

PROJET EOLIEN DE BEAUNE-LA-ROLANDE

Commune de Beaune-La-Rolande
(Loiret-45)



CE Total Quadran

74 rue Lieutenant de Montcabrier
Technoparc de Mazeran - CS 10034
34536 Béziers Cedex

Tel. 02 30 32 09 30 - contact@total-quadran.com

INFORMATIONS SUR LE DOCUMENT	
REDACTEUR	Arthur LAMY DE LA CHAPELLE- Assistant Ecologue
RELECTEUR	Marine DAVID – Chargée de mission environnement
SOCIETE	Total Quadran
DATE DE REDACTION	Juillet 2020
MISE A JOUR	Mai 2021 – Demande de compléments
NOM DU FICHIER	45-TOTAL QUADRAN-CE BLR-EDD

PREAMBULE

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

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

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

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

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

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

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

Au 30 juin 2016, la puissance installée en France atteignait ainsi 10 886 MW (Source : Service de l'Observation et des Statistiques).

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

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

Ainsi, les premiers incidents qui ont été rencontrés (bris de pales, incendies, effondrement, etc.) ont amené les constructeurs à améliorer sans cesse leurs aérogénérateurs. Grâce à ces évolutions, et le retour d'expérience le

montre bien, les incidents sont aujourd'hui très rares et concernent en majorité des éoliennes d'ancienne génération.

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

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

Cette loi prévoit d'autre part de soumettre les éoliennes au régime d'autorisation au titre de la réglementation des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE).

Dans le cadre de la modernisation du droit de l'environnement et suite à l'expérimentation de l'autorisation unique, l'ordonnance n°2017-80 du 26 janvier 2017 relative à l'autorisation environnementale introduit l'autorisation environnementale au sein du Code de l'Environnement. Entrée en vigueur à la date du 1^{er} mars 2017, l'autorisation environnementale est applicable aux installations, ouvrages, travaux et activités (IOTA) mentionnés au I de l'article L.214-3 ainsi qu'aux ICPE mentionnées à l'article L.512-1.

Le projet éolien de Beaune-la-Rolande étant soumis à autorisation au titre de l'article L.512-1 du Code de l'Environnement, il est donc soumis à autorisation environnementale.

Conformément à l'article L.181-25 du Code de l'Environnement, les exploitants sont amenés à formaliser leur savoir-faire en matière de maîtrise des risques dans une étude de dangers.

Ainsi, la présente étude de dangers s'inscrit dans une démarche réglementaire permettant de vérifier que les risques potentiels du projet de parc éolien de Beaune-la-Rolande sont maîtrisés, et cela en toute transparence avec le grand public.

I.	INTRODUCTION	8
1.	OBJECTIF DE L'ETUDE DE DANGERS	8
2.	CONTEXTE LEGISLATIF ET REGLEMENTAIRE.....	8
3.	NOMENCLATURE DES INSTALLATIONS CLASSEES.....	9
II.	INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION	10
1.	RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS.....	10
2.	LOCALISATION DU SITE	10
3.	DEFINITION DE L'AIRE D'ETUDE	10
III.	DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION.....	13
1.	ENVIRONNEMENT HUMAIN	13
1.1	Zones urbanisées et urbanisables	13
1.2	Etablissement Recevant du Public (ERP).....	16
1.3	Installations Classées pour la Protection de l'Environnement et installations nucléaires de base ...	16
1.4	Autres activités.....	17
2.	ENVIRONNEMENT NATUREL	19
2.1	Contexte climatique	19
2.2	Risques naturels	20
3.	ENVIRONNEMENT MATERIEL	27
3.1	Voies de communication.....	27
3.2	Réseaux publics et privés	28
3.3	Autres ouvrages	29
4.	SYNTHESE.....	31
4.1	Equivalents personnes permanentes.....	31
4.2	Cartographie	31
IV.	DESCRIPTION DE L'INSTALLATION.....	33
1.	CARACTERISTIQUES DE L'INSTALLATION	33
1.1	Caractéristiques générales d'un parc éolien	33
1.2	Activité de l'installation.....	35
1.3	Composition de l'installation	36
1.4	Dimensions des éoliennes projetées.....	36
2.	FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION.....	38
2.1	Principe de fonctionnement d'un aérogénérateur	38

2.2	Découpage fonctionnel d'un aérogénérateur.....	38
2.3	Sécurité de l'installation.....	42
2.4	Moyens de secours et d'intervention	44
a)	<i>Moyens internes</i>	44
b)	<i>Moyens externes</i>	46
c)	<i>Traitement de l'alerte</i>	47
2.5	Opérations de maintenance de l'installation.....	47
2.6	Stockage et flux de produits dangereux.....	50
3.	FONCTIONNEMENT DES RESEAUX DE L'INSTALLATION	50
3.1	Raccordement électrique.....	50
a)	<i>Généralités</i>	50
b)	<i>Le réseau inter-éolien</i>	51
c)	<i>Le poste de livraison</i>	53
d)	<i>Le réseau électrique externe</i>	55
3.2	Autres réseaux	55
V.	IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION	56
1.	IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS	56
1.1	Potentils de dangers liés aux produits	56
1.2	Potentils de dangers liés au fonctionnement de l'installation.....	56
2.	REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS A LA SOURCE	57
2.1	Principales actions préventives.....	57
2.2	Utilisation des meilleures techniques disponibles	57
VI.	ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE.....	59
1.	INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS EN FRANCE	59
2.	INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS A L'INTERNATIONAL	60
3.	INVENTAIRE DES ACCIDENTS MAJEURS SURVENUS SUR LES SITES DE L'EXPLOITANT.....	63
4.	SYNTHESE DES PHENOMENES DANGEREUX REDOUTES ISSUS DU RETOUR D'EXPERIENCE	64
4.1	Analyse de l'évolution des accidents en France.....	64
4.2	Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents	65
5.	LIMITES D'UTILISATION DE L'ACCIDENTOLOGIE	65
VII.	ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES.....	67
1.	OBJECTIF DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES	67
2.	RECENSEMENT DES EVENEMENTS EXCLUS DE L'ANALYSE DES RISQUES	67

3. RECENSEMENT DES AGRESSIONS EXTERNES POTENTIELLES	68
3.1 Agressions externes liées aux activités humaines.....	68
3.2 Agressions externes liées aux phénomènes naturels	68
4. SCENARIOS ETUDIES DANS L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES	69
5. EFFETS DOMINOS.....	72
6. MISE EN PLACE DES MESURES DE SECURITE.....	72
7. CONCLUSION DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES.....	79
VIII. ETUDE DETAILLEE DES RISQUES.....	81
1. RAPPEL DES DEFINITIONS	81
1.1 Cinétique	81
1.2 Intensité	82
1.3 Gravité.....	82
1.4 Probabilité.....	83
1.5 Acceptabilité	84
2. CARACTERISATION DES SCENARIOS RETENUS.....	85
2.1 Effondrement de l'éolienne	85
2.2 Chute de glace.....	87
2.3 Chute d'éléments de l'éolienne	89
2.4 Projection de pale ou de fragment de pale.....	91
2.5 Projection de glace.....	93
3. SYNTHESE DE L'ETUDE DETAILLEE DES RISQUES	95
3.1 Tableaux de synthèse des scénarios étudiés	95
3.2 Synthèse de l'acceptabilité des risques	96
3.3 Cartographie des risques	96
IX. CONCLUSION GENERALE DE L'ETUDE	103
ANNEXE 1 – METHODE DE COMPTAGE DES PERSONNES POUR LA DETERMINATION DE LA GRAVITE POTENTIELLE D'UN ACCIDENT A PROXIMITE D'UNE EOLIENNE	104
ANNEXE 2 – DETAIL DES EQUIVALENTS PERSONNES PERMANENTES PAR PHENOMENE DANGEREUX ET PAR EOLIENNE	107
ANNEXE 3 – TABLEAU DE L'ACCIDENTOLOGIE FRANÇAISE	109
ANNEXE 4 – SCENARIOS GENERIQUES ISSUS DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES	129
ANNEXE 5 – PROBABILITE D'ATTEINTE ET RISQUE INDIVIDUEL	133
ANNEXE 6 – GLOSSAIRE	134

ANNEXE 7 – BIBLIOGRAPHIE ET REFERENCES UTILISEES138

1. OBJECTIF DE L'ETUDE DE DANGERS

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

Cette étude est proportionnée aux risques présentés par les éoliennes du parc de Beaune-la-Rolande. 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 dans le cadre du projet éolien de Beaune-la-Rolande, qui réduisent le risque à l'intérieur et à l'extérieur des éoliennes à un niveau jugé acceptable par l'exploitant.

Ainsi, cette étude permet une approche rationnelle et objective des risques encourus par les personnes ou l'environnement, en satisfaisant les principaux objectifs suivants :

- améliorer la réflexion sur la sécurité à l'intérieur de l'entreprise exploitante 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.

2. CONTEXTE LEGISLATIF ET REGLEMENTAIRE

Les objectifs et le contenu de l'étude de dangers sont définis dans la partie du code de l'environnement relative à l'autorisation environnementale. Selon l'article L.181-25, l'étude de dangers « *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 danger 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* ».

L'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation [10] fournit un cadre méthodologique pour les évaluations des scénarios d'accident majeurs. Il impose une évaluation des accidents majeurs sur les personnes uniquement et non sur la totalité des enjeux identifiés dans l'article L.511-1. En cohérence avec cette réglementation et dans le but d'adopter une démarche proportionnée, l'évaluation des accidents majeurs dans l'étude de dangers d'un parc d'aérogénérateurs s'intéressera prioritairement aux dommages sur les personnes. Pour les parcs éoliens, les atteintes à l'environnement, l'impact sur le fonctionnement des radars et les problématiques liées à la circulation aérienne feront l'objet d'une évaluation détaillée au sein de l'étude d'impact.

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

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

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

3. NOMENCLATURE DES INSTALLATIONS CLASSEES

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

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 la hauteur du mât et de la nacelle au-dessus du sol est supérieure ou égale à 50 m	A	6
	2. Comprenant uniquement des aérogénérateurs dont la hauteur du mât et de la nacelle au-dessus du sol est inférieure à 50 m et au moins un aérogénérateur dont la hauteur du mât et de la nacelle au-dessus du sol est supérieure ou égale à 12 m, lorsque la puissance totale installée est :		
	a) Supérieure ou égale à 20 MW	A	6
	b) Inférieure à 20 MW	D	-

(1) A : autorisation, E : enregistrement, D : déclaration, 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 de Beaune-la-Rolande comprend au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m : cette installation est donc soumise à autorisation (A) au titre des installations classées pour la protection de l’environnement et doit présenter une étude de dangers au sein de sa demande d’autorisation environnementale.

1. RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS

Une présentation détaillée de l'exploitant est consultable dans la partie 2 « Description de la demande » du dossier de demande d'autorisation environnementale. Seuls les principaux renseignements sont repris ci-après.

La société Total Quadran est l'exploitant du parc de Beaune-la-Rolande. Les principaux renseignements administratifs la concernant sont résumés ci-dessous.

SOCIETE	
DENOMINATION	TOTAL QUADRAN
N° SIRET	434 836 276 002 54
CODE APE	7112B – Ingénierie, études techniques
REGISTRE DE COMMERCE	R.C.S. Béziers
FORME JURIDIQUE	Société par actions simplifiée
PRESIDENT	Thierry MULLER
ADRESSE DU SIEGE	74 rue Lieutenant de Moncabrier – Technoparc de Mazeran – 34500 BEZIERS

2. LOCALISATION DU SITE

Le présent projet éolien est localisé sur la commune de Beaune-la-Rolande, dans le département du Loiret (45), en région Centre-Val de Loire (cf. carte page suivante). Plus précisément, le projet se trouve à environ 14 km au Sud-est de Pithiviers et à 24 km au Nord-ouest de Montargis, sur un espace rural.

3. DEFINITION DE L'AIRE D'ETUDE

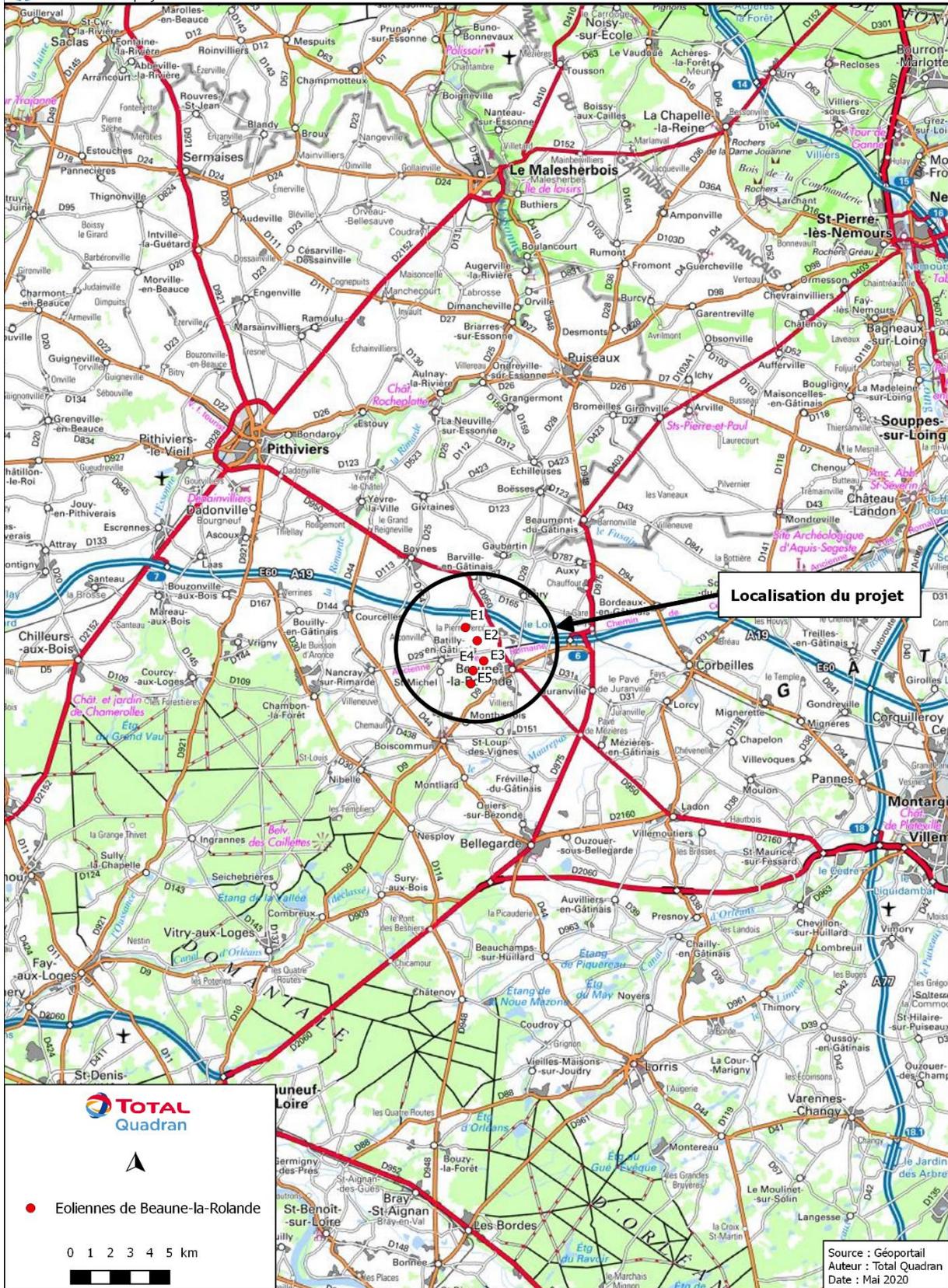
Compte tenu des spécificités de l'organisation spatiale d'un parc éolien, qui est composé de plusieurs éléments disjoints, la zone sur laquelle porte l'étude de dangers est constituée d'une aire d'étude par éolienne.

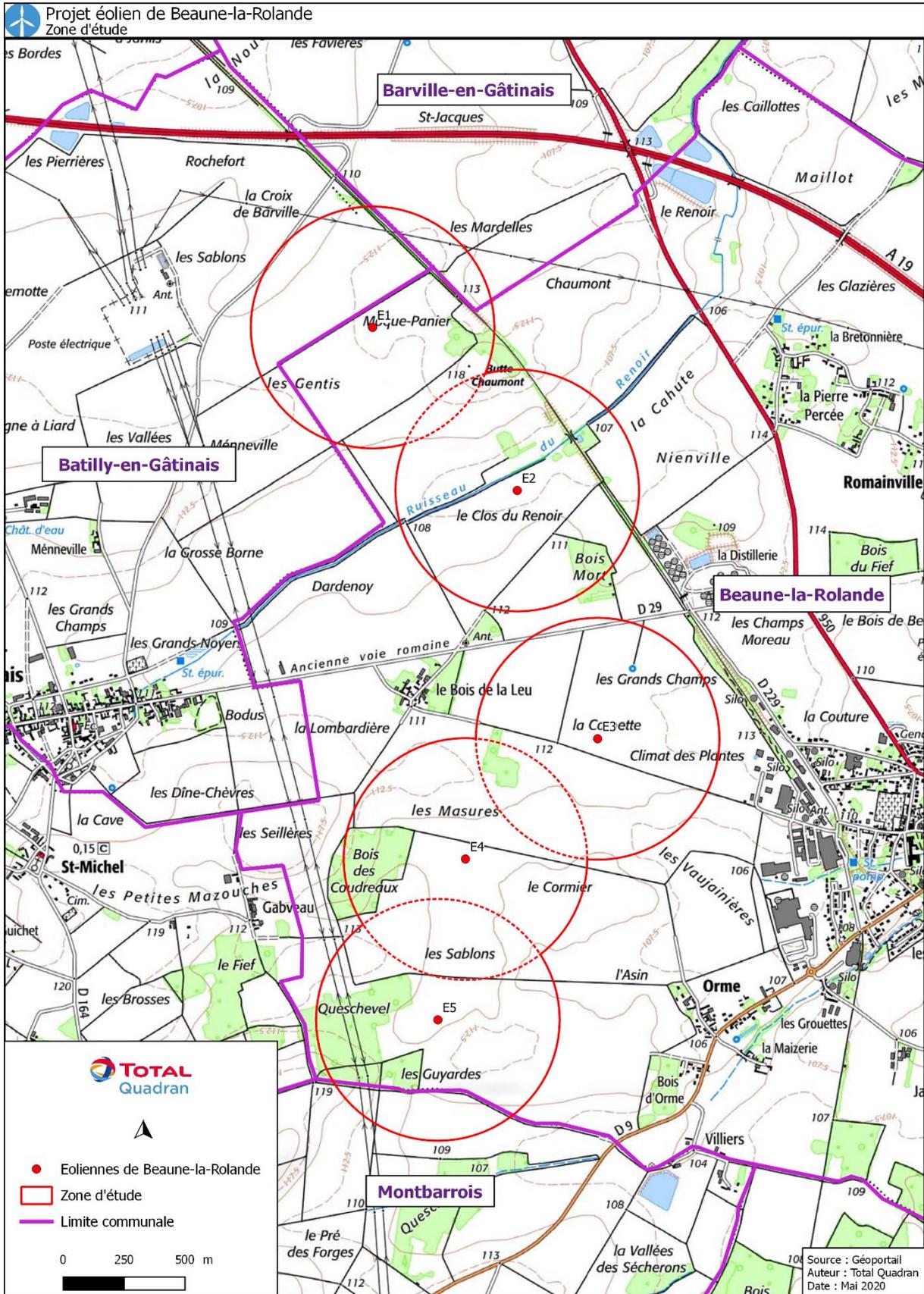
Chaque aire d'étude correspond à l'ensemble des points situés à une distance inférieure ou égale à 500 m à partir de l'emprise du mât de l'aérogénérateur. Cette distance équivaut à la distance d'effet retenue pour les phénomènes de projection, telle que définie au paragraphe VIII.2.4.

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

Le projet de parc éolien de Beaune-la-Rolande étant composé de 5 aérogénérateurs, 5 aires d'études ont été définies (cf. cartes pages suivantes). Ces 5 aires d'études correspondent à la zone d'étude globale du projet. A noter que les communes de Barville-en-Gâtinais, de Batilly-en-Gâtinais et de Montbarrois sont par cette zone d'étude. Aussi, il sera fait référence à ces communes dans la suite de l'étude de dangers.

Projet éolien de Beauce-la-Rolande
Localisation du projet





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

1. ENVIRONNEMENT HUMAIN

1.1 ZONES URBANISEES ET URBANISABLES

L'article L.515-44 du Code de l'environnement prévoit que : « La délivrance de l'autorisation d'exploiter [des installations terrestres de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent dont la hauteur des mâts dépasse 50 mètres] est subordonnée au respect d'une distance d'éloignement entre les installations et les constructions à usage d'habitation, les immeubles habités et les zones destinées à l'habitation définies dans les documents d'urbanisme en vigueur au 13 juillet 2010 et ayant encore cette destination dans les documents d'urbanisme en vigueur, cette distance étant, appréciée au regard de l'étude d'impact prévue à l'article L. 122-1. Elle est au minimum fixée à 500 mètres ».

ZONES URBANISEES

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

Le tableau ci-dessous renseigne sur les distances entre les aérogénérateurs et les habitations les plus proches dans un rayon de 2 km des éoliennes projetées.

LIEUX DITS OU HAMEAUX CONCERNES PAR LES HABITATIONS LES PLUS PROCHES	COMMUNE CONCERNEE PAR LES HABITATIONS LES PLUS PROCHES	EOLIENNE LA PLUS PROCHE	DISTANCE (m)
Ménneville	Batilly-en-Gâtinais	E1	1400m
Arconville	Batilly-en-Gâtinais	E1	1800m
La Trogne	Beaune-la-Rolande	E2	1600m
La Pierre-Percée	Beaune-la-Rolande	E2	1100m
Le Bois de la Leu	Beaune-la-Rolande	E3	700m
Les Champs Moreau	Beaune-la-Rolande	E3	900m
La Couture	Beaune-la-Rolande	E3	700m
Les Hassois	Beaune-la-Rolande	E3	900m
Les Grouettes	Beaune-la-Rolande	E3	1400m
Les Grands Noyers	Batilly-en-Gâtinais	E4	1300m
La Maizerie	Beaune-la-Rolande	E5	1250m
Orme	Beaune-la-Rolande	E5	950m
Bois d'Orme	Beaune-la-Rolande	E5	1000m
Villiers	Beaune-la-Rolande	E5	1100m
Le Pré Panier	Montbarrois	E5	1900m
La Moinerie	Montbarrois	E5	1700m
Les Rues	Montbarrois	E5	1200m
Les Maison Neuves	Montbarrois	E5	1720m

LIEUX DITS OU HAMEAUX CONCERNES PAR LES HABITATIONS LES PLUS PROCHES	COMMUNE CONCERNEE PAR LES HABITATIONS LES PLUS PROCHES	EOLIENNE LA PLUS PROCHE	DISTANCE (m)
Château de la Motte Poirier	Montbarrois	E5	1850m
La Thibaudière	Montbarrois	E5	1800m
Le Bois Boissin	Montbarrois	E5	1300m
Le plessis	Montbarrois	E5	1200m
La Grande Cour	Saint-Michel	E5	1900m
Proverville	Saint-Michel	E5	1750m
Gabveau	Saint-Michel	E5	850m
Le Pressoir	Saint-Michel	E5	1600m
Le Guichet	Saint-Michel	E5	1750m

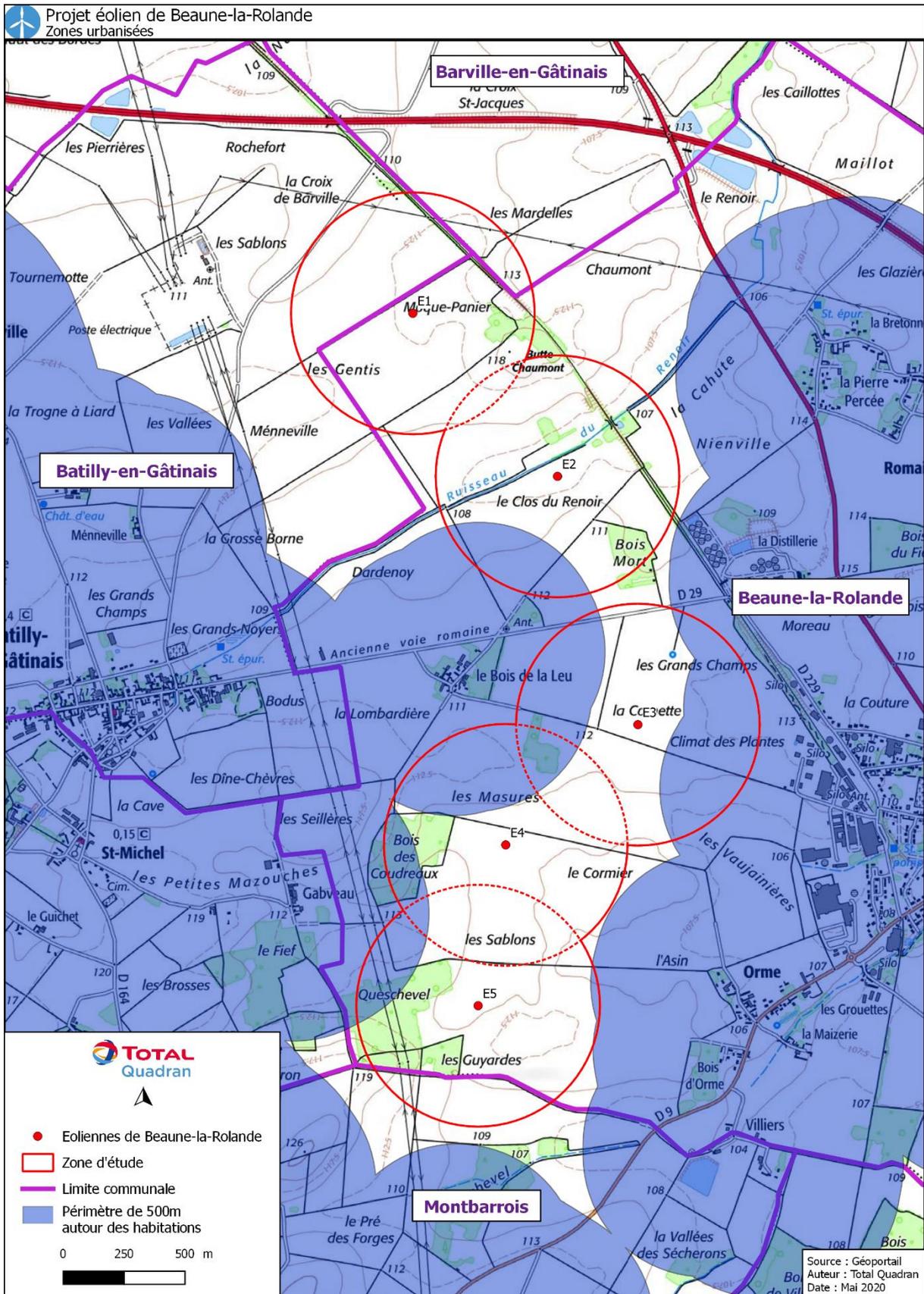
Ces distances sont toutes supérieures aux 500 m réglementaires, et ce quelle que soit l'éolienne considérée.

