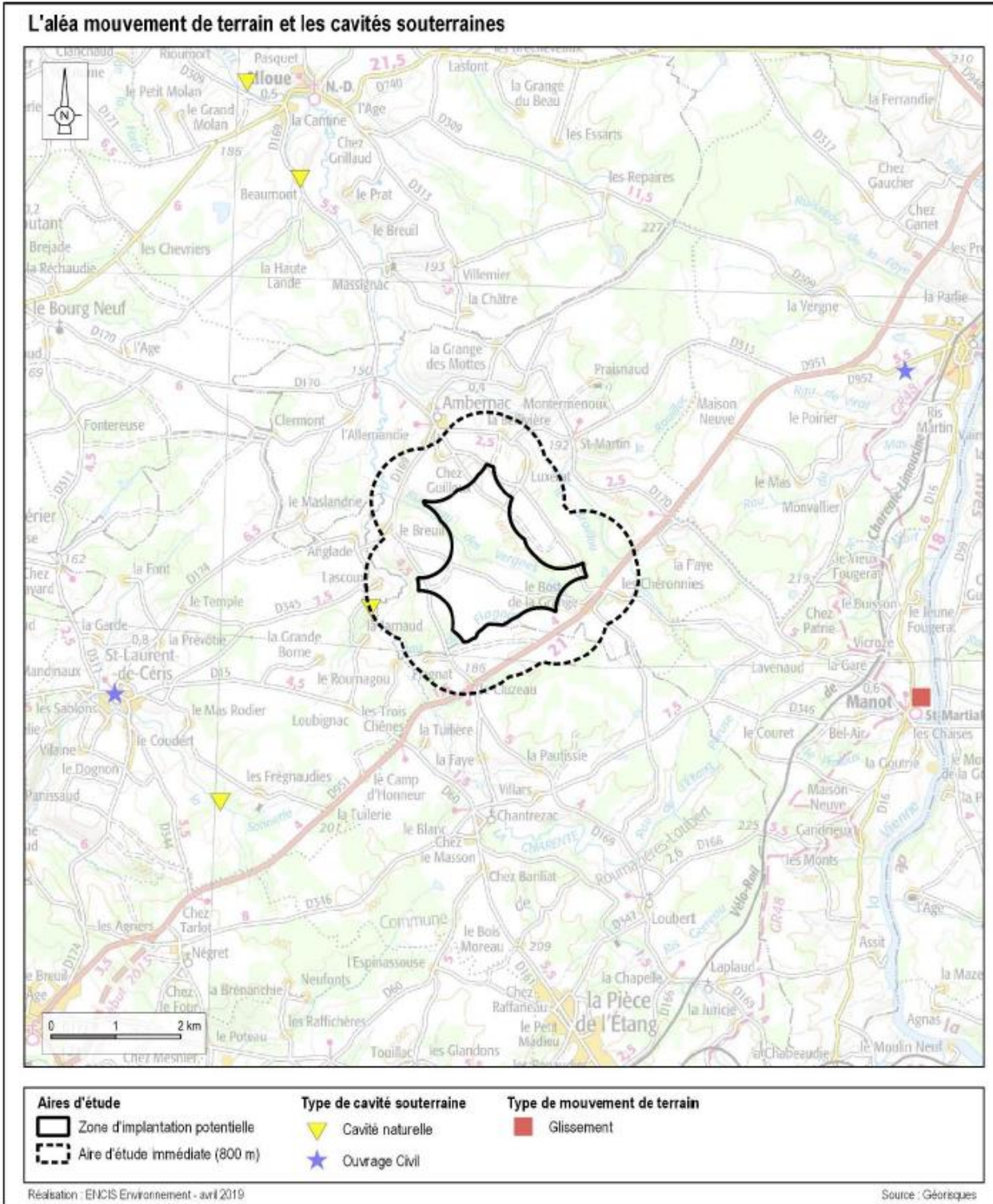
A la demande du Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de la Mer, le BRGM a élaboré des cartes d'aléa retrait-gonflement d'argiles par département ou par commune. Ces cartes ont pour but de délimiter toutes les zones qui sont a priori sujettes au phénomène de retrait-gonflement d'argiles et de hiérarchiser ces zones selon un degré d'aléa croissant :

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

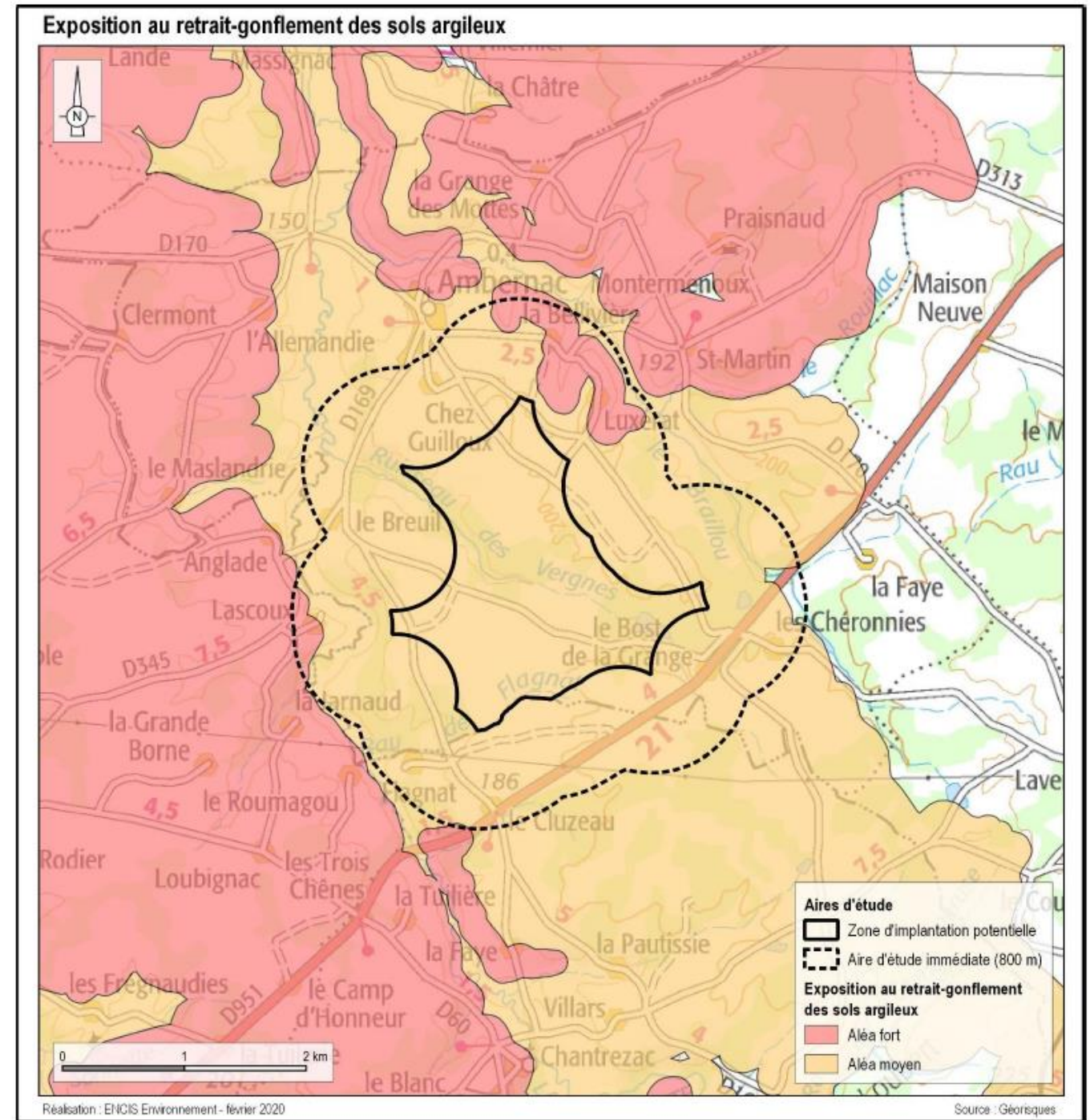
L'exposition au retrait-gonflement des sols argileux est très présente en Poitou-Charentes. Plus de 800 communes de la région ont été déclarées au moins une fois en état de catastrophe naturelle pour ce type de risque.

La nature argileuse du sol au niveau de la zone d'implantation potentielle implique qu'elle est identifiée comme étant concernée en intégralité par un aléa retrait-gonflement d'argile qualifié de modérée par la modélisation du BRGM.





Carte 7 : Localisation des mouvements de terrain et des cavités souterraines les plus proches du site



Carte 8 : Zones de retrait et gonflement des argiles les plus proches du site



6. Aléa inondation par débordement de cours d'eau et par remontée de nappe

Les risques d'inondation par débordement de cours d'eau ont été recensés grâce à la base de données du portail de la prévention des risques majeurs, au Dossier Départemental des Risques Majeurs (2017) et aux données de la DDT de la Charente. La commune d'Ambarnac n'est pas concernée par un Plan de Prévention des Risques inondation (PPRI), mais est identifiée dans l'Atlas des zones inondables du département de la Charente et le Programme d'Actions de Prévention des Inondations Charente & Estuaire, comme tout le bassin versant de la Charente.

Le site d'étude n'est pas concerné par l'aléa inondation puisque les zones à risque se situent dans la vallée de la Charente, à 220 mètres à l'ouest de la zone d'implantation potentielle. De plus, l'altitude minimale de la ZIP est de 187 m alors que les zones inondables se situent à une hauteur de l'ordre de 160 m.

Une carte nationale⁷ de sensibilité aux remontées de nappes a été réalisée par le BRGM. Elle permet de localiser les zones où il y a de fortes probabilités d'observer des débordements par remontée de nappe, classées en trois catégories :

- « zones potentiellement sujettes aux débordements de nappe » : lorsque la différence entre la cote altimétrique du MNT8 et la cote du niveau maximal interpolée est négative ;
- « zones potentiellement sujettes aux inondations de cave » : lorsque la différence entre la cote altimétrique du MNT et la cote du niveau maximal interpolée est comprise entre 0 et 5 m ;
- « pas de débordement de nappe ni d'inondation de cave » : lorsque la différence entre la cote altimétrique du MNT et la cote du niveau maximal interpolée est supérieure à 5 m.

Le rendu cartographique de cette carte nationale a été réalisé en considérant comme unité de base une maille carrée de 250 m. L'exploitation de cette carte n'est possible qu'à une échelle inférieure à 1/100 000ème.

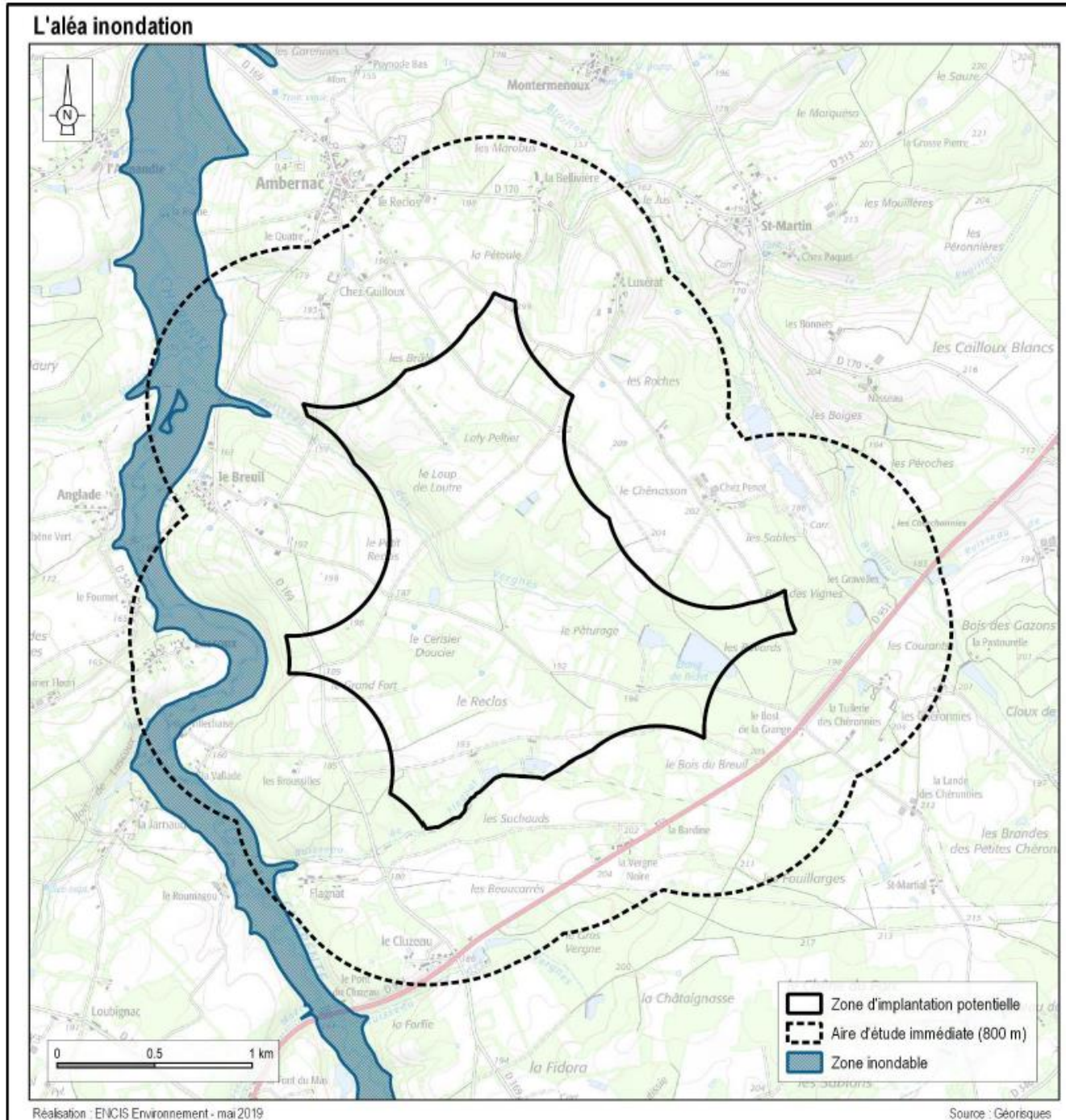
La ZIP du projet est localisée en zone potentiellement sujette aux inondations de cave à proximité du réseau hydrographique. Des poches sont identifiées en zone potentiellement sujette aux débordements de nappe.

7. Aléas météorologiques

Dans le cadre de projets éoliens, les risques d'orages, de vents violents et de tempêtes sont potentiellement les plus sensibles. Les données climatiques présentées précédemment laissent toutefois entrevoir une intensité modérée pour ces événements dans le secteur du projet.

La foudre

La meilleure représentation actuelle de l'activité orageuse est la densité d'arcs, qui est le nombre d'arcs de foudre au sol par km² et par an. La valeur moyenne de la densité d'arcs en France est de 1,54 arcs par km² et par an. En France, les impacts de foudre au sol sont plus fréquents dans le sud-est et dans la chaîne des Pyrénées. D'après la carte suivante, le site d'étude présente un nombre faible d'impacts estimé par Météorage, compris entre 1 et 2 par km² par an sur la période 2000-2009. La foudre ne représente pas de risque majeur sur le site.



Carte 9 : Aléas inondation par débordement de cours d'eau les plus proches du site





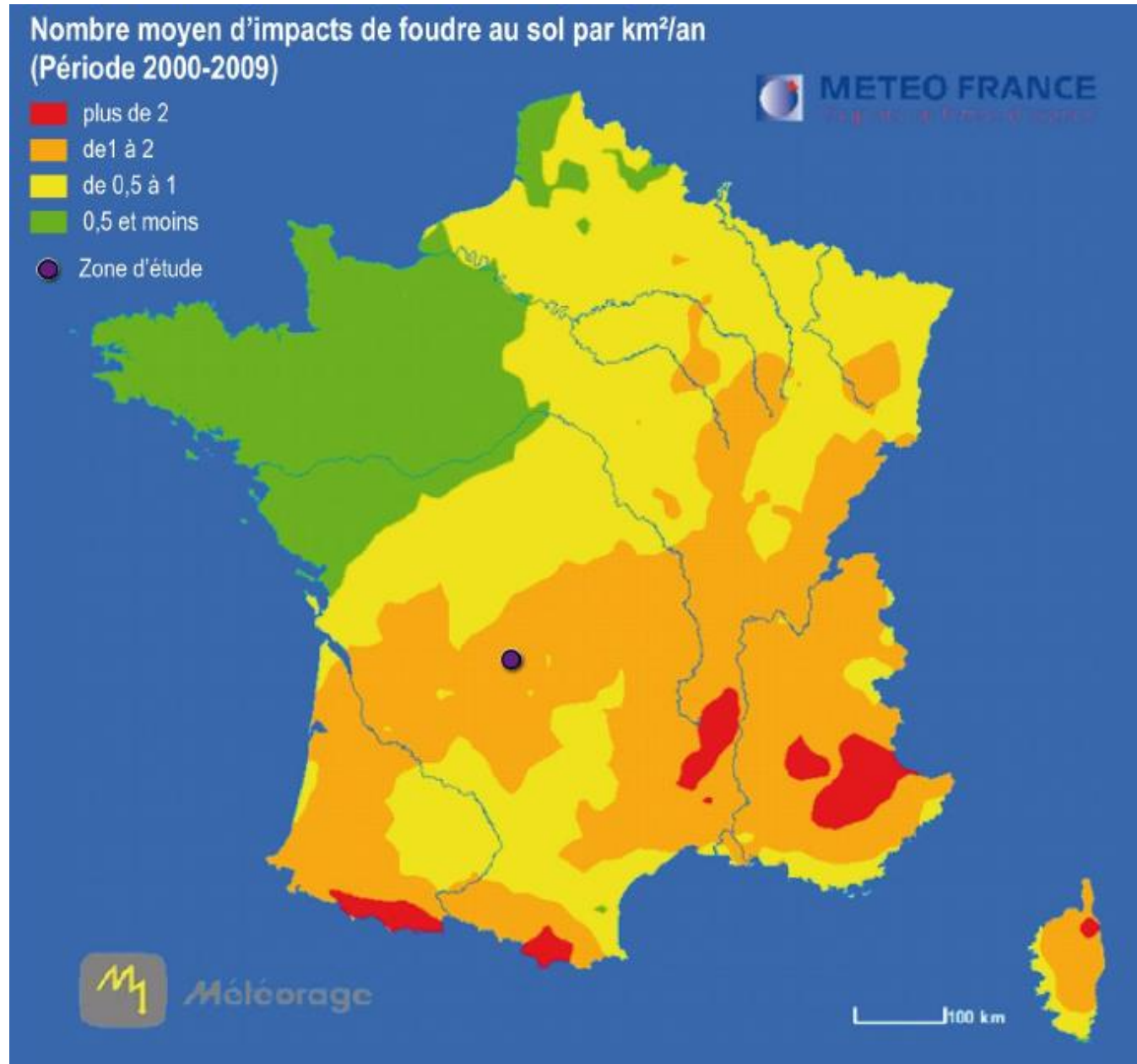
8. Aléas feux de forêt

D'après le Dossier Départemental des Risques Majeurs du département de la Charente élaboré en 2017, en application de la loi 2001- 602 du 9 juillet 2001 d'orientation sur la forêt et, conformément à l'article L 133-2 du nouveau Code Forestier, le département de la Charente figure depuis 2013 parmi les 28 départements français classés en zone à haut risque. La forêt charentaise, qui couvre 131 000 ha représentant 21,9 % du territoire départemental, est exposée aux incendies. Sur la période 2007-2015, la surface parcourue par le feu en Charente est de l'ordre de 531,45 ha, représentant une moyenne annuelle de 59 ha.

Un Plan Départemental de Protection des Forêts Contre les Incendies (PDPFCI) a été élaboré pour la période 2017-2026, en continuité d'un premier plan arrivé à échéance en 2016. Le classement à risque feux de forêt concerne 7 massifs, pour 21 200 ha, soit 16,1 % de la surface boisée du département.

Le massif forestier le plus proche du site est situé à environ 15 km au nord du site (Massif de Charroux). Pour autant, les feux de forêt ont aussi lieu sur des massifs non classés à risque. Quelques boisements sont présents dans l'aire d'étude immédiate ainsi que dans la zone d'implantation potentielle.

Dans son courrier du 30/03/2015 (cf. annexe 1 de l'étude d'impact), le SDIS n'émet pas d'observation sur le projet. Il rappelle toutefois la nécessité de respecter les règles relatives aux installations classées, rubrique n°2980.



Carte 10 : Répartition des impacts de foudre sur le territoire français métropolitain

Les tempêtes

D'après le DDRM de la Charente (2017), des bulletins d'avis de tempête ou des alertes d'orages violents accompagnés de rafales de vent à 100 km/h ont été régulièrement émis sur le département au cours des dernières années. Parmi les événements récents qui ont marqué le département, on peut citer :

- la violente tornade du 5 mai 1997, qui a affecté le nord-est du département
- la tempête du 27 décembre 1999, qui a frappé de plein fouet le département pendant près de six heures avec des rafales de vent d'une intensité exceptionnelle (166 km/h à Tusson)
- la tempête « LEIV » du 4 février 2017, qui a traversé le département en le plaçant en vigilance rouge. Des rafales approchant 100 km/h ont été observées dans la partie ouest du département, montant à des valeurs comprises entre 120 à 140 km/h (128 km/h à Cognac).
- la tempête « ZEUS » du 6 mars 2017 a touché le département, placé par Météo France en vigilance orange, avec des rafales allant de 110 à 120 km/h (116 km/h à Tusson).





III.3. Environnement matériel

Les distances indiquées ci-après sont mesurées à partir du centre du mât de chacune des éoliennes.

1. Voies de communication

Aucune autoroute n'est présente dans l'aire d'étude éloignée du projet. L'axe principal le plus proche du projet est la route départementale D951, qui longe le sud-est de la zone d'implantation potentielle, au plus près à 256 mètres de cette dernière. Des voies communales et des chemins sont également présents dans l'aire d'étude du projet. Aucune voie ferrée en activité, ni aucune voie navigable n'est présente dans l'aire d'étude immédiate ou à proximité.

Le tableau suivant recense l'ensemble des réseaux de communication présents dans les limites du périmètre d'étude de l'étude de danger.

Toutes les voies de communications sont représentées ci-contre sur la carte des voies de communication.

Tableau 7 : Caractérisation des voies de communication les plus proches du projet éolien d'Ambernac

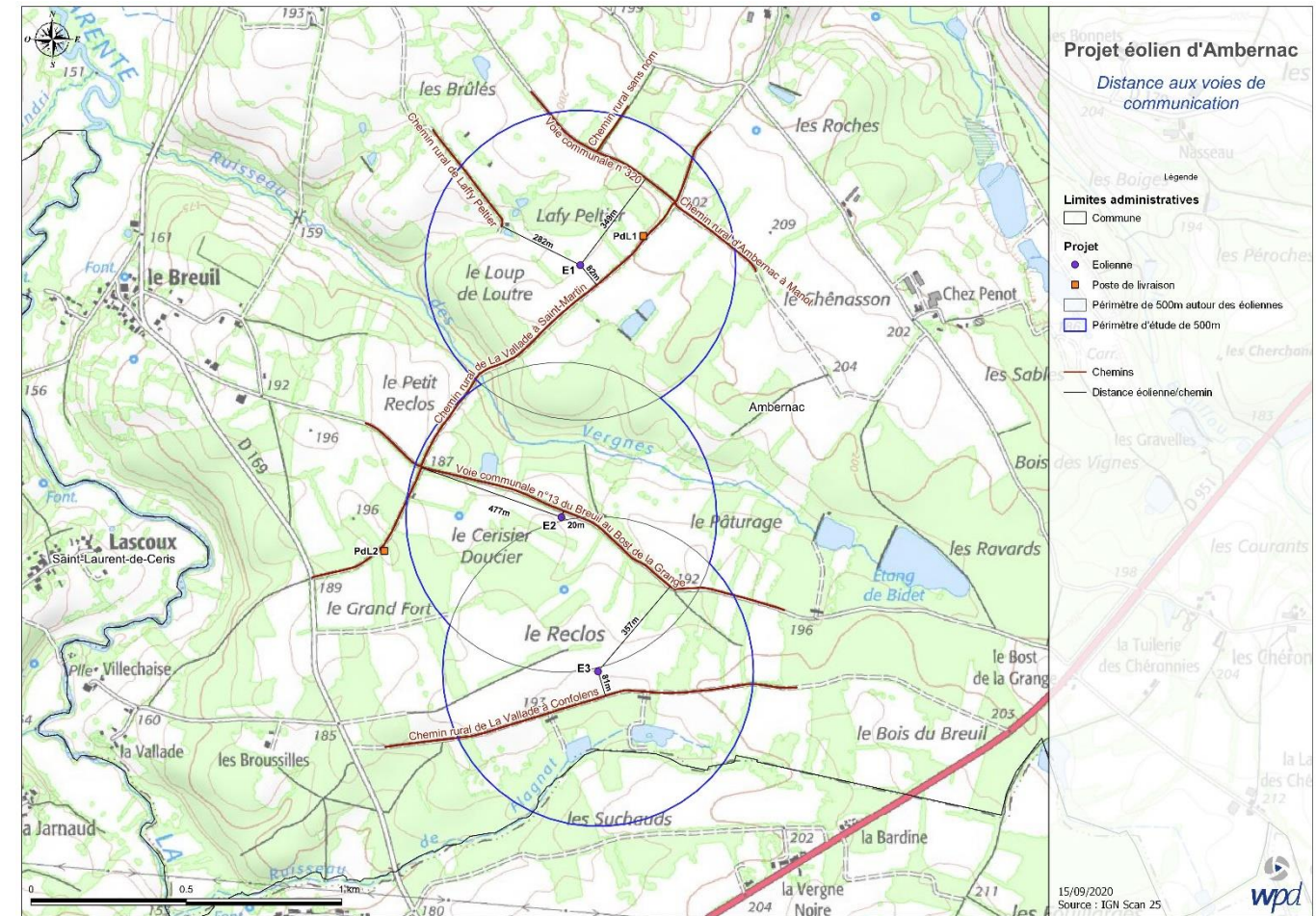
Type de transport	Voie	Commune	Distance minimale / installation	Caractérisation / Trafic journalier
Routier	Chemin rural de Laffy Peltier	Ambernac	282 m (E1)	Fréquentation locale
	Voie communale n°320	Ambernac	349 m (E1)	Fréquentation locale
	Chemin rural de La Vallade à Saint-martin	Ambernac	82 m (E1) 477 m (E2)	Fréquentation locale
	Voie communale n°13 du Breuil au Bost de la Grange	Ambernac	20 m (E2) 357 m (E3))	Fréquentation locale
	Chemin rural de la Vallade à Confolens	Ambernac	81 m (E3)	Fréquentation locale
Ferroviaire	-	-	-	-
Fluvial	-	-	-	-
Aérien	-	-	-	-

La distinction entre chemin d'exploitation, chemin rural, voie communale et liaison locale repose uniquement sur les caractéristiques physiques des voies, goudronnées ou non. On constate que le périmètre d'étude comporte un certain nombre d'infrastructures de transport (représentées sur la carte ci-après) constitué de chemins ruraux. La fréquentation de ces chemins est très faible.

Toutes les voies de communication incluses dans les périmètres d'étude seront traitées en tant que « Terrain aménagé et peu fréquenté » puisque leur fréquentation reste inférieure à 2000 véhicules/jour.

Chemin de randonnée :

Aucun chemin de randonnée ne traverse le périmètre de 500 mètres autour des éoliennes. Le plus proche est le sentier d'Ambouriane à environ 2,5 km au nord-est du projet.



Carte 11 : Voies de communication dans le périmètre des 500 m aux éoliennes



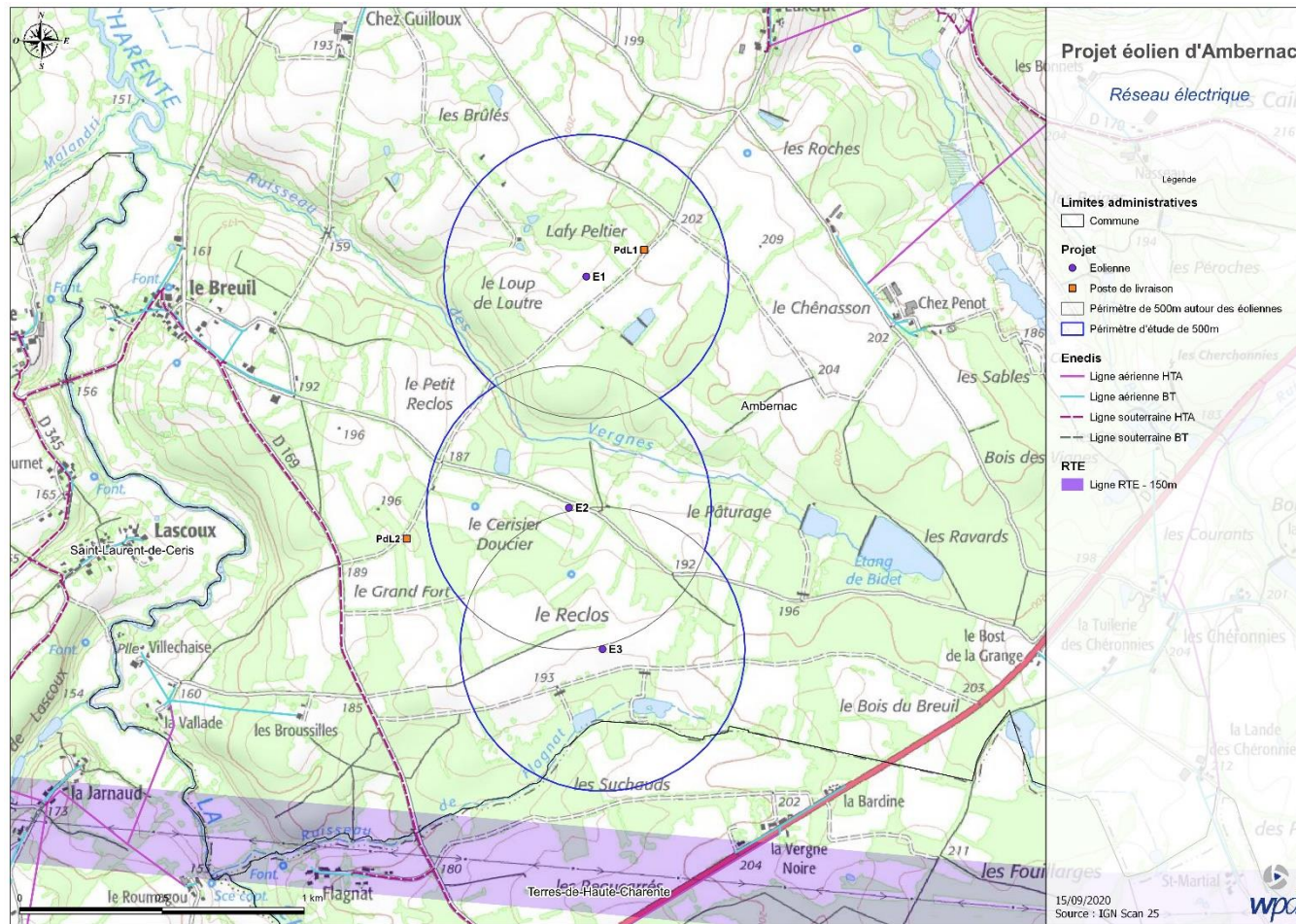


2. Emprises et réseaux publics et privés

Les consultations des sociétés de transport de gaz, d'électricité et d'hydrocarbures telles que GrDF, GRTgaz ou Enedis n'ont révélé l'existence de réseaux publics et privés traversant le périmètre de 500 m autour des éoliennes.

Localisation des biens, structures et autres établissements

Aucune habitation ne se situe dans le périmètre de 500 mètres autour des éoliennes. La maison la plus proche est située à 829 mètres au minimum (Lieu-dit de La Vergne Noire).



Carte 12 : Emprises et réseaux publics et privés

IV. Cartographie de synthèse

Les cartes de synthèse des contraintes et de destinations des terrains sont présentes sur les pages suivantes.

Le nombre de personnes exposées est renseigné selon la fiche n°1 « Eléments pour la détermination de la gravité dans les études de dangers » de la circulaire du 10 mai 2010 (présentée en annexe).

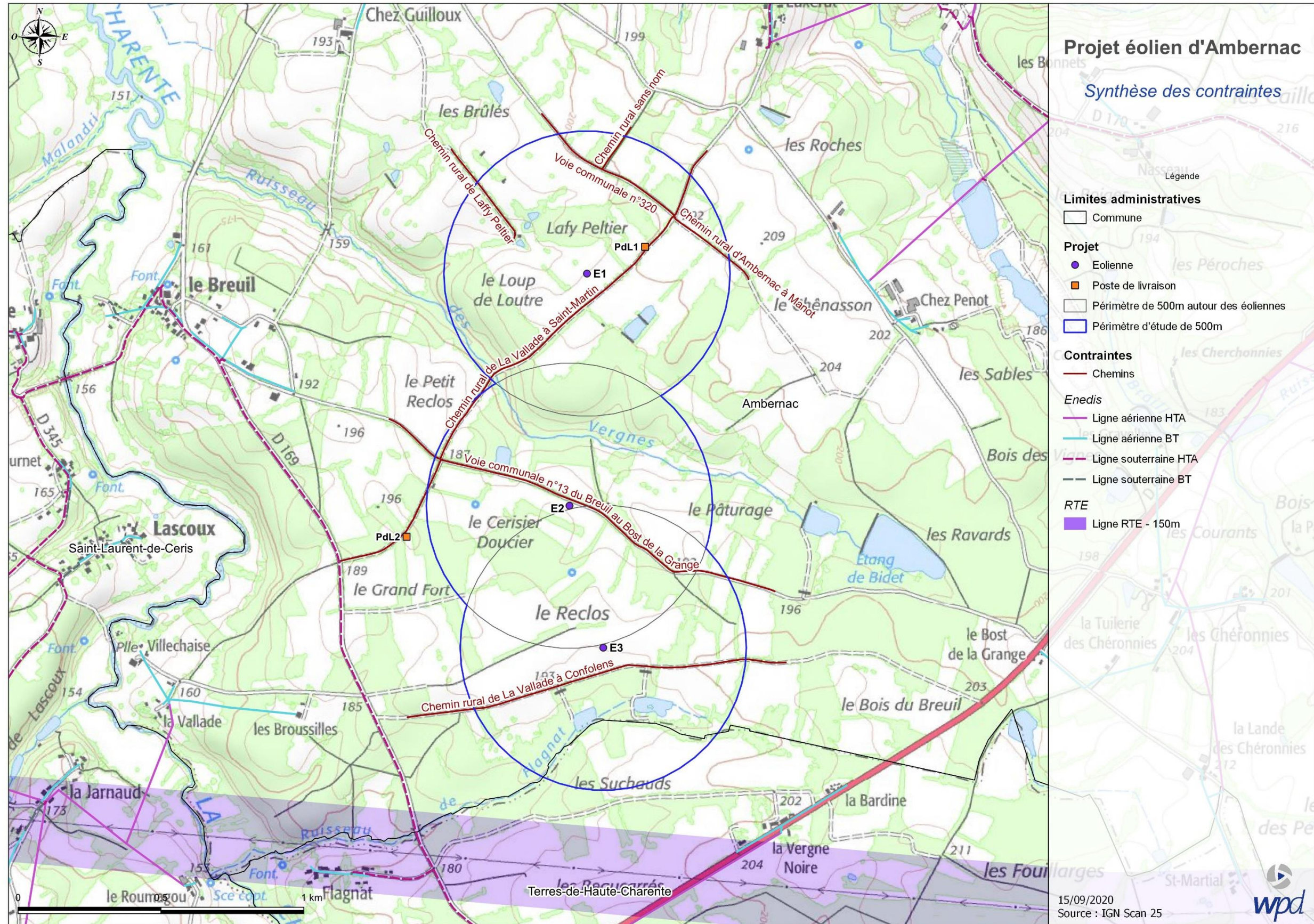
Zones correspondant à une densité de 1 personne par tranche de 100 ha

Dans le périmètre d'étude de 500 mètres autour des éoliennes, on trouve en majeure partie **des zones non aménagées peu à très peu fréquentées (champs, prairies, boisements, etc.)**. Cette catégorie correspond à une densité de 1 personne par tranche de 100 ha.

Zones correspondant à une densité de 1 personne par tranche de 10 ha

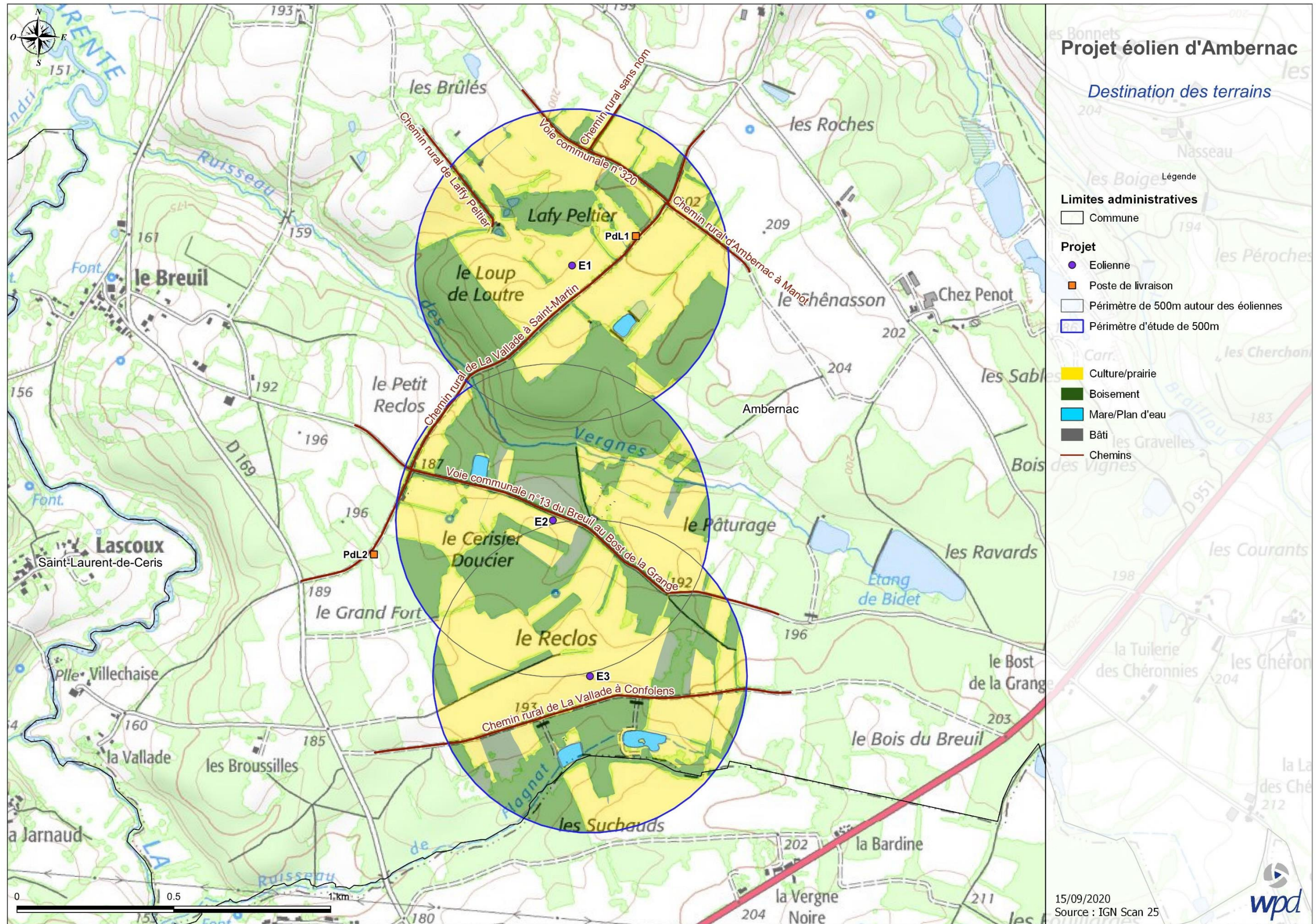
En ce qui concerne les voies présentes sur le site, il s'agit de **chemins ruraux**, correspondant à des zones aménagées mais peu à très peu fréquentées. On considère donc une fréquentation de 1 personne par tranche de 10 ha.





Carte 13 : Synthèse des contraintes





Carte 14 : Destination des terrains



V. Description de l'installation

Ce chapitre a pour objectif de caractériser l'organisation et le fonctionnement de l'installation envisagée, afin de permettre d'identifier les principaux potentiels de danger qu'elle représente, au regard notamment de la sensibilité de l'environnement décrit précédemment. Le détail des caractéristiques techniques de l'installation est présenté dans le DDAE du projet éolien d'Ambarnac.

V.1. Caractéristiques de l'installation

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 (cf. schéma du raccordement électrique au paragraphe V.3.1) :

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

2. Éléments constitutifs d'un aérogénérateur

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

Les aérogénérateurs se composent de trois principaux éléments :

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

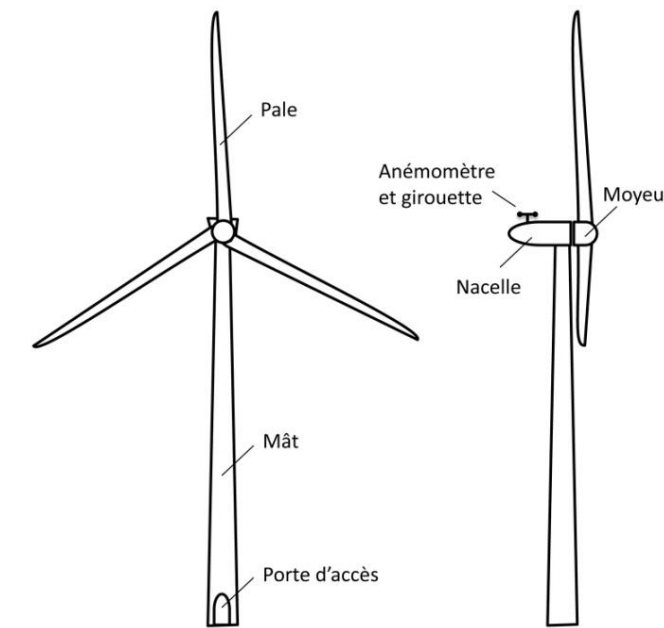


Figure 4 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur

3. Emprise au sol

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

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



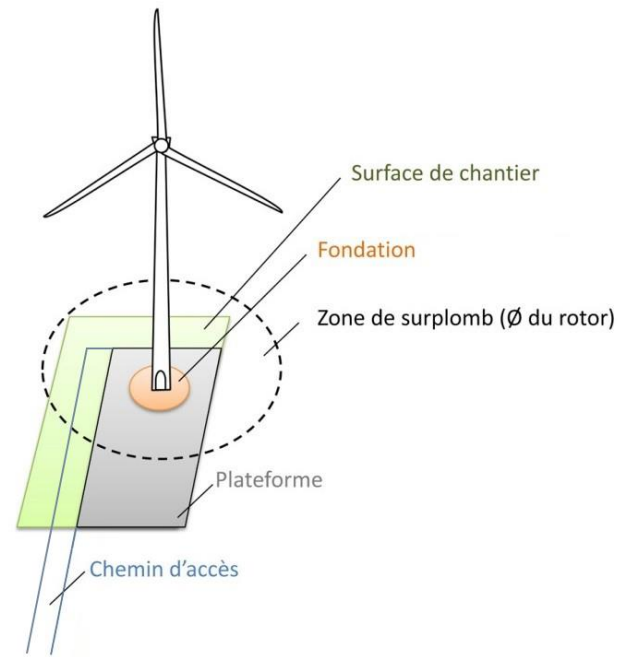


Figure 5 : Illustration des emprises au sol d'une éolienne

4. Chemins d'accès

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

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

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

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

5. Raccordement électrique souterrain

Le raccordement électrique souterrain est le réseau de câbles interne au parc éolien. Il permet de diriger l'électricité produite par les éoliennes vers le poste de livraison.

Le raccordement électrique souterrain sera établi suivant les prescriptions de l'arrêté technique du 17 mai 2001 fixant les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les réseaux de distribution d'énergie électrique.

Les ouvrages seront conçus et réalisés suivant l'état de l'art, la réglementation et les normes en vigueur, notamment les normes NF C 15-100 (installations électriques basse tension), NF C 13-100 (postes de livraison), NF C 13-200 (installations électriques haute tension), NF C 33-226 (conception des câbles) et NF C 20-030 (protection contre les chocs électriques).

Des informations plus détaillées concernant le réseau électrique souterrain (caractéristiques techniques, longueurs de tranchées, etc.) figurent dans le DDAE et l'étude d'impact du projet éolien d'Ambernac.

6. Activité de l'installation

L'activité principale du projet éolien d'Ambernac est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent, avec des éoliennes de hauteur totale maximale de 200 m. Cette installation est donc soumise à la rubrique 2980 des installations classées pour la protection de l'environnement.