La zone bordant le site est proprement rurale et les communes concernées par la zone d'étude sont de taille modeste.

	BEAUNE-LA-ROLANDE	BATILLY-EN-GATINAIS	MONTBARROIS	BARVILLE-EN-GATINAIS
NOMBRE D'HABITANTS	2008 habitants	458 habitants	311 habitants	324 habitants
DENSITE DE POPULATION	98 hab./Km ²	44 hab./Km ²	52 hab./Km ²	31 hab./Km ²

Recensement de la population 2017 – *Source* : INSEE

A titre de comparaison, la densité de population moyenne en France est de 118 hab./km² (*Source* : INSEE 2015).



ZONES URBANISABLES

Les communes de Beaune-la-Rolande, Batilly-en-Gâtinais, Barville-en-Gâtinais et de Montbarrois ne disposent actuellement d'aucun document d'urbanisme. C'est donc le Règlement National d'Urbanisme (RNU) qui s'applique. Dans ce cas, la règle de constructibilité limitée interdit de construire en dehors des secteurs déjà urbanisés.

1.2 ETABLISSEMENT RECEVANT DU PUBLIC (ERP)

Le terme Etablissement Recevant du Public (ERP), défini à l'article R.123-2 du code de la construction et de l'habitation, désigne en droit français les lieux publics ou privés accueillant des clients ou des utilisateurs autres que les employés (salariés ou fonctionnaires) qui sont, eux, protégés par les règles relatives à la santé et sécurité au travail.

Aucun ERP n'est localisé dans la zone d'étude.

1.3 INSTALLATIONS CLASSEES POUR LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT ET INSTALLATIONS NUCLEAIRES DE BASE

L'article 3 de l'arrêté du 26 août 2011, modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 – art.4, prévoit que : « l'installation est implantée à une distance minimale de 300 mètres : d'une installation nucléaire de base visée par l'article 28 de la loi n°2006-686 du 13 juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire ou d'une installation classée pour la protection de l'environnement relevant de l'article L.512-32 du code de l'environnement. Les distances d'éloignements sont mesurées à partir de la base du mât de chaque aérogénérateur de l'installation ».

Aucun établissement ICPE n'est localisé dans les aires d'étude de 500m autour des éoliennes. Cependant, trois établissements ICPE sont répertoriés à proximité immédiate (cf. tableau ci-dessous).

Aucune installation Nucléaire de Base (INB) n'est présente sur les communes étudiées.

Compte tenu des éléments sus cités, le projet éolien des Beaune-la-Rolande est conforme à l'article 3 de l'arrêté du 26 août 2011 (modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 – art.4).

COMMUNES	NOM DE L'ETABLISSEMENT	ACTIVITE	RUBRIQUE/ REGIME ICPE*	SEVESO	ETAT DE L'ACTIVITE	DISTANCE A L'EOLIENNE LA PLUS PROCHE
Beaune-la-Rolande	SARL BRIAND	nc	nc (E)	Non SEVESO	En fonctionnement	680m de E3
	VARO ENERGIE (Argos)	Commerce de détail de carburants en magasin spécialisé	1434 et 2910 (A)	SEVESO seuil haut	En fonctionnement	800 m de E3
	SOPRIM	Traitement et revêtement des métaux	1530, 2565, 2910, 2940 et 4718 (E)	Non SEVESO	En fonctionnement	1km de E3

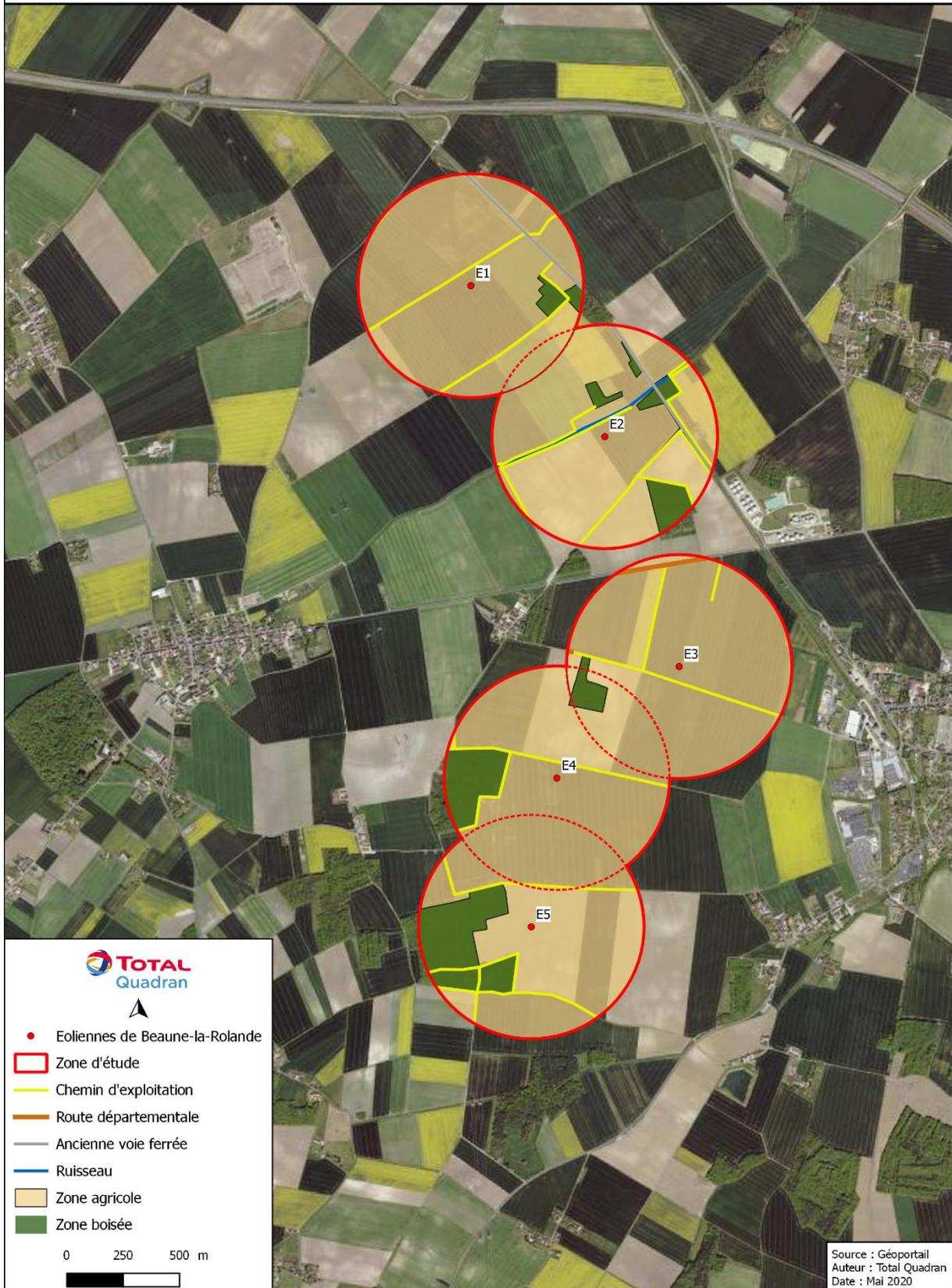
1.4 AUTRES ACTIVITES

Il n'existe pas d'activité industrielle dans la zone d'étude. Cette zone d'étude permet le développement de certaines activités humaines comme l'agriculture.

Le tableau suivant présente l'occupation du sol des différentes aires d'étude.

EOLIENNE	ZONES BOISEES	ZONES AGRICOLAS	CHEMIN D'EXPLOITATION	ROUTE DEPARTEMENTALE	RUISSEAUX	VOIE FERREE (ANCIENNE)
E1	2,6 %	96,26 %	0,95 %	0,00 %	0,00 %	0,19 %
E2	7,5 %	90,06 %	1,99 %	0,00 %	0,25%	0,2 %
E3	2,7 %	96,07 %	0,91 %	0,32 %	0,00 %	0,00 %
E4	12 %	87,06 %	0,94 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %
E5	16,9 %	81,81%	1,29 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %

Projet éolien de Beaune-la-Rolande (45)
Occupation du sol



2. ENVIRONNEMENT NATUREL

2.1 CONTEXTE CLIMATIQUE

Le Loiret présente un climat atlantique dégradé. L'influence océanique est prépondérante, cependant, par rapport à la façade atlantique située à un peu plus de 400 km, les hivers y sont légèrement plus froids, les étés un peu plus chauds, les précipitations un peu moins abondantes et les vents plus faibles.

La station météorologique de référence pour la commune de Beaune-la-Rolande est la station d'Orléans Bricy située à environ 59 km au sud-ouest de la zone d'étude.

LES TEMPERATURES

Dans le département du Loiret, la température annuelle moyenne est de 10,6°C avec un minimum en janvier (3,1°C) et un maximum en juillet (18,5°C).

Les températures moyennes mensuelles sont toujours supérieures à 0°C. Toutefois, on dénombre en moyenne 60,7 jours de gel par an.

	JANV.	FEV.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT	SEPT.	OCT.	NOV.	DEC.	AN.
TEMPERATURE MOYENNE (°C)	3,1	4,2	6,6	9,3	12,9	16,2	18,5	18,2	15,8	11,7	6,6	3,8	10,6

Températures moyennes relevées entre 1961 et 1990 à la station d'Orléans Bricy – Météo France

LES PRECIPITATIONS

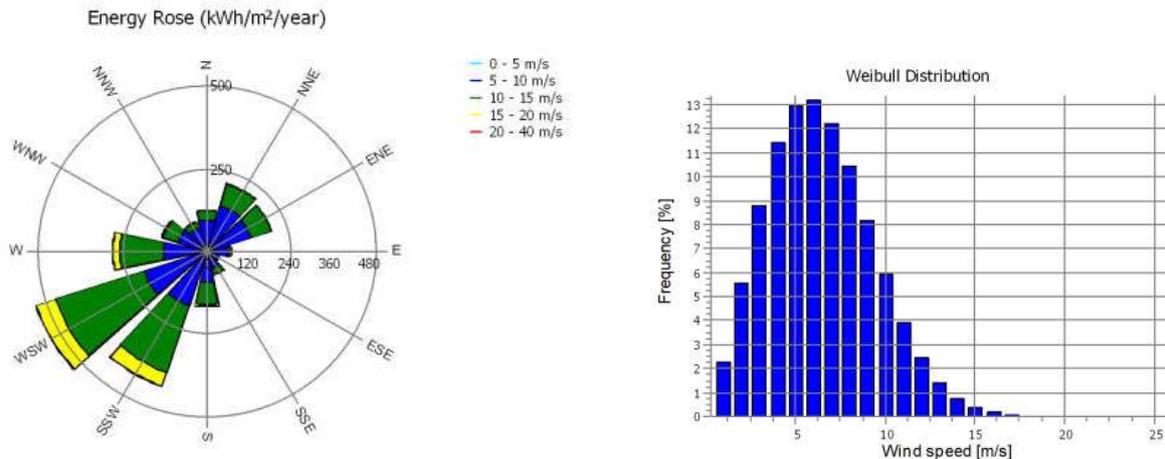
Sur une année, les précipitations dans le département du Loiret sont fréquentes avec un nombre moyen de jours avec précipitations d'environ 112 jours, soit presque un jour sur trois. Elles sont réparties sur toute l'année (637,2 mm) avec un maximum au mois de mai (65,8 mm) et un minimum au mois d'août (45,3 mm).

	JANV.	FEV.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT	SEPT.	OCT.	NOV.	DEC.	AN.
PRECIPITATIONS (MM)	55,2	49,7	51,8	47,9	65,8	47,5	52,4	45,3	49,3	57,9	60,1	54,3	637,2

Précipitations moyennes relevées entre 1961 et 1990 à la station d'Orléans Bricy – Météo France

LES VENTS

Les vents sont fréquents dans le Loiret, souvent forts dans les plaines dépourvues de massifs forestiers. Les vents dominants proviennent de l'Ouest et du Sud-Ouest. Météo France signale pour la station d'Orléans Bricy une vitesse moyenne de 4,2 m/s sur 10 min.



Rose des vents (à gauche) et fréquence énergétique des vents (à droite) sur le site – Total Quadran

2.2 RISQUES NATURELS

Ces informations ont pu être rassemblées principalement à partir de la base de données du BRGM et à l'analyse du Dossier Départemental des Risques Majeurs (DDRM) du Loiret.

ARRETES DE CATASTROPHES NATURELLES

Les arrêtés relatifs à la reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle enregistrés sur les communes concernées par la zone d'étude du présent projet éolien sont les suivants :

COMMUNES	EVENEMENT RECENSE	DEBUT DE L'EVENEMENT	FIN DE L'EVENEMENT	DATE D'ARRETE	DATE DE PUBLICATION JO
Beaune-la-Rolande	Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999
	Inondations et coulées de boue	29/04/2014	30/04/2014	07/08/2014	10/08/2014
	Inondations et coulées de boue	28/05/2016	05/06/2016	08/06/2016	09/06/2016
	Mouvements de terrain consécutifs à la sécheresse	01/05/1989	31/12/1990	04/12/1991	27/12/1991
	Mouvements de terrain consécutifs à la sécheresse	01/01/1991	31/12/1992	25/01/1993	07/02/1993
	Mouvements de terrain consécutifs à la sécheresse	01/01/1993	30/09/1993	24/10/1995	31/10/1995
	Mouvements de terrain consécutifs à la sécheresse	01/07/2018	31/12/2018	21/05/2019	22/06/2019
	Mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols	01/10/1993	31/12/1998	19/03/1999	03/04/1999
	Mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols	01/01/2006	31/03/2006	31/03/2008	04/04/2008
Mouvements de terrain différentiels consécutifs à la	01/04/2011	30/06/2011	11/07/2012	17/07/2012	

COMMUNES	EVENEMENT RECESE	DEBUT DE L'EVENEMENT	FIN DE L'EVENEMENT	DATE D'ARRETE	DATE DE PUBLICATION JO
	sécheresse et à la réhydratation des sols				
	Mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols	01/04/2011	30/06/2011	11/07/2012	17/07/2012
Barville en Gâtinais	Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999
	Mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols	01/07/2018	31/12/2018	17/09/2019	26/10/2019
Batilly-en-Gâtinais	Inondations et coulées de boue	29/04/2014	30/04/2014	07/08/2014	10/08/2014
	Inondations et coulées de boue	28/05/2016	05/06/2016	08/06/2016	09/06/2016
	Mouvements de terrain consécutifs à la sécheresse	01/07/2018	31/12/2018	21/05/2019	22/06/2019
	Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999
Montbarrois	Inondations et coulées de boue	29/04/2014	30/04/2014	07/08/2014	10/08/2014
	Inondations et coulées de boue	28/05/2016	05/06/2016	08/06/2016	09/06/2016
	Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999
	Mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols	01/01/1992	31/03/1994	21/07/1999	24/08/1999
	Mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols	01/10/2018	31/12/2018	16/07/2019	09/08/2019

RISQUE D'INONDATIONS ET REMONTEES DE NAPPES

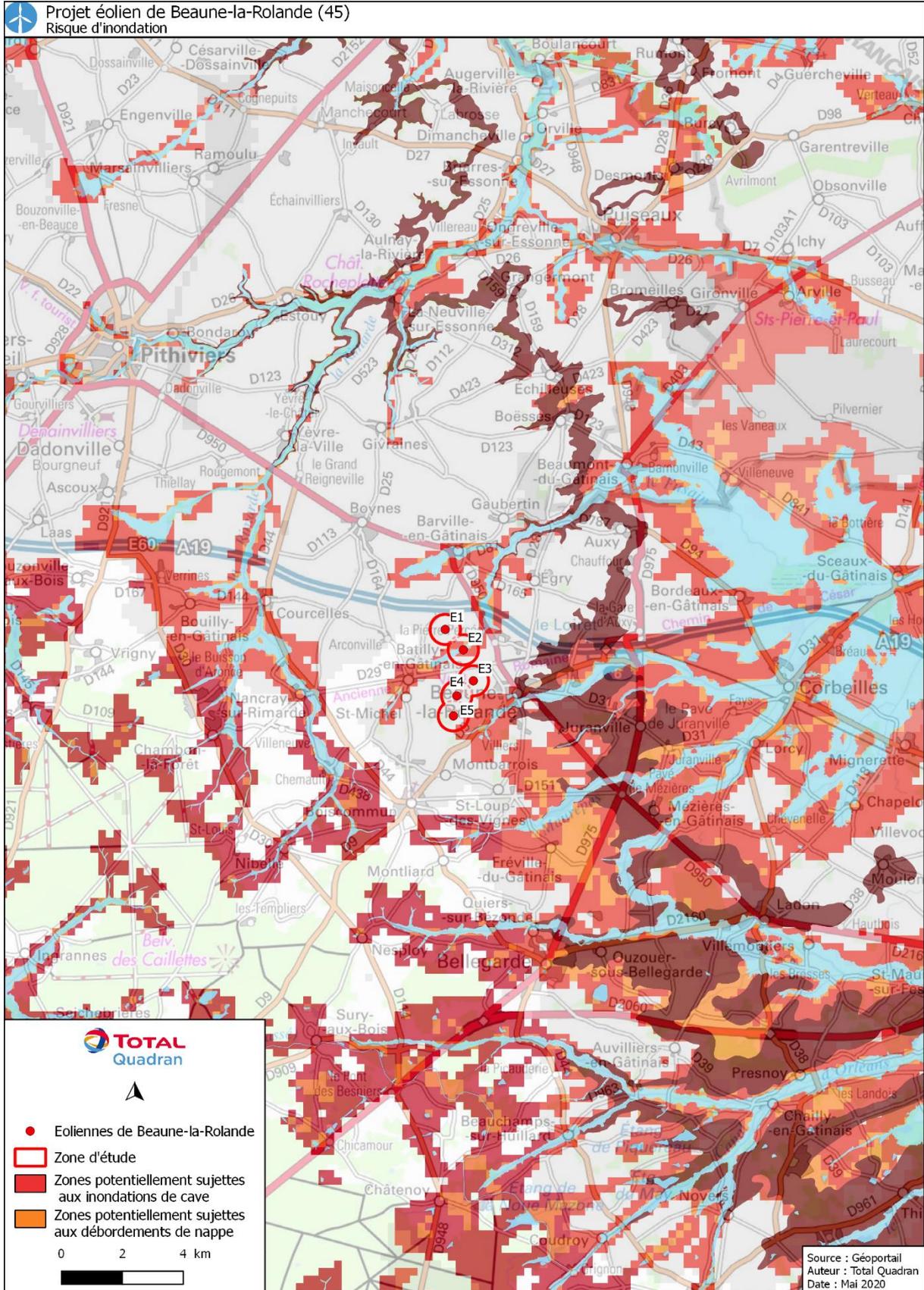
Dans le département du Loiret, le risque d'inondation par débordement de cours d'eau se concentre principalement aux abords de la Loire, et des rivières telles que l'Essonne ou le Loing.

La commune de Beaune-la-Rolande n'est pas concernée par un risque d'inondation par débordement de cours d'eau. Les communes de Montbarrois, Barville-en-Gâtinais et Batilly-en-Gâtinais, non plus. Toutefois, des inondations passagères du fait d'intempéries exceptionnelles ne sont pas écartées.

Vis-à-vis du risque de remontées de nappes, d'après la base de données du BRGM, la zone d'étude est incluse dans un secteur potentiellement sujet aux inondations de cave. Les éoliennes E1, E3, E4 et E5 sont situées sur des zones non soumises aux d'inondation de cave. L'éolienne E2 est située sur une zone sujette aux inondations de cave.

Les appareillages électriques d'un parc éolien sont confinés dans des locaux parfaitement hermétiques (mât de l'éolienne, poste de livraison). Les câbles électriques enterrés sont entourés de protections résistantes à l'eau. Les fondations prendront en compte les sous pressions hydrauliques existantes si l'étude géotechnique révèle un niveau d'eau subaffleurant.

Par conséquent, on retiendra qu'il existe un risque faible de remontées de nappe qui sera pris en compte lors de l'étude géotechnique qui sera réalisée préalablement à la phase travaux de construction du parc.



RISQUE SISMIQUE

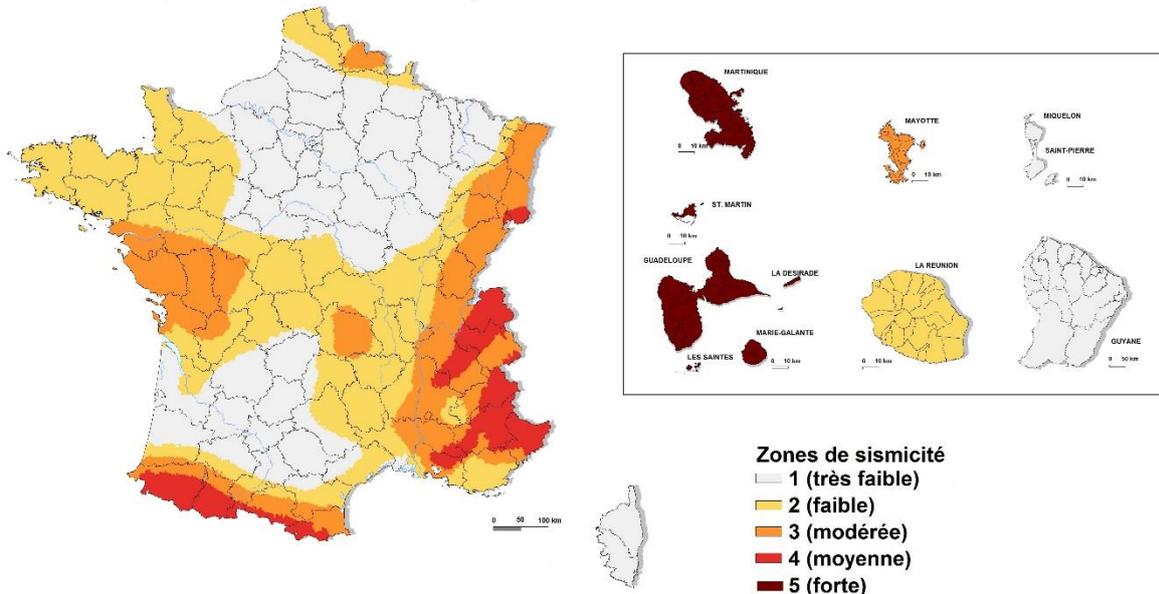
Le risque sismique est présent partout sur la surface du globe, son intensité variant d'une région à une autre. La France n'échappe pas à la règle, puisque l'aléa sismique peut être très faible à moyen en métropole, et fort dans les DOM-TOM.

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 très faible) ;
- 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.



Zonage sismique de la France
en vigueur depuis le 1er mai 2011
(art. D. 563-8-1 du code de l'environnement)



Zonage sismique de la France

Le risque sismique dans le département du Loiret est très faible (niveau 1). Les communes de Beaune-la-Rolande, Batilly-en-Gâtinais, Barville-en-Gâtinais et de Montbarrois sont classées en zone de sismicité 1. L'enjeu est donc très faible.

Aucun séisme n'a été recensé dans les communes de Beaune-la-Rolande, Batilly-en-Gâtinais, Barville-en-Gâtinais et de Montbarrois.

RISQUE DE FOUROIEMENT

La foudre est un risque naturel fréquent en France. Les types de risques liés à la foudre sont de deux ordres :

- les risques directement liés à la foudre = le foudroiement ;

- les conséquences induites liées à la chute de la foudre = les perturbations électromagnétiques venant de l'arc en retour de la décharge de foudre.

L'activité orageuse a souvent été définie par le niveau kéraunique (Nk), c'est-à-dire le nombre de jours où le grondement du tonnerre est entendu. Le nombre de jours d'orage est une valeur équivalente au niveau kéraunique. Néanmoins, le critère du nombre de jours d'orage ne caractérise pas l'importance des orages. En effet, un impact de foudre isolé ou un orage violent seront comptabilisés de la même façon.

La meilleure représentation de l'activité orageuse est la densité d'arcs (Da) 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 1,84 arcs/km²/an (=Ng).

A l'échelle du département du Loiret, la densité de foudroiement est d'environ 1,7 Ng.

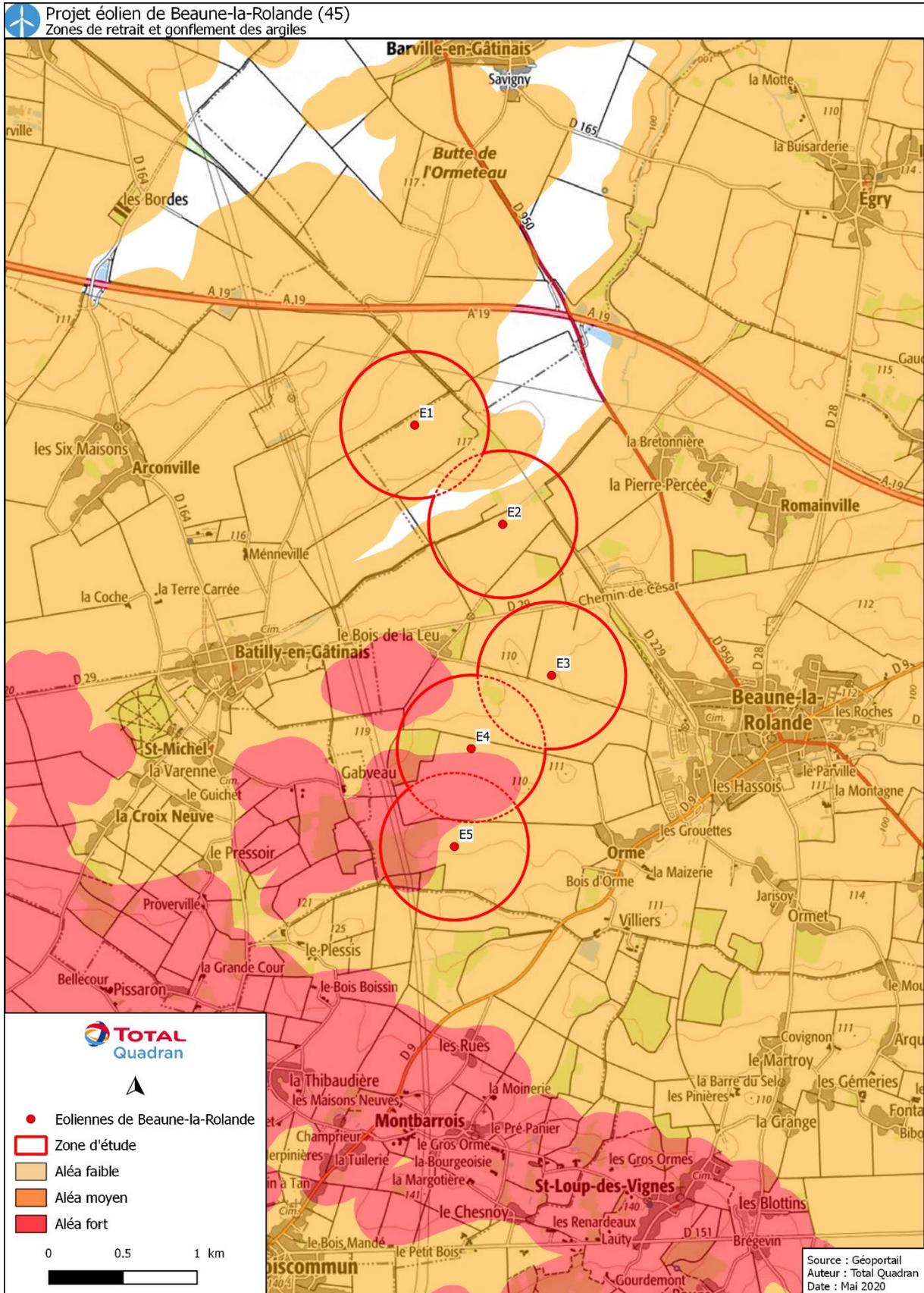
Les départements dont la densité de foudroiement est supérieure à 2,5 Ng requièrent, selon les prescriptions de la norme NFC 15-100, l'installation obligatoire de parafoudres sur les constructions. On peut donc constater que le département du Loiret, où se situe le projet, n'est pas concerné par ces risques de foudroiement élevés.