7. Composition de l'installation

Le projet éolien d'Ambernac est constitué de 3 aérogénérateurs et de 2 postes de livraison, situés sur des parcelles agricoles, sur la commune d'Ambernac. Il est envisagé, au moment de la rédaction de cette étude différents types d'aérogénérateurs compris dans un gabarit dont la hauteur maximale est de 200 m en bout de pale, la puissance nominale unitaire est de 5,6 MW maximum et dont le rotor est de 150 mètres de diamètre maximum.

Dans un souci de maximisation des risques, l'étude détaillée des risques sera effectuée en utilisant les paramètres les plus pénalisants compte tenu du gabarit retenu. La description du fonctionnement de l'installation s'appuiera sur un modèle générique reprenant des caractéristiques maximales des éoliennes incluses dans le gabarit (hors hauteur de moyeu pour atteindre la hauteur en bout de pale maximum) :

- Hauteur maximale totale en bout de pales : Ht = 200 mètres ;
- Longueur de pale maximale : R = 75 mètres ;
- Hauteur du moyeu : H = 125 mètres ;
- Largeur du mât : L = 6,3 mètres ;
- Largeur de la pale à sa base (largeur maximale de la pale) : LB = 4,5 mètres.

Le tableau suivant indique les coordonnées géographiques des aérogénérateurs et des postes de livraison dans le système de coordonnées Lambert 93 et WGS 84 décimal :

Tableau 8 : Coordonnées géographiques (Lambert 93 et WGS 84 décimal) des éoliennes du projet éolien d'Ambernac

Eolienne	Coordonnées en Lambert 93		Coordonnées en WGS84		Altitude en m NGF	
	X	Y	Latitude	Longitude	au sol	En hauteur totale (pale à la verticale)
E1	510 463	6 543 746	45,9669875	0,5520546	197	397
E2	510 401	6 542 934	45,9596617	0,5515795	190	390
E3	510 520	6 542 437	45,9552216	0,5533140	197	397

Tableau 9 : Coordonnées géographiques (Lambert 93 et WGS 84 décimal) des postes de livraison du projet éolien d'Ambernac

Poste de livraison	Coordonnées en Lambert 93		Coordonnées en WGS84	
	X	Y	Latitude	Longitude
PDL 1	510 666	6 543 840	45,9678902	0,5546372
PDL 2	509 831	6 542 825	45,9585213	0,5442672

Le raccordement électrique au réseau public de l'installation se fera en réseau enterré (20 kV) jusqu'aux postes de livraison. Les postes de livraison se situent sur la commune d'Ambernac.

Des voies d'accès secondaires seront créées ou aménagées afin d'atteindre le site d'accueil de chaque éolienne. Ces pistes doivent être suffisamment larges (4,5 mètres de bande roulante et 0,5 mètres d'accotement de part et d'autre de la bande roulante) pour permettre l'acheminement de toupies béton et de transporteurs lourds (grue de levage, composants des

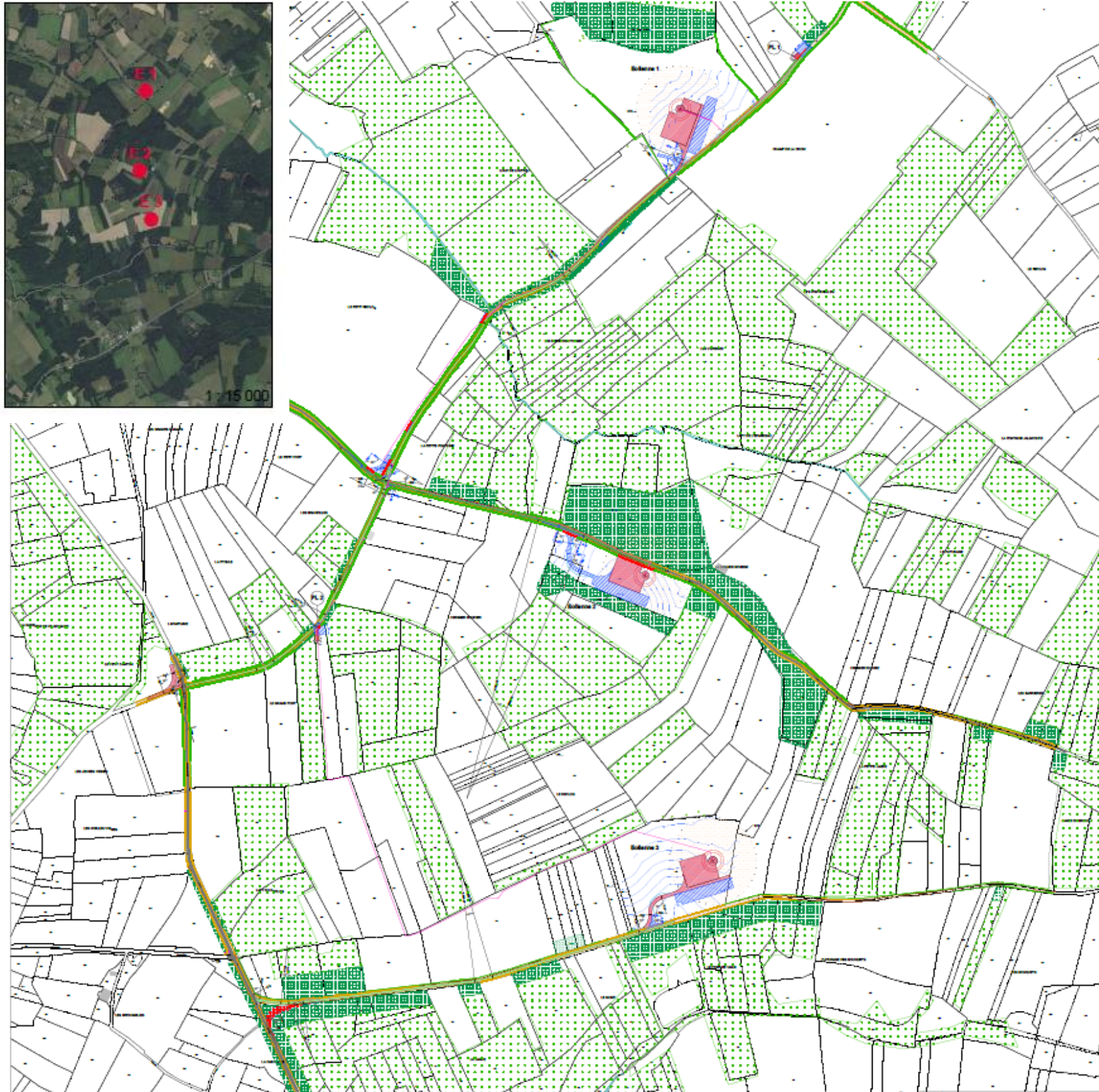




éoliennes). Ces accès seront carrossables et permettront aux services d'incendie et de secours d'intervenir, comme le prévoit l'Article 7 de l'arrêté du 26 août 2011 faisant passer les aérogénérateurs sous le régime des ICPE soumises à autorisation.

Des plateformes de montage seront localisées au pied de chaque éolienne pour une surface d'environ 8875 m² au total pour l'ensemble des éoliennes. Les surfaces correspondent à des aires stabilisées de faible pente sur lesquelles les engins de terrassement et d'approvisionnement peuvent évoluer. Elles servent également aux grues qui vont assembler les éoliennes. Le revêtement est sensiblement identique à celui des voies d'accès. Le plan des abords en page suivante représente ces surfaces.





LÉGENDE

Limites administratives

- +— limites communales
- limites parcellaires

Projet éolien

- éoliennes et fondations (— partie enterrée de la fondation)
- emprises survolées par les pales

Eolienne n

- Ⓜ numéros d'éolienne
- Ⓜ postes de livraison

- ▨ aires de montage
- ▨ chemins à créer
- ▨ chemins existants à renforcer
- ▨ aires temporaires
- ▨ position estimative des routes déterminée par vue aérienne
- zones dégagées de tout obstacle
- câblages électriques souterrains
- câblages électriques dans fourreau

Description du territoire

- routes goudronnées existantes relevées par le géomètre
- chemins existants relevés par le géomètre
- talus relevés par le géomètre
- ▨ bois relevés par le géomètre
- ▨ bois relevés par vue aérienne
- ▨ haies relevées par vue aérienne
- arbres isolés relevés par le géomètre
- ▨ mélange haie / arbres relevé par le géomètre
- haies relevées par le géomètre
- ▨ végétation coupée
- lignes électriques à enfouir relevées par le géomètre
- lignes électriques déterminées par vue aérienne
- réseaux d'assainissement / eaux pluviales
- ▨ bâtis

Carte 15 : Plan des abords du projet éolien d'Ambernac





V.2. Fonctionnement de l'installation

1. Principe de fonctionnement d'un aérogénérateur

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

Les pales se mettent en mouvement lorsque l'anémomètre (positionné sur la nacelle) indique une vitesse de vent d'environ 3m/s et que l'éolienne peut être couplée au réseau électrique.

La puissance électrique produite varie en fonction de la vitesse de rotation du rotor, l'éolienne fournit sa puissance maximale quand une certaine vitesse de vent est atteinte. Cette puissance est dite « nominale ».

2. Démarrage de l'éolienne

90 secondes après le démarrage de l'éolienne par le vent, les pales du rotor sont sorties de la position drapeau et sont mises en mode de « fonctionnement au ralenti ». L'éolienne tourne alors à faible vitesse.

La procédure de démarrage automatique est lancée lorsque la vitesse moyenne du vent mesurée pendant 3 minutes consécutives est supérieure à la vitesse de vent requise pour le démarrage (3m/s).

L'énergie produite est injectée sur le réseau de distribution dès que la limite inférieure de la plage de vitesse est atteinte. La connexion au réseau par le biais d'un circuit intermédiaire de courant continu et de convertisseurs évite les courants de démarrage élevés pendant la procédure de démarrage.

3. Fonctionnement normal

Dès que la phase de démarrage de l'éolienne est terminée, l'éolienne est en fonctionnement normal. Les conditions de vent sont relevées en permanence pendant ce temps. La vitesse de rotation, le débit de puissance et l'angle des pales sont constamment adaptés aux changements du régime des vents, la position de la nacelle est ajustée en fonction de la direction du vent et l'état de tous les capteurs est enregistré. La puissance électrique est contrôlée par l'excitation du générateur. Au-dessus de la vitesse de vent pour laquelle la puissance nominale est atteinte, la vitesse de rotation est également maintenue à une valeur nominale par le réglage de l'angle des pales.

En cas de températures extérieures et de vitesses de vent élevées, le système de refroidissement se met en route.

4. Fonctionnement en charge partielle

En fonctionnement en charge partielle, la vitesse et la puissance sont adaptées en permanence aux changements du régime des vents. Dans la plage supérieure de charge partielle, l'angle des pales du rotor est modifié de quelques degrés pour éviter une distorsion de l'écoulement (effet de décrochage).

Le régime de rotation et la puissance augmentent au fur et à mesure de l'augmentation de la vitesse du vent.

5. Fonctionnement de régulation

Au-dessus de la vitesse de vent pour laquelle la puissance nominale est atteinte, la vitesse de rotation est maintenue à peu près à sa valeur nominale grâce au réglage de l'angle des pales, et la puissance prélevée dans le vent est limitée (« mode de commande automatique »).

Le changement requis de l'angle des pales est déterminé après analyse du régime de rotation et de l'accélération, puis transmis à l'entraînement d'inclinaison des pales. La puissance conserve ainsi sa valeur nominale. L'éolienne s'arrête si la vitesse du vent atteint 25 m/s (cf. « Arrêt automatique »)

6. Mode de fonctionnement au ralenti

Si l'éolienne est arrêtée (par exemple en raison de l'absence de vent ou suite à un dérangement), les pales se mettent généralement dans une position de 60° par rapport à leur position opérationnelle. L'éolienne tourne alors à faible vitesse. Si la vitesse de ralenti est dépassée (moins de 3 trs/min environ), les pales de rotor s'inclinent pour se mettre en position drapeau. Ces conditions portent le nom de « fonctionnement au ralenti ». Le fonctionnement au ralenti réduit les charges et permet à l'éolienne de redémarrer dans de brefs délais. Un message d'état indique la raison pour laquelle l'éolienne a été arrêtée, passant donc en fonctionnement au ralenti.

7. Arrêt de l'éolienne

L'éolienne peut être arrêtée manuellement (interrupteur Marche/Arrêt) ou en actionnant le bouton d'arrêt d'urgence.

Le système de commande arrête l'éolienne en cas de dérangement, ou encore si les conditions de vent sont défavorables (voir figure ci-dessous).

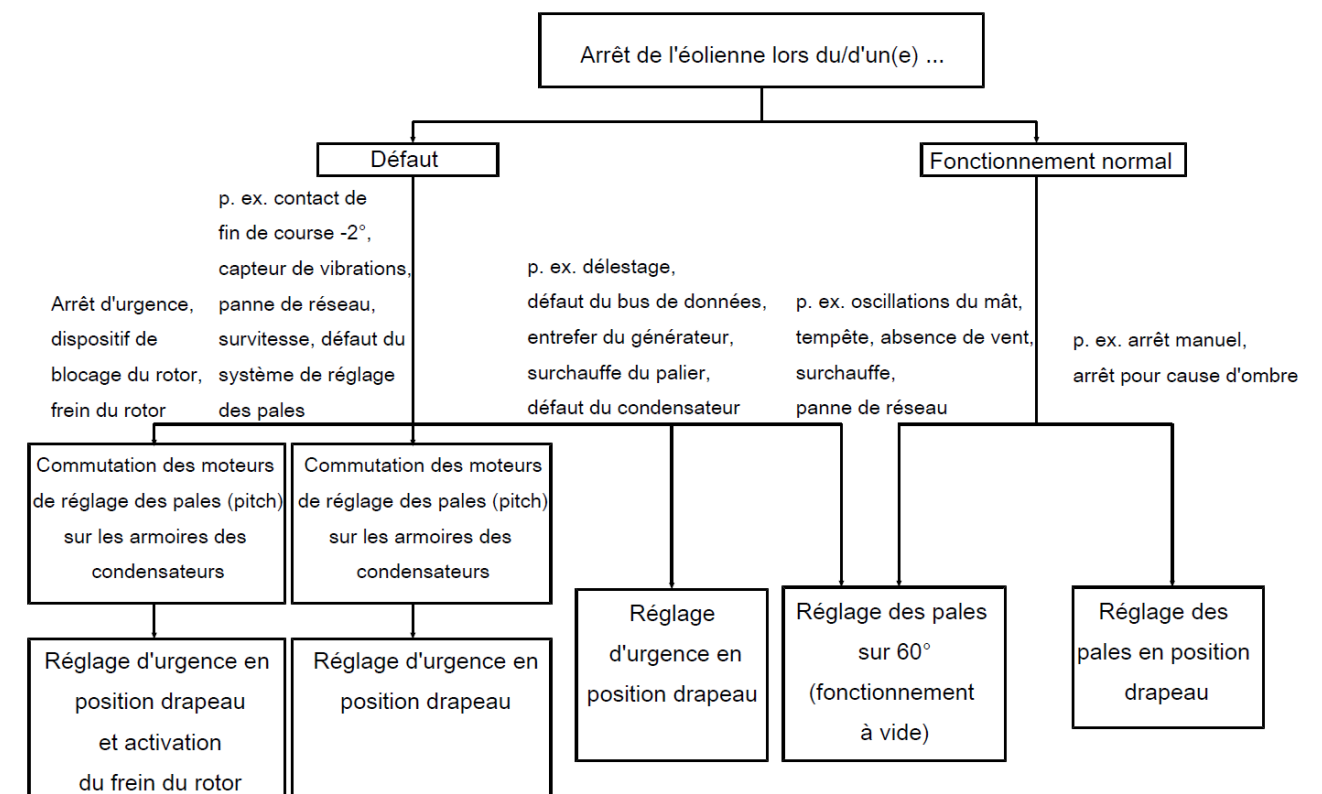


Figure 2 : Arrêt d'une éolienne (source : ENERCON)

8. Arrêt automatique

Les éoliennes sont freinées de façon aérodynamique grâce aux dispositifs d'inclinaison des pales (pitch) qui mettent les pales « en drapeau », c'est-à-dire dans la position offrant la moindre résistance au vent possible. Ce système de freinage permet à l'éolienne de passer de sa puissance nominale à une puissance nulle en 10 à 15 secondes sans que l'arbre d'entraînement ne subisse les fortes contraintes occasionnées par l'action d'un frein mécanique. Chaque pale dispose d'un pitch indépendant les uns des autres. La mise en drapeau d'une seule pale suffit à arrêter l'éolienne, il est donc fait possible d'arrêter l'éolienne même si l'un des moteurs de pitch est défaillant.

L'éolienne s'arrête automatiquement en cas de défaut. Lorsque l'éolienne est à l'arrêt, le rotor n'est pas bloqué, cela permet de limiter les charges qui s'exercent sur le rotor.





9. Arrêt manuel

En cas d'arrêt manuel, via les boutons d'arrêt d'urgence, en plus du frein aérodynamique, le frein électro mécanique s'enclenche, ralentissant au maximum les mouvements résiduels du rotor et permettant un verrouillage du rotor.

Le verrouillage du rotor est notamment actionné en cas de maintenance pour assurer la sécurité des techniciens.

10. Absence de vent

Si l'éolienne est en service, mais que l'absence de vent fait trop ralentir le rotor, l'éolienne passe en mode de fonctionnement au ralenti par l'inclinaison lente des pales du rotor dans une direction de 60°. L'éolienne reprend automatiquement son fonctionnement une fois que la vitesse de vent de démarrage est de nouveau atteinte.

V.3. Sécurité de l'installation

1. Tempête / Système « Storm Control »

Certains constructeurs d'éoliennes disposent d'un système de contrôle spécial leur permettant de fonctionner par temps de tempête. Ceci signifie que, par vents très forts, l'éolienne travaille en mode bridé, ce qui évite les arrêts qui conduiraient à des pertes de production considérables.

Lorsque le mode tempête est activé la vitesse nominale est réduite linéairement pour une vitesse de vent définie pour chaque type d'éolienne. La limitation de la vitesse nominale a comme conséquence la réduction de la puissance à partir d'une autre vitesse de vent spécifique au type d'éolienne. L'éolienne est uniquement arrêtée à partir d'une vitesse de vent supérieure à 34 m/s (valeur moyenne sur 10 minutes). A titre de comparaison, lorsque le mode tempête est désactivé l'éolienne, est arrêtée à une vitesse de vent de 25 m/s environ (valeur moyenne sur 3 minutes).

2. Dévissage des câbles

Les câbles de puissance et de commande de l'éolienne se trouvant dans le mât sont passés depuis la nacelle sur un dispositif de guidage et fixés aux parois du mât.

Les câbles ont suffisamment de liberté de mouvement pour permettre à la nacelle de tourner plusieurs fois dans la même direction autour de son axe, ce qui entraîne toutefois progressivement une torsion des câbles. Le système de commande de l'éolienne fait en sorte que les câbles vrillés soient automatiquement dévissés.

Lorsque les câbles ont tourné deux ou trois fois autour d'eux-mêmes, le système de commande utilise la prochaine période de vent faible pour les dévissés. Si le régime des vents rend cette opération impossible, et si les câbles se sont tournés plus de trois fois autour d'eux-mêmes, l'éolienne s'arrête et les câbles sont dévissés indépendamment de la vitesse du vent. Le dévissage des câbles prend environ une demi-heure. L'éolienne redémarre automatiquement une fois les câbles dévissés.

Les capteurs chargés de surveiller la torsion des câbles se trouvent dans l'unité de contrôle de la torsion des câbles. Le capteur est connecté à la couronne d'orientation par une roue de transmission et une boîte de vitesse. Toute variation de la position de la nacelle est transmise au système de commande.

En outre, deux interrupteurs de fin de course, un de chaque côté, gauche et droit, signalent tout dépassement de la plage opérationnelle autorisée dans une direction ou dans l'autre. Cela évite que les câbles du mât ne vrillent encore davantage. L'éolienne s'arrête et ne peut être redémarrée automatiquement.

3. Système de freinage

En fonctionnement, les éoliennes sont exclusivement freinées d'une façon aérodynamique par inclinaison des pales en position drapeau. Pour ceci, les trois entraînements de pales indépendants mettent les pales en position de drapeau (c'est-à-dire « les décrochent du vent ») en l'espace de quelques secondes. La vitesse de l'éolienne diminue sans que l'arbre d'entraînement ne soit soumis à des forces additionnelles.

Bien qu'une seule pale en drapeau (frein aérodynamique) suffise à stopper l'éolienne, cette dernière possède 3 freins aérodynamiques indépendants (un frein par pale).

Le rotor n'est pas bloqué même lorsque l'éolienne est à l'arrêt, il peut continuer de tourner librement à très basse vitesse. Le rotor et l'arbre d'entraînement ne sont alors exposés à pratiquement aucune force. En fonctionnement au ralenti, les paliers sont moins soumis aux charges que lorsque le rotor est bloqué.

L'arrêt complet du rotor n'a lieu qu'à des fins de maintenance et en appuyant sur le bouton d'arrêt d'urgence. Dans ce cas, un frein d'arrêt supplémentaire se déclenche lorsque le rotor freine partiellement, les pales s'étant inclinées. Le dispositif de blocage du rotor ne peut être actionné que manuellement et en dernière sécurité.

En cas d'urgence (par exemple, en cas de coupure du réseau), chaque pale du rotor est mise en sécurité en position de drapeau par son propre système de réglage de pale d'urgence alimenté par batterie. L'état de charge et la disponibilité des batteries sont garantis par un chargeur automatique.

4. Système de détection de survitesse

La machine possède 3 capteurs placés dans le support du rotor de la génératrice. Ce capteur est une masselotte montée sur ressort. Lorsque la force centrifuge du rotor est trop importante (cas de la survitesse), le déplacement de cette masselotte atteint un capteur situé en bout de course.

La détection de survitesse est alors enclenchée et les pales reviennent en position drapeau (le système coupe l'alimentation électrique des pitch). Le redémarrage de l'éolienne suite à un arrêt par action du système de détection de survitesse nécessite un réenclenchement manuel dans la nacelle, après identification des causes.

5. Protection incendie

Tous les composants mécaniques et électriques de l'éolienne dans lesquels un incendie pourrait potentiellement se déclencher en raison d'une éventuelle surchauffe ou de court-circuit, sont continuellement surveillés par des capteurs lors du fonctionnement, et cela en premier lieu afin de s'assurer de leur bon fonctionnement. Si le système de commande détecte un état non autorisé, l'éolienne est stoppée ou continue de fonctionner mais avec une puissance réduite. Le choix des matériaux est également un aspect clé de la protection incendie, par la conception en matériaux ignifuges, difficilement, ou non inflammables pour certains composants.