ALEA RETRAIT – GONFLEMENT D'ARGILES

Le risque survient lorsque la teneur en eau des matériaux argileux est modifiée et se traduit par une variation significative du volume des sols. En période de sécheresse, les argiles se tassent verticalement et entraînent des mouvements différentiels qui peuvent affecter les constructions.

Le risque ici est corrélé à la présence d'alluvions et aux formations détritiques. La zone d'étude est donc concernée ici par un aléa retrait - gonflement des argiles moyen à fort. Au droit des éoliennes E1, E2, E3, E4 et E5 l'aléa est a priori moyen.

On retiendra par conséquent l'existence de ce risque potentiel, qui devra être pris en compte, principalement au moment de l'élaboration des massifs de fondation, même si la présence de cet aléa ne présente pas de risque important ou de caractère d'incompatibilité avec le projet. Une étude géotechnique, comprenant des forages dans le sol et le sous-sol, sera réalisée préalablement à la phase de travaux de construction du parc.



RISQUE DE MOUVEMENTS DE TERRAIN ET CAVITES SOUTERRAINES

Un mouvement de terrain est un déplacement plus ou moins brutal du sol et du sous-sol. On distingue :

- les mouvements lents, qui entraînent une déformation progressive des terrains, pas toujours perceptible par l'homme. Il s'agit principalement des affaissements, tassements, glissements et retraits/gonflements ;
- les mouvements rapides, qui se propagent de manière brutale et soudaine. Il s'agit des effondrements, chutes de pierres et de blocs, éboulements et coulées boueuses.

D'après la base de données « *Bd cavité* » du BRGM, une cavité est présente dans la zone d'étude. La cavité la plus proche est située à Beaune-la-Rolande, à 360m de l'éolienne E3.

On retiendra par conséquent l'existence de ce risque potentiel, qui devra être pris en compte, principalement au moment de l'élaboration des massifs de fondation, même si la présence de ce risque ne présente pas de danger important ou de caractère d'incompatibilité avec le projet. Une étude géotechnique, comprenant des forages dans le sol et le sous-sol, sera réalisée préalablement à la phase de travaux de construction du parc afin d'adapter le dimensionnement des fondations.

RISQUE DE FEUX DE FORETS

On parle d'incendie de forêt lorsque le feu concerne une surface minimale de 0,5 hectare d'un seul tenant, et qu'une partie au moins des étages arbustifs et/ou arborés (parties hautes) est détruite.

La dénomination vaut aussi pour les incendies des formations subforestières de plus petite taille :

- le maquis, formation fermée et dense sur sol siliceux ;
- la garrigue, formation plutôt ouverte sur sol calcaire ;
- les landes, formations sur sols acides, assez spécifiques de l'ouest de la France (Vendée et Bretagne), composées de genêts et de petits arbustes.

La zone d'étude n'est pas située sur des communes soumises au risque incendie (Source : MEEDDM, 2010)

RISQUE DE TEMPETES

Le seuil au-delà duquel on parle de tempête est de 89 km/h, correspondant au degré 10 de l'échelle de Beaufort (échelle de classification des vents selon douze degrés, en fonction de leurs effets sur l'environnement). Au niveau régional, le nombre moyen de jours de tempêtes, donc avec un vent maximal supérieur à 100 km/h, est de 1.

Aucune des communes de la zone d'étude n'a fait l'état d'un arrêté relatif à la reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle « *tempête* ». Le risque de tempêtes dans l'aire d'étude éloignée du projet n'est pas du tout majeur à l'égard d'autres régions françaises mais le risque 0 n'existe pas. L'enjeu est donc faible.

3. ENVIRONNEMENT MATERIEL

3.1 VOIES DE COMMUNICATION

TRANSPORT ROUTIER

Aucune autoroute, ni route nationale n'est inventoriée dans la zone d'étude.

Une route départementale (D29) traverse l'aire de l'éolienne E3. Celle-ci se situe à environ 450 m de l'éolienne E3.

A une échelle plus fine, la zone d'étude est parcourue par quelques chemins d'exploitation, qui complètent le réseau de voirie. Le trafic routier y est faible.

Une infrastructure routière est considérée comme « structurante » si le trafic routier journalier est supérieur à 2 000 véhicules. Aucune route structurante n'est identifiée au droit de la zone d'étude du présent projet éolien.

TRANSPORT FERROVIAIRE

La zone d'étude est concernée, dans sa partie Nord, par une ancienne voie ferrée reliant Beaune-la-Rolande à Pithiviers à 330 m de l'éolienne E1 et 310 m de E2.

A plus large échelle, différentes voies ferrées secondaires sont présente dont la plus proche qui est à 5,8 km de l'éolienne E3.

TRANSPORT FLUVIAL

Aucune voie navigable n'est présente sur les communes étudiées. Le cours d'eau le plus proche est Le fusain, situé à 2,6 km de l'éolienne E1 qui est la plus proche.

TRANSPORT AERIEN

Aucun aéroport ou aérodrome n'est présent sur les communes étudiées.

La zone d'étude est située, en son point le plus proche, à environ 17 km de l'aérodrome de Pithiviers-le-vieil, 25 km de celui de Saint-Denis-de-l'Hôtel, 29 km de celui de Buno-Bonnevaux, et 40 km de celui de Venons-les-sablons.

L'aéroport le plus proche de la zone d'étude est celui de Montargis-Vimory situé à environ 24 km.

Les services de la Direction Générale de l'Aviation Civile (DGAC) indiquent une limite de hauteur de 298,76m NGF. En fonction du relief, les hauteurs en bout de pale des éoliennes de la Beaune-la-Rolande ont été ajustées de telle sorte à ne pas dépasser cette limite :

- l'éolienne E1 a une altitude en bout de pale de 262 m NGF ;
- l'éolienne E2 a une altitude en bout de pale de 255 m NGF ;
- l'éolienne E3 a une altitude en bout de pale de 260 m NGF ;
- l'éolienne E4 a une altitude en bout de pale de 258 m NGF ;
- l'éolienne E5 a une altitude en bout de pale de 260 m NGF ;

Ainsi, les 5 éoliennes du parc éolien de la Beaune-la-Rolande respectent la limite fixée par la DGAC.

AUTRES VOIES DE COMMUNICATION

A une échelle plus fine, la zone d'étude est parcourue par plusieurs chemins ruraux d'exploitation. Aucun sentier de randonnée n'est présent dans la zone d'étude.

3.2 RESEAUX PUBLICS ET PRIVES

Le zone d'étude n'est pas concernée par la présence de point de captage de l'eau. Les captages les plus proches étant le captage de Beaune « SNCF » et le captage de Beaune « Château d'eau ».

Toutefois, il semblerait que la mise en place d'un nouveau captage soit envisagée au niveau du Bois de la Leu, potentiellement au sein ou à proximité immédiate de la zone d'étude (les coordonnées GPS précises ne sont pas disponibles pour le moment). D'après le retour de consultation de l'ARS en date du 9 mars 2021, ce captage existe mais sa procédure administrative est en cours. A ce jour, ce captage ne possède pas de DUP et ne présente donc pas de prescriptions opposables aux tiers.

Aucune station d'épuration n'est présente dans la zone d'étude.

Des lignes électriques aériennes haute tension (HTB) traversent la zone d'étude selon un axe nord-sud et un axe ouest-est. La ligne la plus proche se situe à 330 m de l'éolienne E5. Dans le cadre du présent projet, Total Quadran a sollicité l'avis de RTE concernant les distances d'implantation minimales à respecter. En ce qui concerne les distances d'implantation d'éoliennes et les lignes, RTE applique le calcul suivant :

Distance de balancement maxi de la ligne (sous l'effet du vent) + 5 mètres de sécurité + Hauteur totale éolienne

- Pour les lignes à 400 000 volts, le calcul de la distance minimale est : $24 \text{ m} + 5 \text{ m} + H + D/2$
- Pour les lignes à 90 000 volts, le calcul de la distance minimale est : $16 \text{ m} + 5 \text{ m} + H + D/2$

Les lignes qui nous concernent dans le cadre du projet de Beaune-la-Rolande sont 2 lignes à 400 000 volts, conduisant ainsi à une distance d'éloignement minimale de 179 m ($24 \text{ m} + 5 \text{ m} + 150 \text{ m}$) pour l'éoliennes E1 à E5, et cette distance est valable de part et d'autre de la ligne et à partir de l'axe de la ligne.

Et pour la ligne à 90 000 volts, une distance d'éloignement minimale de 171 m ($16 \text{ m} + 5 \text{ m} + 150 \text{ m}$).

Lors de la conception du projet, Total Quadran a intégré dans un premier temps un recul conservateur de 180 m pour les éolienne E1 à E5 vis-à-vis de ces lignes HTB. Ces distances correspondent à 1,2 fois la hauteur totale en bout de pale des éoliennes. Les distances entre l'axe de la ligne HTB et les éoliennes projetées sont présentées dans le tableau suivant, de la ligne la plus proche à la plus éloignée :

	E1	E2	E3	E4	E5
Ligne électrique aérienne HTB 90kV	400m	> 500m	> 500m	> 500m	> 500m
Ligne électrique aérienne HTB 400kV	> 500m	> 500m	> 500m	> 500m	330m
Ligne électrique aérienne HTB 400kV	> 500m	> 500m	> 500m	> 500m	370m

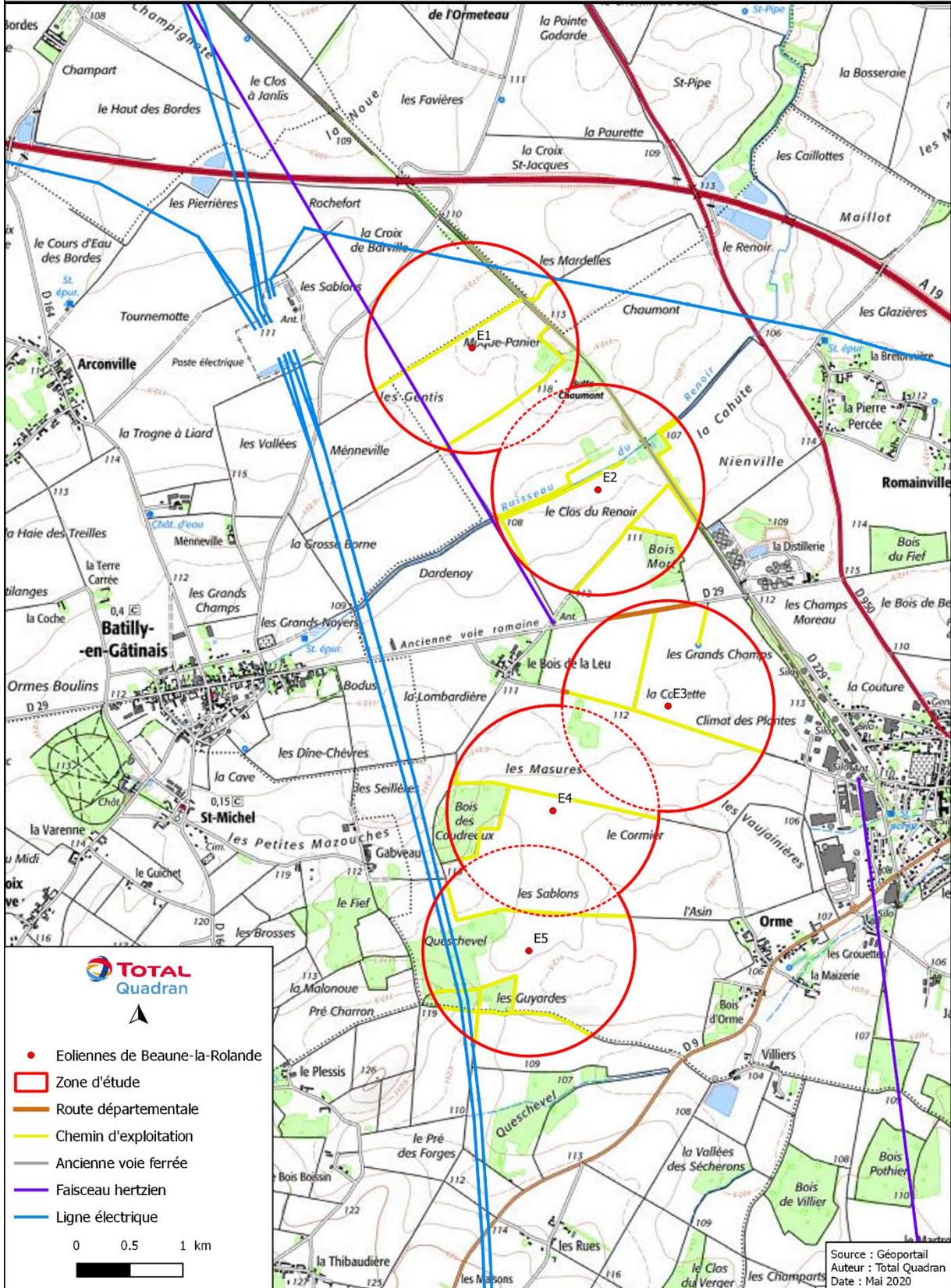
Ainsi, l'implantation de l'ensemble des éoliennes du parc de Beaune-la-Rolande respectent les distances minimales d'éloignement fixées par RTE vis-à-vis des lignes électriques haute tension.

Un faisceau hertzien appartenant à Bouygues Telecom traverse la zone d'étude des éoliennes E1 et E2. Il est situé à une distance de 330 m de l'éolienne E1 qui est la plus proche.

3.3 AUTRES OUVRAGES

Aucun barrage, digue, château d'eau, ou bassins de rétention n'est recensé dans la zone d'étude.

Projet éolien de Beaune-la-Rolande (45)
Réseaux



4. SYNTHÈSE

4.1 EQUIVALENTS PERSONNES PERMANENTES

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

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

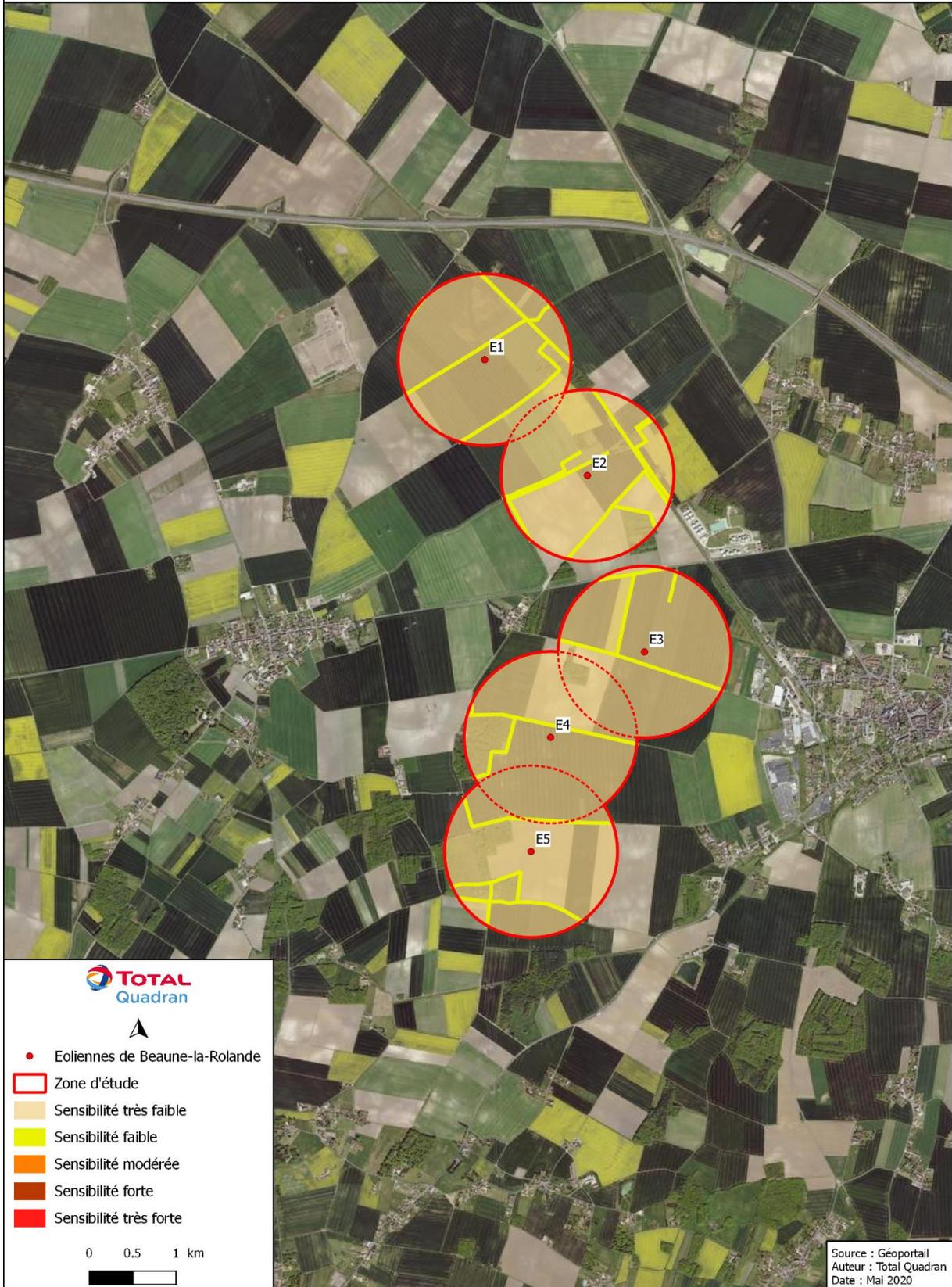
SECTEUR/INFRASTRUCTURE	TYPE	EQUIVALENTS PERSONNES PERMANENTES	EOLIENNES CONCERNÉES (AIRE D'ÉTUDE DE 500 M)
Chemin d'exploitation	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1 personne/10 hectares	E1 à E5
Champs, boisements	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	1 personne/100 hectares	E1 à E5
D29	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1 personne/10 hectares	E3

Dans le cadre du projet du parc éolien de Beaune-la-Rolande, la principale sensibilité est liée à la présence de chemins d'exploitation et d'une route départementale non structurante (sensibilité faible).

4.2 CARTOGRAPHIE

La carte suivante, permet d'identifier géographiquement les enjeux à protéger dans les aires d'étude pour chacun des 5 aérogénérateurs projetés. Cette dernière a été réalisée à partir des données du tableau précédent.

Projet éolien de Beaune-la-Rolande (45)
Synthèse des sensibilités



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

1. CARACTERISTIQUES DE L'INSTALLATION

1.1 CARACTERISTIQUES GENERALES D'UN PARC EOLIEN

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

- 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.

ELEMENTS CONSTITUTIFS D'UN AEROGENERATEUR

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

Les aérogénérateurs se composent de trois principaux éléments :

- le rotor qui est composé de trois pales (éoliennes actuelles) construites en matériaux composites et réunies au niveau du moyeu. Il se prolonge dans la nacelle pour constituer l'arbre lent ;
- le mât est généralement composé de 3 à 5 tronçons en acier ou 15 à 20 anneaux de béton surmonté d'un ou plusieurs tronçons en acier. Dans la plupart des éoliennes, il abrite le transformateur qui permet d'élever la tension électrique de l'éolienne au niveau de celle du réseau électrique ;
- la nacelle abrite plusieurs éléments fonctionnels :
 - le générateur qui transforme l'énergie de rotation du rotor en énergie électrique ;
 - le multiplicateur (certaines technologies n'en utilisent pas) ;

- le système de freinage mécanique ;
- le système d'orientation de la nacelle qui place le rotor face au vent pour une production optimale d'énergie ;
- les outils de mesure du vent (anémomètre, girouette) ;
- le balisage diurne et nocturne nécessaire à la sécurité aérienne.

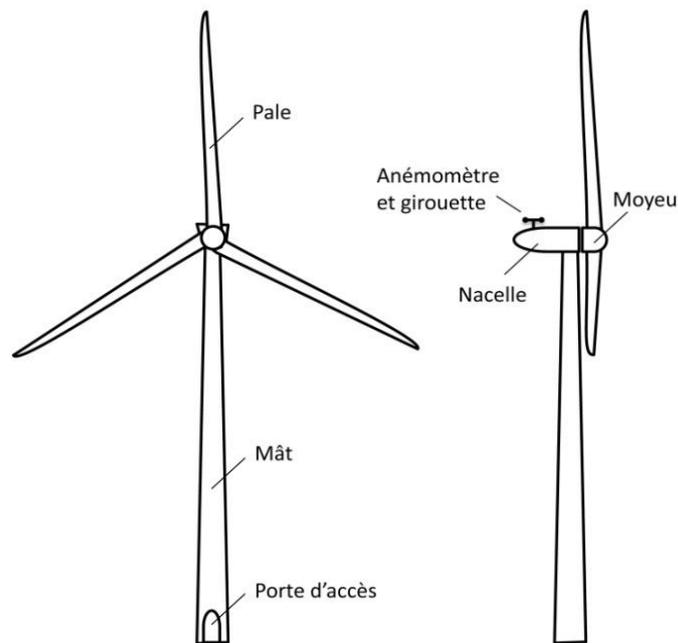


Schéma simplifié d'un aérogénérateur

EMPRISE AU SOL

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

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

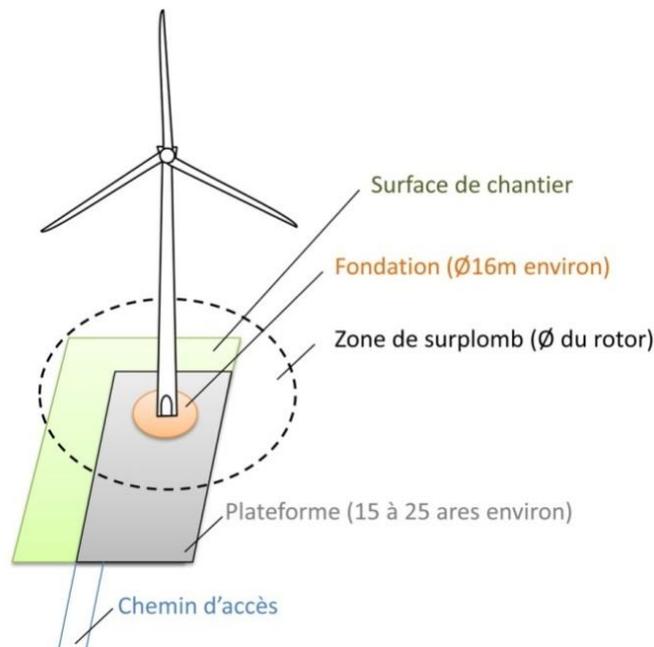


Illustration des emprises au sol d'une éolienne

CHEMINS D'ACCES

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

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

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

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

AUTRE INSTALLATION

Certains parcs éoliens peuvent aussi être constitués d'aires d'accueil pour informer le public, de parkings d'accès, de parcours pédagogiques, etc.

1.2 ACTIVITE DE L'INSTALLATION

L'activité principale du futur parc éolien de Beaune-la-Rolande sera la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent avec une hauteur de moyeu d'environ 87 m pour l'ensemble des éoliennes.

Cette installation est soumise à autorisation (A) de la rubrique n°2980 des ICPE.

1.3 COMPOSITION DE L'INSTALLATION

Le futur parc éolien de Beaune-la-Rolande sera composé de 5 aérogénérateurs et de 2 postes de livraison.

Le tableau suivant indique les coordonnées géographiques des aérogénérateurs projetés :

INSTALLATION	COORDONNEES LAMBERT 93 – CC48		COORDONNEES LAMBERT 93		COORDONNEES WGS84		ALTITUDE NGF	HAUTEUR TOTALE EN BOUT DE PALE
	X	Y	X	Y	X	Y		
E1	1655096.59	7210018.76	655 118.4	6 776 633.23	2°23'49.8955" E	48°5'18.7177" N	112m	262m
E2	1655690.66	7209344.34	655 712.37	6 775 959.24	2°24'18.8564" E	48°4'57.0306" N	105m	255m
E3	1656020.63	7208317.33	656 042.36	6 774 932.80	2°24'35.1806" E	48°4'23.8598" N	110m	260m
E4	1655477.72	7207819.97	655 499.81	6 774 435.58	2°24'9.1379" E	48°4'7.6206" N	108m	258m
E5	1655364.26	7207154.98	655 386.52	6 773 770.91	2°24'3.9060" E	48°3'46.0613" N	110m	260m
PDL1	1656196.58	7208784.66	656 218.14	6 775 399.94	2°24'43.5089" E	48°4'39.0349" N	-	-
PDL2	1656194.54	7208775.88	656 216.10	6 775 391.15	2°24'43.4135" E	48°4'38.7498" N	-	-

* E = Eolienne / PDL = Poste de livraison

1.4 DIMENSIONS DES EOLIENNES PROJETEES

Le choix du type de machine n'est pas encore définitif. Le modèle de l'éolienne retenu à ce stade pour ce projet est le type Vestas V117 ou équivalent. Pour la suite de l'étude de dangers, il sera donc pris en compte l'éolienne de type Vestas V117.

CARACTERISTIQUES VESTAS V117 :

ELEMENT DE L'EOLIENNE	CARACTERISTIQUES MAXIMALES DU GABARIT
Mât	Hauteur du moyeu : 91,5 m Largeur à la base du mât : 4 m
Rotor / pales	Diamètre du rotor : 117 m Longueur de la pale : 57,2 m Largeur max de la pale : 4 m Hauteur en bout de pale : 150 m


Projet éolien de Beaune-la-Rolande (45)
 Implantation projetée



2. FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

2.1 PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UN AEROGENERATEUR

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

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

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

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

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

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

2.2 DECOUPAGE FONCTIONNEL D'UN AEROGENERATEUR

Le tableau suivant décrit les principales unités fonctionnelles d'un aérogénérateur.