Des extincteurs manuels CO₂ dédiés à la protection contre l'incendie sont situés dans l'éolienne. Par ailleurs, lors des interventions, les techniciens emmènent également un extincteur dans leur véhicule de service. Lorsqu'un capteur de sécurité signale un défaut ou qu'un interrupteur correspondant se déclenche, l'éolienne est immédiatement stoppée (cf. § Arrêt automatique).

Les détecteurs de fumée et/ou les capteurs de température émettent des signaux qui sont immédiatement transmis au Service du constructeur par le système de surveillance à distance SCADA qui alerte alors immédiatement l'exploitant, par un message SMS et/ou email, qui prévient alors les pompiers. L'exploitant est en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant la détection de l'incendie. Il sera capable également de mettre en œuvre les procédures d'urgence dans un délai de 60 minutes.

Un plan d'évacuation permet au personnel d'évacuer l'éolienne en cas d'incendie. Le personnel dispose également d'une procédure d'urgence pour donner l'alerte vers les services de secours en cas d'incendie et est formé pour le faire.

6. Intervention des services de secours : SDIS 79

Sur le projet éolien d'Ambarnac, les casernes de Confolens, Champagne-Mouton ou Saint-Claud seront susceptibles d'intervenir. Le site éolien étant situé à environ 10 à 15 minutes de ces casernes (10 à 15 km), il faut compter un délai d'intervention entre 20 et 30 minutes maximum..

La desserte en chemin d'accès du projet permettra aux véhicules de secours d'intervenir sur site.





7. Protection foudre

Les éoliennes sont équipées d'un système parafoudre qui conduit le courant émanant de l'impact de foudre aux points de mise à la terre sans dommage ou sans perturbation des systèmes.

- Le système de protection externe est conçu pour gérer un coup de foudre direct sur l'éolienne. La pointe de la pale est en aluminium moulé, et un profilé conducteur est relié par un anneau en aluminium à la base de la pale. Un coup de foudre est absorbé en toute sécurité par ces profilés et le courant de foudre est dévié vers la terre entourant la base de l'éolienne.
- La protection interne est conçue pour minimiser les dégâts et les interférences sur les équipements électriques et les composants électroniques à l'intérieur de l'éolienne grâce à une ligne équipotentielle, à une protection contre les surtensions et les perturbations électromagnétiques. Ainsi, les composants principaux tels que l'armoire de contrôle et la génératrice sont protégés par des parasurtenseurs. Toutes les autres platines possédant leur propre alimentation sont équipées de filtres à haute absorption. La partie télécommunication est protégée par des parasurtenseurs de lignes et une protection galvanique, et une liaison en fibre optique entre les machines permet une insensibilité à ces surtensions atmosphériques ou du réseau.

De même, l'anémomètre est protégé et entouré d'un arceau.

Le système de protection contre la foudre a été conçu pour atteindre un niveau de protection I selon la norme CEI 61400-24.

8. Système de détection de givre / glace

Dans certaines conditions météorologiques, les pales peuvent se recouvrir de glace, de givre ou d'une couche de neige. Ceci arrive le plus souvent lorsque l'air est très humide, ou en cas de pluie ou de neige et à des températures proches de 0°C.

Les dépôts de glace et de givre peuvent réduire le rendement et accroître la sollicitation du matériel (déséquilibre du rotor) et la nuisance sonore. La glace formée peut également présenter un danger pour les personnes et les biens en cas de chute ou de projection.

La commande de l'éolienne mesure, à l'aide de deux sondes de température indépendantes, la température de l'air sur la nacelle et en pied du mât, afin de détecter si les conditions sont propices à la formation de givre.

Les caractéristiques aérodynamiques des pales de rotor sont très sensibles aux modifications des contours et de la rugosité des profils de pale causées par le givre ou la glace. Le système de détection de givre/glace utilise la modification importante des caractéristiques de fonctionnement de l'éolienne (rapport vent/vitesse de rotation/ puissance/angle de pale) en cas de formation de givre ou de glace sur les pales du rotor.

Lorsque la température dépasse +2°C sur la nacelle, les rapports de fonctionnement spécifiques à l'éolienne (vent/puissance/angle des pales) sont identifiés comme étant des valeurs moyennes à long terme. Pour des températures inférieures à +2 °C (conditions de givre), les données de fonctionnement mesurées sont comparées aux valeurs moyennes à long terme.

Pour cela, une plage de tolérance, déterminée de manière empirique, est définie autour de la courbe de puissance de l'éolienne et de la courbe d'angle de pale. Celle-ci se base sur des simulations, des essais et plusieurs années d'expérience sur un grand nombre d'éoliennes de types variés. Si les données de fonctionnement concernant la puissance ou l'angle de pale sont hors de la plage de tolérance, l'éolienne est stoppée.

En cas de détection d'écarts de comportement de la machine, un compteur est incrémenté pour chaque mesure hors tolérance, à raison de 1 mesure par minute. Lorsque 30 mesures sont en dehors des tolérances, la machine s'arrête automatiquement pour détection de glace et envoi une alerte via le SCADA. Le délai maximum de 60 minutes de l'Article 25 de l'arrêtés du 26 août 2011 correspondant au passage des éoliennes à une régime ICPE soumis à autorisation est respecté.

² Détection efficace pour la partie de courbe correspondant à la montée en puissance vers sa valeur nominale (détection d'écart standard : +/- 1,2m/s). Les paramètres de tolérances sont ajustables dans une plage de +/- 0,6m/s à +/- 3m/s.

³ Une fois que la machine fonctionne à sa puissance nominale, la courbe de puissance présente un plateau sur une large plage de vitesse de vent, rendant inopérante la tolérance définie précédemment pour la détection de glace ou de givre. Ainsi, pour les vitesses de vent

Les paramètres analysés par le système de sécurité sont :

- La vitesse de vent pour une puissance donnée². La détection, l'alerte et l'arrêt se font dès la sortie de la machine de ces tolérances (Comme expliqué ci-dessus) ;
- La puissance produite, lorsque la machine fonctionne à sa puissance nominale³ ;
- Grâce à l'étroitesse de la plage de tolérance, la coupure a lieu généralement en moins d'une heure, avant que l'épaisseur de la couche de glace ne constitue un danger pour l'environnement de l'éolienne.

La plausibilité de toutes les mesures liées à l'éolienne est contrôlée en permanence par la commande de l'éolienne. Une modification non plausible d'une valeur de mesure est interprétée comme un dépôt de glace par la commande et l'éolienne est stoppée.

Le redémarrage de l'éolienne suit une procédure bien définie.

supérieures à 10,5m/s une tolérance sur la puissance produite permet donc de détecter les comportements déviant de la courbe de puissance normale (valeur de tolérance standard : 75% ; minimale : 100% ; maximale : 50%).





9. Système de fermeture des portes

L'accès à l'intérieur de l'éolienne ne peut se faire que par la porte de service située au pied du mât. Cette porte est dotée d'un verrou à clé. Un dispositif manuel permet d'ouvrir et de fermer le verrou de la porte depuis l'intérieur, même si la clé se trouve à l'extérieur de la porte. De plus, l'accès aux postes de livraison est également fermé à clef.

Un détecteur avertit les personnels d'exploitation et de maintenance en cas d'ouverture d'une porte d'accès à une éolienne.

10. Balisage des éoliennes

En application de l'article R.244-1 du Code de l'aviation civile, à l'extérieur des zones grevées de servitudes de dégagement, l'établissement de certaines installations qui, en raison de leur hauteur, pourraient constituer des obstacles à la navigation aérienne est soumis à autorisation spéciale du Ministre chargé de l'aviation civile et du Ministre de la défense.

L'arrêté du 25 juillet 1990 précise également que, ne peuvent être soumises à un balisage diurne et nocturne que les installations dont la hauteur en un point quelconque au-dessus du niveau du sol ou de l'eau est supérieure à :

- 80 mètres, en dehors des agglomérations ;
- 130 mètres, dans les agglomérations ;
- 50 mètres, dans certaines zones où les besoins de la circulation aérienne le justifient.

Les éoliennes du projet éolien d'Ambarnac seront ainsi balisées, en application de l'article R.244-1 du Code de l'aviation civile et de l'article 2 de l'arrêté du 25 juillet 1990 susvisé.

Le balisage sera également conforme aux exigences de l'Aviation civile (DGAC) et de l'Armée de l'Air ainsi qu'à l'arrêté du 23 avril 2018 relatif à réalisation du balisage des obstacles de navigation aérienne. Les dispositions de cet arrêté entreront en vigueur au 1^{er} février 2019.

Ainsi, conformément à la législation en vigueur, les éoliennes seront équipées de feux de signalisation diurne et nocturne.

- Le balisage lumineux de jour sera assuré par des feux d'obstacle de moyenne intensité de type A (feux à éclats blancs de 20 000 cd) permettant la visibilité de l'éolienne dans tous les azimuts (360°).
- Le balisage lumineux de nuit, sera assuré par des feux d'obstacles de type B à éclats rouges et de moyenne intensité (2 000 candelas) pour les éoliennes « principales » et de faible intensité (200 candelas) pour les éoliennes « secondaires ». L'arrêté intègre une distinction entre éolienne « principale » et éolienne « secondaire ». Les éoliennes situées au niveau des sommets du polygone constituant la périphérie du champ éolien sont des éoliennes principales, leur balisage suit les préconisations vues précédemment (type B, feux à éclats rouges de 2 000 cd).

Les éoliennes E1 et E3 seront balisées comme éoliennes principales en période nocturne tandis que l'éolienne E2 aura un balisage secondaire (rouge fixe de 2000 cd ou « feux sommitaux pour éoliennes secondaires » à éclats rouges de 200 cd).

Dans le cas d'une éolienne dont la hauteur totale supérieure est supérieure à 150 m, comme c'est le cas ici, le balisage par feux moyenne intensité décrit ci-dessus est complété par des feux d'obstacles basse intensité de type B (rouges fixes 32 cd) installés sur le fût à 45 m de hauteur. Ils doivent assurer la visibilité de l'éolienne dans tous les azimuts (360°).

Sur le projet éolien d'Ambarnac, il y aura un balisage intermédiaire à 45 mètres.

Les feux à éclats seront synchronisés au sein du parc éolien.

11. Protection contre le risque de fuite dans la nacelle

Les nacelles des éoliennes sont conçues de sorte que tout écoulement accidentel de liquide provenant d'éléments de la nacelle (huile multiplicateur et liquide de refroidissement principalement) est récupéré dans un bac de rétention. Un réservoir situé dans la tour de l'éolienne, permet ensuite de recueillir les produits de fuite temporairement avant leur évacuation par les moyens appropriés. Des vérifications des niveaux sont également partie intégrante des opérations de maintenance préventive.

12. Surveillance des principaux paramètres

Un système de surveillance complet garantit la sécurité de l'éolienne. Toutes les fonctions pertinentes pour la sécurité (par exemple : vitesse du rotor, températures, charges, vibrations) sont surveillées par un système électronique et, en plus, là où cela est requis, par l'intervention à un niveau hiérarchique supérieur de capteurs mécaniques. L'éolienne est immédiatement arrêtée si l'un des capteurs détecte une anomalie sérieuse.

Les alertes relatives au fonctionnement de la machine sont remontées automatiquement par le système SCADA des éoliennes. Un SMS et un courrier électronique est envoyé au personnel de wpd windmanager et au constructeur en charge de la maintenance en cas d'alerte, 7j/7 et 24h/24. De même, le constructeur en charge de la maintenance est informé de toute alerte via les informations remontant par le système SCADA des éoliennes.

Le cas échéant, le personnel de maintenance habilité intervient alors sur site.

Les nombreux capteurs de température implantés dans les équipements de la nacelle permettent également la mise à l'arrêt de l'éolienne sur détection d'une température anormalement haute, ce qui permet la mise en sécurité (freinage aérodynamique de l'éolienne) de l'éolienne en cas d'échauffement matériel ou en cas de départ d'incendie (compte tenu de la répartition des équipements dans le volume de la nacelle, un éventuel départ d'incendie est susceptible d'être détecté en tout point).

La réponse est efficace en quelques dizaines de secondes selon les conditions, ce qui est une réponse adaptée à la cinétique des phénomènes envisagés.

V.4. Opérations de maintenance de l'installation

1. Certification des éoliennes

Les éoliennes sont conformes à la norme IEC 61 400-24 et à la Directive « Machines » du 17 mai 2006 ainsi qu'à la norme NF EN 61400-1 (juin 2006) ou CEI 61400-1 (version 2005) ou toute norme équivalente en vigueur dans l'UE.

Les éoliennes sont mises à la terre et l'installation répond aux dispositions de la norme IEC 61 400-24 (version de juin 2010).

La société Energie d'Ambarnac tient à disposition de l'Inspection des Installations Classées les rapports des organismes compétents attestant de la conformité des aérogénérateurs à la norme précitée.

2. Système de surveillance à distance

L'installation est conforme aux prescriptions de l'arrêté ministériel du 26 août 2011 relatif aux installations soumises à autorisation au titre de la rubrique 2980 des installations classées en matière d'exploitation (articles 12 à 21). La maintenance des éoliennes sera assurée par le constructeur ou par un prestataire extérieur. Le suivi de production sera quant à lui assuré par wpd windmanager, filiale française du groupe wpd chargé des aspects techniques et opérationnels de l'exploitation des parcs éoliens.

Un système de surveillance à distance ou «SCADA» (Supervisory Control And Data Acquisition) permet d'assurer un suivi en temps réel du fonctionnement de l'éolienne et d'intervenir rapidement en cas de dysfonctionnement. Il permet également de relancer aussitôt les éoliennes si les paramètres requis sont validés et les alarmes traitées. Par contre, en cas d'arrêt liés à des déclenchements de capteurs de sécurité (déclenchement détecteur d'arc ou d'incendie, pression basse, huile, etc.) une





intervention humaine sur l'éolienne est nécessaire pour examiner l'origine du défaut et acquitter l'alarme avant de pouvoir relancer un démarrage.

La société wpd windmanager, filiale française de wpd pour assurer la maintenance de ses parcs en exploitation, assure cette surveillance continue via le système SCADA. Les techniciens sont basés à Arras et à Brême en Allemagne. Les numéros de téléphone à contacter en cas d'urgence sont indiqués au pied de chaque éolienne.

Généralement, un programme de maintenance s'établit à trois niveaux préventifs :

- Niveau 1 : vérification semestrielle des équipements mécaniques et hydrauliques,
- Niveau 2 : vérification annuelle des matériaux (soudures, corrosions), de l'électronique et des éléments de raccordement électrique,
- Niveau 3 : vérification tous les quatre ans de plus grande 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. La première année d'exploitation est sujette à un plus grand nombre d'interventions. Elles servent à affiner les paramètres de réglages des éoliennes. Une série de visites de maintenance corrective est à prévoir. Par la suite, tout changement dans la production ou avarie technique sera indiquée via le système de supervision à l'exploitant du parc et fera l'objet d'une intervention de l'équipe de techniciens.

La majorité des interventions est constituée d'opérations mineures pour lesquelles les techniciens interviennent en équipe de 2 sur le site. Si des pièces doivent être remplacées, un treuil situé dans la nacelle facilite la manipulation. En revanche, pour certaines interventions plus exceptionnelles (remplacement d'une pale ou d'éléments importants de la nacelle), la présence d'une grue est nécessaire.

3. Inspection visuelle

Lors des inspections visuelles, les points particuliers de vigilance sont axés sur les aspects suivants :

- Corrosion ;
- Dommages mécaniques (par ex. fissures, déformation, écaillage, câbles usés) ;
- Fuites (huile, eau) ;
- Unités incomplètes ;
- Encrassements / corps étrangers.

Ces opérations d'inspection sont faites au moins une fois par an.

4. Graissage d'entretien

Les opérations de graissage visent à s'assurer du bon état des pièces mobiles et d'assurer un appoint ou de vidanger les huiles et lubrifiants.

L'ensemble des points à vérifier est précisé dans le Plan de Maintenance relatif au graissage défini pour chaque modèle d'éolienne.

5. Maintenance électrique

Les opérations de maintenance électrique visent à s'assurer du bon fonctionnement de tous les équipements électriques actifs (transformateurs, éclairage, mises à jour logicielles, etc.) et passifs (mises à la terre, etc.).

L'ensemble des points à vérifier est précisé dans le Plan de Maintenance Electrique défini pour chaque modèle.

6. Maintenance mécanique

Lors des opérations de maintenance mécanique, les points particuliers de vigilance sont axés sur les aspects suivants :

- Panneaux d'avertissement
- Pied du mât / local des armoires électriques
- Fondations

- Mât : Echelle de secours, ascenseurs de service, Plateformes et accessoires, Chemin et fixation de câbles, Assemblages à vis
- Nacelle : treuil à chaîne, extincteurs et trousse de secours, système de ventilation, câbles, trappes, support principal, arbre de moyeu, Transmissions d'orientation, Contrôle d'orientation (« yaw »), Couronne d'orientation, Entrefer du générateur, Groupe hydraulique, Frein électromécanique, Dispositif de blocage du rotor, Assemblages à vis, etc.
- Tête du rotor : Rotor, Câbles et lignes, Générateur, moyeu du rotor et adaptateur de pale, engrenage de réglage des pales (« pitch »), Système de graissage centralisé, vis des pales du rotor, pales de rotor, etc.
- Système parafoudre
- Anémomètre
- Etc.

Ces opérations d'inspections sont faites au moins une fois par an.

7. Stockage et flux de produits dangereux

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

V.5. Fonctionnement des réseaux de l'installation

1. Raccordement électrique

L'ensemble des réseaux électriques du parc éolien sera conforme à l'article 10 de l'arrêté du 26 août 2011.

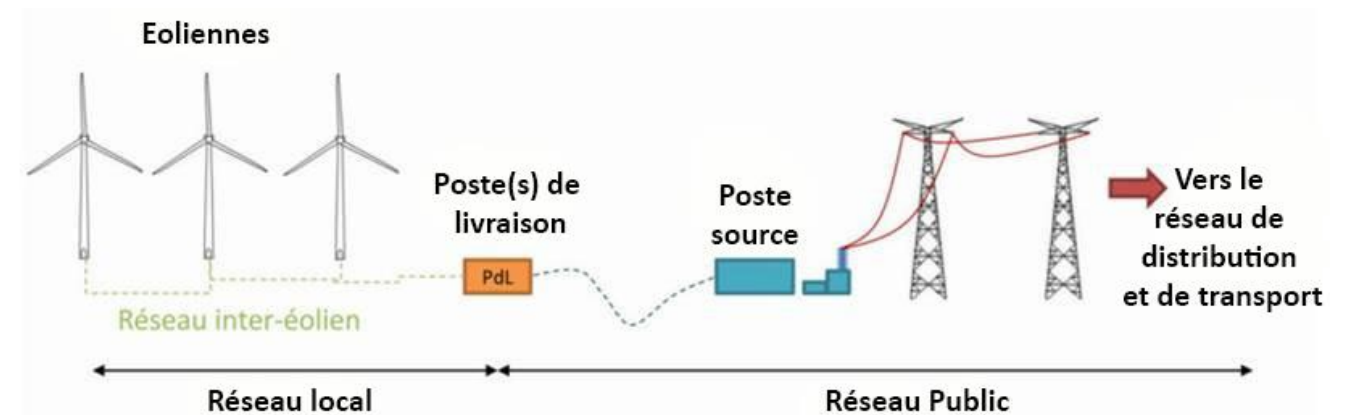


Figure 3 : Schéma de raccordement électrique d'un parc éolien

2. Le réseau inter-éolien

Le réseau inter-éolien permet de relier le transformateur, intégré dans le mât de chaque éolienne, au point de raccordement avec le réseau public. Il s'étire sur une distance d'environ 2 km. Ce réseau comporte également une liaison de télécommunication qui relie chaque éolienne au terminal de télésurveillance.

Ces câbles, conçus suivant la norme NFC 33-226, ont une tension nominale entre phases de 20 kV. Leur section, en aluminium, est entre 240 et 400 mm². Ils constituent le réseau interne de la centrale éolienne, et sont enfouis à une profondeur minimale de 80 cm, conformément à la norme NFC 13-200.





4. Poste de livraison

Le poste de livraison est le nœud de raccordement de toutes les éoliennes avant que l'électricité ne soit injectée dans le réseau public. Dans le cas du projet éolien d'Ambernac, deux postes de livraison sont nécessaires. Les postes de livraison sont équipés d'appareils de comptage d'énergie indiquant l'énergie soutirée au réseau mais également celle injectée. Ils comportent aussi la protection générale dont le but est de protéger les éoliennes et le réseau inter-éolien en cas de défaut sur le réseau électrique amont. Les installations électriques des postes de livraison sont conformes à la norme NFC 13-100.

5. Réseau électrique externe

Le réseau électrique externe relie les postes de livraison avec le poste source (réseau public de transport d'électricité). Ce réseau entièrement enterré est réalisé par le gestionnaire du réseau de distribution. Les caractéristiques des câbles utilisés sont sensiblement les mêmes que celles décrites pour le réseau inter-éolien (suivant la norme NFC 33-226, tension nominale entre phases 20 kV, section alu de 240 ou 400 mm²).

Le poste source de Loubert est le plus proche du projet éolien d'Ambernac (8 km). Le trajet du raccordement électrique souterrain n'est pas défini puisque le choix du poste source est encore incertain. Une fois l'Autorisation Environnementale obtenue, ENEDIS pourra proposer un poste source et un itinéraire de raccordement définitif.

6. Autres réseaux

Le projet éolien d'Ambernac 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.

VI. Identification des potentiels de dangers de l'installation

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

Il est réalisé notamment sur la base des Fiches de Données de Sécurité (FDS) des produits, de la nature et des caractéristiques techniques des éoliennes, des procédures d'exploitation.

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

VI.1. Potentiels de dangers liés aux produits

L'activité de production d'électricité par les éoliennes ne consomme pas de matières premières, ni de produits pendant la phase d'exploitation. De même, cette activité ne génère que peu de déchets, et ne génère ni émissions atmosphériques, ni d'effluents potentiellement dangereux pour l'environnement.

Les produits identifiés dans le cadre du projet éolien d'Ambernac sont utilisés pour le bon fonctionnement des éoliennes, leur maintenance et leur entretien :

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

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

Les produits chimiques et les lubrifiants utilisés dans les éoliennes sont certifiés selon les normes ISO 14001:2004.

Le tableau ci-contre synthétise les dangers liés aux produits présents sur site. Ces dangers dépendent de 3 facteurs :

- La nature du produit lui-même et ses caractéristiques dangereuses, traduites par sa classification au sens de l'arrêté du 20 avril 1994 modifié ;

- La quantité de produit stockée ou utilisée ;
- Les conditions de stockage ou de mise en œuvre.