ELEMENT DE L'INSTALLATION	FONCTION	CARACTERISTIQUES
<p>La fondation</p>	<p><i>Ancrer et stabiliser l'éolienne dans le sol</i></p>	<p>Le massif de fondation est composé de béton armé. Il est constitué soit d'une virole d'ancrage métallique préfabriquée, soit d'une cage d'ancrage à tirants post-contraints, tous deux enchâssés dans un réseau de fers à béton.</p> <p>Le dimensionnement des fondations est réalisé sur la base des descentes de charges fournies par le constructeur des aérogénérateurs. Ces documents de descentes de charges décrivent dans des situations de chargement prédéfinies par les normes IEC 61400-1, les torseurs (forces et mouvements) ramenés au pied du mât que subiront les fondations sur l'intégralité de sa durée de vie de minimum de 20 ans.</p> <p>Le dimensionnement des massifs prend en compte les caractéristiques suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ le type d'éolienne ; ▪ la nature des sols ; ▪ les conditions météorologiques extrêmes ; ▪ les conditions de fatigue. <p>De manière générale, les fondations font entre 2,5 et 3,5 m d'épaisseur pour un diamètre de l'ordre de 15 à 20 m. Ceci représente une masse de béton d'environ 1 000 tonnes.</p> <p>Le dimensionnement et la construction des fondations sont soumis en France au Contrôle Technique Obligatoire. Les constructeurs imposent également un droit de regard et de revue des designs de massifs de fondations, afin de s'assurer que ceux-ci respectent les règles et spécifications définies par les constructeurs.</p> <p>Avant toute opération de montage des éoliennes, la bonne planéité du massif réalisé fait l'objet d'un contrôle rigoureux.</p>
<p>Le mât</p>	<p><i>Supporter la nacelle et le rotor</i></p>	<p>Le mât des aérogénérateurs est constitué de plusieurs sections tubulaires en acier, de plusieurs dizaines de millimètres d'épaisseur et de forme tronconique qui sont assemblées entre elles par brides. Fixée par une bride aux tiges d'ancrage disposées dans le massif de fondation, le mât est autoportant.</p> <p>La hauteur du mât, ainsi que ses autres dimensions, sont en relation avec le diamètre du rotor, la classe des vents, la topologie du site et la puissance recherchée.</p> <p>Pour les machines dont l'axe de rotation du rotor dépasse une certaine hauteur (variable selon les constructeurs, environ 100 m), le mât est constitué en partie basse d'une structure en béton préfabriqué et en partie haute par des sections de mât acier. Cette structure hybride permet d'atteindre des hauteurs de moyeu bien plus importantes et ainsi des régimes de vent plus élevés et plus stables.</p> <p>L'accès au mât se fait par une porte verrouillable dans le pied du mât. À l'intérieur du mât, il est possible de monter dans la nacelle à l'abri des intempéries avec un ascenseur (facultatif) ou une échelle avec système antichute. Des plates-formes fermées par des trappes se trouvent aux passages des segments du mât.</p> <p>Le mât est doté d'un dispositif d'éclairage assurant un éclairage intégral des plates-formes et de la montée. En cas de coupure d'électricité, l'éolienne est également dotée d'un système d'éclairage d'urgence alimenté par batteries, afin de garantir une évacuation sans danger de l'éolienne.</p> <p>Le mât permet également le cheminement des câbles électriques de puissance et de contrôle. Il abrite notamment :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ une armoire de contrôle et des armoires de batteries d'accumulateurs ; ▪ les cellules de protection électriques.

ELEMENT DE L'INSTALLATION	FONCTION	CARACTERISTIQUES
<p>La nacelle</p>	<p><i>Supporter le rotor</i></p> <p><i>Abriter le dispositif de conversion de l'énergie mécanique en électricité ainsi que les dispositifs de contrôle et de sécurité</i></p>	<p>La nacelle se situe au sommet du mât et abrite les composants mécaniques, hydrauliques, électriques et électroniques, nécessaires au fonctionnement de l'éolienne. Elle est constituée d'une structure métallique habillée de panneaux en fibre de verre et est équipée de fenêtres de toit permettant d'accéder à l'extérieur.</p> <p>La nacelle n'est pas fixée de façon rigide à la tour. La partie intermédiaire entre la tour et la nacelle constitue le système d'orientation, permettant à la nacelle de s'orienter face au vent, c'est-à-dire de positionner le rotor dans la direction du vent. Le système d'orientation est constitué de plusieurs dispositifs motoréducteurs solidaires de la nacelle. Ces dispositifs permettent la rotation de la nacelle et son maintien en position face au vent.</p> <p>Afin d'éviter une torsion excessive des câbles électriques reliant la génératrice au réseau public, il existe un dispositif de contrôle de rotation de la nacelle. Celle-ci peut faire plusieurs tours de part et d'autre d'une position moyenne. Au-delà d'un certain seuil (variable selon les constructeurs), un dispositif automatique provoque l'arrêt de l'éolienne, le retour de la nacelle à sa position dite « zéro », puis la turbine redémarre.</p> <p>La nacelle contient la chaîne cinématique et la génératrice (synchrone ou asynchrone) qui convertit l'énergie mécanique en énergie électrique.</p> <p>Les composants présents dans la nacelle peuvent être pilotés par le système de commande. Ce système prescrit notamment des valeurs de consigne pour l'angle des pales du rotor et le couple de la génératrice. Les données suivantes sont constamment contrôlées :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ tension, fréquence et position de phase du réseau ▪ vitesse de rotation du rotor, du multiplicateur, de la génératrice ▪ diverses températures ▪ secousses, vibrations, oscillations ▪ pression d'huile ▪ usure des garnitures de frein ▪ torsion des câbles ▪ données météorologiques <p>Les fonctions les plus critiques sont contrôlées de façon redondante et peuvent déclencher un arrêt d'urgence rapide de l'éolienne via une chaîne de sécurité à câblage direct, même sans système de commande ni alimentation électrique externe. Ceci signifie une sécurité maximale même en cas de problèmes tels qu'une panne de secteur, la foudre ou autres.</p> <p>Les données d'exploitation peuvent être consultées à distance, de sorte que l'exploitant aussi bien que l'équipe de maintenance dispose à tout moment de toutes les informations sur le statut de l'éolienne.</p>
<p>Le rotor</p>	<p><i>Capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice</i></p>	<p>Le rotor se compose de trois pales bridées sur le moyeu du rotor via des paliers.</p> <p>Les pales, conçues pour allier solidité, légèreté, comportement aérodynamique et émissions acoustiques minimales utilisent une construction sandwich en matériau composite renforcé de fibres de verres. Elles font l'objet d'une certification-type selon le référentiel IEC 61400 incluant des tests exhaustifs visant à reproduire avec des facteurs de sécurité importants les contraintes statiques, dynamiques et les phénomènes de fatigue auxquels seront soumis les pales sur leur durée de vie.</p> <p>Leur revêtement résiste aux UV et protège des influences de l'humidité.</p>

ELEMENT DE L'INSTALLATION	FONCTION	CARACTERISTIQUES
		<p>Un système de captage de la foudre constitué d'un collecteur métallique associé à un câble électrique ou méplat courant à l'intérieur de la pale permet d'évacuer les courants de foudre vers le moyeu puis vers la tour, la fondation et le sol. Lorsque les conditions de vent permettent d'atteindre la plage de charge nominale, l'éolienne tourne à couple nominal constant. Les modifications de vitesse dues aux variations de la vitesse du vent sont compensées par l'adaptation de l'angle des pales.</p> <p>Ainsi, afin d'adapter l'éolienne aux conditions de vent, les pales pivotent autour de leur axe longitudinal grâce à des moteurs de réglage à courant continu tournant simultanément, ces moteurs agissant sur la denture extérieure du palier par l'intermédiaire d'un engrenage planétaire et d'un pignon.</p> <p>Mise à part la fonction de régulation du couple au régime nominal, la deuxième fonction essentielle du réglage des pales est une fonction de sécurité puisqu'il sert de frein primaire à l'éolienne. L'éolienne est en effet freinée par le réglage des pales du rotor en position de drapeau (frein primaire aérodynamique). Chacun des trois dispositifs de réglage sur la pale est entièrement indépendant. En cas de panne secteur, les moteurs sont alimentés par les jeux d'accumulateurs tournant avec les pales. Le réglage d'une seule pale de rotor est suffisant pour amener l'éolienne dans une plage de vitesse sûre. Ceci fournit un système de sécurité triple et redondant.</p> <p>Le système de freinage primaire est en exécution « <i>fail-safe</i> » (technique à sécurité intégrée). Si un dysfonctionnement est détecté lors de la surveillance du système de freinage, alors l'éolienne est commutée en mode de sécurité.</p> <p>Plusieurs notions caractérisent les pales :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ la longueur, fonction de la puissance désirée ; ▪ la corde (largeur maximale), fonction du couple nécessaire au démarrage et de celui désiré en fonctionnement ; ▪ les matériaux, fonction de la résistance souhaitée.
<p>Le transformateur</p>	<p><i>Elever la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau</i></p>	<p>Le transformateur permet l'élévation en tension de l'énergie électrique produite par l'aérogénérateur. Il est composé d'un transformateur élévateur ainsi que d'une cellule de protection du transformateur et de cellules interrupteur-sectionneurs permettant de mettre hors tension les câbles HTA souterrains auxquels l'aérogénérateur est raccordé.</p> <p>Selon les modèles, ce poste de transformation peut être situé soit en pied de mât, soit dans une cabine externe à côté de l'éolienne. Dans les configurations poste de transformation interne, les transformateurs utilisés sont des transformateurs secs afin d'éviter la présence d'huile et les risques d'incendie associés.</p>
<p>Liaisons inter-éoliennes</p>	<p><i>Adapter les caractéristiques du courant électrique à l'interface entre le réseau privé et le réseau public</i></p>	<p>Les éoliennes d'un même champ éolien sont ensuite raccordées au réseau électrique de distribution (ERDF ou régies) ou de transport (RTE) via un ou plusieurs postes de livraison. Ces postes font ainsi l'interface entre les installations et le réseau électrique.</p> <p>Chaque poste est équipé d'appareils de comptage d'énergie indiquant l'énergie soutirée au réseau mais également celle injectée. Il comporte aussi la protection générale dont le but est de protéger les éoliennes et le réseau inter-éolien en cas de défaut sur le réseau électrique amont.</p> <p>Les liaisons électriques entre éoliennes et poste(s) de livraison sont assurées par des câbles souterrains.</p>

2.3 SECURITE DE L'INSTALLATION

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

QUALITE DES CONSTRUCTIONS ET CONTROLES

Les aérogénérateurs sont conformes aux dispositions de la norme NF EN 61 400-1 dans sa version de juin 2006 ou CEI 61 400-1 dans sa version de 2005 ou toute norme équivalente en vigueur dans l'Union européenne, à l'exception des dispositions contraires aux prescriptions de l'arrêté du 26 août 2011.

En dehors d'un glissement de terrain, les causes de chute d'une éolienne sont essentiellement liées à une mauvaise construction des massifs de soutien ou à une dégradation de la structure portante. A ce titre un contrôle strict sera réalisé sur les massifs en phase chantier. Ce contrôle portera sur la nature des matériaux utilisés et leur conformité avec le cahier des charges ainsi que sur les caractéristiques techniques de l'ouvrage (dimension, qualité). Ce contrôle sera réalisé par l'entreprise de travaux dans le cadre de son PAQ (Plan Assurance Qualité) et par le Maître d'œuvre à réception des ouvrages de fondations.

Le dimensionnement de ces ouvrages étant sécurisé par une marge de 25%, de ce fait le risque de chute liée à une mauvaise réalisation technique des fondations est réduit.

Par ailleurs, l'ensemble des éléments métalliques exposés de la structure portante sont traités contre la corrosion.

Enfin, le cahier des charges relatif aux soudures et les contrôles réalisés par l'entreprise de travaux et le Maître d'œuvre permettent de garantir la qualité desdites soudures. De plus, une vérification de la structure portante sera réalisée sur une base décennale ou suite à une constatation de dégradation lors des visites de maintenance annuelle.

L'exploitant tiendra à disposition de l'inspection des installations classées les rapports des organismes compétents attestant de la conformité de son installation à la réglementation en vigueur.

SECURITE VIS-A-VIS DU RISQUE ELECTRIQUE

La nature des installations fait qu'il existe un risque électrique du fait de la présence d'installations électriques avec des tensions élevées (jusqu'à 20 000 volts). Celui-ci peut se traduire par des surtensions, des surintensités ou encore des courts-circuits au sein des appareils de production, pouvant mener au déclenchement d'un incendie ou nuire à la production du parc éolien.

L'ensemble des systèmes électriques est construit dans les règles de l'art et le respect des normes internationales affiliées et vise à éviter toute dégradation liée à une surtension. Plus précisément, les installations électriques à l'intérieur de l'aérogénérateur respectent les dispositions de la directive du 17 mai 2006 susvisée qui leur sont applicables. Les installations électriques extérieures à l'aérogénérateur sont conformes aux normes NFC 15-100 (version compilée de 2008), NFC 13-100 (version de 2001) et NFC 13-200 (version de 2009). Ces installations sont entretenues et maintenues en bon état et sont contrôlées avant la mise en service industrielle puis à une fréquence annuelle, après leur installation ou leur modification par une personne compétente. La périodicité, l'objet et l'étendue des vérifications des installations électriques ainsi que le contenu des rapports relatifs auxdites vérifications sont fixés par l'arrêté du 10 octobre 2000 susvisé.

Par ailleurs, le réseau électrique Haute Tension (HTA) dispose d'une protection primaire dans une armoire électrique située au pied de la tour de chaque éolienne, avec un éclateur à étincelle. Une protection secondaire

intervient sur les réseaux HTA de la zone nacelle et de l'armoire électrique par des varistances. La puissance des fusibles est adaptée en fonction des tensions prévues dans la nacelle et le pied de mât.

SECURITE VIS-A-VIS DU RISQUE INCENDIE

Les sources d'inflammation sont réduites mais existent du fait de l'activité électrique, et sont donc toujours susceptibles en cas de dysfonctionnement de produire des étincelles voire des arcs électriques. De plus, des courts-circuits pourraient intervenir et induire un risque d'incendie.

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

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

Les mesures constructives et les caractéristiques intrinsèques des matériels retenus pour le circuit électrique font que la probabilité d'apparition d'un incendie est presque nulle et que sa propagation est limitée au maximum par le choix des matériaux et des traitements appliqués.

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. Lorsqu'un capteur de sécurité signale un défaut ou qu'un interrupteur correspondant se déclenche, l'éolienne est stoppée.

SECURITE VIS-A-VIS DU RISQUE Foudre

Les éoliennes sont équipées d'une protection anti-foudre et d'un système de mise à la terre conformes aux normes à la norme IEC 61 400-24, destinés à protéger l'éolienne des dommages directs (par exemple coups de foudre) ou indirects. Les récepteurs des pales, la nacelle et le paratonnerre interceptent l'éclair et dévient le courant produit vers la terre, par des voies bien définies. Les composants électriques et électroniques de l'éolienne sont protégés des champs parasites et de la tension perturbatrice par des barrières de surtension.

SECURITE VIS-A-VIS DU RISQUE 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 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.

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. Si les données de fonctionnement concernant la puissance ou l'angle de pale sont hors de la plage de tolérance, l'éolienne est stoppée.

Ainsi, chaque aérogénérateur est équipé d'un système permettant de détecter ou de déduire la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. En cas de formation importante de glace, l'aérogénérateur est mis à l'arrêt dans un délai maximal de soixante minutes. L'exploitant définit une procédure de redémarrage de l'aérogénérateur en cas d'arrêt automatique lié à la présence de glace sur les pales permettant de prévenir la projection de glace. Conformément à l'article 25 de l'arrêté du 26 août 2011 (modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 – art.19).

SYSTEME 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, à des fins de maintenance.

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.

2.4 MOYENS DE SECOURS ET D'INTERVENTION

a) Moyens internes

MOYENS D'ALERTE

Le système est prévu pour générer un appel téléphonique du personnel d'astreinte lors d'évènements ou d'incidents prédéterminés au site. Deux messages seront enregistrés :

- Alarme défaut urgent ;
- Alarme défaut non urgent.

Le dispositif est susceptible d'utiliser plusieurs numéros de téléphone et d'effectuer des reports en cas de plages horaires. Le personnel d'astreinte peut alors faire intervenir les services compétents dans les meilleurs délais et ce à n'importe quel moment du jour et de la nuit. Le personnel d'astreinte dispose à cette fin de toutes les coordonnées nécessaires.

Les éoliennes et les postes de livraison font par ailleurs l'objet d'un affichage précisant les interventions de premiers secours et les numéros d'astreinte.

MOYENS D'INTERVENTION SUR SITE

En l'absence de personnel, il n'y a pas de moyens particuliers de protection sur le site en lui-même. En revanche une équipe dédiée chargée de la maintenance peut intervenir pour des opérations de contrôle ou d'entretien dès qu'une défaillance est détectée par le système de télésurveillance. Les équipes de maintenance disposeront toutefois d'extincteurs adaptés au feu avec composants électriques, de sorte que si un départ d'incendie avait lieu en leur présence, ils puissent intervenir.

Le centre de maintenance le plus proche est localisé sur la commune de Saran, rue des sables de Sary, à environ 45min (70 km) du projet de Beaune la Rolande. Cependant, il faut noter que l'exploitation et maintenance interne à Total Quadran se fait en distanciel via une astreinte présente dans au siège de la société.

En cas d'incendie, la caserne la plus proche sera mobilisée. Elle est située sur la commune de Beaune-la-Rolande à environ 1,8 km et pourra intervenir en 12 min (temps de trajet et de lancement de l'intervention).

En cas d'incident, telles que des défaillances techniques, toutes les procédures d'arrêt se font à distance, avant intervention des pompiers ou de tout autre intervenant si elle s'avérait nécessaire. En cas de constatation d'incident mais pour lequel il manque des informations, une levée de doute pourra être réalisée : le turbinier, les équipes d'exploitation/maintenance de Total Quadran situés à Saran, ou encore les pompiers, pourront être amenés à aller sur site.

NUMEROS D'URGENCE

Les prescriptions à observer par les tiers sont affichées soit en caractères lisibles soit au moyen de pictogrammes sur des panneaux positionnés sur le chemin d'accès de chaque aérogénérateur, sur le poste de livraison et, le cas échéant, sur le poste de raccordement. Elles concernent notamment :

- Les consignes de sécurité à suivre en cas de situation anormale
- L'interdiction de pénétrer dans l'aérogénérateur
- La mise en garde face aux risques d'électrocution
- La mise en garde (le cas échéant) face au risque de chute de glace

Conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011 (modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 – art.10).

Les coordonnées de l'exploitant (numéro d'astreinte) seront indiquées sur les panneaux d'affichage.

CIRCUITS D'EVACUATION EN CAS DE SINISTRE

Chaque aérogénérateur compte à minima 2 issues (cette disposition ne s'applique pas aux aérogénérateurs ne disposant pas d'accès à l'intérieur du mât) :

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

Le personnel intervenant dans les aérogénérateurs est formé à l'utilisation du dispositif de secours et d'évacuation. Si des personnes non formées à l'utilisation de ce système sont amenées à intervenir dans un aérogénérateur, elles sont accompagnées et supervisées par un nombre suffisant de personnes formées.

En cas d'incident, un périmètre de sécurité est délimité dans un rayon de 500 m des aérogénérateurs.

MOYENS DE DETECTION ET/OU D'EXTINCTION INCENDIE

Conformément à l'article 24 de l'arrêté du 26 août 2011 (modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 – art.18), chaque aérogénérateur est doté de moyens de lutte et de prévention contre les conséquences d'un incendie appropriés aux risques et conformes aux normes en vigueur, notamment :

- un système d'alarme et qui informe l'exploitant à tout moment d'un fonctionnement anormal ;
- au moins deux extincteurs placés à l'intérieur de l'aérogénérateur, au sommet et au pied de celui-ci. Ils sont positionnés de façon bien visible et facilement accessible. Les agents d'extinction sont appropriés aux risques à combattre. Cette disposition ne s'applique pas aux aérogénérateurs ne disposant pas d'accès à l'intérieur du mât.

De même chaque poste de livraison est équipé d'extincteurs portatifs.

La caserne de pompier la plus proche est située sur la commune de Beaune-la-Rolande (rue de Puiseaux) soit à environ 1,8 km du site du projet. Ainsi le délai d'intervention sur site est d'environ 12 min (temps de trajet et de lancement de l'intervention).

Un exercice d'intervention pourrait également être organisé avec le SDIS local.

PREMIERS SECOURS

Le personnel intervenant sur les aérogénérateurs est formé aux premiers secours. Il connaît également les procédures à suivre en cas d'urgence et procède à des exercices d'entraînement.

Chaque aérogénérateur est équipé de 2 boîtes de premiers secours (1 en pied de tour, 1 en nacelle). Cette disposition ne s'applique pas aux aérogénérateurs ne disposant pas d'accès à l'intérieur du mât.

Les véhicules des techniciens de maintenance sont également dotés d'une boîte de premiers secours.

En cas de choc électrique, les consignes de soins aux électrisés sont affichées dans chaque aérogénérateur et au poste de raccordement. Une perche à corps doit être utilisée lors des manœuvres sur les installations à haute tension, conformément aux instructions données lors des formations de préparation à l'habilitation électrique.

b) Moyens externes

Les coordonnées des moyens de sécurité publics auxquels il peut être fait appel en cas d'accident et dont la liste est rappelée ci-dessous, sont affichées en permanence sur le site et dans les locaux, à proximité d'un poste de télécommunication :

- Pompiers : 18 / 112 ;
- Gendarmerie Nationale : 17 ;
- SAMU (Urgences médicales) : 15.

Dès la mise en service du parc, l'exploitant transmettra au SDIS les informations suivantes :

- un plan d'ensemble au 25 000^{ème} ;
- un plan des installations au 1 000^{ème} ;
- les coordonnées des techniciens qualifiés d'astreinte.

Des exercices d'entraînement pourront être organisés avec les services de secours afin de mieux appréhender les risques présentés par l'installation ainsi que les moyens mis en œuvre pour les éviter.

Le parc éolien disposera en permanence d'une voie d'accès carrossable au moins pour permettre l'intervention des services d'incendie et de secours conformément à l'article 7 de l'arrêté du 26 août 2011.

c) Traitement de l'alerte

Chaque aérogénérateur est doté d'un système de détection qui permet d'alerter un cas de situation anormale de l'installation. Les paramètres sont retransmis au centre de surveillance de l'exploitant et de l'opérateur de maintenance, en continu via le système SCADA en place sur le parc.

Une alerte est envoyée en moins d'une minute au centre de contrôle, qui est à même de contacter les services compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'installation conformément à l'article 23 de l'arrêté du 26 août 2011 (modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 – art.17).

En cas de fonctionnement anormal, l'exploitant ou la personne qu'il aura désigné et formé sera en mesure de mettre en œuvre les procédures d'arrêt d'urgence mentionnées à l'article 22 dans un délai maximal de 60 minutes.

Les données d'exploitation et les messages d'état (anomalies, alertes...) sont par ailleurs conservés en copie sur le système implanté, sur le parc sur une période de 20 ans. Les systèmes embarqués des éoliennes peuvent quant à eux conserver les 10 derniers messages d'état horodatés.

2.5 OPERATIONS DE MAINTENANCE DE L'INSTALLATION

La maintenance et l'entretien des éoliennes jouent un rôle important dans la sécurité de l'installation. L'objectif de ces opérations est de contrôler le bon fonctionnement des installations et d'identifier tout phénomène d'usure ou de dégradation des matériels, notamment électriques, avant que ces phénomènes ne deviennent des facteurs de risques.

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

CONDUITE DU SYSTEME

Les éoliennes sont des équipements de production d'énergie qui ne nécessitent pas de présence permanente de personnel. Bien que certaines opérations nécessitent des interventions sur site, les éoliennes sont surveillées et pilotées à distance.

Tous les paramètres de marche de l'éolienne (conditions météorologiques, vitesse de rotation des pales, production électrique, niveau de pression du réseau hydraulique, etc.) sont transmis par fibre optique puis par liaison sécurisée au centre de commandement du parc éolien.

Pour cela, les installations sont équipées d'un système SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) qui permet le pilotage à distance à partir des informations fournies par les capteurs. Le parc éolien est ainsi relié à un centre de télésurveillance permettant le diagnostic et l'analyse de leur performance en permanence, ainsi

que certaines actions à distance. Ce dispositif assure la transmission de l’alerte en temps réel en cas de panne ou de simple dysfonctionnement. Il permet également de relancer aussitôt les éoliennes si les paramètres requis sont validés et les alarmes traitées. C’est notamment le cas lors des arrêts de l’éolienne par le système normal de commande (en cas de vent faible, de vent fort, de température extérieure trop élevée ou trop basse, de perte du réseau public, etc.).

En revanche, en cas d’arrêt lié à un déclenchement de capteur de sécurité (déclenchement détecteur d’arc électrique, température haute, etc.), une intervention humaine sur l’éolienne est nécessaire pour examiner l’origine du défaut avant de pouvoir relancer un démarrage.

PERSONNEL ET DOCUMENTS CADRES

La maintenance sera réalisée par une équipe dédiée, formée aux risques présentés induits par l'intervention sur les éoliennes, conformément à l’article 15 de l’arrêté du 26 août 2011 (modifié par l’arrêté du 22 juin 2020 – art.11).

Les personnes étrangères à l’installation n’ont pas accès libre à l’intérieur des aérogénérateurs. Les accès à l’intérieur de chaque aérogénérateur, du poste de transformation, de raccordement ou de livraison sont maintenu fermés à clef afin d’empêcher les personnes non autorisées d’accéder aux équipements, conformément à l’article 13 de l’arrêté du 26 août 2011.

Les constructeurs et fournisseurs produiront des manuels de maintenance et d’opération pour tous les éléments. Ces manuels auront pour objet de faciliter les opérations de maintenance et de guider les opérateurs. Ils répondront au cahier des charges présenté dans le tableau suivant :

TYPE DE MANUEL	DESCRIPTION
<p>Manuels de maintenance</p>	<p>Tout équipement individuel, composant l’éolienne, est fourni avec son manuel de maintenance qui décrit et illustre les pratiques acceptables, les procédures et les précautions à prendre lors des travaux de maintenance.</p> <p>Les manuels contiennent les séquences d’assemblage, de désassemblage et les tolérances dimensionnelles des composants, de même que la liste des outillages nécessaires pour ces travaux spécifiques. Une liste complète des pièces de rechange est incluse. Elle permet une identification claire et rapide de tous les numéros de pièces. Leur numérotation est telle qu'elle permet une identification aisée sur les dessins.</p> <p>Le manuel de maintenance des composants contient un planning de maintenance recommandée ainsi que les procédures détaillées de maintenance avec des diagrammes illustratifs.</p>
<p>Manuel d’opération</p>	<p>Le manuel d’opération couvre les aspects suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ les instructions pour la mise en place des équipements et leur démarrage ; ▪ les instructions pour opérer les systèmes de contrôle commande et tous les autres systèmes ; ▪ les données techniques ; ▪ les tables de « <i>Trouble shooting</i> » ; ▪ les maintenances recommandées. <p>Une description des causes possibles des alarmes, les actions à mener en ce cas pour, soit diagnostiquer la faute, poursuivre le fonctionnement ou procéder à l’arrêt.</p> <p>Un détail des procédures à effectuer en cas d’urgence un dossier d’essais effectués et réceptionnés en usine et sur site</p> <p>Une description détaillée et claire du fonctionnement du système complet avec une description de la manière dont chaque composant individuel fonctionne.</p> <p>Par ailleurs, les activités de maintenance (notamment le renouvellement des huiles) sont guidées par des procédures spécifiques, et notamment :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ procédure de renouvellement des huiles (enlèvement, remplacement, élimination) ;

TYPE DE MANUEL	DESCRIPTION
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ procédure relative à la conduite à tenir en cas d'écoulement accidentel.