Un système de surveillance de pression et de niveaux permet le contrôle du circuit hydraulique, du circuit de lubrification du multiplicateur et du circuit de refroidissement, afin notamment de repérer toute fuite éventuelle et d'arrêter l'éolienne si besoin.

Les produits utilisés dans l'éolienne ne présentent pas de réel danger, si ce n'est lorsqu'ils sont soumis à un incendie, où ils vont entretenir cet incendie (combustibles), ou s'ils sont déversés dans l'environnement générant un risque de pollution des sols et des eaux. Le SF6 possède un potentiel de réchauffement global (gaz à effet de serre) très important, mais les quantités présentes sont très limitées (seulement 1 à 2 kg de gaz dans les cellules).

En ce qui concerne les déchets industriels banals issus des opérations de maintenance, ils ne sont, par définition, pas dangereux. Ils seront récupérés, valorisés ou éliminés dans des installations autorisées, conformément à l'article 21 de l'arrêté du 26 août 2011. Pour plus de renseignements à ce sujet, on pourra se référer à la partie consacrée aux déchets dans l'étude d'impact.

Enfin, les procédures de vidange des graisses et huiles (graisse de lubrification des vérins des pales, huile du moteur d'orientation de la nacelle, etc.) sont des processus parfaitement encadrés et maîtrisés, définis par le constructeur.

VI.2. Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation

Les dangers liés au fonctionnement du projet éolien d'Ambernac sont de cinq types :

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

Tableau 10 : Dangers potentiels recensés

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
Poste de livraison, intérieur de l'aérogénérateur	Réseau électrique	Court-circuit interne	Arc électrique
Nacelle	Protection des équipements destinés à la production électrique	Chute d'éléments	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





VI.3. Réduction des potentiels de dangers à la source

1. Principales actions préventives

Dès la conception du projet, la société Energie d'Ambernac s'est attachée à sélectionner la meilleure variante d'implantation permettant de réduire les potentiels de dangers (éloignement de plus de 829 m des habitations, etc.). immédiat jusqu'à une hauteur de chute de chaque éolienne est constitué de terrains agricoles ou boisés ou de chemins ruraux. La fréquentation liée aux activités agricoles, aux activités d'exploitation forestière et aux chemins ruraux ne représentera qu'une faible fréquentation du site.

Enfin, les caractéristiques de l'éolienne sont adaptées au régime de vent sur le site.

L'ensemble de ces choix effectués au cours de la conception du projet permettent de réduire les potentiels de danger identifiés et de garantir une sécurité optimale de l'installation.

2. Substitution des produits par des produits moins dangereux et réduction des quantités

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

Le SF6 est un très bon isolant et ne dispose pas à ce jour de produit de substitution présentant des qualités équivalentes. De plus, malgré son caractère de gaz à effet de serre et au vu de sa quantité limitée dans les cellules des aérogénérateurs et des postes de livraison, il ne présente pas de danger pour l'homme. Il n'est donc pas prévu de solution de substitution.

3. Utilisation des meilleures techniques disponibles

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

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

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

VII. Analyse des retours d'expérience

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

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

VII.1. Inventaire des accidents et incidents en France

Un inventaire des incidents et accidents en France a été réalisé à l'aide de plusieurs sources d'information. Il s'agit à la fois de sources officielles, d'articles de la presse locale ou de base de données mises en place par des associations :

- Rapport du Conseil Général des Mines (juillet 2004) ;
- Base de données ARIA du Ministère de l'Écologie et du Développement Durable (<http://www.aria.developpementdurable.gouv.fr>);
- Communiqués de presse du SER-FEE et/ou des exploitants éoliens ;

- Site Internet de l'association « Vent de Colère » ;
- Site Internet de l'association « Fédération Environnement Durable » ;
- Articles de presse divers ;
- Données diverses fournies par les exploitants de parcs éoliens en France.

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

Dans l'état actuel, la base de données élaborée par le groupe de travail de SER/FEE ayant élaboré le guide technique d'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens apparaît comme représentative des incidents majeurs ayant affecté le parc éolien français depuis l'année 2000. L'ensemble de ces sources permet d'arriver à un inventaire aussi complet que possible des incidents survenus en France. Un total de 38 incidents a pu être recensé entre 2000 et début 2012 (voir tableau détaillé en annexe 2). Ce tableau a été validé par les membres du groupe de travail précédemment mentionné. Il a été complété avec les événements qui se sont produits après la parution du guide technique en juin 2012.

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

Le graphique suivant montre la répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateur français entre 2000 et 2010. Cette synthèse exclut les accidents du travail et les événements qui n'ont pas conduit à des effets sur les zones autour des aérogénérateurs. L'identification des causes est nécessairement réductrice.

Dans ce graphique sont présentés :

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

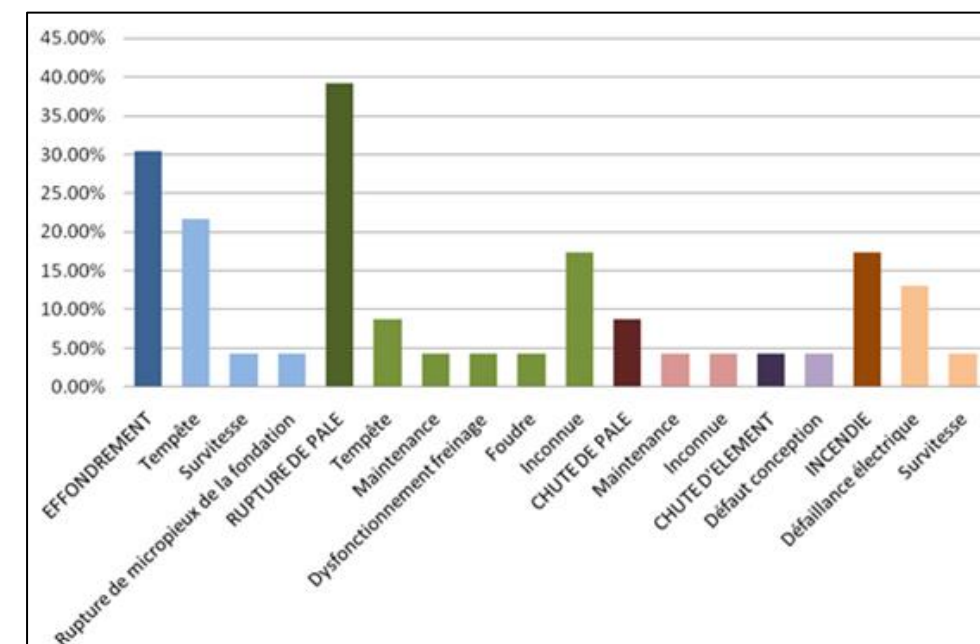


Figure 4 : Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateurs français entre 2000 et 2011

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





VII.2. Inventaire des accidents et incidents à l'international

La synthèse ci-dessous provient de l'analyse de la base de données réalisée par l'association Caithness Wind Information Forum (CWIF). Sur les 994 accidents décrits dans la base de données au moment de sa consultation par le groupe de travail précédemment mentionné, seuls 236 sont considérés comme des « accidents majeurs ». Les autres concernant plutôt des accidents du travail, des presque-accidents, des incidents, etc. et ne sont donc pas pris en compte dans l'analyse suivante. L'Annexe 2 présente les accidents survenus en France depuis 2000.

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

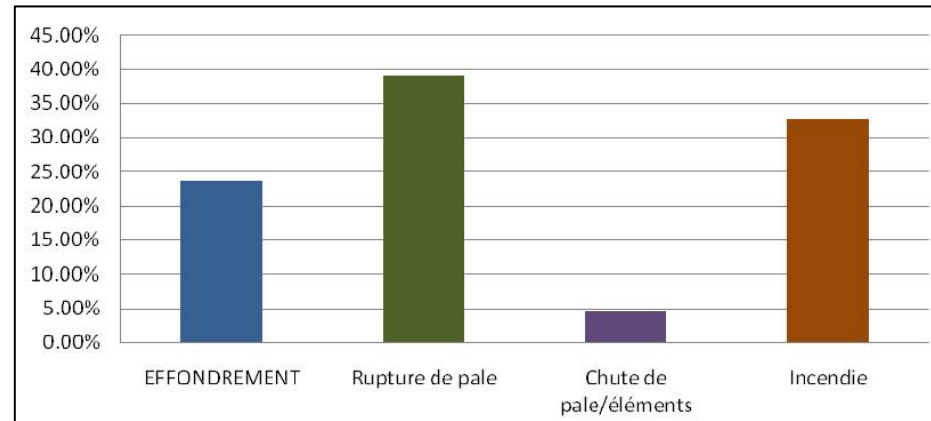


Figure 5 : Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières dans le monde entre 2000 et 2011

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

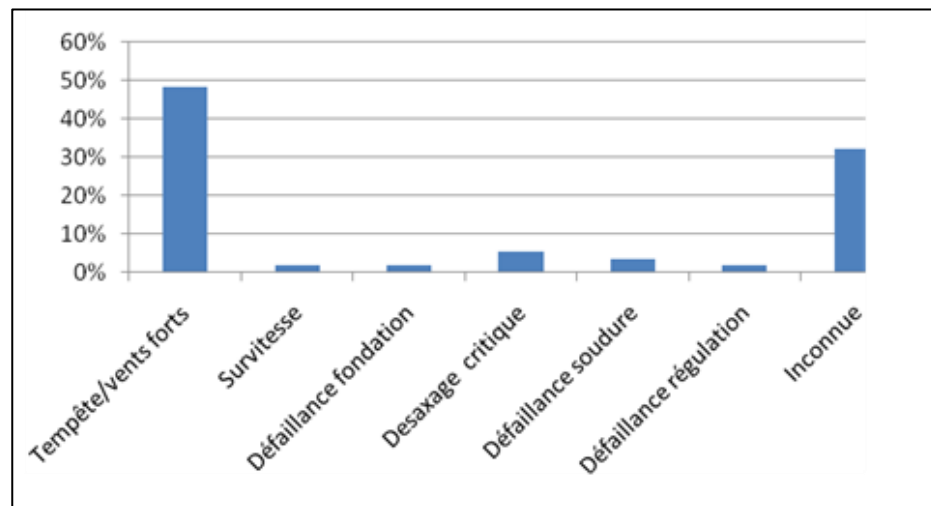


Figure 6 : Répartition des causes premières d'effondrement

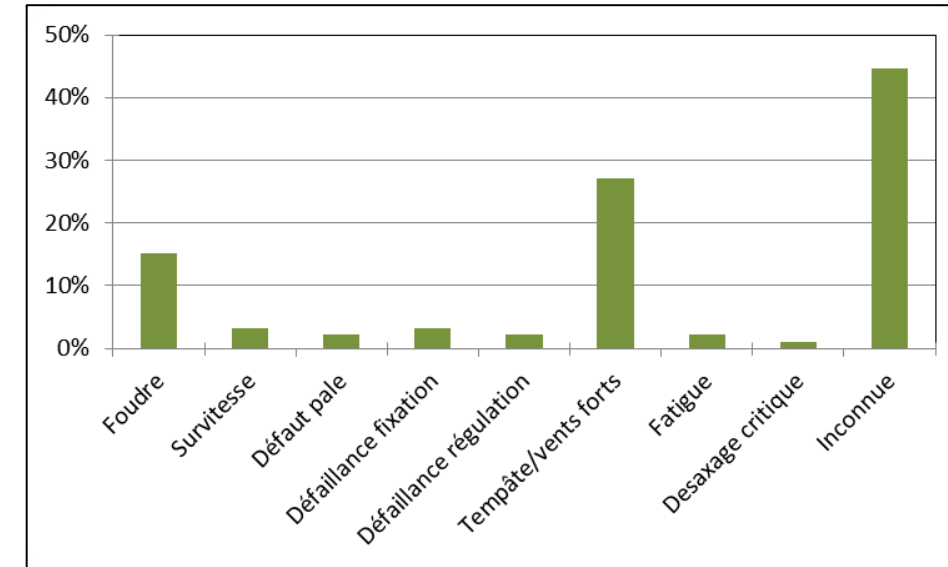


Figure 7 : Répartition des causes premières de rupture de pale

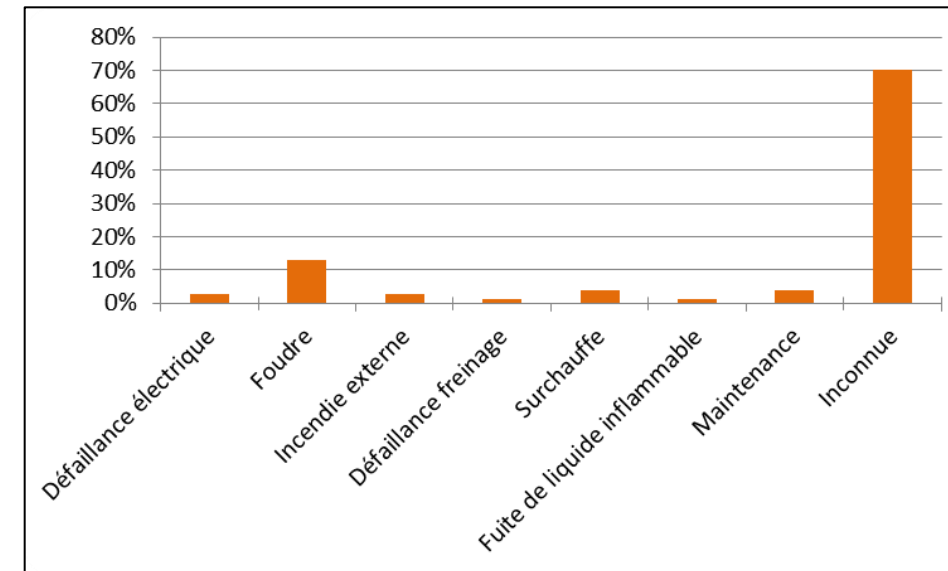


Figure 8 : Répartition des causes premières d'incendie

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

VII.3. Inventaire des accidents majeurs survenus sur les sites de l'exploitant

Aucun accident majeur n'est à déplorer sur les sites exploités par la société Energie d'Ambernac, la société wpd onshore France et ses filiales à ce jour.

VII.4. Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience

1. Analyse de l'évolution des accidents en France

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





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

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

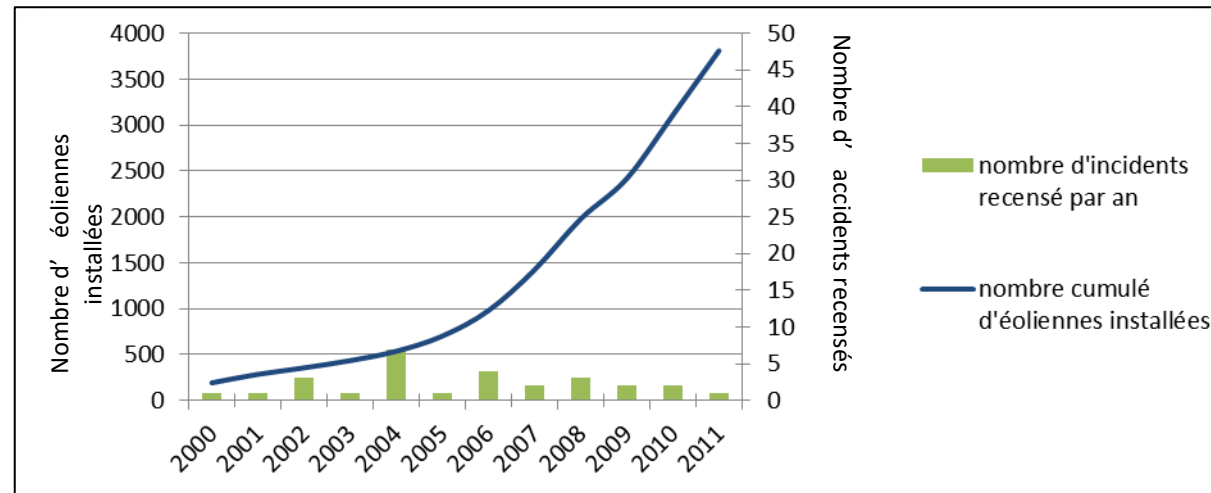


Figure 9 : Evolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées

2. Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents

Le retour d'expérience permet d'identifier les principaux événements redoutés suivants :

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

Des événements de fuite peuvent également survenir, même si avec le modèle d'éolienne proposé ces fuites restent majoritairement confinées dans le mât de l'éolienne.

VII.5. Limites d'utilisation de l'accidentologie

Ces retours d'expérience doivent être considérés 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.





IX. Analyse préliminaire des risques

L'évaluation préliminaire des risques a pour objet d'identifier les causes et les conséquences potentielles découlant de situations dangereuses provoquées par des dysfonctionnements des installations étudiées.

Elle permet de caractériser le niveau de risque de ces événements redoutés, selon une méthodologie décrite ci-dessous, et d'identifier les accidents majeurs, qui seront étudiés de manière détaillée au chapitre « Analyse Détaillée des Risques ».

IX.1. Objectif de l'analyse préliminaire des risques

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

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

IX.2. Recensement des événements initiateurs exclus de l'analyse des risques

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

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

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

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

IX.3. Recensement des agressions externes potentielles

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

Traditionnellement, deux types d'agressions externes sont identifiés :

- Les agressions externes liées aux activités humaines ;

- Les agressions externes liées à des phénomènes naturels.

III.1.2. Agression externes liées aux activités humaines

Le tableau ci-après synthétise les principales agressions externes liées aux activités humaines dans le cadre du projet éolien d'Ambernac.

Tableau 11 : Principales agressions externes liées aux activités humaines

Infrastructure	Fonction	Evènement redouté	Danger potentiel	Distance par rapport au mât des éoliennes (en m)
Chemins ruraux	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Energie cinétique des véhicules et flux thermique	E1 à 82 m du Chemin rural de la Vallade à Saint-martin E2 à 20 m de la voie communale n°13 du Breuil au Bost de la Grange E3 à 81 m du chemin rural de La Vallade à Confolens

En dehors des activités agricole et sylvicole, il n'existe pas d'autres activités pouvant être cause d'agression.

On peut donc conclure que compte tenu des types d'agresseurs potentiels, les agressions externes liées aux activités humaines sont extrêmement peu probables sur les aérogénérateurs du parc éolien d'Ambernac.

III.1.2. Agressions externes liées aux phénomènes naturels

Le tableau ci-après synthétise les principales agressions externes liées aux phénomènes naturels. Dans ce tableau, si cela est applicable et si les données sont disponibles, l'intensité de l'agression à laquelle les aérogénérateurs sont susceptibles d'être soumis est spécifiée.

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 ce tableau dans le sens où les dangers qu'elles pourraient entraîner sont largement inférieurs aux dommages causés par le phénomène naturel lui-même.

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

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





Tableau 12 : Principales agressions externes liées aux phénomènes naturels

Agression externe	Intensité	Retenu comme agresseur potentiel ?
Vents et tempête	Des vents de plus de 140 km/h ont été enregistrés lors de la tempête de 1999. On note toutefois qu'à la station de mesure, on dénombre moins d'un jour par an avec des rafales de vent supérieures à 100 km/h. L'emplacement n'est pas compris dans une zone affectée par des cyclones tropicaux.	Oui
Foudre	Les éoliennes sont équipées d'un système de protection contre la foudre conçu pour répondre à la classe de protection I de la norme internationale IEC 61 400-24.	Non pour les effets directs de la foudre
Glissement de sols / affaissement miniers	Aucun mouvement de terrain ni cavité souterraine n'ont été recensés dans la zone d'étude de 500 mètres.	Non

IX.4.Scenarii étudiés dans l'analyse préliminaire des risques

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

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

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

L'échelle utilisée pour l'évaluation de ce dernier paramètre 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 scenarii listés dans le tableau générique de l'APR sont regroupés et numérotés par thématique, en fonction des typologies d'événement redoutés centraux identifiés grâce au retour d'expérience (« G » pour les scenarii 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).

Tableau 13 : Analyse générique des risques

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	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 (N°2)	Impact de glace sur les enjeux	1
G02	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales	Projection de glace lorsque les éoliennes sont en mouvement	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de la glace (N°1)	Impact de glace sur les enjeux	2
I01	Humidité / Gel	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (N°5)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I02	Dysfonctionnement électrique	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (N°5)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I03	Survitesse	Echauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3) Prévenir la survitesse (N°4)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I04	Désaxage de la génératrice / Pièce défectueuse / Défaut de lubrification	Echauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I05	Conditions climatiques humides	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2
I06	Rongeur	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2
I07	Défaut d'étanchéité	Perte de confinement	Fuites d'huile isolante	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Incendie au poste de transformation Propagation de l'incendie	2





N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
F01	Fuite système de lubrification Fuite convertisseur Fuite transformateur	Ecoulement hors de la nacelle et le long du mât, puis sur le sol avec infiltration	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
F02	Renversement de fluides lors des opérations de maintenance	Ecoulement	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
C01	Défaut de fixation	Chute de trappe	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Impact sur cible	1
C02	Défaillance fixation anémomètre	Chute anémomètre	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	1
C3	Défaut fixation nacelle – pivot central – mât	Chute nacelle	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	1
P01	Survitesse	Contraintes trop importante 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	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	Impact sur cible	2
P03	Serrage inapproprié Erreur maintenance – desserrage	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	2
E01	Effets dominos autres installations	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
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

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
E05	Crash d'aéronef	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E07	Effondrement engin de levage travaux	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Actions de prévention mises en œuvre dans le cadre du plan de prévention (N°13)	Chute fragments et chute mât	2
E08	Vents forts	Défaillance fondation	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9) Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort (N°12) Dans les zones cycloniques, mettre en place un système de prévision cyclonique et équiper les éoliennes d'un dispositif d'abattage et d'arrimage au sol (N°13)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E09	Fatigue	Défaillance mât	Effondrement éolienne	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E10	Désaxage critique du rotor	Impact pale – mât	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9) Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Projection/chute fragments et chute mât	2

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





IX.5.Effets dominos

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

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

En ce qui concerne les accidents sur des aérogénérateurs qui conduiraient à des effets dominos sur d'autres installations classées, 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 ».

IX.6.Mise en place des mesures de sécurité

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

Un principe clé du processus d'élaboration d'une étude de dangers est qu'elle doit être proportionnelle au niveau de risques engendrés par les éoliennes sur leur environnement. Dans ce cadre, il est réalisé une description simple des mesures de sécurité mises en œuvre sur les machines. En particulier, les analyses poussées demandées aux installations classées soumises à autorisation avec servitudes (AS) ne seront pas menées ici.

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

- **Fonction de sécurité** : il est proposé ci-dessous un tableau par fonction de sécurité. Cet intitulé décrit l'objectif de la ou des mesure(s) de sécurité : il s'agit principalement d'« empêcher, éviter, détecter, contrôler ou limiter » et sera en relation avec un ou plusieurs événements conduisant à un accident majeur identifié dans l'analyse des risques. Plusieurs mesures de sécurité peuvent assurer une même fonction de sécurité.
- **Numéro de la fonction de sécurité** : ce numéro vise à simplifier la lecture de l'étude de danger en permettant des renvois à l'analyse de risque par exemple.
- **Mesures de sécurité** : cette ligne permet d'identifier les mesures assurant la fonction concernée. Dans le cas de systèmes instrumentés de sécurité, tous les éléments de la chaîne seront être présentés (détection + traitement de l'information + action).
- **Description** : cette ligne permet de préciser la description de la mesure de maîtrise des risques, lorsque des détails supplémentaires sont nécessaires.
- **Indépendance** (« oui » ou « non ») : cette caractéristique décrit le niveau d'indépendance d'une mesure de maîtrise des risques vis-à-vis des autres systèmes de sécurité et des scénarii d'accident. Cette condition peut être considérée comme remplie (« oui ») ou non (« 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. Il s'agit ici de vérifier que la mesure de maîtrise des risques agira « à temps » pour prévenir ou pour limiter les accidents majeurs. Dans le cadre d'une étude de dangers éolienne, l'estimation de ce temps de réponse peut être simplifiée et se contenter d'une estimation d'un temps de réponse maximum qui doit être atteint. Néanmoins, et pour rappel, la réglementation impose les temps de réponse suivants :
 - une mesure remplissant la fonction de sécurité « limiter les conséquences d'un incendie » doit permettre de détecter un incendie et de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes ;

- une seconde mesure remplissant la fonction de sécurité « limiter les conséquences d'un incendie » doit permettre de détecter un incendie et de mettre en œuvre une procédure d'arrêt d'urgence dans un délai de 60 minutes.
- **Efficacité (100% ou 0%)** : l'efficacité mesure la capacité d'une mesure de maîtrise des risques à remplir la fonction de sécurité qui lui est confiée pendant une durée donnée et dans son contexte d'utilisation.
- **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.

Note 1 : Pour certaines mesures de maîtrise des risques, certains de ces critères peuvent ne pas être applicables. Le critère correspondant sera alors renseigné avec l'acronyme « NA » (Non Applicable).

Note 2 : Certaines mesures de maîtrise des risques ne remplissent pas les critères « efficacité » ou « indépendance » : elles ont une fiabilité plus faible que d'autres mesures de maîtrise des risques. Celles-ci peuvent néanmoins être décrites dans le tableau ci-dessous dans la mesure où elles concourent à une meilleure sécurité sur le site d'exploitation.

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

Tous les éléments relatifs aux tests et aux opérations de maintenance seront transmis à l'inspecteur des ICPE pendant toute la durée d'exploitation.

Fonction de sécurité	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	N° de la fonction de sécurité	1
Mesures de sécurité	Système de détection de glace ou givre sur les pales de l'aérogénérateur par déduction (analyse des paramètres de puissance). Temps de redémarrage automatique échelonné en fonction de la température extérieure.		
Description	Deux sondes mesurent la température de l'air en nacelle et en pied du mât, afin de détecter si les conditions sont propices à la formation de givre. La présence de glace ou de givre modifie les caractéristiques aérodynamiques de la pale entraînant une dégradation de la courbe de puissance. Lorsque la température est inférieure à 2°C la courbe de puissance à l'instant t est comparée à la courbe de puissance de l'éolienne en condition normale. Une plage de tolérance est définie et les points en dehors de la plage de tolérance sont comptabilisés. A partir d'un certain nombre (donnée paramétrable) de points enregistrés hors de la plage de tolérance, l'éolienne s'arrête automatiquement.		
Indépendance	Non		
Temps de réponse	10 à 30 minutes, conformément à l'article 25 de l'arrêté du 26 août 2011		
Efficacité	100 %		
Tests	Le système de détection de glace par courbe de puissance a été certifié par le bureau TÜV Nord (rapport n°81 04206760).		
Maintenance	S'agissant d'un système purement logiciel, il n'y a pas de maintenance spécifique.		

Fonction de sécurité	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	N° de la fonction de sécurité	2





Mesures de sécurité	Signalisation du risque en pied de machine Eloignement des zones habitées et fréquentées
Description	Mise en place de panneaux de signalisation en pied de machines du risque de chute de glace (conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011).
Indépendance	Oui
Temps de réponse	NA
Efficacité	100 %. Nous considérerons que compte tenu de l'implantation des panneaux et de l'entretien prévu, l'information des promeneurs sera systématique.
Tests	NA
Maintenance	Vérification de l'état général du panneau, de l'absence de détérioration, entretien de la végétation afin que le panneau reste visible.

Fonction de sécurité	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	N° de la fonction de sécurité	3
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	En cas de température anormalement haute, une alarme est émise par le système SCADA au centre de contrôle Vestas. Si la température dépasse un seuil haut, l'éolienne est mise à l'arrêt et ne peut être relancée qu'après intervention d'un technicien en nacelle, qui procédera à une identification des causes et à des opérations techniques le cas échéant.		
Indépendance	Oui.		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %		
Tests	Pas de test.		
Maintenance	Contrôle automatique permanent grâce à des redondances pour les capteurs des principaux composants (génératrices, transformateur). Lors de la maintenance annuelle, vérification de la vraisemblance des informations données par les capteurs par lecture sur le moniteur. Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	4-a
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. Le système coupe l'alimentation électrique des pitchs. Les condensateurs électriques du système de sécurité des pitchs se déchargent alors, activant la mise en drapeau des pales. L'éolienne s'arrête en 10 à 15 secondes.		
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.		
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. Un test de survitesse est également effectué lors de la mise en service de l'installation.		

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 (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 courts-circuits	N° de la fonction de sécurité	5
Mesures de sécurité	Coupure de la transmission électrique en cas de fonctionnement anormal d'un composant électrique.		
Description	Les organes et armoires électriques de l'éolienne sont équipés d'organes de coupures et de protection adéquats et correctement dimensionnés. Tout 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. Les systèmes électriques sont équipés de disjoncteurs à tous les niveaux.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	De l'ordre de la seconde		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	La vérification des organes de coupure est comprise dans la maintenance électrique annuelle. Les installations électriques sont contrôlées avant la mise en service du parc puis à une fréquence annuelle, conformément à l'article 10 de l'arrêté du 26 août 2011.		

Fonction de sécurité	Prévenir les effets de la foudre	N° de la fonction de sécurité	6
Mesures de sécurité	Mise à la terre et protection des éléments de l'aérogénérateur.		
Description	Système de protection foudre de l'éolienne dimensionné pour prévenir toute dégradation des pales de l'éolienne conformément à la norme IEC 61400-24. Pour la protection parafoudre extérieure, la pointe de la pale est en aluminium moulé, et un profilé conducteur est relié par un anneau en aluminium à la base de la pale. Un coup de foudre est absorbé en toute sécurité par ces profilés et le courant de foudre est dévié vers la terre entourant la base de l'éolienne. Pour la protection interne de la machine, les composants principaux tels l'armoire de contrôle et la génératrice sont protégés par des parasurtenseurs. Toutes les autres platines possédant leur propre alimentation sont équipées de filtres à hautes absorptions. Aussi, la partie télécommunication est protégée par des parasurtenseurs de ligne et une protection galvanique. Enfin, une liaison en fibre optique entre les machines permet une insensibilité à ces surtensions atmosphériques ou du réseau. De même, l'anémomètre est protégé et entouré d'un arceau.		
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.		

Fonction de sécurité	Protection et intervention incendie	N° de la fonction de sécurité	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 fumée relié au système SCADA qui émet une alarme au centre de contrôle Vestas et prévient WindManager par SMS. Intervention des services de secours
Description	La technologie Enercon sans boîte de vitesse permet de réduire le risque d'échauffement provoqué par frottement mécanique. En effet la génératrice Vestas tourne environ à 20 tours par minute, alors que les génératrices entraînées par une boîte de vitesse tournent à environ 1500 tours par minute. De nombreux capteurs de températures sont présents à proximité de tous les composants critiques : <ul style="list-style-type: none"> - Nacelle - Génératrice - Palier du moyeu - Mât - Armoires électriques - Transformateurs - Ventilateurs et éléments chauffants - Extérieur de la machine Des seuils d'acceptabilité de niveau de températures sont prédéfinis dans le système de contrôle de l'éolienne pour chacun des capteurs. Des capteurs optiques de fumée sont placés en pied de mât et dans la nacelle. Leur déclenchement conduit 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 Vestas ainsi qu'à WindManager par SMS, qui se charge de contacter les services d'urgence compétents. 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	Les capteurs optiques de fumée sont testés annuellement (détection volontaire).
Maintenance	Contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011. Le matériel incendie (type extincteurs) est contrôlé périodiquement par le fabricant du matériel ou un organisme extérieur. Maintenance curative suite à une défaillance du matériel.

Fonction de sécurité	Prévention et rétention des fuites	N° de la fonction de sécurité	8
Mesures de sécurité	Utilisation d'une très faible quantité d'huile (absence de boîte de vitesses) Présence de rétention pour les composants critiques Détecteurs de niveau d'huiles		
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 remplacement des bacs de graisse vides font l'objet de procédures spécifiques. Dans tous les cas, le transfert des huiles s'effectue de manière sécurisée et encadrée par les procédures de maintenance. La propreté des rétentions est vérifiée lors de chaque inspection de la nacelle.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Instantané		
Efficacité	100 %		

Tests	/
Maintenance	Inspection des niveaux d'huile plusieurs fois par an et de l'état des rétentions plusieurs fois par an.

Fonction de sécurité	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)	N° de la fonction de sécurité	9
Mesures de sécurité	Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints, etc.) Procédures qualités Attestation du contrôle technique (procédure permis de construire)		
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 moyeu, les fondations et la tour répondent au standard IEC 61 400-1. Les pales respectent le standard IEC 61 400-1 ; 12 ; 23. Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %		
Tests	NA		
Maintenance	Les couples de serrage (brides sur les diverses sections de la tour, bride de raccordement des pales au moyeu, bride de raccordement du moyeu à l'arbre lent, éléments du châssis, éléments du pitch system, couronne du Yaw Gear (moteurs d'orientation de la nacelle), boulons de fixation de la nacelle...) sont vérifiés au bout de 3 mois de fonctionnement puis tous les 3 ans, conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011.		

Fonction de sécurité	Prévenir les erreurs de maintenance	N° de la fonction de sécurité	10
Mesures de sécurité	Procédure maintenance		
Description	Préconisations du manuel de maintenance Formation du personnel		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %		
Tests	Il existe des manuels de maintenance spécifiques à chaque modèle d'éolienne. Tout personnel amené à intervenir dans les éoliennes est formé et habilité : <ul style="list-style-type: none"> • Electriquement, selon son niveau de connaissance ; • Aux travaux en hauteur, port des EPI, évacuation et sauvetage ; • Sauveteur Secouriste du Travail. Ces habilitations sont recyclées périodiquement suivant la réglementation ou les recommandations en vigueur. Des contrôles des connaissances sont réalisés afin de vérifier la validité de ces habilitations. Des points mensuels concernant la sécurité et les procédures sont effectués avec l'ensemble du personnel de maintenance. Une présentation du fonctionnement de la sécurité est réalisée auprès des nouveaux embauchés.		
Maintenance	NA		





Fonction de sécurité	Prévenir la dégradation de l'état des équipements	N° de la fonction de sécurité	11
Mesures de sécurité	Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents. Détection et prévention des vents forts et tempêtes Déclenchement du mode tempête = diminution de la prise au vent progressive des pales et arrêt automatique au-delà d'une certaine vitesse de vent.		
Description	Procédure « site vérification » : une étude de vent est menée sur un an afin de vérifier l'adéquation effective des machines. En cas de doute sur l'adéquation des aérogénérateurs, le site est modélisé et une étude de charge est effectuée. Le mode tempête s'enclenche au-delà d'une certaine vitesse de vent, permettant à l'éolienne de continuer à produire mais à puissance réduite. L'éolienne s'arrête complètement au-delà d'un autre seuil de vitesse de vent (Cf chapitre 4.2.1).		
Indépendance	Oui Ces systèmes s'appuient sur des fonctions et des appareils propres à l'exploitation du parc. Ces données sont cependant analysées par l'automate de sécurité embarqué sur chaque éolienne, dont le rôle est dédié à la sécurité de l'installation.		
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. Si le site est trop turbulent ou les machines trop rapprochées entre elles, il est possible de mettre en place des arrêts sectoriels pour limiter l'impact de la turbulence sur les machines.		
Tests	Procédure de « Site Verification » (contrôle de l'adéquation par rapport à des mesures de fonctionnement)		
Maintenance	Les paramètres d'entrée en cas d'arrêt sectoriel sont régulièrement mis à jour et contrôlés lors des modifications d'hardware ou de software. L'usure de l'éolienne est contrôlée à chaque maintenance.		

Efficacité	100 %
Tests	Les protocoles de maintenance annuelle prévoient la vérification de chacun de ces capteurs.
Maintenance	NA

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

Notamment, 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 est réalisée tous les ans.

Fonction de sécurité	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	N° de la fonction de sécurité	12
Mesures de sécurité	Capteurs de vibrations entraînant un arrêt de l'éolienne Capteurs de bruit Contrôle de l'entrefer		
Description	Deux capteurs sont placés dans la nacelle pour détecter les accélérations longitudinales et transversales. Au-delà d'une certaine limite (spécifique à chaque modèle d'éolienne) l'éolienne s'arrête puis redémarre automatiquement après un court délai. Si plusieurs niveaux d'oscillation au-delà du seuil d'acceptabilité sont enregistrés au cours d'une période de 24h, le redémarrage automatique est suspendu. L'espace entre le rotor et le stator appelé entrefer ne doit pas être réduit en deçà d'une largeur minimum. Des capteurs mesurent cette largeur et si un certain seuil est atteint, l'éolienne s'arrête puis redémarre automatiquement après un court délai. Si la faute se répète plus d'une fois en 24h, le redémarrage automatique est suspendu. Un capteur de bruit est positionné dans la tête du rotor. En cas de bruits correspondant à des chocs importants (détachement ou rupture d'une pièce) et que la cause ne peut être discernée, p. ex. la grêle pendant un orage, l'éolienne s'arrête.		
Indépendance	Oui. Les signaux des capteurs sont traités par l'automate de sécurité embarqué sur chaque éolienne, dont le rôle est dédié à la sécurité de l'installation.		
Temps de réponse	Quelques secondes (< 2 min)		





IX.7. Conclusion de l'analyse préliminaire des risques

A l'issue de l'analyse préliminaire des risques, l'étude de dangers doit préciser quels scénarii 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 scénarii sont a priori exclues de l'étude détaillée, en raison de leur faible intensité :

Tableau 14 : Catégories exclues de l'APR

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 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 dont la tenue au feu est de 2h) seront mineurs ou inexistant du fait notamment de la structure en béton. De plus, la réglementation encadre déjà largement la sécurité de ces installations (l'arrêté du 26 août 2011 ⁴ et impose le respect des normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200)
Chute et projection de glace dans les cas particuliers où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0°C	Lorsqu'un aérogénérateur est implanté sur un site où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0°C, il peut être considéré que le risque de chute ou de projection de glace est nul. Des éléments de preuves doivent être apportés pour identifier les implantations où de telles conditions climatiques sont applicables.
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. Ce scénario peut ne pas être détaillé dans le chapitre de l'étude détaillée des risques sauf en cas d'implantation dans un périmètre de protection rapprochée d'un captage d'eau potable.

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

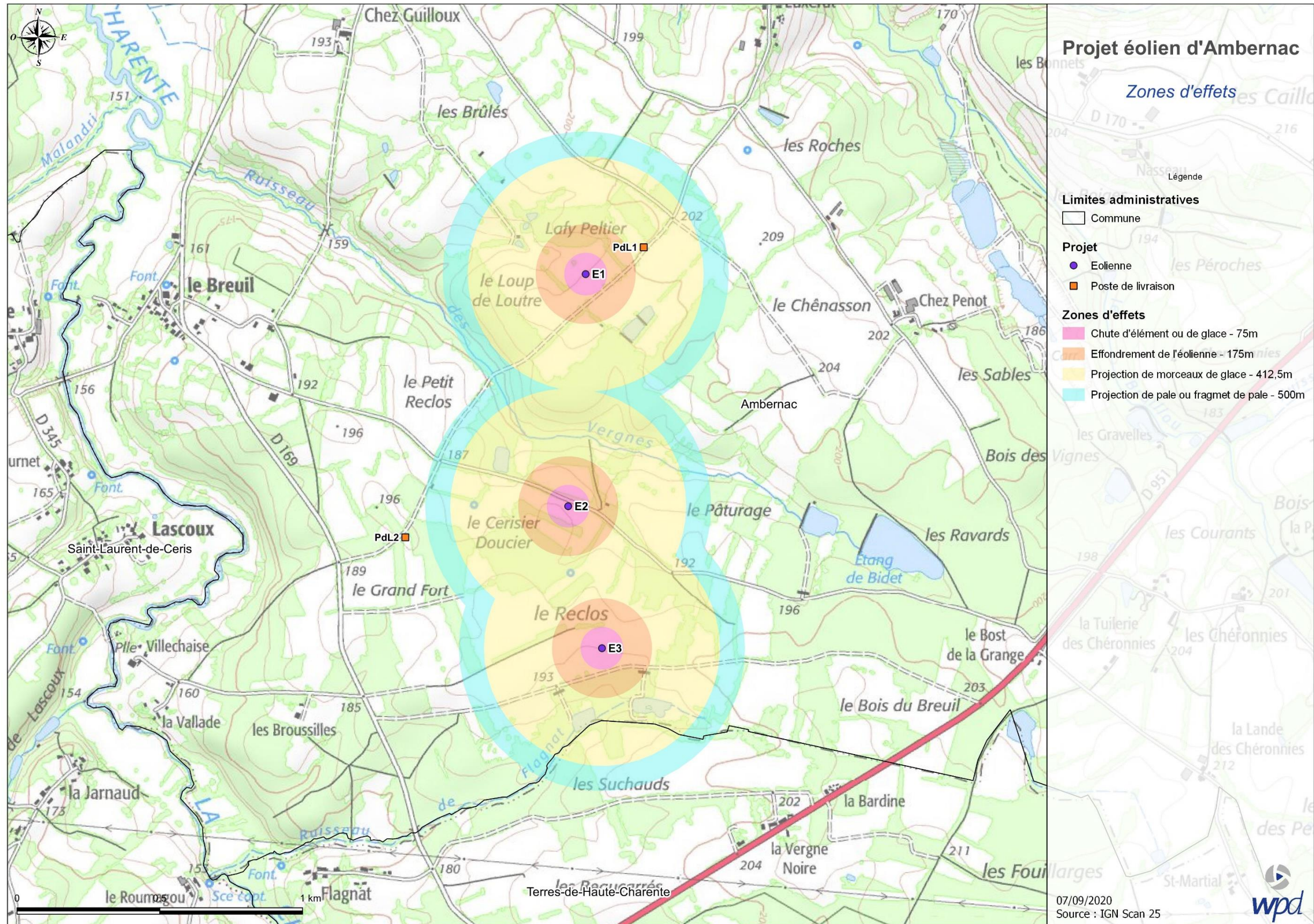
- Projection de tout ou une partie de pale ;
- Effondrement de l'éolienne ;
- Chute d'éléments de l'éolienne ;
- Chute de glace ;
- Projection de glace.

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

Les zones d'effets de chacun de ces scénarii sont présentées sur la carte en page suivante.

⁴ 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.





Carte 16 : Zones d'effet par scénario étudié



X. Etude détaillée des risques

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

X.1. Rappel des définitions

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 2004. Cet arrêté ne prévoit de détermination de l'intensité et de la gravité que pour les effets de surpression, de rayonnement thermique et de substances 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 de dangers dans le cadre d'un parc éolien dans sa version de mai 2012. Cette méthode est inspirée des méthodes utilisées pour les autres phénomènes dangereux des installations classées, dans l'esprit de la loi du 30 juillet 2003.

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

III.1.2. 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 de « rapide ». Dans le cas d'une cinétique lente, les personnes ont le temps d'être mises à l'abri à la suite de l'intervention des services de secours. Dans le cas contraire, la cinétique est considérée comme rapide.

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

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

Or, les seuils d'effets proposés dans l'arrêté du 29 septembre 2005 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 scénarii de projection, l'annexe II de cet arrêté précise : « *Compte tenu des connaissances limitées en matière de détermination et de modélisation des effets de projection, l'évaluation des effets de projection d'un phénomène dangereux nécessite, le cas échéant, une analyse, au cas par cas, justifiée par l'exploitant. Pour la délimitation des zones d'effets sur l'homme ou sur les structures des installations classées, il n'existe pas à l'heure actuelle de valeur de référence. Lorsqu'elle s'avère nécessaire, cette délimitation s'appuie sur une analyse au cas par cas proposée par l'exploitant* ».

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

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

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

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

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

III.1.2. Gravité

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

Gravité \ Intensité	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 »

La détermination du nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) présentes dans chacune des zones d'effet est effectuée à l'aide de la méthode présentée en annexe 1. Cette méthode 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.

III.1.2. 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 scénarii d'accident majeur :





III.1.2. Matrice de criticité

La criticité de l'évènement est définie par le croisement de la probabilité et de la gravité via un tableau nommé « matrice de criticité ».

La criticité de l'évènement est alors définie à partir d'une cotation du couple probabilité-gravité et détermine 3 zones :

- En vert : une zone pour laquelle les risques peuvent être qualifiés de moindres et donc acceptables, l'évènement est alors jugé sans effet majeur et ne nécessite pas de mesures particulières ;
- En jaune : une zone de risques intermédiaires et donc acceptables, pour laquelle les mesures de sécurité sont jugées suffisantes et la maîtrise des risques concernés doit être assurée et démontrée par l'exploitant (contrôles appropriés pour éviter tout écart dans le temps) ;
- En rouge : une zone de risques élevés, qualifiés de non acceptables et pour laquelle des modifications substantielles doivent être définies afin de réduire ceux-ci à un niveau acceptable ou intermédiaire par la démonstration de la maîtrise de ce risque.