L'exploitant disposera d'un manuel d'entretien de l'installation dans lequel sont précisées la nature et les fréquences des opérations d'entretien qui doivent être effectuées afin d'assurer le bon fonctionnement de l'installation, ainsi que les modalités de réalisation des tests et des contrôles de sécurité, notamment ceux visés par le présent arrêté.

L'exploitant tient à jour, pour son installation dans lequel sont consignées les opérations de maintenance qui ont été effectuées, leur nature, les défaillances constatées et les opérations préventives et correctives engagées conformément à l'article 19 de l'arrêté du 26 août 2011 (modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 – art.14).

MAINTENANCE DE L'INSTALLATION

Un système de télésurveillance (via le SCADA) permettra d'être informé des éventuels dysfonctionnements ou dérives de performances, de manière à prendre les dispositions idoines (préparation d'une intervention de maintenance, re paramétrage à distance, mise en sécurité, etc.).

Les principales mesures de prévention concernent les aspects liés à la maintenance. La maintenance des éoliennes couvre la tour, la nacelle et ses composants, le rotor, les systèmes de contrôle et de commande.

En dehors des opérations de maintenance systématique et préventive, des inspections et des interventions en maintenance curative seront réalisées chaque fois que cela est nécessaire sur les éoliennes dans leur globalité ou sur un ou plusieurs composants particuliers.

TYPE DE MAINTENANCE	DESCRIPTION
Maintenance préventive	<p>La maintenance préventive est réalisée en fonction des préconisations établies par les constructeurs et listées dans les manuels de maintenance.</p> <p>Les éléments contrôlés durant la phase de maintenance sont les suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ systèmes électriques ; ▪ systèmes mécaniques ; ▪ resserrage des fixations ; ▪ changement des liquides de lubrification ; ▪ réglage des paramètres de contrôles ; ▪ structure de l'éolienne (sur une base décennale) ; ▪ entretien des plantations (en vue de limiter les risques de propagation de feu d'origine externe).
Maintenance curative	<p>Il s'agit des opérations de maintenance réalisées suite à des défaillances de matériels ou d'équipements (<i>ex</i> : remplacement d'un capteur défaillant, ajout de liquide de refroidissement faisant suite à une fuite, ...). Ces opérations sont faites à la demande, dès détection du dysfonctionnement, de façon à rendre l'équipement à nouveau opérationnel.</p>

CONTROLES REGLEMENTAIRES PERIODIQUES

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

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

Conformément à l'article 17 de l'arrêté du 26 août 2011 (modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 – art.12), avant la mise en service industrielle d'un aérogénérateur, l'exploitant réalise des essais permettant de s'assurer du bon

fonctionnement de l'ensemble des équipements mobilisés pour mettre l'aérogénérateur en sécurité. Ces essais comprennent :

- un arrêt ;
- un arrêt d'urgence ;
- un arrêt depuis un régime de survitesse ou une simulation de ce régime.

Conformément à l'article 18 de l'arrêté ministériel du 26 août 2011 (modifié par l'arrêté du 22 juin 2020), des contrôles périodiques et des maintenances seront réalisés. Le détail d'intervention sera établi dans le contrat de maintenance qui sera signé avec le turbinier.

De plus, suivant une périodicité qui ne peut excéder un an, l'exploitant réalise des tests pour vérifier l'état de fonctionnel des équipements de mise à l'arrêt, de mise à l'arrêt d'urgence et de mise à l'arrêt depuis un régime de survitesse en application des préconisations du constructeur de l'aérogénérateur. Les résultats de ces tests sont consignés dans le registre de maintenance visé à l'article 19.

Avant la mise en service industrielle des aérogénérateurs et des équipements connexes, les installations électriques visées à l'article 10 sont contrôlées par une personne compétente.

Par ailleurs, elles sont entretenues, elles sont maintenues en bon état et elles sont contrôlées à la fréquence annuelle après leur installation ou leur modification. L'objet et l'étendue des vérifications des installations électriques ainsi que le contenu des rapports de contrôle sont fixés par l'arrêté du 10 octobre 2000 susvisé. Les rapports de contrôle des installations électriques sont annexés au registre de maintenance visé à l'article 19.

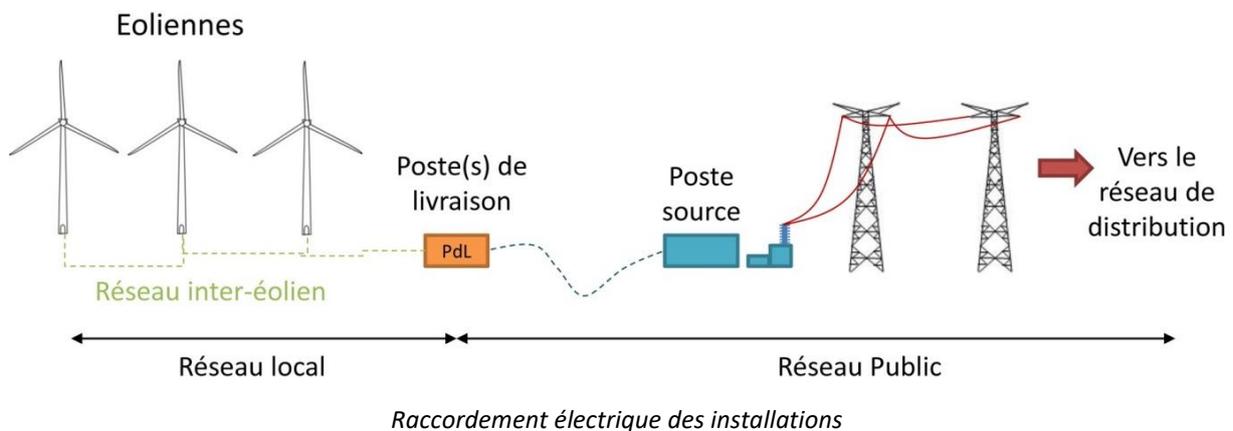
2.6 STOCKAGE ET FLUX DE PRODUITS DANGEREUX

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

3. FONCTIONNEMENT DES RESEAUX DE L'INSTALLATION

3.1 RACCORDEMENT ELECTRIQUE

a) Généralités



b) *Le réseau inter-éolien*

CADRE REGLEMENTAIRE

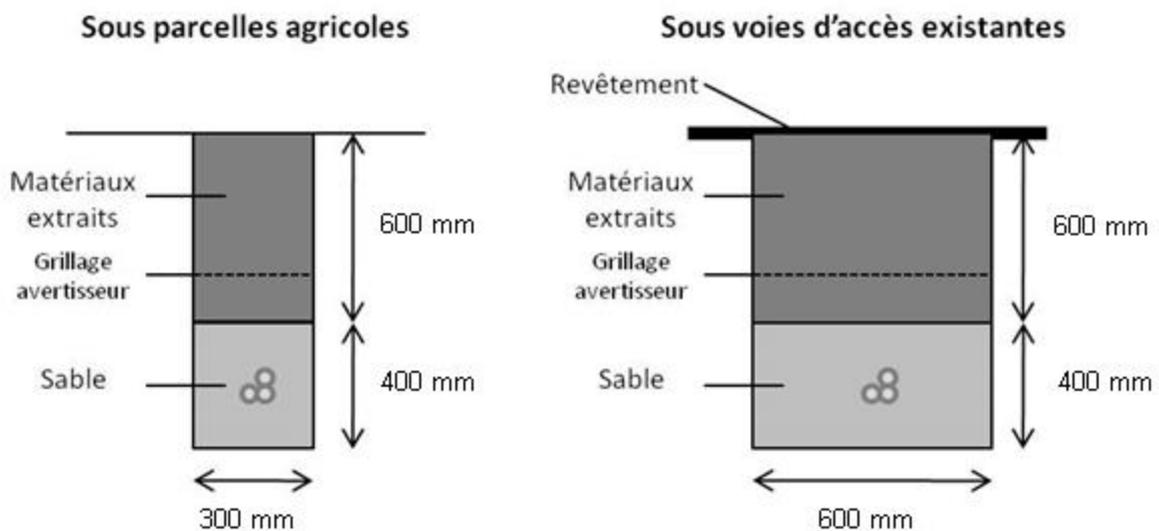
Le projet éolien de Beaune-la-Rolande nécessite une approbation au titre de l'article L.323-11 du code de l'énergie. L'article D.181-15-8 du code de l'Environnement précise que « *lorsque le projet nécessite une autorisation d'exploitation pour une installation de production d'électricité au titre de l'article L. 311-1 du Code de l'énergie, le dossier de demande précise ses caractéristiques, notamment sa capacité de production, les techniques utilisées, ses rendements énergétiques et les durées prévues de fonctionnement* ». Les éléments ci-après visent à présenter les éléments justifiant de la conformité des liaisons électriques intérieures avec la réglementation technique en vigueur.

DESCRIPTION DU RESEAU

Le réseau inter-éolien permet de relier le transformateur, intégré dans le mât de chaque éolienne, au point de raccordement avec le réseau public. Ce réseau comporte également une liaison de télécommunication qui relie chaque éolienne au terminal de télésurveillance (Fibre Optique). Ces câbles constituent le réseau interne du parc éolien.

Le raccordement inter-éolien est assuré par un câblage électrique HTA en réseau sous-terrain (20 000 volts) enfoui à une profondeur de 80 à 100 cm. Pour chaque câble, des gaines blindées sont utilisées pour assurer la protection et réduire le niveau de rayonnement électromagnétique.

La figure ci-après présente une vue en coupe des tranchées sous les parcelles agricoles et sous les voies d'accès qui seront réalisées dans le cadre du projet éolien pour le raccordement interne.



Coupes générales des tranchées destinées à l'enfouissement des lignes électriques



Illustration d'une trancheuse en action, d'une tranchée et d'un poste de livraison (Source: Total Quadran).

L'itinéraire de ces câbles empruntera principalement les routes ainsi que les parcelles où seront implantées les éoliennes. Toutes les lignes électriques construites dans le cadre du parc seront enfouies. L'exploitant est propriétaire du réseau électrique inter-éolien jusqu'aux postes de livraison.

Le tableau ci-après renseigne sur la distribution du réseau électrique inter-éolien.

TRONÇON	LONGUEUR DU TRONÇON	COMMUNE
E1 – E2	1600 m en 240 mm ²	Beaune-la-Rolande
E2 – PDL1	1020 m en 240 mm ²	Beaune-la-Rolande
PDL2 – E3	550 m en 240 mm ²	Beaune-la-Rolande
E3 – E4	760 m en 240 mm ²	Beaune-la-Rolande
E4 – E5	700 m en 240 mm ²	Beaune-la-Rolande

La société Total Quadran dispose de la maîtrise foncière des parcelles concernées pour le raccordement inter-éolien.

CONFORMITE DU RESEAU ELECTRIQUE INTER-EOLIEN

Les installations seront exécutées selon les règles de l'art et répondront aux prescriptions du dernier Arrêté Interministériel connu déterminant les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les lignes d'énergie électrique (Arrêté du 17 mai 2001 modifié par l'arrêté du 26 avril 2002 et celui du 10 mai 2006).

La société Total Quadran s'engage à diligenter un contrôle technique en application des articles R323-30 et suivants du code l'énergie et de l'arrêté d'application du 14 janvier 2013 dans le respect des conditions prévues par cet arrêté.

Conformément aux articles R323-30 et suivants du code de l'énergie et de l'arrêté d'application du 14/01/2013, la société Total Quadran s'engage à transmettre au gestionnaire du réseau public de distribution d'électricité (ENEDIS) les informations permettant à ce dernier d'enregistrer la présence des lignes privées dans son SIG des ouvrages.

Par ailleurs, la société Total Quadran s'engage à inscrire le réseau privé sur le site du guichet unique de l'INERIS.

DEMARCHES PREALABLES ENTREPRISES PAR LE MAITRE D'OUVRAGE

Dans le cadre des travaux du parc éolien de Beaune-la-Rolande, la société Total Quadran a informé et obtenu l'accord des gestionnaires de voirie concernés par le projet et des propriétaires ainsi que les exploitants des terrains concernés. Des conventions de mise à disposition des voiries/terrains avec constitution de servitudes de passage ont été mises en place.

L'ensemble des gestionnaires de réseaux potentiellement présents sur le secteur du projet ont été consultés dans le cadre de l'avant-projet. Les consultations ont été réalisées notamment grâce à la plateforme réseaux et canalisation (<http://www.reseaux-et-canalisations.ineris.fr/>).

PLANS DU RESEAU ELECTRIQUE INTER-EOLIEN

Les plans détaillés de l'installation à l'échelle 1/25 000, 1/2 500 et 1/200 ou 1/1000, incluant les réseaux électriques inter-éolien sont joints séparément à la présente étude de dangers. Une carte générale est présentée au paragraphe IV.1.4.

c) Le poste de livraison

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

La structure correspond à 1 cabine préfabriquée, intégrant les différentes cellules de protection électrique, ainsi que les équipements de comptage énergétique, de contrôle et de surveillance de la qualité de l'énergie réinjectée dans le réseau de distribution publique. Elle reposera sur une dalle béton coulée sur un lit de sable et dans laquelle seront intégrés les fourreaux pour le passage des câbles. Cette dernière est équipée d'un dispositif de protection contre l'incendie.

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

Dans le cadre du parc éolien de Beaune-la-Rolande, 2 postes de livraison sont nécessaires. Ils seront implantés sur la commune de Beaune-la-Rolande.

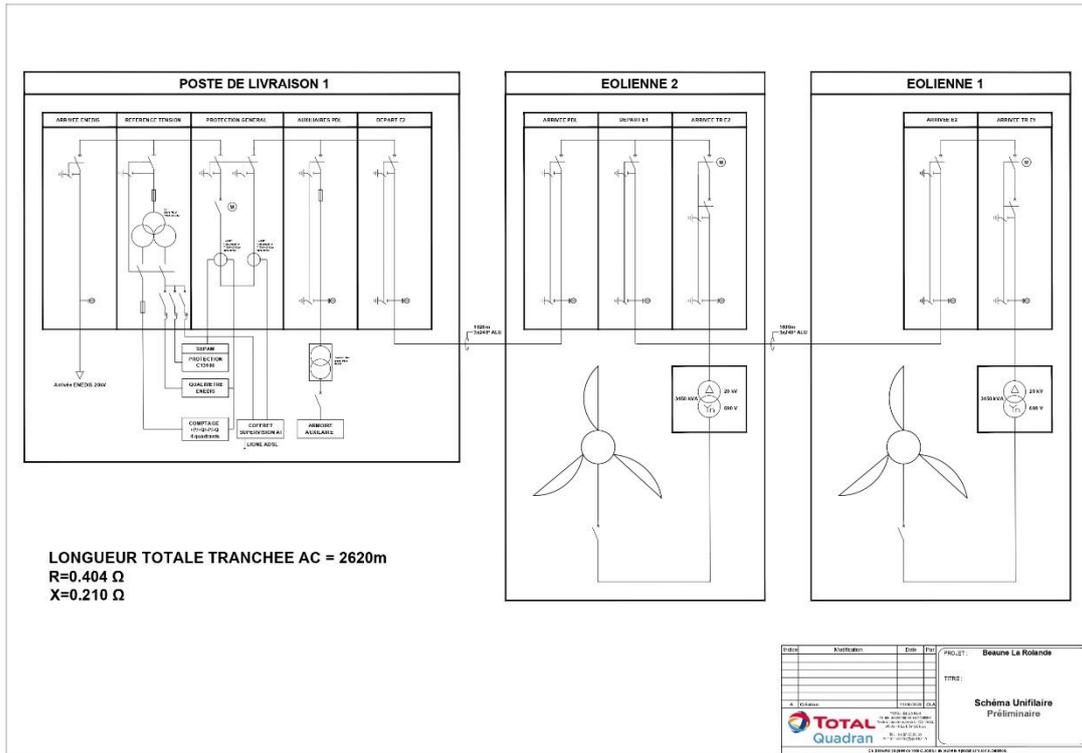


Schéma unifilaire du poste de livraison N°1

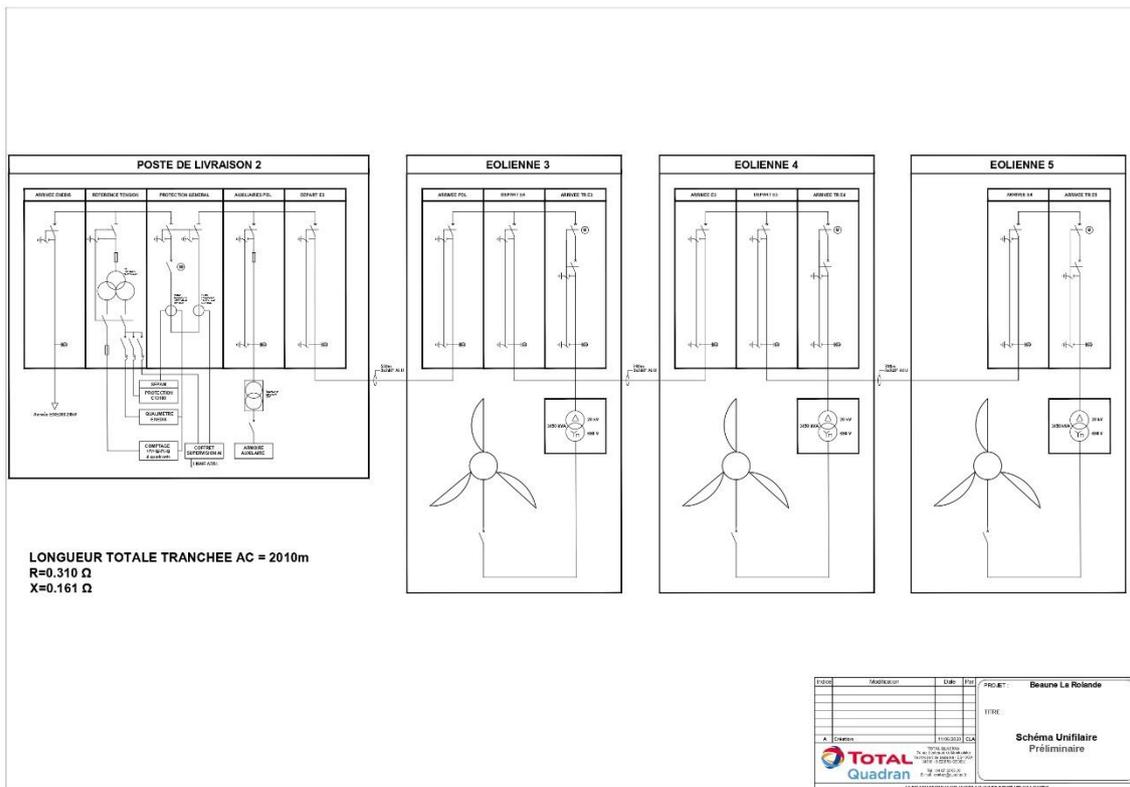


Schéma unifilaire du poste de livraison n°2

d) Le réseau électrique externe

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

Il est prévu dans le cadre de ce projet de se raccorder sur le poste source situé sur la commune de Beaune-la-Rolande, à environ 1,8 km de la zone d'étude et à 1,6 km du poste de livraison PDL 1 et PDL 2.

3.2 AUTRES RESEAUX

Le projet éolien de Beaune-la-Rolande ne comporte aucun réseau d'assainissement. De même, les éoliennes ne sont reliées à aucun réseau de gaz.

Deux captages d'eau potable sont présents sur la commune de Beaune-la-Rolande mais ne sont pas concernés par la zone d'étude.

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

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

1. IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS

1.1 POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX PRODUITS

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

Les produits identifiés dans le cadre du projet éolien de Beaune-la-Rolande 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,...).

Concernant la dangerosité des produits utilisés, les huiles et les graisses ne sont pas des produits inflammables. Ce sont néanmoins des produits combustibles qui sous l'effet d'une flamme ou d'un point chaud intense peuvent développer et entretenir un incendie.

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

Enfin, il n'existe ni gaz de substance explosive, ni stock de produits inflammables, ni appareil de combustion dans les aérogénérateurs. Les risques d'explosion ou chimique sont donc absents.

1.2 POTENTIELS DE DANGERS LIES AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

Les dangers liés au fonctionnement du projet éolien de Beaune-la-Rolande sont de cinq types :

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

Ces dangers potentiels sont recensés dans le tableau suivant :

INSTALLATION OU SYSTEME	FONCTION	PHENOMENE REDOUTE	DANGER POTENTIEL
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
		Chute de nacelle	Energie cinétique de chute
Rotor	Transformer l'énergie éolienne en énergie mécanique	Projection d'objets	Energie cinétique des objets

2. REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS A LA SOURCE

2.1 PRINCIPALES ACTIONS PREVENTIVES

AMENAGEMENT DU PARC EOLIEN

Le choix opéré pour l'implantation d'un parc éolien tient compte de la distance séparant les éoliennes entre-elles et des servitudes liées à la présence d'infrastructures voisines.

Ainsi, dans le cadre de la définition du projet éolien de Beaune-la-Rolande, les contraintes techniques et sécuritaires du site d'étude ont été prises en compte. Des distances minimales d'éloignement ont été respectées dont :

- 500 m vis-à-vis des premières habitations et des zones urbanisables ;
- 179 m vis-à-vis des lignes Haute Tension (HTB)
- 200 m vis-à-vis du faisceau hertzien

Ainsi, l'ensemble de ces considérations ont permis de réduire à la source les potentiels dangers liés au fonctionnement de l'installation.

Par ailleurs, il est rappelé que les aérogénérateurs sont équipés en série, de systèmes de sécurité qui contribuent également à réduire à la source les potentiels dangers liés au fonctionnement de l'installation (cf. IV.2.3.).

2.2 UTILISATION DES MEILLEURES TECHNIQUES DISPONIBLES

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

- remplacement de pales métalliques par des pales en matériaux composites, plus légères et moins sujettes aux phénomènes de fatigue ;

- dispositif d'orientation des pales permettant de fonctionner par vent faible et de diminuer les contraintes par vent fort ;
- dispositif aérodynamique d'arrêt en cas de survitesse ;
- dispositifs de surveillance des dysfonctionnements électriques (détecteur d'arcs notamment).

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

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

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

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

1. INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS EN FRANCE

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

L'inventaire des incidents et accidents *sus-cité* a été mis à jour dans le cadre de la présente étude de dangers.

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

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

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

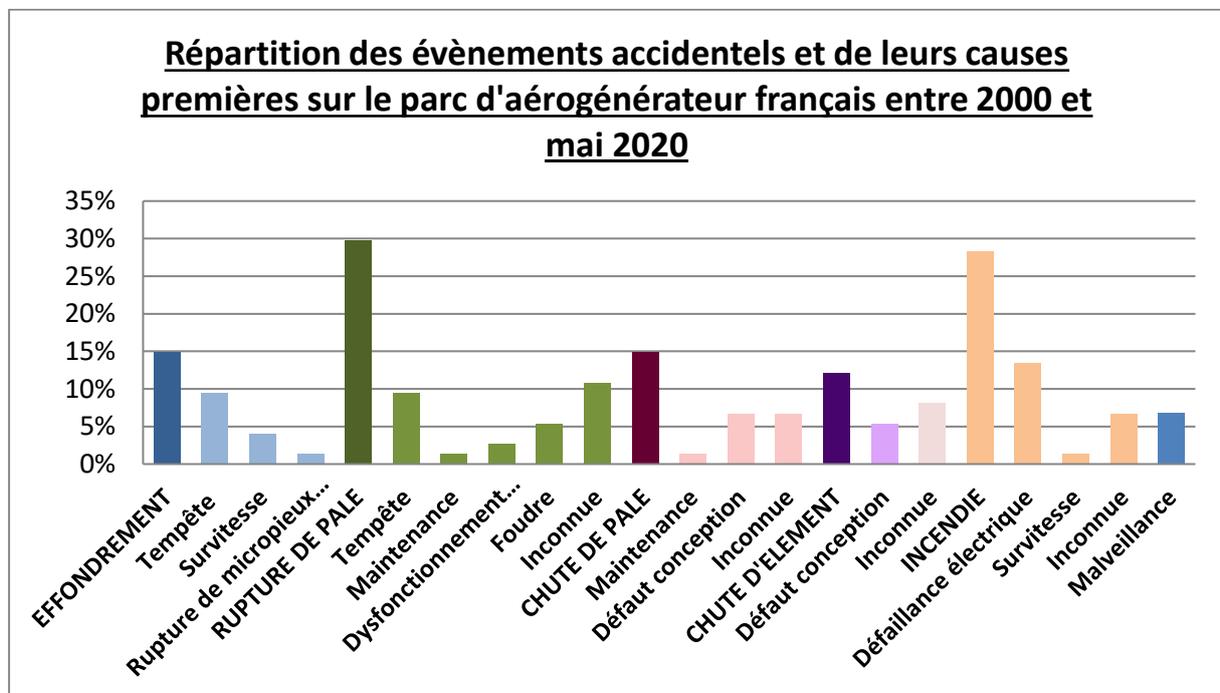
Dans l'état actuel, la base de données élaborée par le groupe de travail de SER/FEE ayant élaboré le guide technique d'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens et la mise à jour par la société Total Quadran, apparaît comme représentative des incidents majeurs ayant affecté le 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 86 incidents a pu être recensé entre 2000 et mai 2020 (voir tableau détaillé en annexe 3).

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'aérogénérateurs français entre 2000 et mai 2020. Cette synthèse exclut les accidents du travail (maintenance, chantier de construction, etc.) et les événements qui n'ont pas conduit à des effets sur les zones autour des aérogénérateurs.

Dans ce graphique sont présentés :

- la répartition des événements effondrement, rupture de pale, chute de pale, chute d'éléments et incendie, par rapport à la totalité des accidents observés en France. Elle est représentée 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. Elle est représentée par des histogrammes de couleur claire.