GRAVITÉ Conséquences	Classes de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux	Yellow	Red	Red	Red	Red
Catastrophique	Yellow	Yellow	Red	Red	Red
Important	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red
Sérieux	Green	Green	Yellow	Yellow	Red
Modéré	Green	Green	Green	Green	Yellow

Légende de la matrice :

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

Figure 10 : Matrice de criticité de l'installation

X.2. Caractérisation des scénarii retenus

Pour l'ensemble des calculs on considérera l'éolienne comportant les dimensions conservatrices dans le gabarit d'une éolienne de 175 m en bout de pale et d'une puissance nominale unitaire de 5,6 MW maximum.

Ainsi, la présente étude a été réalisée sur la base des dimensions maximales du gabarit d'éolienne présenté pour le projet éolien d'Ambarnac (hors hauteur de moyeu pour atteindre la hauteur en bout de pale maximum):

- Hauteur maximale totale en bout de pales : Ht = 200 mètres ;
- Longueur maximale de pale : R = 75 mètres ;
- Hauteur du moyeu : H = 125 mètres ;
- Largeur du mât : L = 6,3 mètres ;
- Largeur de la pale à sa base : LB = 4,5 mètres.

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.	$\leq 10^{-5}$

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

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

Il convient de noter que la probabilité qui sera évaluée pour chaque scénario d'accident correspond à la probabilité qu'un évènement redouté se produise sur l'éolienne (probabilité de départ) et non à la probabilité que cet évènement 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'évènement redouté.

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

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

P_{ERC} = probabilité que l'évènement redouté central (défaillance) se produise = probabilité de départ

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

P_{rotation} = probabilité que l'éolienne soit en rotation au moment où l'évènement 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)

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

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





III.1.2. Effondrement de l'éolienne

I.1.8.1. Zone d'effet

La zone d'effet de l'effondrement d'une éolienne correspond à une surface circulaire de rayon égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale, soit 200 m au maximum à partir de la base du mât dans le cas des éoliennes du projet éolien d'Ambernac.

Cette méthodologie se rapproche de celles utilisées dans la bibliographie (*Guide for Risk-Based Zoning of wind Turbines, 2005* et *Specification of minimum distances, 2004*). 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.

I.1.8.2. Intensité

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

Les tableaux ci-dessous permettent d'évaluer l'intensité du phénomène d'effondrement de l'éolienne dans le cas du projet éolien d'Ambernac, R correspond à la longueur de pale des aérogénérateurs de l'installation (R=75 mètres), H la hauteur du moyeu (H = 125 mètres), L la largeur du mât (L=6,3 m) et LB la largeur de la pale (LB=4,5 m).

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale, soit 200 m)			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = (H \times L) + 3 \times R \times LB/2$ La zone d'impact est de 1 293,75 m ²	$Z_E = \pi \times (H+R)^2$ La zone d'effet est de 125 663,71 m ²	$d = Z_I/Z_E \times 100$ 1,03 % (1% ≤ x ≤ 5%)	Exposition forte

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

I.1.8.3. Gravité

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

- Plus de 100 personnes exposées → « Désastreux » ;
- Entre 10 et 100 personnes exposées → « Catastrophique » ;
- Entre 1 et 10 personnes exposées → « Important » ;
- Au plus 1 personne exposée → « Sérieux » ;
- Pas de zone de létalité en dehors de l'établissement → « Modéré ».

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

Eolienne	Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale, soit 200 m)			Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
	Superficies concernées par la zone d'effet (en ha)				
	Terrains non aménagés	Terrains aménagés peu fréquentés	Zone d'activité		
E1	12,48	0,09		0,134	« Modérée »
E2	12,44	0,13		0,137	« Modérée »
E3	12,48	0,09		0,134	« Modérée »

Par exemple, pour l'éolienne E3, on a : $\text{Nombre personnes permanente} = \text{Nombre personnes champs} + \text{Nombre personnes voies} = 12,48/100 + 0,09/10 = 0,134$

Pour chacune des éoliennes, le nombre de personnes permanentes est bien inférieur à 1. Cela correspond, pour ce type d'accident, à une gravité « modérée ».

I.1.8.4. Probabilité

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

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

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

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

Une probabilité de classe « D » 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 relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation permet de s'assurer que les éoliennes font l'objet de mesures réduisant significativement la probabilité d'effondrement.

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





1.1.8.5. Acceptabilité

Dans le cas d'implantation d'éoliennes équipées des technologies récentes, compte tenu de la classe de probabilité d'un effondrement, on peut conclure à l'acceptabilité de ce phénomène si 1 personne au plus est exposée. Dans le cas présent, l'équivalent de 0,137 personne permanente est exposée au maximum.

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale, soit 200 m)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	« Modérée »	Acceptable
E2	« Modérée »	Acceptable
E3	« Modérée »	Acceptable

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

III.1.2. Chute de glace

1.1.9.1. Considérations générales

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

Selon l'étude WECO⁵, une grande partie du territoire français (hors zones de montagne) est concernée par moins d'un jour de formation de glace par an. Certains secteurs du territoire comme les zones côtières affichent des moyennes variant entre 2 et 7 jours de formation de glace par an.

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

1.1.9.2. Zone d'effet

Le risque de chute de glace est cantonné à la zone de survol des pales, soit un disque de rayon égal à la longueur des pales autour du mât de l'éolienne. Pour le projet éolien d'Ambernac, la zone d'effet a donc un rayon de 75 m. Cependant, il convient de noter que, lorsque l'éolienne est à l'arrêt, les pales n'occupent qu'une faible partie de cette zone.

1.1.9.3. 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).

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute de glace dans le cas du projet éolien d'Ambernac. Z_i est la zone d'impact, Z_e est la zone d'effet, R correspond à la longueur de pale des aérogénérateurs de l'installation (R=75 mètres), SG est la surface du morceau de glace majorant (SG=1 m²).

Le degré d'exposition est calculé pour un morceau de glace d'une surface de 1 m² de façon à majorer la zone d'impact et donc le degré d'exposition.

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à $R = D_{rotor}/2 =$ zone de survol, soit 75 mètres)			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_i = SG$ 1 m ²	$Z_e = \pi \times R^2$ 17671,46 m ²	$d = Z_i/Z_e \times 100$ 0,01 % ($x < 1\%$)	Exposition modérée

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

1.1.9.4. Gravité

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

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

Le tableau suivant indique, pour chaque aérogénérateur, le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène de chute de glace et la gravité associée. On rappelle que les zones de survol des éoliennes du projet éolien d'Ambernac sont en général des terrains non aménagés et très peu fréquentés, représentant donc 1 personne pour 100 ha d'après la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010.

⁵ Wind energy production in cold climate (WECO), Final report - Bengt Tammelin et al. – Finnish Meteorological Institute, Helsinki, 2000





III.1.2. Chute d'éléments de l'éolienne

I.1.10.1. Zone d'effet

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

Le risque de chute d'élément est cantonné à la zone de survol des pales, c'est-à-dire une zone d'effet correspondant à un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor soit 75 m pour le gabarit envisagé.

I.1.10.2. Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du projet éolien d'Ambernac.

d est le degré d'exposition, Z_i la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, R correspond à la longueur de pale des aérogénérateurs de l'installation et LB la largeur de la base de la pale ($LB=4,5$ m). Pour cet événement, le rayon de rotor étudié est le suivant :

- $R = 75$ mètres comme définit en introduction du paragraphe IX.2

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à $D_{rotor}/2 =$ zone de survol)			
Zone d'impact en m^2	Zone d'effet du phénomène étudié en m^2	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_i = R \times LB/2$ 168,75 m^2	$Z_E = \pi \times R^2$ 17 671,46 m^2	$d = Z_i/Z_E \times 100$ 0,95 % ($x \leq 1\%$)	Exposition modérée

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

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à $R = D_{rotor}/2 =$ zone de survol, soit 75 mètres)				
Eolienne	Superficies concernées par la zone d'effet (en ha)		Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
	Terrains non aménagés	Terrains aménagés peu fréquentés		
E1	1,77	0	0,018	« Modérée »
E2	1,73	0,04	0,021	« Modérée »
E3	1,77	0	0,018	« Modérée »

Quel que soit le cas (existence de survol), le nombre de personnes permanentes dans la zone reste très largement inférieur à 1.

I.1.9.5. Probabilité

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

I.1.9.6. Acceptabilité

Avec une classe de probabilité de A, le risque de chute de glace pour chaque aérogénérateur est évalué comme acceptable dans le cas d'une gravité « Modérée » qui correspond pour cet événement à un nombre de personnes permanentes (ou équivalent) inférieur à 1.

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à $R = D_{rotor}/2 =$ zone de survol, soit 75 mètres)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Modérée	Acceptable
E2	Modérée	Acceptable
E3	Modérée	Acceptable

Ainsi, pour le projet éolien d'Ambernac, le phénomène de chute de glace des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

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





I.1.10.3. Gravité

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

Si le phénomène de chute d'élément engendre une zone d'exposition modérée :

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

Le tableau suivant indique, pour chaque aérogénérateur, le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène de chute d'éléments et la gravité associée. On rappelle que les zones de survol des éoliennes du projet éolien d'Ambernac sont des terrains non aménagés et très peu fréquentés, représentant donc 1 personne pour 100 ha d'après la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010.

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à $D_{rotor}/2$ = zone de survol)				
Eolienne	Superficies concernées par la zone d'effet (en ha)		Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
	Terrains non aménagés	Terrains aménagés peu fréquentés		
E1	1,77	0	0,018	« Modérée »
E2	1,73	0,04	0,021	« Modérée »
E3	1,77	0	0,018	« Modérée »

La zone d'effet étant exactement la même que celle utilisée pour l'étude du scénario de chute de glace, le nombre de personnes permanentes reste identique pour chaque éolienne, et largement inférieur à 1.

I.1.10.4. Probabilité

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

Le retour d'expérience connu en France montre que ces événements ont une classe de probabilité « C » (2 chutes et 5 incendies pour 15 667 années d'expérience, soit 4.47×10^{-4} événement par éolienne et par an).

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

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

I.1.10.5. Acceptabilité

Avec une classe de probabilité « C », le risque de chute d'éléments pour chaque aérogénérateur est évalué comme acceptable pour un nombre de personnes permanentes (ou équivalent) inférieur à 1 dans la zone d'effet.

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à $D_{rotor}/2$ = zone de survol)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Modérée	Acceptable
E2	Modérée	Acceptable
E3	Modérée	Acceptable

Ainsi, pour le projet éolien d'Ambernac, avec 0,018 à 0,021 personne permanente exposée, le phénomène de chute d'éléments des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

III.1.2. Projection de pales ou de fragments de pales

I.1.11.1. Zone d'effet

Dans l'accidentologie française rappelée en annexe 2, la distance maximale relevée et vérifiée 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 éolienne⁶.

L'analyse de ce recueil d'accidents indique une distance maximale de projection de l'ordre de 500 mètres à deux exceptions près :

- 1300 m rapporté pour un accident à Hundhammerfjellet en Norvège le 20/01/2006 ;
- 1000 m rapporté pour un accident à Burgos en Espagne le 09/12/2000.

Toutefois, pour ces deux accidents, les sources citées ont été vérifiées par le SER-FEE et aucune distance de projection n'y était mentionnée. Les distances ont ensuite été vérifiées auprès des constructeurs concernés et dans les deux cas elles n'excédaient pas 300 m.

Ensuite, pour l'ensemble des accidents pour lesquels une distance supérieure à 400 m était indiquée, les sources mentionnées dans le recueil ont été vérifiées de manière exhaustive (articles de journal par exemple), mais aucune d'elles ne mentionnait ces mêmes distances de projection. Quand une distance était écrite dans la source, il pouvait s'agir par exemple de la distance entre la maison la plus proche et l'éolienne, ou du périmètre de sécurité mis en place par les forces de l'ordre après l'accident, mais en aucun cas de la distance de projection réelle.

Pour autant, des études de risques déjà réalisées dans le monde ont utilisé une distance de 500 mètres, en particulier les études *Guide for Risk-Based Zoning of wind Turbines, 2005* et *Specification of minimum distances, 2004*, déjà citées auparavant.

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.

I.1.11.2. 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 (500 m à partir de la base du mat).

⁶ Wind Turbine Accident data to 31 March 2011, Caithness Windfarm Information Forum





Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du projet éolien d'Ambernac.

d est le degré d'exposition, Z_i la zone d'impact, Z_e la zone d'effet, R correspond à la longueur de pale des aérogénérateurs de l'installation (R=75 mètres) et LB la largeur de la base de la pale (LB=4,5 m).

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_i=R*LB/2$ 168,75 m ²	$Z_e=\pi \times 500^2$ 785398 m ²	0,02% (< 1 %)	Exposition modérée

1.1.11.3. Gravité

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

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

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

Eolienne	Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)				Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
	Superficies concernées par la zone d'effet (en ha)					
	Terrains non aménagés	Terrains aménagés peu fréquentés	Train (en km)	Zone d'activité		
E1	77,87	0,67			0,846	« Modérée »
E2	78,07	0,47			0,828	« Modérée »
E3	78,05	0,49			0,829	« Modérée »

Le nombre de personnes permanentes présentes est inférieur à 1 pour l'ensemble des éoliennes. Le niveau de gravité est donc modéré.

1.1.11.4. 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 assessment for a wind farm project, 2010	1×10^{-6}	Respect de l'Eurocode EN 1990 – Basis of structural design
Guide for risk-based zoning of wind turbines, 2005	$1, 1 \times 10^{-3}$	Retour d'expérience au Danemark (1984-1992) et en Allemagne (1989-2001)
Specification of minimum distances, 2004	$6,1 \times 10^{-4}$	Recherche Internet des accidents entre 1996 et 2003

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

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

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

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

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

- Les dispositions de la norme IEC 61 400-1 ;
- Les dispositions des normes IEC 61 400-24 et EN 62 305-3 relatives à la foudre ;
- Système de détection des survitesses et un système redondant de freinage ;
- Système de détection des vents forts et un système redondant de freinage et de mise en sécurité des installations – un système adapté est installé en cas de risque cyclonique ;
- Utilisation de matériaux résistants pour la fabrication des pales (fibre de verre ou de carbone, résines, etc.).

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

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

1.1.11.5. Acceptabilité

Avec une classe de probabilité de « D », le risque de projection de tout ou partie de pale pour chaque aérogénérateur est évalué comme acceptable dans le cas d'un nombre équivalent de personnes permanentes inférieur à 1000 dans la zone d'effet.

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Modérée	Acceptable
E2	Modérée	Acceptable
E3	Modérée	Acceptable

Ainsi, pour le projet éolien d'Ambernac, le phénomène de projection de tout ou partie de pale des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.





III.1.2. Projection de glace

I.1.12.1. 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. L'étude WECO précédemment citée propose une distance d'effet fonction de la hauteur et du diamètre de l'éolienne, dans les cas où le nombre de jours de glace est important et où l'éolienne n'est pas équipée de système d'arrêt des éoliennes en cas de givre ou de glace :

$$\text{Distance d'effet} = 1,5 \times (\text{hauteur de moyeu} + (2 \times \text{longueur de pale})), \text{ soit :}$$

$$\text{Distance d'effet} = 1,5 \times (H+2R) = 412,5 \text{ mètres}$$

Cette distance de projection est jugée conservatrice dans des études postérieures, telles que l'étude « Risk analysis of ice throw from wind turbines » de 2003. A défaut de données fiables, il est proposé de considérer cette formule pour le calcul de la distance d'effet pour les projections de glace.

I.1.12.2. 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.

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de glace, majorant, dans le cas du projet éolien d'Ambarnac. d est le degré d'exposition, Z_i la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, R correspond à la longueur de pale des aérogénérateurs de l'installation (R=75mètres), H la hauteur au moyeu (H= 125 mètres), et SG la surface majorante d'un morceau de glace.

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de R _{PG} = 412,5 m)			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
Z _i = SG 1 m ²	Z _E = π x (1,5 x (H + 2R)) ² 534561,62 m ²	2 x 10 ⁻⁴ (< 1 %)	Exposition modérée

I.1.12.3. Gravité

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

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

Il a été observé dans la littérature disponible (« Risk analysis of ice throw from wind turbines », 2003) qu'en cas de projection, les morceaux de glace se cassent en petits fragments dès qu'ils se détachent de la pale. La possibilité de l'impact de glace sur des personnes abritées par un bâtiment ou un véhicule est donc négligeable et ces personnes ne doivent pas être comptabilisées pour le calcul de la gravité.

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

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de R _{PG} = 412,5 m)						
Eolienne	Superficies concernées par la zone d'effet (en ha)				Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
	Terrains non aménagés	Terrains aménagés peu fréquentés	Terrains aménagés et potentiellement fréquentés	Zone d'activité		
E1	52,99	0,47			0,577	« Modérée »
E2	53,18	0,28			0,560	« Modérée »
E3	53,13	0,33			0,564	« Modérée »

Le nombre de personnes permanentes présentes est inférieur à 1 pour toutes les éoliennes.

I.1.12.4. 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 ;
- Le recensement d'aucun accident lié à une projection de glace.

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

I.1.12.5. Acceptabilité

Le risque de projection pour chaque aérogénérateur est évalué comme acceptable dans le cas d'un niveau de gravité « modérée ». Cela correspond pour cet événement à un nombre équivalent de personne permanente inférieure à 1 dans la zone d'effet.

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de R _{PG} = 412,5 m)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Modérée	Acceptable
E2	Modérée	Acceptable
E3	Modérée	Acceptable

Ainsi, pour le projet éolien d'Ambarnac, le phénomène de projection de glace constitue un risque acceptable pour les personnes.





XI. Synthèse de l'étude détaillée des risques

III.1.2. Tableaux de synthèse des scénarii étudiés

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

Il est important de noter que l'agrégation des éoliennes au sein d'un même profil de risque ne débouche pas sur une agrégation de leur niveau de probabilité ni du nombre de personnes exposées car les zones d'effet sont différentes.

Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité	Nom associé
Chute de glace	Zone de survol, soit 75 m	Rapide	Exposition modérée	A <i>sauf si les températures en hiver sont > à 0°C</i>	« Modérée » pour chacune des éoliennes	CG
Chute d'élément de l'éolienne	Zone de survol, soit 75 m	Rapide	Exposition forte	C	« Modérée » pour chacune des éoliennes	CE
Effondrement de l'éolienne	Disque de rayon égal à la hauteur totale en bout de pale, soit 200 m	Rapide	Exposition forte	D (pour des éoliennes récentes) ⁷	« Modérée » pour chacune des éoliennes	EE
Projection de glace	$1,5 \times (H + 2R) = 412,5$ m autour de l'éolienne la plus haute	Rapide	Exposition modérée	B <i>sauf si les températures en hiver sont > à 0°C</i>	« Modérée » pour chacune des éoliennes	PG
Projection de pale ou de fragment de pale	500 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	D (pour des éoliennes récentes) ⁸	« Modérée » pour chacune des éoliennes	FP

III.1.2. 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.

On conclura à l'acceptabilité du risque généré par le parc éolien si le risque associé à chaque événement redouté central étudié, quelle que soit l'éolienne considérée, est acceptable.

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

⁷ Voir paragraphe IX.2.1

Récapitulatif					
Gravité <i>(traduit l'intensité et le nombre de personnes exposées)</i>	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux	Jaune	Rouge	Rouge	Rouge	Rouge
Catastrophique	Jaune	Jaune	Rouge	Rouge	Rouge
Important	Jaune	Jaune	Jaune	Rouge	Rouge
Sérieux	Vert	Vert	Jaune	Jaune	Rouge
Modérée	Vert	Vert <i>EE1 EE2 EE3 FP1 FP2 FP3</i>	Vert <i>CE1 CE2 CE3</i>	Vert <i>PG1 PG2 PG3</i>	Jaune <i>CG1 CG2 CG3</i>

Tableau 15 : Détermination de l'acceptabilité

Légende de la matrice :

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

Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée que :

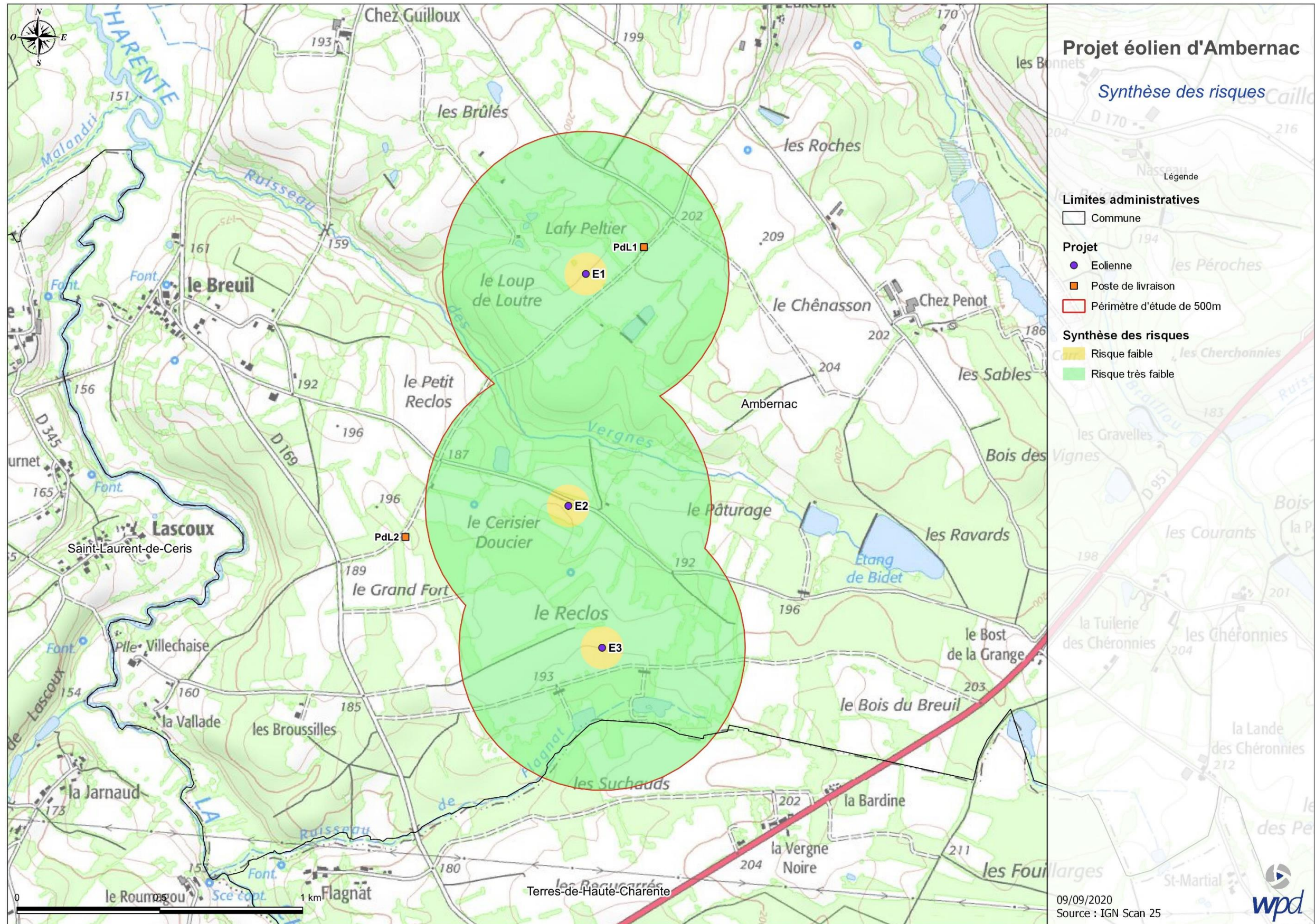
- Aucun accident n'apparaît dans les cases rouges de la matrice ;
- Certains accidents figurent en case jaune. Il s'agit des événements correspondant à une chute de glace. Pour ces risques d'accidents, il convient de souligner que les fonctions de sécurité détaillées dans la partie VIII.6 sont mises en place.