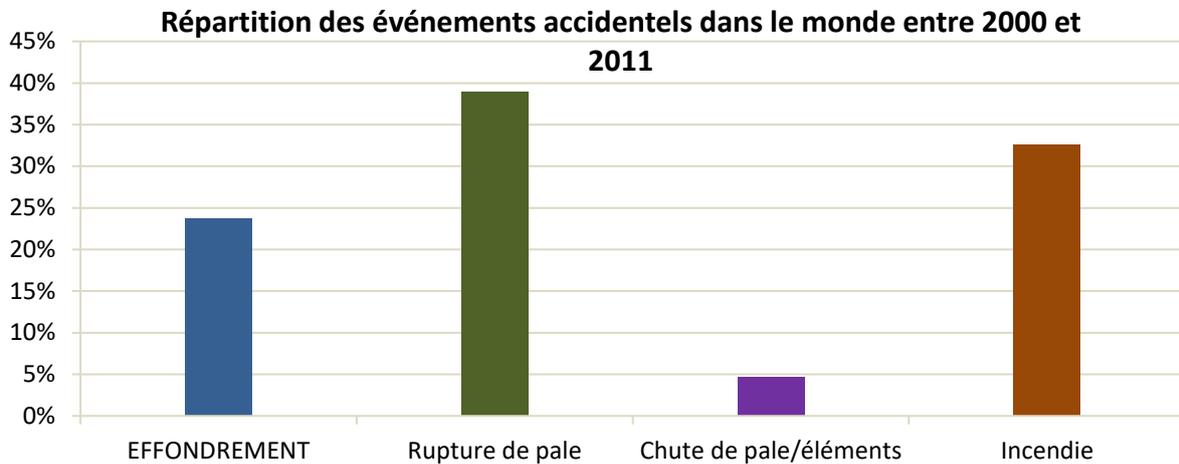
Par ordre d'importance, les accidents les plus recensés sont les ruptures de pale, les incendies, les effondrements, les chutes de pale et les chutes des autres éléments de l'éolienne. La principale cause de ces accidents est la tempête.

2. INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS A L'INTERNATIONAL

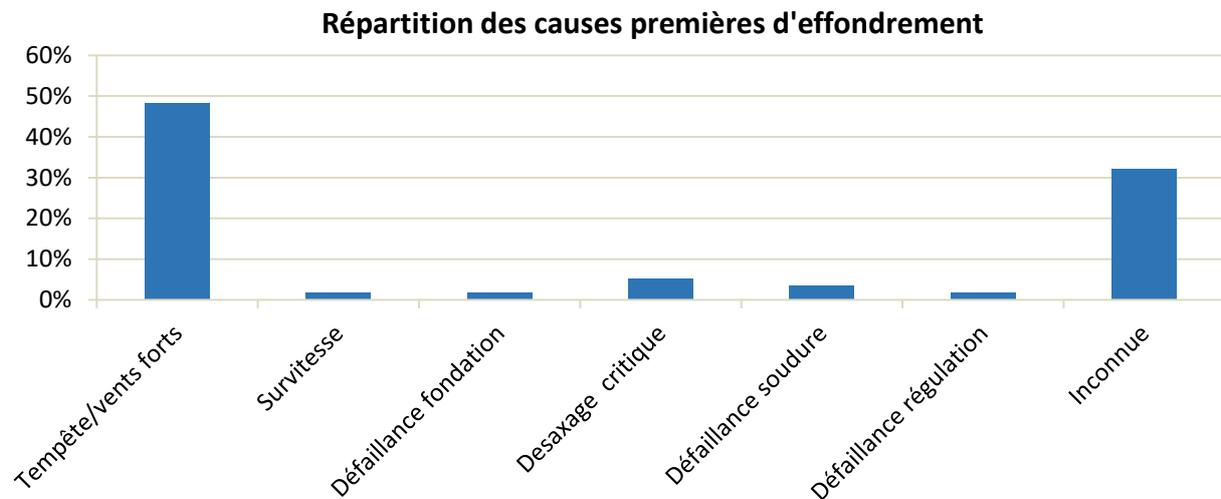
Un inventaire des incidents et accidents à l'international a également été réalisé dans le cadre de la réalisation du guide technique « Elaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens – Mai 2012 – INERIS/FEE ». Il se base sur le retour d'expérience de la filière éolienne fin 2010 et une synthèse provenant de l'analyse de la base de données réalisée par l'association Caithness Wind Information Forum (CWIF). Sur les 994 accidents décrits dans la base de données au moment de sa consultation par le groupe de travail précédemment mentionné, seuls 236 sont considérés comme des « accidents majeurs ». Les autres concernant plutôt des

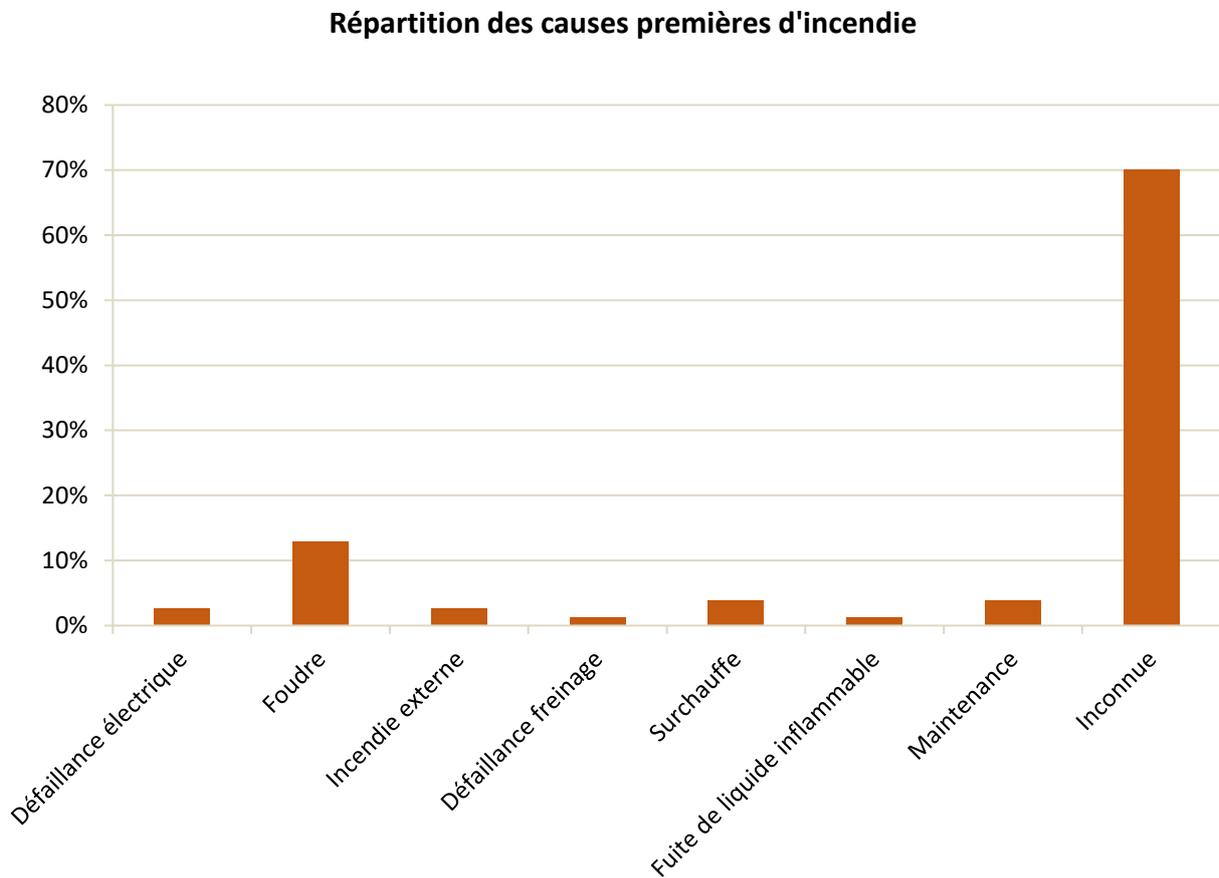
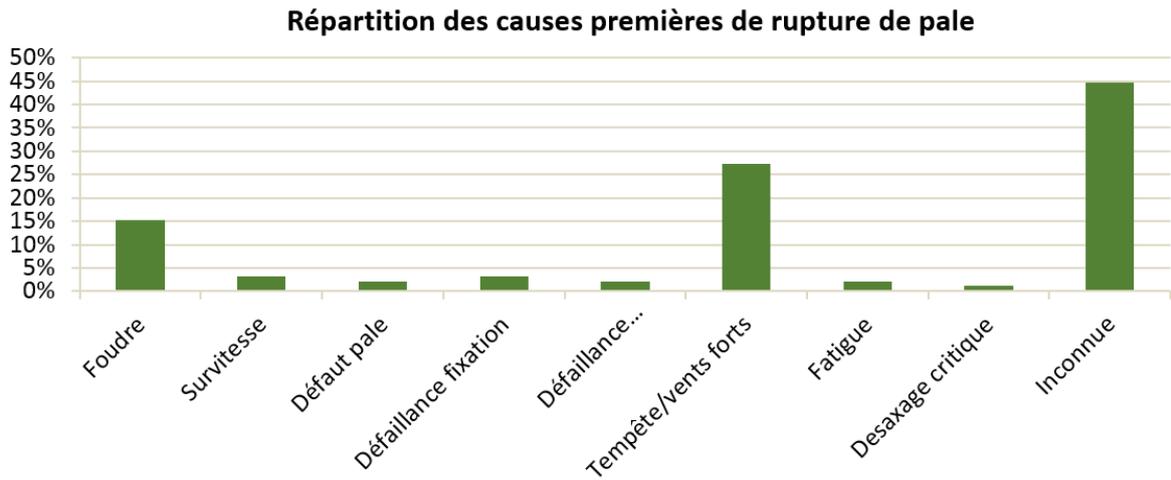
accidents du travail, des presque-accidents, des incidents, etc. et ne sont donc pas pris en compte dans l'analyse suivante.

Le graphique ci-dessous montre la répartition des événements accidentels par rapport à la totalité des accidents analysés.



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).

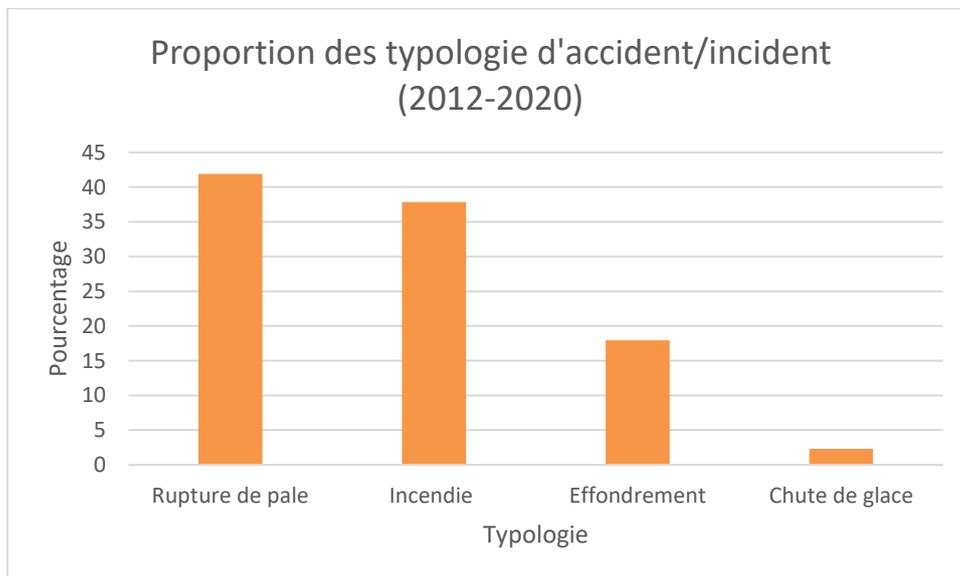
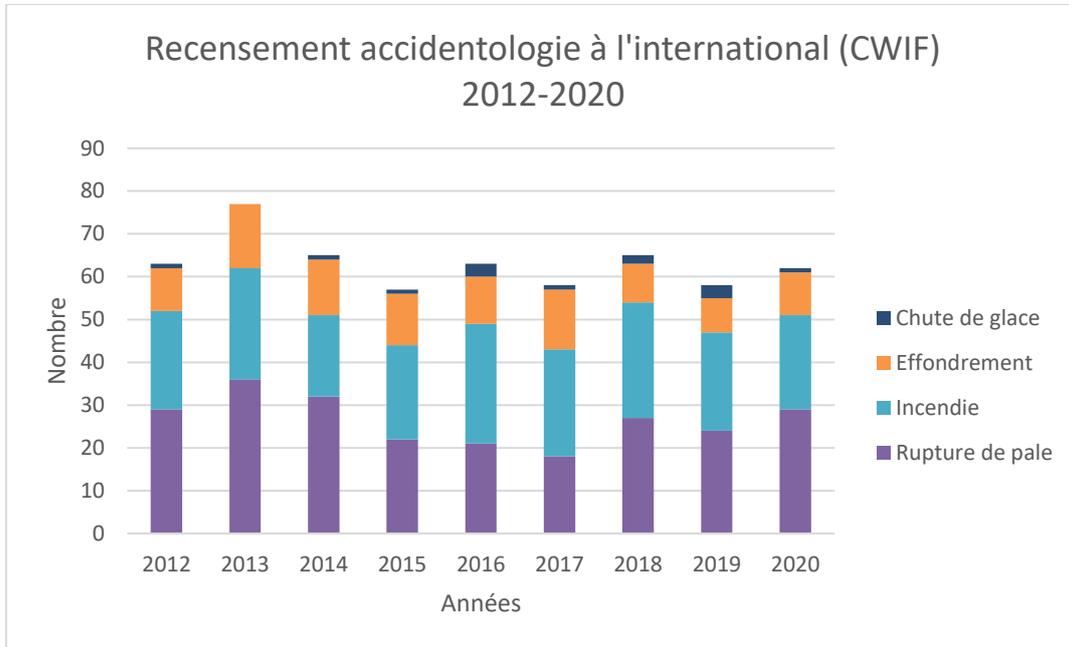




Tout comme pour le retour d'expérience français, ce retour d'expérience montre l'importance des causes « tempêtes et vents forts » dans les accidents. Il souligne également le rôle de la foudre dans les accidents.

Dans le cadre de la réalisation de la présente étude de dangers, de nouvelles données sont disponibles sur le site de l'association l'association Caithness Wind Information Forum (CWIF) et permettent de compléter les

informations ci-dessus avec les informations de la période 2012-2020. Les données montrent toujours que les principales causes d'accident sont la rupture de pale suivi de près par l'incendie.



3. INVENTAIRE DES ACCIDENTS MAJEURS SURVENUS SUR LES SITES DE L'EXPLOITANT

Dans le cadre de ses activités d'exploitation de parcs éoliens, le groupe Quadran recense 1 incident majeur n'ayant eu aucun dommage corporel. Il s'agit d'un incendie sur une éolienne du parc de Vent de Thiérache 02 localisé dans les Ardennes (08).

L'évènement initiateur de l'incident est un défaut électrique dans les câbles de puissance reliant la nacelle au transformateur de l'éolienne. Les éoliennes du parc de Vent de la Thiérache 02 sont des Nordex N100. A noter que le défaut a été corrigé sur l'ensemble des éoliennes de ce parc et que des mesures de sécurité supplémentaires (contrôle des câbles de puissance) sont désormais mis en place de manière systématique et périodique par le constructeur afin qu'un tel incident ne se reproduise pas.

Les principales caractéristiques de cet incident sont présentées dans le tableau suivant et en annexe 3.

ZONE D'EFFET	EVENEMENT INITIATEUR	PHENOMENE REDOUTE	ENSEIGNEMENTS TIRES
Limité à l'éolienne (nacelle et mât) avec une chute de débris de la machine sur un rayon de quelques centaines de mètres (débris épars et volume réduit) ainsi qu'une coulée d'huiles et graisse sur la tour de la turbine	Défaut électrique dans les câbles de puissance reliant la nacelle au transformateur de l'éolienne	L'incendie pouvant entraîner la projection et/ou la chute d'éléments de l'éolienne	Mise en place de contrôles supplémentaires

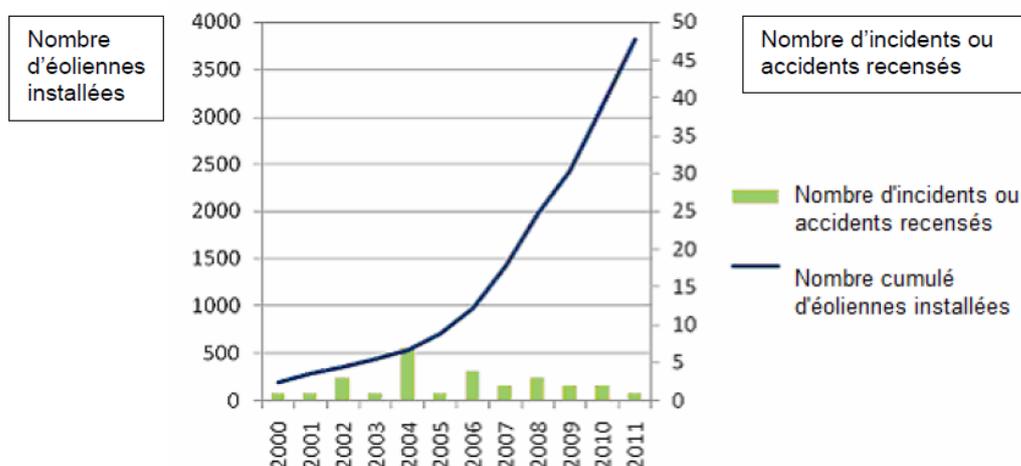
4. SYNTHÈSE DES PHÉNOMÈNES DANGEREUX REDOUTES ISSUS DU RETOUR D'EXPERIENCE

4.1 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.

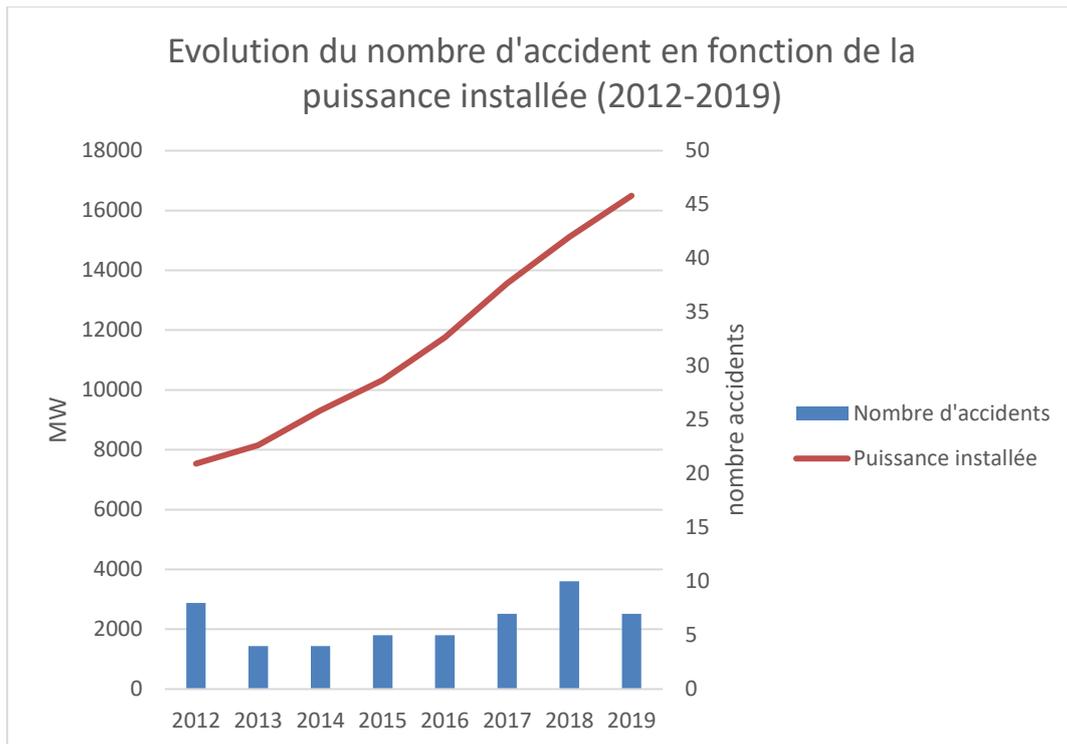
La figure ci-après, issue du guide technique « Elaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens – Mai 2012 – INERIS/FEE » montre cette évolution et il apparaît clairement que le nombre d'incidents n'augmente pas proportionnellement au nombre d'éoliennes installées. Depuis 2005, l'énergie éolienne s'est en effet fortement développée en France, mais le nombre d'incidents par an reste relativement constant.

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



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

Comme montré par le tableau détaillé en annexe 3, le nombre d'accident par année entre 2012 et 2019 varie entre 4 et 10 par an, avec une moyenne à 6,25. Il est donc en légère augmentation par rapport à la période 2000-2011 mais avec un nombre d'éoliennes installées qui continu à grandir de manière bien plus importante, comme le confirme le graphique ci-dessous qui lie sur la période 2012-2019 le nombre d'accidents à la puissance installée en France.



4.2 ANALYSE DES TYPOLOGIES D'ACCIDENTS LES PLUS FREQUENTS

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

- effondrements ;
- ruptures de pales ;
- chutes de pales et d'éléments de l'éolienne ;
- incendie.

5. LIMITES D'UTILISATION DE L'ACCIDENTOLOGIE

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

- la non-exhaustivité des événements : ce retour d'expérience, constitué à partir de sources variées, ne provient pas d'un système de recensement organisé et systématique. Dès lors certains événements ne

sont pas reportés. En particulier, les événements les moins spectaculaires peuvent être négligés : chutes d'éléments, projections et chutes de glace ;

- la non-homogénéité des aérogénérateurs inclus dans ce retour d'expérience : les aérogénérateurs observés n'ont pas été construits aux mêmes époques et ne mettent pas en œuvre les mêmes technologies. Les informations sont très souvent manquantes pour distinguer les différents types d'aérogénérateurs (en particulier concernant le retour d'expérience mondial) ;
- les importantes incertitudes sur les causes et sur la séquence qui a mené à un accident : de nombreuses informations sont manquantes ou incertaines sur la séquence exacte des accidents.

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

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

1. OBJECTIF DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

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

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

2. RECENSEMENT DES EVENEMENTS EXCLUS DE L'ANALYSE DES RISQUES

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

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

D'autre part, plusieurs autres agressions externes qui ont été détaillées dans l'état initial peuvent être exclues de l'analyse préliminaire des risques car les conséquences propres de ces événements, en termes de gravité et d'intensité, sont largement supérieures aux conséquences potentielles de l'accident qu'ils pourraient entraîner sur les aérogénérateurs.

Le risque de sur-accident lié à l'éolienne est considéré comme négligeable dans le cas des événements suivants :

- inondations ;
- séismes d'amplitude suffisante pour avoir des conséquences notables sur les infrastructures ;
- incendies de cultures ou de forêts ;

- pertes de confinement de canalisations de transport de matières dangereuses ;
- explosions ou incendies générés par un accident sur une activité voisine de l'éolienne.

3. RECENSEMENT DES AGRESSIONS EXTERNES POTENTIELLES

3.1 AGRESSIONS EXTERNES LIEES AUX ACTIVITES HUMAINES

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

INFRASTRUCTURE	FONCTION	EVENEMENT REDOUTE	DANGER POTENTIEL	PERIMETRE CONSIDERE	DISTANCE PAR RAPPORT AU MAT DES EOLIENNES
Voies de circulation structurantes	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Energie cinétique des véhicules et flux thermiques	200 m	Non concerné
Ligne HTA/HTB	Transport d'électricité	Rupture de câble	Arc électrique, surtensions	200 m	Non concerné
Autres aérogénérateurs (autres que le parc projeté)	Production d'électricité	Accident générant des projections d'éléments	Energie cinétique des éléments projetés	500 m	Non concerné
Aérodrome	Transport aérien	Chute d'aéronef	Energie cinétique de l'aéronef, flux thermique	2 000 m	Non concerné

Les agressions externes potentielles liées aux activités humaines sont considérées comme faibles dans le cadre du projet éolien de Beaune-la-Rolande.

3.2 AGRESSIONS EXTERNES LIEES AUX PHENOMENES NATURELS

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

AGRESSION EXTERNE	INTENSITE
Vents et tempête	La zone d'étude n'est pas concernée par le risque de tempête.
Foudre	1,7 Ng (moyenne nationale comprise entre 1,5 et 2,5 Ng) Respect de la norme IEC 61 400-24 (juin 2010).
Glissements de sols/affaissement miniers	Présence d'une cavité à 360m de l'éolienne E3 : risque modéré
Retrait-gonflement des argiles	Aléa modéré à fort

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

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

Concernant les risques d'affaissement miniers et de retrait-gonflement des argiles, comme précisé en page 26 de la présente étude, ils seront pris en compte par une adaptation des fondations des éoliennes qui seront

précisées suite à la réalisation d'une étude géotechnique comprenant des forages dans le sol et le sous-sol. Cette étude sera réalisée après l'obtention des autorisations administratives du projet et préalablement à la phase travaux de construction du parc, afin d'adapter le dimensionnement des fondations. Elle permettra d'évaluer la portance du sol et ainsi d'adapter le type de béton utilisé, son dimensionnement ou encore envisager une réhausse en cas de présence avérée de risque de remontée de cave/nappe. Ces risques ne présentent pas de danger important ou de caractère d'incompatibilité avec le projet puisque l'adaptation des fondations permettra de prendre en compte ces risques.

4. SCENARIOS ETUDIES DANS L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

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

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

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

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

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

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

Des précisions sur les différents scénarios décrits dans ce tableau sont disponibles en annexe 4.

A noter que les aléas retrait/gonflement des argiles et risque inondation de cave ne sont pas retenus pour la présente analyse. En effet, les 5 scénarios étudiés dans une étude de dangers ne sont pas liés à ces aléas puisque les fondations des éoliennes seront adaptées grâce à l'étude géotechnique, permettant ainsi de rendre ces risques non significatifs.

N°	EVENEMENT INITIATEUR	EVENEMENT INTERMEDIAIRE	EVENEMENT REDOUTE CENTRAL	FONCTION DE SECURITE	PHENOMENE DANGEREUX	INTENSITE
G01	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales, le mât et la nacelle	Chute de glace lorsque les éoliennes sont arrêtées	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace (N°2)	Impact de glace sur les enjeux	1
G02	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales	Projection de glace lorsque les éoliennes sont en mouvement	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de la glace (N°1)	Impact de glace sur les enjeux	2
I01	Humidité / Gel	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (N°5)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I02	Dysfonctionnement électrique	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (N°5)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I03	Survitesse	Echauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3) Prévenir la survitesse (N°4)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I04	Désaxage de la génératrice / Pièce défectueuse / Défaut de lubrification	Echauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I05	Conditions climatiques humides	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2
I06	Rongeur	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2
I07	Défaut d'étanchéité	Perte de confinement	Fuites d'huile isolante	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Incendie au poste de transformation Propagation de l'incendie	2
F01	Fuite système de lubrification Fuite convertisseur Fuite transformateur	Ecoulement hors de la nacelle et le long du mât, puis sur le sol avec infiltration	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
F02	Renversement de fluides lors des opérations de maintenance	Ecoulement	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
C01	Défaut de fixation	Chute de trappe	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Impact sur cible	1
C02	Défaillance fixation anémomètre	Chute anémomètre	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction/exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	1

N°	EVENEMENT INITIATEUR	EVENEMENT INTERMEDIAIRE	EVENEMENT REDOUTE CENTRAL	FONCTION DE SECURITE	PHENOMENE DANGEREUX	INTENSITE
C03	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
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	Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	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) Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de cyclones dans les zones cycloniques (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

5. EFFETS DOMINOS

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

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

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

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

6. MISE EN PLACE DES MESURES DE SECURITE

Les tableaux suivants ont pour objectif de synthétiser les fonctions de sécurité identifiées et mises en œuvre sur le futur parc éolien de Beaune-la-Rolande. Dans le cadre de la présente étude de dangers, les fonctions de sécurité sont détaillées selon les critères suivants :

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

à partir d'une situation de survitesse seront réalisés avant la mise en service de l'aérogénérateur. Dans tous les cas, les tests effectués sur les mesures de maîtrise des risques seront tenus à la disposition de l'inspection des installations classées pendant l'exploitation de l'installation ;

- Maintenance (fréquence) : ce critère porte sur la périodicité des contrôles qui permettront de vérifier la performance de la mesure de maîtrise des risques dans le temps. Pour rappel, la réglementation demande qu'à minima : un contrôle tous les ans soit réalisé sur la performance des mesures de sécurité permettant de mettre à l'arrêt, à l'arrêt d'urgence et à l'arrêt à partir d'une situation de survitesse et sur tous les systèmes instrumentés de sécurité.

FONCTION DE SECURITE	PREVENIR LA MISE EN MOUVEMENT DE L'ÉOLIENNE LORS DE LA FORMATION DE GLACE	N° DE LA FONCTION DE SECURITE	1
Mesures de sécurité	Système de détection ou de déduction de la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. Procédure adéquate de redémarrage.		
Description	Chaque aérogénérateur est équipé en standard d'un système de détection, qui permet d'efficacement détecter la présence de givre aussi bien sur une éolienne en rotation que sur une éolienne à l'arrêt. Le redémarrage peut ensuite se faire soit automatiquement après disparition des conditions de givre, soit manuellement après inspection visuelle sur site. Tous les arrêts et redémarrages des éoliennes sont enregistrés et répertoriés dans le système SCADA.		
Indépendance	Oui.		
Temps de réponse	Quelques minutes (<60 min.) conformément à l'article 25 de l'arrêté du 26 août 2011 (modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 – art.19).		
Efficacité	100%		
Tests	Tests menés par le concepteur au moment de la construction de l'éolienne.		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

FONCTION DE SECURITE	PREVENIR L'ATTEINTE DES PERSONNES PAR LA CHUTE DE GLACE	N° DE LA FONCTION DE SECURITE	2
Mesures de sécurité	Panneautage en pied de machine, sur le poste de livraison, ainsi que sur les voies d'accès au parc. Eloignement des zones habitées et fréquentées.		
Description	Mise en place de panneaux informant de la possible formation de glace en pied de machines conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011 (modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 – art.10).		
Indépendance	Oui.		
Temps de réponse	NA.		
Efficacité	100% 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 SECURITE	PREVENIR L'ECHAUFFEMENT SIGNIFICATIF DES PIECES MECANIQUES	N° DE LA FONCTION DE SECURITE	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	Tous les principaux composants sont équipés de capteurs de température. Un certain nombre de seuils sont prédéfinis dans le système de contrôle de l'éolienne. En cas de dépassement de seuils (caractéristiques sur chaque type d'aérogénérateur, type de composant et prédéfinis), des codes d'état associés à des alarmes sont activés et peuvent, le cas échéant, entraîner un ralentissement de la machine (bridage préventif) voire un arrêt de la machine. Tout phénomène anormal est automatiquement répertorié, tracé via le système SCADA du parc et donne lieu à des analyses et si nécessaire interventions de maintenance sur site afin de corriger les problèmes constatés.		
Indépendance	Oui.		
Temps de réponse	NA.		
Efficacité	100%		
Tests	Vérification à chaque maintenance de la cohérence des valeurs des capteurs dédiés.		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 (modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 – art.13), Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

FONCTION DE SECURITE	PREVENIR LA SURVITESSE	N° DE LA FONCTION DE SECURITE	4
Mesures de sécurité	Détection de survitesse et système de freinage.		
Description	Systèmes de coupure s'enclenchant en cas de dépassement des seuils de vitesse prédéfinis, indépendamment du système de contrôle commande. Le système de freinage est constitué d'un frein aérodynamique principal (mise en drapeau des pales) et d'un frein mécanique auxiliaire. Le frein aérodynamique est assuré par trois pales de l'éolienne, chacune équipée de contrôleurs indépendants, de moteurs de calage et d'alimentation de secours, assurant un niveau élevé de redondance. Le freinage aérodynamique devient effectif en pivotant les pales jusqu'à la position dite en drapeau, avec la possibilité d'obtenir différentes vitesses de calage pour éviter les efforts trop importants. Chaque système de calage est complètement indépendant. En cas de perte de réseau, les moteurs de calage sont alimentés par des jeux d'accumulateurs. La force de freinage liée au réglage d'une seule pale est suffisante pour ralentir l'éolienne à une vitesse sécurisée. Le système de freinage est donc trois fois redondant. Le système de freinage du rotor mécanique est installé sur l'arbre rapide. Il est activé en cas de défaillance partielle ou totale des systèmes de sécurité principaux et arrête le rotor conjointement au système de réglage des pales. Il est également utilisé pour immobiliser le rotor une fois celui-ci arrêté par le système de freinage aérodynamique afin de sécuriser les opérations de maintenance. Le système de freinage est conçu pour remplir la fonction « <i>fail safe</i> ». Cela signifie qu'en cas de dysfonctionnement d'un composant du système, l'éolienne est arrêtée en toute sécurité. La remise en marche n'est admissible que si la cause qui a entraîné son déclenchement a été éliminée.		

FONCTION DE SECURITE	PREVENIR LA SURVITESSE	N° DE LA FONCTION DE SECURITE	4
Indépendance	<p>Oui.</p> <p>Ces systèmes s'appuient sur des fonctions et des appareils propres à l'exploitation du parc (régulation d'angle des pales).</p> <p>Le système de détection de survitesse est un système mécanique indépendant dont la fonction est dédiée à la sécurité.</p> <p>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.</p>		
Temps de réponse	<p>Temps de détection < 1 minute.</p> <p>L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur conformément aux dispositions de l'arrêté du 26 août 2011.</p>		
Efficacité	100%		
Tests	<p>Test d'arrêt simple, d'arrêt d'urgence et de la procédure d'arrêt en cas de survitesse avant la mise en service des aérogénérateurs conformément à l'article 17 de l'arrêté du 26 août 2011 (modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 – art.12).</p>		
Maintenance	<p>Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 (modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 – art.13).</p> <p>Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.</p>		

FONCTION DE SECURITE	PREVENIR LES COURTS-CIRCUITS	N° DE LA FONCTION DE SECURITE	5
Mesures de sécurité	<p>Coupe de la transmission électrique en cas de fonctionnement anormal d'un composant électrique.</p>		
Description	<p>Les organes et armoires électriques de l'éolienne sont équipés d'organes de coupures et de protection adéquats et correctement dimensionnés.</p> <p>Tout 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.</p>		
Indépendance	Oui.		
Temps de réponse	De l'ordre de la seconde.		
Efficacité	100%		
Tests	/		
Maintenance	<p>Des vérifications de tous les composants électriques ainsi que des mesures d'isolement et de serrage des câbles sont intégrées dans la plupart des mesures de maintenance préventive mises en œuvre.</p> <p>Les installations électriques sont contrôlées avant la mise en service du parc puis à une fréquence annuelle, conformément à l'article 10 de l'arrêté du 26 août 2011 (modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 – art.8).</p>		

FONCTION DE SECURITE	PREVENIR LES EFFETS DE LA Foudre	N° DE LA FONCTION DE SECURITE	6
Mesures de sécurité	<p>Mise à la terre et protection des éléments de l'aérogénérateur.</p>		
Description	<p>L'éolienne est pourvue d'une installation de protection anti-foudre et satisfait au degré de protection défini dans la norme internationale IEC 61024-1 II. La foudre est capturée par des récepteurs dans les pales du rotor et déviée depuis le rotor vers le mât via des contacts glissants et des éclateurs au niveau du moyeu et du châssis de la nacelle. Le courant de foudre est ainsi évacué dans le sol via des prises de terre de fondation.</p>		

FONCTION DE SECURITE	PREVENIR LES EFFETS DE LA Foudre	N° DE LA FONCTION DE SECURITE	6
	Des parasurtenseurs sont présents sur les circuits électriques BT.		
Indépendance	Oui.		
Temps de réponse	Immédiat dispositif passif.		
Efficacité	100%		
Tests	La valeur de mise à la terre est contrôlée avant la mise en service.		
Maintenance	Contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre inclus dans les opérations de maintenance. L'installation est mise à la terre pour prévenir les risques de foudre conformément à l'article 9 de l'arrêté du 26 août 2011 (modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 – art. 7).		

FONCTION DE SECURITE	PROTECTION ET INTERVENTION INCENDIE	N° DE LA FONCTION DE SECURITE	7
Mesures de sécurité	Capteurs de températures sur les principaux composants de l'éolienne pouvant permettre, en cas de dépassement des seuils, la mise à l'arrêt de la machine. Système de détection incendie relié au système SCADA qui émet une alarme au centre de contrôle. Intervention des services de secours		
Description	<p>Détecteurs de fumée qui lors de leur déclenchement conduisent à la mise en arrêt de la machine et au découplage du réseau électrique. De manière concomitante, un message d'alarme est envoyé au centre de télésurveillance, qui se charge de contacter les services d'urgence compétents.</p> <p>En outre, un système de détection incendie relié à une alarme est mis en œuvre : des détecteurs sont placés au voisinage des principaux composants électriques (transformateur, convertisseur, génératrice) et permettent, en cas de détection :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ d'arrêter l'éolienne ; ▪ d'émettre une alarme sonore afin d'informer les éventuelles équipes de maintenance en cours d'intervention dans l'éolienne ; ▪ d'émettre une alarme informant immédiatement de la survenance de l'incendie, ce qui peut lui permettre d'informer les services de secours. <p>A noter que si un incendie se déclare en nacelle ou dans le mât, le système de freinage principal de l'éolienne (frein aérodynamique par pitch) reste fonctionnel et permet la mise en arrêt de l'éolienne. Si un incendie se déclare dans le moyeu, il est considéré comme improbable qu'il entraîne simultanément, sans défaillance préalable et sans signe avant-coureur la mise hors d'état des trois systèmes autonomes et indépendants de pitch. De plus, le système de freinage secondaire d'urgence par le frein mécanique sur l'arbre du rotor ne pourrait être affecté instantanément par un incendie dans le moyeu. L'éolienne est également équipée d'extincteurs qui peuvent être utilisés par les personnels d'intervention (cas d'un incendie se produisant en période de maintenance).</p>		
Indépendance	Oui.		
Temps de réponse	<p>< 1 minute pour les détecteurs et l'enclenchement de l'alarme.</p> <p>L'exploitant 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. Concernant le temps d'intervention des services de secours, la caserne de pompier la plus proche est située sur la commune de Beaune-la-Rolande (rue de Puiseaux) soit à environ 1,8 km du site du projet. Ainsi le délai d'intervention sur site est d'environ 12 min (temps de trajet et de lancement de l'intervention).</p>		
Efficacité	100%		
Tests	/		

FONCTION DE SECURITE	PROTECTION ET INTERVENTION INCENDIE	N° DE LA FONCTION DE SECURITE	7
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 (modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 – art.13). Maintenance curative suite à une défaillance du matériel.		
FONCTION DE SECURITE	PREVENTION ET RETENTION DES FUITES	N° DE LA FONCTION DE SECURITE	8
Mesures de sécurité	DéTECTEURS de niveau d'huiles. Procédure d'urgence. Kit antipollution.		
Description	De nombreux détecteurs de niveau d'huile permettant de détecter les éventuelles fuites d'huile et d'arrêter l'éolienne en cas d'urgence sont présents dans l'éolienne. Les opérations de vidange font l'objet de procédures spécifiques. Dans tous les cas, le transfert des huiles s'effectue de manière sécurisée via un système de tuyauterie et de pompes directement entre l'élément à vidanger et le camion de vidange. Des kits de dépollution d'urgence composés de grandes feuilles de textile absorbant pourront être utilisés afin : <ul style="list-style-type: none"> ▪ de contenir et arrêter la propagation de la pollution ; ▪ d'absorber jusqu'à 20 litres de déversements accidentels de liquides (huile, eau, alcools ...) et produits chimiques (acides, bases, solvants ...) ▪ de récupérer les déchets absorbés. Si ces kits de dépollution s'avèrent insuffisants, une société spécialisée récupérera et traitera le gravier souillé via les filières adéquates, puis le remplacera par un nouveau revêtement.		
Indépendance	Oui.		
Temps de réponse	Dépendant du débit de fuite.		
Efficacité	100%		
Tests	/		
Maintenance	Inspection des niveaux d'huile plusieurs fois par an.		

FONCTION DE SECURITE	PREVENIR LES DEFAUTS DE STABILITE DE L'EOLIENNE ET LES DEFAUTS D'ASSEMBLAGE (CONSTRUCTION – EXPLOITATION)	N° DE LA FONCTION DE SECURITE	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 « <i>Exigence pour la conception des aérogénérateurs</i> » fixe les prescriptions propres à fournir « <i>un niveau approprié de protection contre les dommages résultant de tout risque durant la durée de vie</i> » de l'éolienne. Ainsi la nacelle, 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. Les procédures de certification-type des aérogénérateurs, couplées aux procédures de qualification fournisseurs, contrôles qualité, respect scrupuleux des instructions de montage et maintenance des machines, permettent d'assurer un niveau de sécurité important.		
Indépendance	Oui.		
Temps de réponse	NA.		
Efficacité	100%		
Tests	NA.		

FONCTION DE SECURITE	PREVENIR LES DEFAUTS DE STABILITE DE L'ÉOLIENNE ET LES DEFAUTS D'ASSEMBLAGE (CONSTRUCTION – EXPLOITATION)	N° DE LA FONCTION DE SECURITE	9
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, boulons de fixation de la nacelle...) sont vérifiés au bout de 3 mois de fonctionnement puis tous les 3 ans, conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 (modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 – art.13).		

FONCTION DE SECURITE	PREVENIR LES ERREURS DE MAINTENANCE	N° DE LA FONCTION DE SECURITE	10
Mesures de sécurité	Procédure maintenance.		
Description	Préconisations du manuel de maintenance. Formation du personnel de manière à prévenir les erreurs de maintenance. Total Quadran s'engage à proposer une formation au personnel intervenant sur site, dans le respect de l'article 5 de l'arrêté ministériel du 26 août 2011. Un groupe de travail est en cours afin de proposer un protocole de formation, validé par la DREAL, qui sera ensuite dispensé aux équipes d'exploitation et maintenance de Total Quadran.		
Indépendance	Oui.		
Temps de réponse	NA.		
Efficacité	100%		
Tests	/		
Maintenance	NA.		

FONCTION DE SECURITE	PREVENIR LA DEGRADATION DE L'ÉTAT DES EQUIPEMENTS	N° DE LA FONCTION DE SECURITE	11
Mesures de sécurité	Inspection.		
Description	Toutes les pièces de l'éolienne sont protégées contre la corrosion et les autres influences néfastes de l'environnement au moyen d'un revêtement spécial à plusieurs couches. Des fonctions d'alarme sont intégrées en cas de dégradation anormale des performances aérodynamique de l'éolienne (ce qui peut être causé par une dégradation des pales).		
Indépendance	Oui.		
Temps de réponse	NA.		
Efficacité	100%		
Tests	/		
Maintenance	Des contrôles visuels sont prévus lors de toutes les maintenances préventives, suivant les préconisations du manuel de maintenance.		

FONCTION DE SECURITE	PREVENIR LES RISQUES DE DEGRADATION DE L'ÉOLIENNE EN CAS DE VENT FORT	N° DE LA FONCTION DE SECURITE	12
Mesures de sécurité	Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents. Détection et prévention des vents forts et tempêtes. Arrêt automatique et diminution de la prise au vent de l'éolienne (mise en drapeau progressive des pâles) par le système de conduite.		
Description	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.		

FONCTION DE SECURITE	PREVENIR LES RISQUES DE DEGRADATION DE L'ÉOLIENNE EN CAS DE VENT FORT	N° DE LA FONCTION DE SECURITE	12
	L'éolienne est mise à l'arrêt progressivement si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale pour laquelle elle a été conçue.		
Indépendance	Oui.		
Temps de réponse	< 1 min.		
Efficacité	100%.		
Tests	Un test d'arrêt de survitesse est réalisé avant la mise en service de l'éolienne.		
Maintenance	La procédure de maintenance inclu les tests d'arrêt de survitesse.		

L'ensemble des procédures de maintenance et des contrôles d'efficacité des systèmes sera conforme à l'arrêté du 26 août 2011 ainsi qu'à l'arrêté modificatif du 22 juin 2020.

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

7. CONCLUSION DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

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

NOM DU SCENARIO EXCLU	JUSTIFICATION
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 m 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) seront mineurs ou inexistant du fait notamment de la structure en béton. De plus, la réglementation encadre déjà largement la sécurité de ces installations (l'arrêté du 26 août 2011 [9] et impose le respect des normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200).
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'une nappe phréatique.

Les cinq catégories de scénarios étudiées dans l'étude détaillée des risques du projet éolien de Beaune-la-Rolande sont les suivantes :

- projection de tout ou une partie de pale ;
- effondrement de l'éolienne ;
- chute d'éléments de l'éolienne ;
- chute de glace ;
- projection de glace.

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

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

1. RAPPEL DES DEFINITIONS

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

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

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

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

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

Afin de pouvoir présenter des éléments au sein de cette étude de dangers, il est proposé de recourir à la méthode ad hoc préconisée par le guide technique 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.

1.1 CINETIQUE

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

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

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

1.2 INTENSITE

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

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

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

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

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

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

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

INTENSITE	DEGRE D'EXPOSITION
Exposition très forte	Supérieur à 5%
Exposition forte	Compris entre 1% et 5%
Exposition modérée	Inférieur à 1%

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

1.3 GRAVITE

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

INTENSITE GRAVITE	ZONE D'EFFET D'UN EVENEMENT ACCIDENTEL ENGENDRANT UNE EXPOSITION TRES FORTE	ZONE D'EFFET D'UN EVENEMENT ACCIDENTEL ENGENDRANT UNE EXPOSITION FORTE	ZONE D'EFFET D'UN EVENEMENT ACCIDENTEL ENGENDRANT UNE EXPOSITION MODEREE
« Désastreuse »	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
« Importante »	Au plus 1 personne exposée	Entre 1 et 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées

INTENSITE GRAVITE	ZONE D'EFFET D'UN EVENEMENT ACCIDENTEL ENGENDRANT UNE EXPOSITION TRES FORTE	ZONE D'EFFET D'UN EVENEMENT ACCIDENTEL ENGENDRANT UNE EXPOSITION FORTE	ZONE D'EFFET D'UN EVENEMENT ACCIDENTEL ENGENDRANT UNE EXPOSITION MODEREE
« Sérieuse »	Aucune personne exposée	Au plus 1 personne exposée	Moins de 10 personnes exposées
« Modérée »	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 »

1.4 PROBABILITE

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

NIVEAU	ECHELLE QUALITATIVE	ECHELLE QUANTITATIVE (PROBABILITE 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 événement accidentel identifié pour une éolienne est déterminée en fonction :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$P_{\text{présence}}$ = 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'événement redouté central (P_{ERC}) a été retenue.

Les calculs des probabilités d'atteinte sont détaillés en annexe 5.

1.5 ACCEPTABILITE

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

GRAVITE DES CONSEQUENCES	CLASSE DE PROBABILITE				
	E	D	C	B	A
DESASTREUSE	Orange	Rouge	Rouge	Rouge	Rouge
CATASTROPHIQUE	Orange	Orange	Rouge	Rouge	Rouge
IMPORTANTE	Orange	Orange	Orange	Rouge	Rouge
SERIEUSE	Vert	Vert	Orange	Orange	Rouge
MODEREE	Vert	Vert	Vert	Vert	Orange

Légende de la matrice :

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

Il y a trois niveaux de risques possibles selon la combinaison « *Gravité* » x « *Probabilité* » de chaque évènement dangereux : Très faible, Faible ou Important. Deux niveaux d'acceptabilité en ressortent : Acceptable et Non-acceptable. Ainsi, le positionnement des phénomènes dangereux identifiés pour ce parc éolien dans cette matrice de criticité permet de les hiérarchiser et d'identifier l'acceptabilité de chacun d'entre eux.

2. CARACTERISATION DES SCENARIOS RETENUS

2.1 EFFONDREMENT DE L'ÉOLIENNE

ZONE D'EFFET

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

Dans le cadre du projet éolien Beaune-la-Rolande, la zone d'effet est de 148 m.

Cette méthodologie se rapproche de celles utilisées dans la bibliographie (références [5] et [6]). Les risques d'atteinte d'une personne ou d'un bien en dehors de cette zone d'effet sont négligeables et ils n'ont jamais été relevés dans l'accidentologie ou la littérature spécialisée.

INTENSITE

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène d'effondrement de l'éolienne dans le cas du projet éolien Beaune-la-Rolande.

EFFONDREMENT DE L'ÉOLIENNE (DANS UN RAYON INFÉRIEUR OU ÉGAL À 150 M)				
Eolienne	Zone d'impact (Zi) ¹	Zone d'effet (Ze) ²	Degré d'exposition (De) ³	Intensité
E1	701,60 m ²	70 685,83 m ²	0,99 %	Modéré
E2	701,60 m ²	70 685,83 m ²	0,99 %	Modéré
E3	701,60 m ²	70 685,83 m ²	0,99 %	Modéré
E4	701,60 m ²	70 685,83 m ²	0,99 %	Modéré
E5	701,60 m ²	70 685,83 m ²	0,99 %	Modéré

(1) $Zi = (H \times L) + (3 \times R \times (LB/2))$ (2) $Ze = (\pi \times (Ht)^2)$ (3) $De = (Zi/Ze) \times 100$ avec H la hauteur du mât (H = 89,6 m), R la longueur de la pale (R = 57,2 m), Ht la hauteur totale en bout de pale (H = 150 m), L la largeur du mât (L = 4 m) et LB la largeur à la base de la pale (LB = 4 m).

Dans le cadre du projet éolien de Beaune-la-Rolande, **l'intensité du phénomène d'effondrement de l'éolienne est modérée**. Au-delà de la zone d'effondrement, l'intensité du phénomène est nulle.

GRAVITE

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

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

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

EFFONDREMENT DE L'ÉOLIENNE (DANS UN RAYON INFÉRIEUR OU ÉGAL À 150 M)		
Eolienne	Equivalents personnes permanentes*	Gravité
E1	0,08	Modérée
E2	0,08	Modérée
E3	0,08	Modérée
E4	0,08	Modérée
E5	0,07	Modérée

* Le détail des Equivalents Personnes Permanentes par éolienne est présenté en annexe 2.

Dans le cadre du projet éolien de Beaune-la-Rolande, la gravité du phénomène d'effondrement de l'éolienne est modérée.

PROBABILITE

Pour l'effondrement d'une éolienne, les valeurs retenues dans la littérature sont détaillées dans le tableau ci-après.

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

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

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

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

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

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

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

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

De manière générale, le respect des prescriptions de l'arrêté du 26 août 2011 (modifié par l'arrêté du 22 juin 2020) relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation permet de s'assurer que les éoliennes font l'objet de mesures réduisant significativement la probabilité d'effondrement.

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

ACCEPTABILITE

Le tableau ci-après rappelle, pour chaque aérogénérateur du projet éolien de Beaune-la-Rolande, la gravité associée et la classe de risque (acceptable/inacceptable).

EFFONDREMENT DE L'ÉOLIENNE (DANS UN RAYON INFÉRIEUR OU ÉGAL À 148 M)			
Eolienne	Classe de Gravité	Niveau de risque	Acceptabilité
E1	Modérée	Très faible	Acceptable
E2	Modérée	Très faible	Acceptable
E3	Modérée	Très faible	Acceptable
E4	Modérée	Très faible	Acceptable
E5	Modérée	Très faible	Acceptable

Ainsi, dans le cadre du projet éolien de Beaune-la-Rolande, le phénomène d'effondrement de l'éolienne constitue un risque acceptable pour les personnes quelle que soit l'éolienne considérée.

2.2 CHUTE DE GLACE

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

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

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

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

ZONE D'EFFET

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

Pour le projet éolien de Beaune-la-Rolande, la zone d'effet a donc un rayon de 63 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.

INTENSITE

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

Le tableau ci-après permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute de glace dans le cas du parc éolien de Beaune-la-Rolande.

CHUTE DE GLACE (DANS UN RAYON INFÉRIEUR OU ÉGAL À 58,5 M)				
Eolienne	Zone d'impact (Zi) ¹	Zone d'effet (Ze) ²	Degré d'exposition (De) ³	Intensité
E1	1 m ²	10 278,79 m ²	0,01 %	Modérée
E2	1 m ²	10 278,79 m ²	0,01 %	Modérée
E3	1 m ²	10 278,79 m ²	0,01 %	Modérée
E4	1 m ²	10 278,79 m ²	0,01 %	Modérée
E5	1 m ²	10 278,79 m ²	0,01 %	Modérée

(1) $Z_i = SG$ (2) $Z_e = \pi \times R^2$ (3) $De = (Z_i/Z_e) \times 100$ avec R la longueur de la pale ($R = 57,2$ m) et SG la surface du morceau de glace majorant ($SG = 1$ m²). La zone d'impact est calculée 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.

Dans le cadre du projet éolien de Beaune-la-Rolande, l'intensité du phénomène de chute de glace est modérée. Au-delà de la zone de survol, l'intensité du phénomène de chute de glace est nulle.

GRAVITE

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

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

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

CHUTE DE GLACE (DANS UN RAYON INFÉRIEUR OU ÉGAL À 58,5 M)		
Eolienne	Equivalents personnes permanentes*	Gravité
E1	0,01	Modérée
E2	0,01	Modérée
E3	0,01	Modérée
E4	0,01	Modérée
E5	0,01	Modérée

* Le détail des Equivalents Personnes Permanentes par éolienne est présenté en annexe 2.

Dans le cadre du projet éolien de Beaune-la-Rolande, la gravité du phénomène de chute de glace est modérée.

PROBABILITE

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

ACCEPTABILITE

Le tableau ci-après rappelle, pour chaque aérogénérateur du projet éolien de Beaune-la-Rolande, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable).

CHUTE DE GLACE (DANS UN RAYON INFERIEUR OU EGAL A 63 M)			
<i>Eolienne</i>	<i>Gravité</i>	<i>Niveau de risque</i>	<i>Acceptabilité</i>
E1	Modérée	Faible	Acceptable
E2	Modérée	Faible	Acceptable
E3	Modérée	Faible	Acceptable
E4	Modérée	Faible	Acceptable
E5	Modérée	Faible	Acceptable

Ainsi, dans le cadre du projet éolien de Beaune-la-Rolande, le phénomène de chute de glace de l'éolienne constitue un risque acceptable pour les personnes quelle que soit l'éolienne considérée.

Il convient également de rappeler que, conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011 (modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 – art.10) 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.

2.3 CHUTE D'ELEMENTS DE L'EOLIENNE

ZONE D'EFFET

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

Le risque de chute d'éléments 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 63 m dans le cas du présent projet éolien. Cependant, il convient de noter que, lorsque l'éolienne est à l'arrêt, les pales n'occupent qu'une faible partie de cette zone.