XII. Cartographie des risques

Une carte de synthèse des risques fait apparaître les enjeux étudiés et les risques identifiés pour chacune des éoliennes.



⁸ Voir paragraphe IX.2.4



Carte 17: synthèse des risques



Conclusion

Les mesures de maîtrise des risques mises en place par le constructeur des éoliennes et par l'exploitant du parc éolien permettent de prévenir et de limiter les risques pour la sécurité des personnes et des biens sur la zone d'implantation du projet éolien d'Ambernac. De plus, le caractère très peu aménagé et peu fréquenté du site, ainsi que la distance par rapport aux premiers enjeux humains (habitations à plus de 829 mètres de l'éolienne la plus proche) permettent de limiter la probabilité et la gravité des accidents majeurs, qui sont tous acceptables pour l'ensemble du parc éolien.

Ainsi, un évènement redouté constitue un risque faible d'atteindre une personne non abritée à proximité d'une éolienne dans un rayon de 75 m autour du mât :

- La chute de glace : Ce risque correspond à un degré d'exposition « modérée » (petits fragments de glace) et donc à une gravité « modérée », avec une probabilité d'occurrence de l'évènement supérieure à 10^{-2} par éolienne et par an.

Il faut noter que ces zones de survol des pales sont très peu fréquentées.

De plus, conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011, un panneau d'information préventif informant des risques de chute de glace au pied des éoliennes sera mis en place afin de limiter les risques pour le public.

Les autres évènements redoutés constituent des risques très faibles. Les risques pour les infrastructures sont en général inexistantes à très faibles pendant la phase d'exploitation des parcs éoliens.

Les accidents majeurs susceptibles de se produire sur le projet éolien d'Ambernac sont tous acceptables pour l'ensemble du projet éolien au vu de l'analyse menée dans la présente étude de dangers.





Bibliographie et références utilisées

- L'évaluation des fréquences et des probabilités à partir des données de retour d'expérience (ref DRA-11-117406-04648A), INERIS, 2011
- NF EN 61400-1 Eoliennes – Partie 1 : Exigences de conception, Juin 2006
- Wind Turbine Accident data to 31 March 2011, Caithness Windfarm Information Forum
- Site Specific Hazard Assessment for a wind farm project – Case study – Germanischer Lloyd, Windtest Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH, 2010/08/24
- 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
- Specification of minimum distances, Dr-ing. Veenker ingenieursgesellschaft, 2004
- Permitting setback requirements for wind turbine in California, California Energy Commission – Public Interest Energy Research Program, 2006
- Oméga 10: Evaluation des barrières techniques de sécurité, INERIS, 2005
- Arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement
- Arrêté du 29 Septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation
- Circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, 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
- Bilan des déplacements en Val-de-Marne, édition 2009, Conseil Général du Val-de-Marne
- 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
- Alpine test site Gütisch : monitoring of a wind turbine under icing conditions- R. Cattin et al.
- Wind energy production in cold climate (WECO), Final report - Bengt Tammelin et al. – Finnish Meteorological Institute, Helsinki, 2000
- Rapport sur la sécurité des installations éoliennes, Conseil Général des Mines - Guillet R., Leteurtois J.-P. - juillet 2004
- Risk analysis of ice throw from wind turbines, Seifert H., Westerhellweg A., Kröning J. - DEWI, avril 2003
- Wind energy in the BSR: impacts and causes of icing on wind turbines, Narvik University College, novembre 2005
- Accidentologie mondiale – association CWIF : <http://www.caithnesswindfarms.co.uk/page4.htm>

Annexe 1 – Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne

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, etc.) 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, etc.) : 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, etc.) : 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, etc.) : compter la capacité du terrain et a minima 10 personnes à l'hectare.

Voies de circulation

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

Voies de circulation automobiles

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

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

Nombre de personnes exposées sur voies de communication structurantes en fonction du linéaire et du trafic										
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 2 – Tableau de l'accidentologie française

Le tableau ci-dessous a été établi par le groupe de travail constitué pour la réalisation du guide technique pour l'élaboration de l'étude de dangers des parcs éoliens, et complété avec les événements postérieurs à sa date de parution. Il recense l'ensemble des accidents et incidents connus en France concernant la filière éolienne entre 2000 et mi 2012. L'analyse de ces données est présentée dans la partie VI. de la trame type de l'étude de dangers.

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Effondrement	Novembre 2000	Port la Nouvelle	Aude	0,5	1993	Non	Le mât d'une éolienne s'est plié lors d'une tempête suite à la perte d'une pale (coupure courant prolongée pendant 4 jours suite à la tempête)	Tempête avec foudre répétée	Rapport du CGM Site Vent de Colère	-
Rupture de pale	2001	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pales en bois (avec inserts)	?	Site Vent de Colère	Information peu précise
Effondrement	01/02/2002	Wormhout	Nord	0,4	1997	Non	Bris d'hélice et mât plié	Tempête	Rapport du CGM Site Vent du Bocage	-
Maintenance	01/07/2002	Port la Nouvelle – Sigean	Aude	0,66	2000	Oui	Grave électrisation avec brûlures d'un technicien	Lors de mesures pour cartériser la partie haute d'un transformateur 690V/20kV en tension. Le mètre utilisé par la victime, déroulé sur 1,46m, s'est soudainement plié et est entré dans la zone du transformateur, créant un arc électrique.	Rapport du CGM	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Effondrement	28/12/2002	Névian - Grande Garrigue	Aude	0,85	2002	Oui	Effondrement d'une éolienne suite au dysfonctionnement du système de freinage	Tempête + dysfonctionnement du système de freinage	Rapport du CGM Site Vent de Colère Article de presse (Midi Libre)	-
Rupture de pale	25/02/2002	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pale en bois (avec inserts) sur une éolienne bipale	Tempête	Article de presse (La Dépêche du 26/03/2003)	Information peu précise
Rupture de pale	05/11/2003	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pales en bois (avec inserts) sur trois éoliennes. Morceaux de pales disséminés sur 100 m.	Dysfonctionnement du système de freinage	Rapport du CGM Article de presse (Midi Libre du 15/11/2003)	-
Effondrement	01/01/2004	Le Portel – Boulogne sur Mer	Pas de Calais	0,75	2002	Non	Cassure d'une pale, chute du mât et destruction totale. Une pale tombe sur la plage et les deux autres dérivent sur 8 km.	Tempête	Base de données ARIA Rapport du CGM Site Vent de Colère Articles de presse (Windpower Monthly May 2004, La Voix du Nord du 02/01/2004)	-
Effondrement	20/03/2004	Loon Plage – Port de Dunkerque	Nord	0,3	1996	Non	Couchage du mât d'une des 9 éoliennes suite à l'arrachement de la fondation	Rupture de 3 des 4 micropieux de la fondation, erreur de calcul (facteur de 10)	Base de données ARIA Rapport du CGM Site Vent de Colère Articles de presse (La Voix du Nord du 20/03/2004 et du 21/03/2004)	-





Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Rupture de pale	22/06/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2001	Non	Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5 m à 50 m, mât intact	Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage)	Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004)	-
Rupture de pale	08/07/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2001	Non	Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5 m à 50m, mat intact	Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage)	Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004)	Incident identique à celui s'étant produit 15 jours auparavant
Rupture de pale	2004	Escales-Conilhac	Aude	0,75	2003	Non	Bris de trois pales		Site Vent de Colère	Information peu précise
Rupture de pale + incendie	22/12/2004	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75	2004	Non	Bris des trois pales et début d'incendie sur une éolienne (survitesse de plus de 60 tr/min)	Survitesse due à une maintenance en cours, problème de régulation, et dysfonctionnement du système de freinage	Base de données ARIA Article de presse (La Tribune du 30/12/2004) Site Vent de Colère	-
Rupture de pale	2005	Wormhout	Nord	0,4	1997	Non	Bris de pale		Site Vent de Colère	Information peu précise
Rupture de pale	08/10/2006	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2004	Non	Chute d'une pale de 20 m pesant 3 tonnes	Allongement des pales et retrait de sécurité (débridage), pas de REX suite aux précédents accidents sur le même parc	Site FED Articles de presse (Ouest France) Journal FR3	-
Incendie	18/11/2006	Roquetaillade	Aude	0,66	2001	Oui	Acte de malveillance: explosion de bonbonne de gaz au pied de 2 éoliennes. L'une d'entre elles a mis le feu en pieds de mat qui s'est propagé jusqu'à la nacelle.	Malveillance / incendie criminel	Communiqués de presse exploitant Articles de presse (La Dépêche, Midi Libre)	-
Effondrement	03/12/2006	Bondues	Nord	0,08	1993	Non	Sectionnement du mât puis effondrement d'une éolienne dans une zone industrielle	Tempête (vents mesurés à 137Kmh)	Article de presse (La Voix du Nord)	-
Rupture de pale	31/12/2006	Ally	Haute-Loire	1,5	2005	Oui	Chute de pale lors d'un chantier de maintenance visant à remplacer les rotors	Accident faisant suite à une opération de maintenance	Site Vent de Colère	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident pendant la phase chantier)
Rupture de pale	03/2007	Clitourps	Manche	0,66	2005	Oui	Rupture d'un morceau de pale de 4 m et éjection à environ 80 m de distance dans un champ	Cause pas éclaircie	Site FED Interne exploitant	-
Chute d'élément	11/10/2007	Plouvien	Finistère	1,3	2007	Non	Chute d'un élément de la nacelle (trappe de visite de 50 cm de diamètre)	Défaut au niveau des charnières de la trappe de visite. Correctif appliqué et retrofit des boulons de charnières effectué sur toutes les machines en exploitation.	Article de presse (Le Télégramme)	-
Emballement	03/2008	Dinéault	Finistère	0,3	2002	Non	Emballement de l'éolienne mais pas de bris de pale	Tempête + système de freinage hors service (boulon manquant)	Base de données ARIA	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (événement unique et sans répercussion potentielle sur les personnes)
Collision avion	04/2008	Plouguin	Finistère	2	2004	Non	Léger choc entre l'aile d'un bimoteur Beechcraftch (liaison Ouessant-Brest) et une pale d'éolienne à l'arrêt. Perte d'une pièce de protection au bout d'aile. Mise à l'arrêt de la machine pour inspection.	Mauvaise météo, conditions de vol difficiles (sous le plafond des 1000m imposé par le survol de la zone) et faute de pilotage (altitude trop basse)	Articles de presse (Le Télégramme, Le Post)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident aéronautique)





Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Rupture de pale	19/07/2008	Erize-la-Brûlée - Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Oui	Chute de pale et projection de morceaux de pale suite à un coup de foudre	Foudre + défaut de pale	Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain 22/07/2008)	-
Incendie	28/08/2008	Vauvillers	Somme	2	2006	Oui	Incendie de la nacelle	Problème au niveau d'éléments électroniques	Dépêche AFP 28/08/2008	-
Rupture de pale	26/12/2008	Raival - Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Oui	Chute de pale		Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain)	-
Maintenance	26/01/2009	Clastres	Aisne	2,75	2004	Oui	Accident électrique ayant entraîné la brûlure de deux agents de maintenance	Accident électrique (explosion d'un convertisseur)	Base de données ARIA	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Rupture de pale	08/06/2009	Bollène	Vaucluse	2,3	2009	Oui	Bout de pale d'une éolienne ouvert	Coup de foudre sur la pale	Interne exploitant	Non utilisable dans les chutes ou les projections (la pale est restée accrochée)
Incendie	21/10/2009	Froidfond - Espinassière	Vendée	2	2006	Oui	Incendie de la nacelle	Court-circuit dans transformateur sec embarqué en nacelle ?	Article de presse (Ouest-France) Communiqué de presse exploitant Site FED	-
Incendie	30/10/2009	Freyssenet	Ardèche	2	2005	Oui	Incendie de la nacelle	Court-circuit faisant suite à une opération de maintenance (problème sur une armoire électrique)	Base de données ARIA Site FED Article de presse (Le Dauphiné)	-
Maintenance	20/04/2010	Toufflers	Nord	0,15	1993	Non	Décès d'un technicien au cours d'une opération de maintenance	Crise cardiaque	Article de presse (La Voix du Nord 20/04/2010)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Effondrement	30/05/2010	Port la Nouvelle	Aude	0,2	1991	Non	Effondrement d'une éolienne	Le rotor avait été endommagé par l'effet d'une survitesse. La dernière pale (entière) a pris le vent créant un balourd. Le sommet de la tour a plié et est venu buter contre la base entraînant la chute de l'ensemble.	Interne exploitant	-
Incendie	19/09/2010	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75	2004	Non	Emballement de deux éoliennes et incendie des nacelles.	Maintenance en cours, problème de régulation, freinage impossible, évacuation du personnel, survitesse de +/- 60 tr/min	Articles de presse Communiqué de presse SER-FEE	-
Maintenance	15/12/2010	Pouillé-les-Côteaux	Loire Atlantique	2,3	2010	Oui	Chute de 3 m d'un technicien de maintenance à l'intérieur de l'éolienne. L'homme de 22 ans a été secouru par le GRIMP de Nantes. Aucune fracture ni blessure grave.		Interne SER-FEE	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Transport	31/05/2011	Mesvres	Saône-et-Loire	-	-	-	Collision entre un train régional et un convoi exceptionnel transportant une pale d'éolienne, au niveau d'un passage à niveau Aucun blessé		Article de presse (Le Bien Public 01/06/2011)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident de transport hors site éolien)





Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Rupture de pale	14/12/2011	Non communiqué	Non communiqué	2,5	2003	Oui	Pale endommagée par la foudre. Fragments retrouvés par l'exploitant agricole à une distance n'excédant pas 300 m.	Foudre	Interne exploitant	Information peu précise sur la distance d'effet
Incendie	03/01/2012	Non communiqué	Non communiqué	2,3	2006	Oui	Départ de feu en pied de tour. Acte de vandalisme : la porte de l'éolienne a été découpée pour y introduire des pneus et de l'huile que l'on a essayé d'incendier. Le feu ne s'est pas propagé, dégâts très limités et restreints au pied de la tour.	Malveillance / incendie criminel	Interne exploitant	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (pas de propagation de l'incendie)
Rupture de pale	05/01/2012	Widehem	Pas-de-Calais	0,75	2000	Non	Bris de pales, dont des fragments ont été projetés jusqu'à 380 m. Aucun blessé et aucun dégât matériel (en dehors de l'éolienne).	Tempête + panne d'électricité	Article de presse (La Voix du Nord 06/01/2012) Vidéo DailyMotion Interne exploitant	-
Rupture de pale	15/05/2012	Chemin d'Ablis	Eure-et-Loir	2	2008	Oui	Chute d'une pale de 9 tonnes et rupture du roulement raccordant la pale au hub	Traces de corrosion dans les trous d'alésage traversant une des bagues du roulement	Articles de presse (leFigaro 22/05/2012) et ARIA (n°42919)	-
Effondrement de la tour	30/05/2012	Non communiqué	Aude	0,2	1991	Non	Effondrement de la tour en treillis de 30 m de haut	Rafales de vent à 130 km/h observées durant la nuit	ARIA (n°43110)	-
Projection d'un élément de la pale	01/11/2012	Non communiqué	Cantal	2,5	2011	Oui	Projection d'un élément de 400 g constitutif d'une pale d'éolienne à 70 m du mât		ARIA (n°43120)	-
Incendie	05/11/2012	Non communiqué	Aude	0,66	-	-	Projections incandescentes enflammant 80 m² de garrigue environnante	Câbles électriques non résistants au feu à l'intérieur du mât	ARIA (n°43228)	-
Incendie	17/03/2013		Marne		2011	Oui	Feu dans la nacelle d'une éolienne. Une des pales tombe au sol, une autre menace de tomber.	Défaillance électrique	ARIA (n°43630)	L'exploitant et la société chargée de la maintenance étudient la possibilité d'installer des détecteurs de fumées dans les éoliennes.





Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Incendie	09/01/2014		Champagne-Ardenne	2,5	-	-	Feu se déclarant vers 18 h au niveau de la partie moteur d'une éolienne.	Incident électrique	ARIA (n°44831)	-
Rupture de pale	20/01/2014		Aude				Chute de pale liées à la rupture d'une pièce à la base de la pale	Usure prématurée	ARIA (n°44870)	Changement du design des pièces
Rupture de pale	14/11/2014	Sources de la Loire	Ardèche				Chute d'une pale un jour d'orage ou les vents atteignent 130km/h		ARIA (n°45960)	
Projection d'un élément de la pale	05/12/2014		Aude				Lors d'une inspection, des techniciens de maintenance constatent le détachement de l'extrémité d'une pale	Défaillance matérielle ou à un décollement sur les plaques en fibre de verre	ARIA (n°46030)	
Incendie	24/08/2015		Eure-et-Loire		2007		Le moteur d'une éolienne a pris feu		Article de presse (la république du centre 24/08/2015)	
Chute d'élément	10/11/2015	Ménil-la-Horgne	Meuse	10.5	2007		Chute des trois pales et du rotor d'une éolienne		Article de presse (France 3 Lorraine 14/11/2015 et L'est républicain 13/11/2015)	
Rupture de pale	07/02/2016	Conilhac-Corbières	Aude				Chute de l'aérofrein d'une des pales	Rupture du point d'attache du système mécanique de commande de l'aérofrein	ARIA (n°47675)	
Chute de pale et projection de pale	08/02/2016	Dineault	Finistère	0,3 MW	1999		Une pale chute au sol, un autre se déchire et est retrouvé à 40m du pied du mât		ARIA (n°47680)	





Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Chute de pale	07/03/2016	Calanhel	Côtes-d'Armor	0,80 MW			Rupture et chute de la pale à 5m du mât.	Rupture du système d'orientation	ARIA (n°47763)	
Chute de pale	18/01/2017	Nurlu	Somme				Décrochage et chute d'une partie de pale		Article de presse (France 3 Picardie 19/01/2017)	
Rupture de pale	27/02/2017	Parc éolien de Levoncourt	Meuse	2	2011		La pointe d'une pale d'éolienne s'est rompue pendant un orage	Rafale de vent	Base de données ARIA (N° 49359)	
Incendie	06/06/2017	Allonnes	Eure-et-Loir				Incendie du moteur de l'éolienne		Article de presse (L'écho républicain, 06/06/2017)	
Chute de pale	03/08/2017	Parc de l'Osière, commune de Priez	Aisne				Rupture d'un partie de la pale d'éolienne		Article de presse (L'ardennais, 10/08/2017, l'Union 10/08/2017)	
Effondrement de l'éolienne	01/01/2018	Parc éolien de Bouin	Vendée	2,4 MW	2003		Effondrement de l'éolienne	Tempête	Presse	
Chute d'une pale d'éolienne	04/01/2018	Parc éolien de Rampont	Meuse	2 MW	2008		Chute d'une pale d'éolienne	Episode venteux	Base de données ARIA (n°50905 – 04/01/2018)	Les morceaux les plus éloignés sont ramassés à 200 m
Chute de l'aéropreïn d'une pale d'éolienne	06/02/2018	Parc éolien de Conilhac-Corbières	Aude	2,3 MW	2014		L'aéropreïn d'une pale d'éolienne a chuté au sol	Défaut sur l'électronique de puissance	Base de données ARIA (n°51122 – 06/02/2018)	





Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Incendie	01/06/2018	Parc éolien de Marsanne	Drôme	2 MW	2008		Incendie	Incendie criminel	Communiqué de presse (RES, 01/06/2018)	
Incendie	05/06/2018	Parc éolien du Causse d'Aumelas	Hérault	1,45 MW	2013	Non	Incendie de la nacelle et chute d'éléments au sol	Incendie électrique	Base de données ARIA (n°51681 – 05/06/2018)	
Incendie	03/08/2018	Parc des Monts de l'Ain	Ain	2,05 MW	2017		Incendie	Incendie criminel	France 3 Auvergne-Rhône-Alpes (03/08/2018)	
Effondrement de l'éolienne	07/11/2018	Parc éolien de la Vallée du Moulin, commune de Guigneville	Loiret	3 MW	2010		Effondrement de l'éolienne	Effondrement de l'éolienne	Article de presse (FranceInfo Centre Val de Loire, 07/11/2018)	
Chute d'un fragment de pale	17/01/2019	Parc éolien du Bambesch	Moselle	2	2007		Bris et projection de plusieurs morceaux de pale		Le Républicain Lorrain (30/01/2019)	
Effondrement d'une éolienne	23/01/2019	Parc éolien de Boutavent	Oise	1,2 MW	2011		Mât de l'éolienne plié en 2 probablement dû à un problème sur le générateur	Effondrement de l'éolienne	France 3 Hauts-de-France	Débris retrouvés dans un rayon de 300 m autour de l'éolienne
Chute d'une pale	30/01/2019	Parc éolien de Roquetaillade	Aude		2001	Non	La pale d'un aérogénérateur a chuté au sol.	Défaillance matérielle	Ladepeche.fr (19/02/2019)	Incidents similaires déjà produits sur ce parc éolien
Incendie	25/06/2019	Parc éolien de Kéruelqui, Ambon	Morbihan		2008	Non	Incendie dans la machinerie, au niveau de la turbine	Défaillance ou suritesse	Ouest-France (26/06/2019)	





Annexe 3 – 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, etc.), à un système technique (mise sous pression d'un gaz, etc.), à une disposition (élévation d'une charge, etc.), 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.

Événement 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.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Probabilité d'occurrence : D'après la circulaire du 10 mai 2010, 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 scénarii peuvent mener à un même phénomène dangereux pouvant conduire à un accident (majeur) : on dénombre autant de scénarii qu'il existe de combinaisons possibles d'événements y aboutissant. Les scénarii d'accident obtenus dépendent du choix des méthodes d'analyse de risque utilisées et des éléments disponibles.

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

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

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

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