INTENSITE

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

Le tableau ci-après permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du projet éolien de Beaune-la-Rolande.

CHUTE D'ELEMENTS DE L'EOLIENNE (DANS UN RAYON INFERIEUR OU EGAL A 58,5 M)				
<i>Eolienne</i>	<i>Zone d'impact (Zi)¹</i>	<i>Zone d'effet (Ze)²</i>	<i>Degré d'exposition (De)³</i>	<i>Intensité</i>
E1	114,40 m ²	10 278,79 m ²	1,11 %	Forte
E2	114,40 m ²	10 278,79 m ²	1,11 %	Forte
E3	114,40 m ²	10 278,79 m ²	1,11 %	Forte
E4	114,40 m ²	10 278,79 m ²	1,11 %	Forte
E5	114,40 m ²	10 278,79 m ²	1,11 %	Forte

(1) $Z_i = R \times (LB/2)$ (2) $Z_e = \pi \times R^2$ (3) $De = (Z_i/Z_e) \times 100$ avec R la longueur de la pale ($R = 57,2$ m) et LB la largeur de la base de la pale ($LB = 4$ m).

Dans le cadre du projet éolien de Beaune-la-Rolande, **l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne est forte**. Au-delà de la zone de survol, l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne est nulle.

GRAVITE

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

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

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

CHUTE D'ÉLÉMENTS DE L'ÉOLIENNE (DANS UN RAYON INFÉRIEUR OU ÉGAL À 58,5 M)		
<i>Eolienne</i>	<i>Équivalents personnes permanentes*</i>	<i>Gravité</i>
E1	0,01	Sérieuse
E2	0,01	Sérieuse
E3	0,01	Sérieuse
E4	0,01	Sérieuse
E5	0,01	Sérieuse

* Le détail des Équivalents Personnes Permanentes par éolienne est présenté en annexe 2.

Dans le cadre du projet éolien de Beaune-la-Rolande, **la gravité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne est sérieuse**.

PROBABILITE

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

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

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

ACCEPTABILITE

Le tableau ci-après rappelle, pour chaque aérogénérateur du projet éolien de Beaune-la-Rolande, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable).

CHUTE D'ÉLÉMENTS DE L'ÉOLIENNE (DANS UN RAYON INFÉRIEUR OU ÉGAL À 63 M)			
<i>Eolienne</i>	<i>Classe de Gravité</i>	<i>Niveau de risque</i>	<i>Acceptabilité</i>
E1	Sérieuse	Faible	Acceptable
E2	Sérieuse	Faible	Acceptable
E3	Sérieuse	Faible	Acceptable
E4	Sérieuse	Faible	Acceptable
E5	Sérieuse	Faible	Acceptable

Ainsi, dans le cadre du projet éolien de Beaune-la-Rolande, le phénomène de chute d'éléments de l'éolienne constitue un risque acceptable pour les personnes quelle que soit l'éolienne considérée.

2.4 PROJECTION DE PALE OU DE FRAGMENT DE PALE

ZONE D'EFFET

Dans l'accidentologie française rappelée en annexe 3, la distance maximale pour une projection de fragment de pale est de 380 m par rapport au mât de l'éolienne. On constate que les autres données disponibles dans cette accidentologie montrent des distances d'effet inférieures.

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

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

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

INTENSITE

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de pale ou de fragment de pale dans le cas du parc éolien de Beaune-la-Rolande.

PROJECTION DE PALE OU DE FRAGMENT DE PALE (DANS UN RAYON DE 500 M)				
<i>Eolienne</i>	<i>Zone d'impact (Zi)¹</i>	<i>Zone d'effet (Ze)²</i>	<i>Degré d'exposition (De)³</i>	<i>Intensité</i>
E1	114,40 m ²	785 398,16 m ²	0,01 %	Modérée
E2	114,40 m ²	785 398,16 m ²	0,01 %	Modérée
E3	114,40 m ²	785 398,16 m ²	0,01 %	Modérée
E4	114,40 m ²	785 398,16 m ²	0,01 %	Modérée
E5	114,40 m ²	785 398,16 m ²	0,01 %	Modérée

(1) $Z_i = R \times (LB/2)$ (2) $Z_e = \pi \times 500^2$ (3) $De = (Z_i/Z_e) \times 100$ avec R la longueur de la pale ($R = 57,2$ m) et LB la largeur de la base de la pale ($LB = 4$ m).

Dans le cadre du projet éolien de Beaune-la-Rolande, l'intensité du phénomène de projection de pale ou de fragment de pale est modérée.

GRAVITE

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

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

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

PROJECTION DE PALE OU DE FRAGMENT DE PALE (DANS UN RAYON DE 500 M)		
<i>Eolienne</i>	<i>Equivalentes personnes permanentes*</i>	<i>Gravité</i>
E1	0,89	Modérée
E2	0,94	Modérée
E3	0,87	Modérée
E4	0,85	Modérée
E5	0,88	Modérée

* Le détail des Equivalentes Personnes Permanentes par éolienne est présenté en annexe 2.

Dans le cadre du projet éolien de Beaune-la-Rolande, la **gravité du phénomène de projection de pale ou de fragment de pale est modérée pour l'ensemble des éoliennes.**

PROBABILITE

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

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

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

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

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

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

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

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

De manière générale, le respect des prescriptions de l’arrêté du 26 août 2011 (modifié par l’arrêté du 22 juin 2020) relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation permet de s’assurer que les éoliennes font l’objet de mesures réduisant significativement la probabilité de projection.

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

ACCEPTABILITE

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du projet éolien de Beaune-la-Rolande, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable).

PROJECTION DE PALE OU DE FRAGMENT DE PALE (DANS UN RAYON DE 500 M)			
Eolienne	Classe de Gravité	Niveau de risque	Acceptabilité
E1	Modérée	Très faible	Acceptable
E2	Modérée	Très faible	Acceptable
E3	Modérée	Très faible	Acceptable
E4	Modérée	Très faible	Acceptable
E5	Modérée	Très faible	Acceptable

Ainsi, dans le cadre du projet éolien de Beaune-la-Rolande, le phénomène de projection de tout ou partie de pale de l’éolienne constitue un risque acceptable pour les personnes quelle que soit l’éolienne considérée.

2.5 PROJECTION DE GLACE

ZONE D’EFFET

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

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

Distance d’effet = 1,5 x (hauteur de moyeu + diamètre de rotor)

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

Dans le cadre du présent projet éolien, la zone d'effet est de 319,5 m.

INTENSITE

Pour le phénomène de projection 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.

Le tableau ci-après permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de glace dans le cas du projet éolien de Beaune-la-Rolande.

PROJECTION DE GLACE (DANS UN RAYON DE 312,75 M)				
Eolienne	Zone d'impact (Zi) ¹	Zone d'effet (Ze) ²	Degré d'exposition (De) ³	Intensité
E1	1 m ²	307 287,23 m ²	0,0003 %	Modérée
E2	1 m ²	307 287,23 m ²	0,0003 %	Modérée
E3	1 m ²	307 287,23 m ²	0,0003 %	Modérée
E4	1 m ²	307 287,23 m ²	0,0003 %	Modérée
E5	1 m ²	307 287,23 m ²	0,0003 %	Modérée

(1) $Zi = SG$ (2) $Ze = \pi \times (1,5 \times (Hm + D))^2$ (3) $De = (Zi/Ze) \times 100$ avec SG la surface du morceau de glace majorant ($SG = 1 \text{ m}^2$), Hm la hauteur du moyeu ($Hm = 91,5 \text{ m}$) et D le diamètre du rotor ($D = 117 \text{ m}$). La zone d'impact est calculée 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.

Dans le cadre du projet éolien de Beaune-la-Rolande, **l'intensité du phénomène de projection de glace est modérée.**

GRAVITE

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

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

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

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

PROJECTION DE GLACE (DANS UN RAYON DE 319,5 M)		
Eolienne	Equivalents personnes permanentes*	Gravité
E1	0,34	Modérée

PROJECTION DE GLACE (DANS UN RAYON DE 319,5 M)		
<i>Eolienne</i>	<i>Equivalents personnes permanentes*</i>	<i>Gravité</i>
E2	0,37	Modérée
E3	0,35	Modérée
E4	0,35	Modérée
E5	0,35	Modérée

* Le détail des Equivalents Personnes Permanentes par éolienne est présenté en annexe 2.

Dans le cadre du projet éolien de Beaune-la-Rolande, **la gravité du phénomène de projection de glace est modérée quelle que soit l'éolienne considérée.**

PROBABILITE

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

- les mesures de prévention de projection de glace imposées par l'arrêté du 26 août 2011 (modifié par l'arrêté du 22 juin 2020) ;
- le recensement d'aucun accident lié à une projection de glace.

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

ACCEPTABILITE

Le tableau ci-après rappelle, pour chaque aérogénérateur du projet éolien de Beaune-la-Rolande, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable).

PROJECTION DE GLACE (DANS UN RAYON DE 319,5 M)			
<i>Eolienne</i>	<i>Classe de Gravité</i>	<i>Niveau de risque</i>	<i>Acceptabilité</i>
E1	Modérée	Très faible	Acceptable
E2	Modérée	Très faible	Acceptable
E3	Modérée	Très faible	Acceptable
E4	Modérée	Très faible	Acceptable
E5	Modérée	Très faible	Acceptable

Ainsi, dans le cadre du projet éolien de Beaune-la-Rolande, **le phénomène de projection de glace constitue un risque acceptable pour les personnes quelle que soit l'éolienne considérée.**

3. SYNTHESE DE L'ETUDE DETAILLEE DES RISQUES

3.1 TABLEAUX DE SYNTHESE DES SCENARIOS ETUDIES

Le tableau ci-après récapitule, pour chaque événement redouté central retenu, les paramètres de risques : la cinétique, l'intensité, la gravité et la probabilité. Les éoliennes ayant le même profil de risque sont regroupées.

SYNTHESE DES SCENARIOS ETUDIES							
<i>Scénario</i>	<i>Eolienne</i>	<i>Zone d'effet</i>	<i>Cinétique</i>	<i>Intensité</i>	<i>Probabilité</i>	<i>Gravité</i>	<i>Référence</i>
Effondrement de l'éolienne	E1 à E5	150 m	Rapide	Modérée	D (Rare)	Modérée	01
Chute de glace	E1 à E5	58,5 m	Rapide	Modérée	A (Courant)	Modérée	02

SYNTHESE DES SCENARIOS ETUDIES							
Scénario	Eolienne	Zone d'effet	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité	Référence
Chute d'éléments de l'éolienne	E1 à E5	58,5 m	Rapide	Forte	C (Improbable)	Sérieuse	03
Projection de pale	E1 à E5	500 m	Rapide	Modérée	D (Rare)	Modérée	04
Projection de glace	E1 à E5	312,75 m	Rapide	Modérée	B (Probable)	Modérée	05

3.2 SYNTHESE DE L'ACCEPTABILITE DES RISQUES

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

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

GRAVITE DES CONSEQUENCES	CLASSE DE PROBABILITE				
	E	D	C	B	A
DESASTREUSE					
CATASTROPHIQUE					
IMPORTANTE					
SERIEUSE			03		
MODEREE		01 ; 04		05	02

Légende de la matrice :

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

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

Dans un second temps, il apparaît que seuls les risques de chute de glace et de chute d'éléments de l'éolienne présentent un risque faible. Il convient de souligner, pour cet accident, que les fonctions de sécurité listées précédemment sont mises en place.

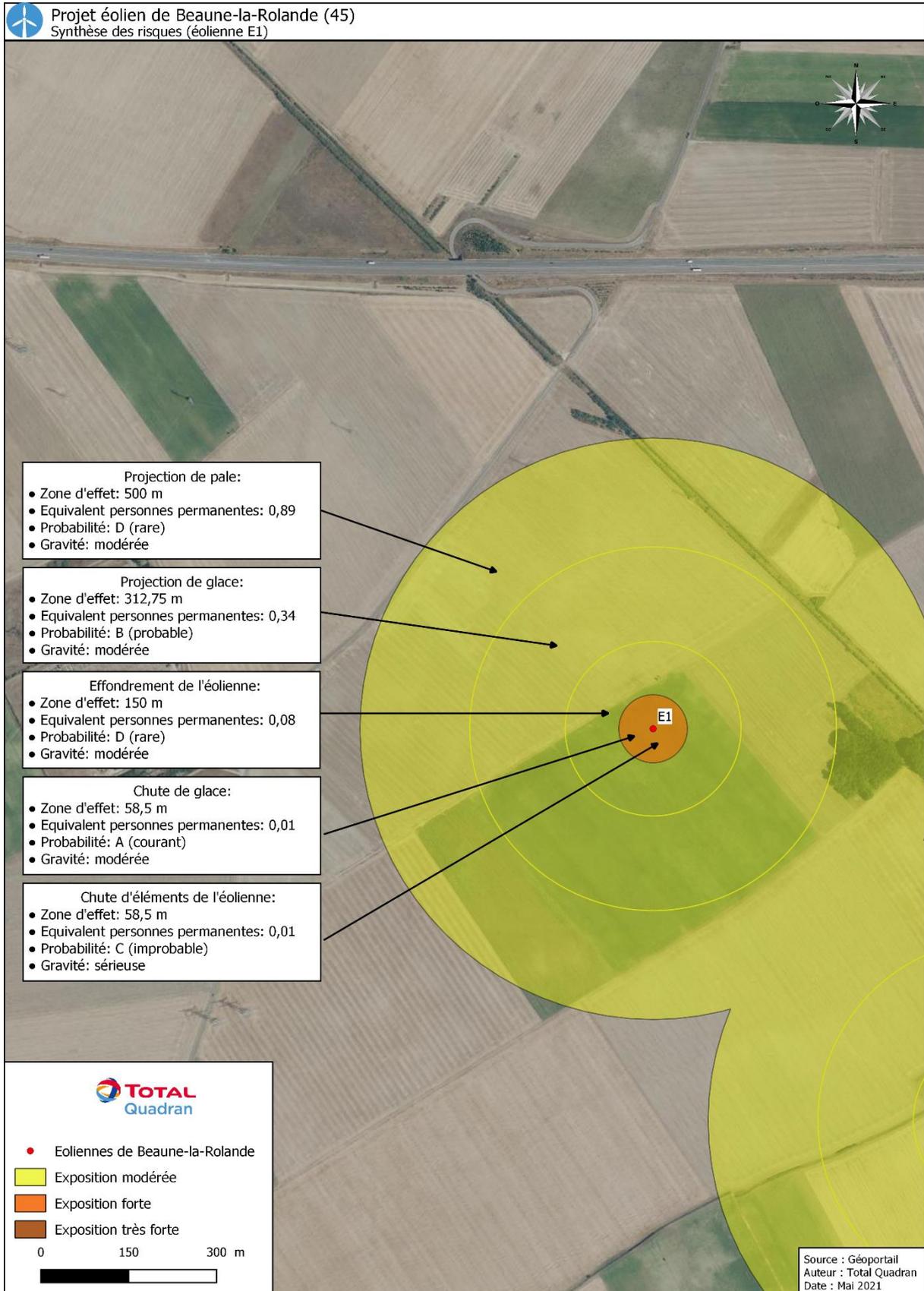
Ainsi, les résultats de l'étude détaillée des risques ont permis de démontrer que tous les risques identifiés, et cela pour l'ensemble des aérogénérateurs du projet éolien de Beaune-la-Rolande, sont jugés « acceptables ».

3.3 CARTOGRAPHIE DES RISQUES

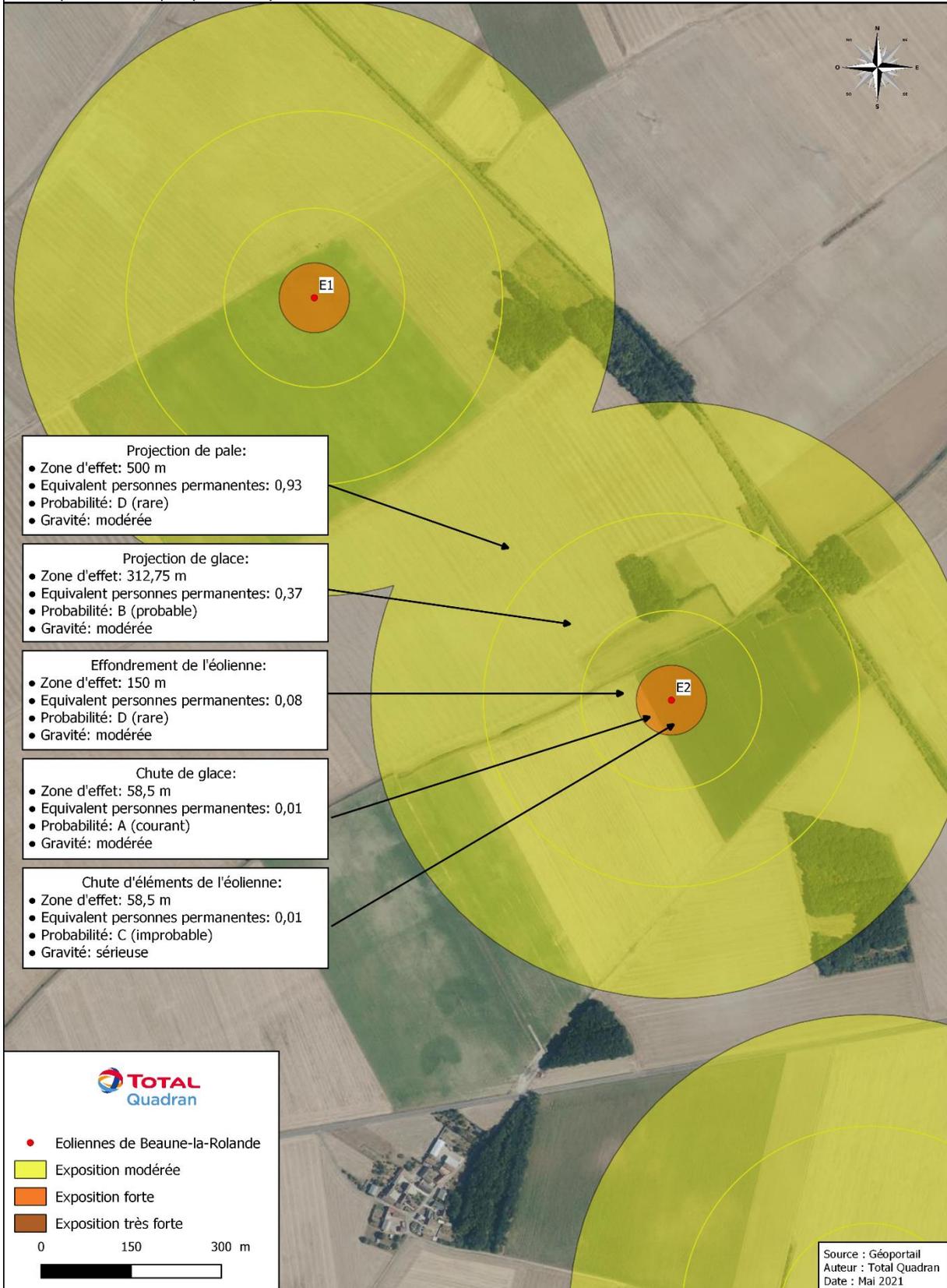
Les cartographies pages suivantes, synthétisent pour chaque aérogénérateur et pour chaque scénario, les éléments suivants :

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

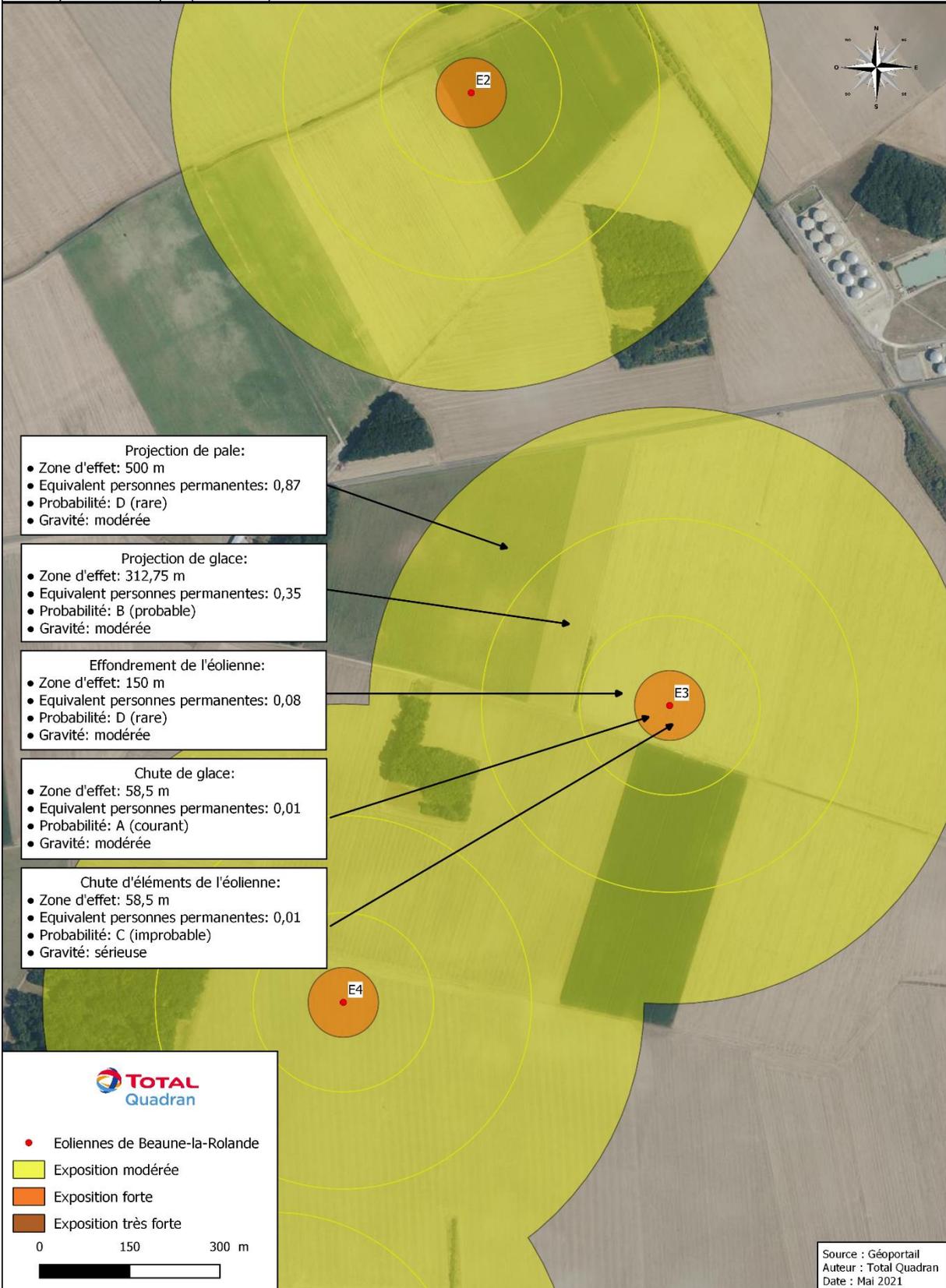
- la probabilité et la gravité des scénarios identifiés.



Projet éolien de Beaune-la-Rolande (45)
Synthèse des risques (éolienne E2)



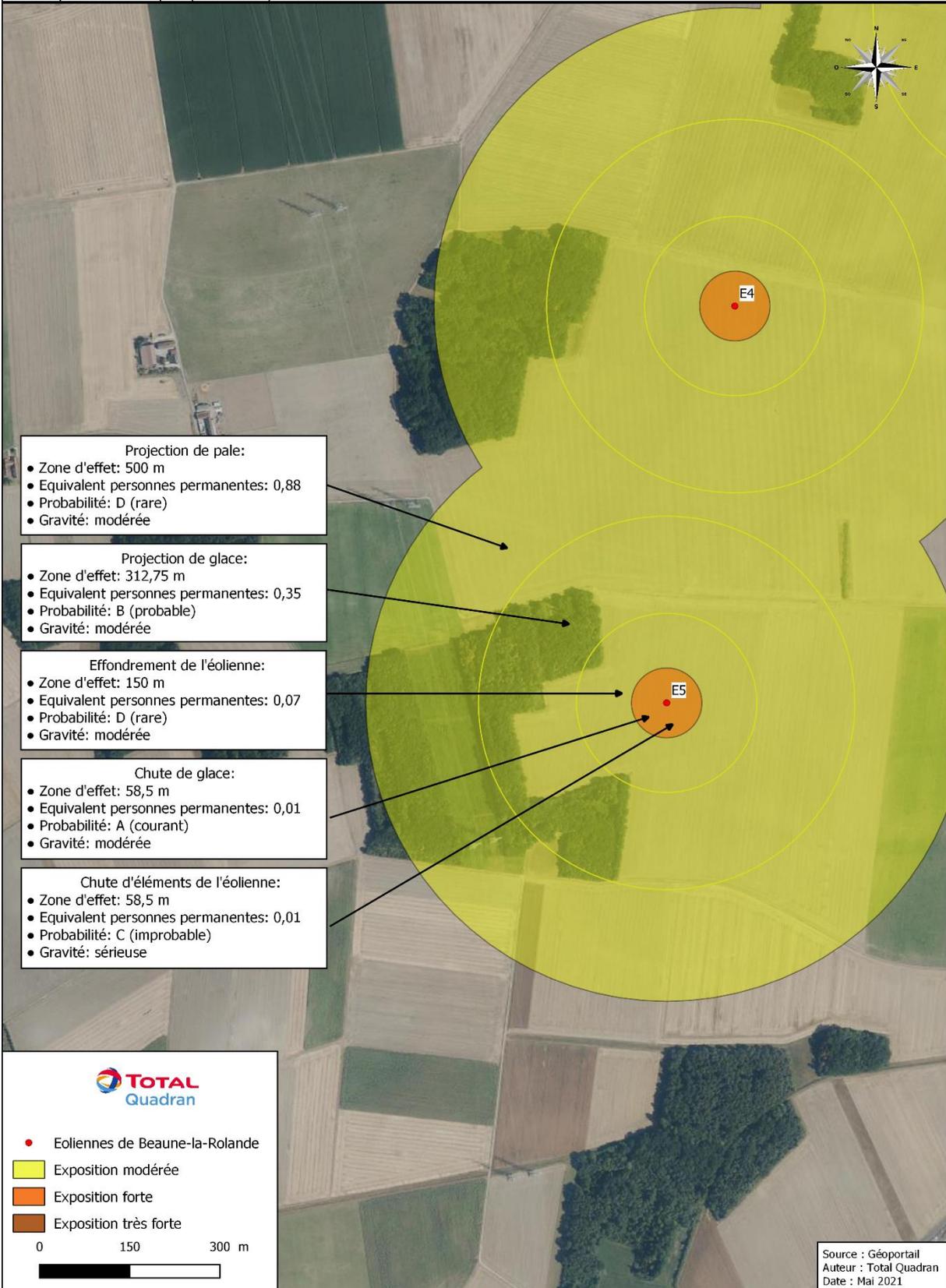
Projet éolien de Beaune-la-Rolande (45)
Synthèse des risques (éolienne E3)



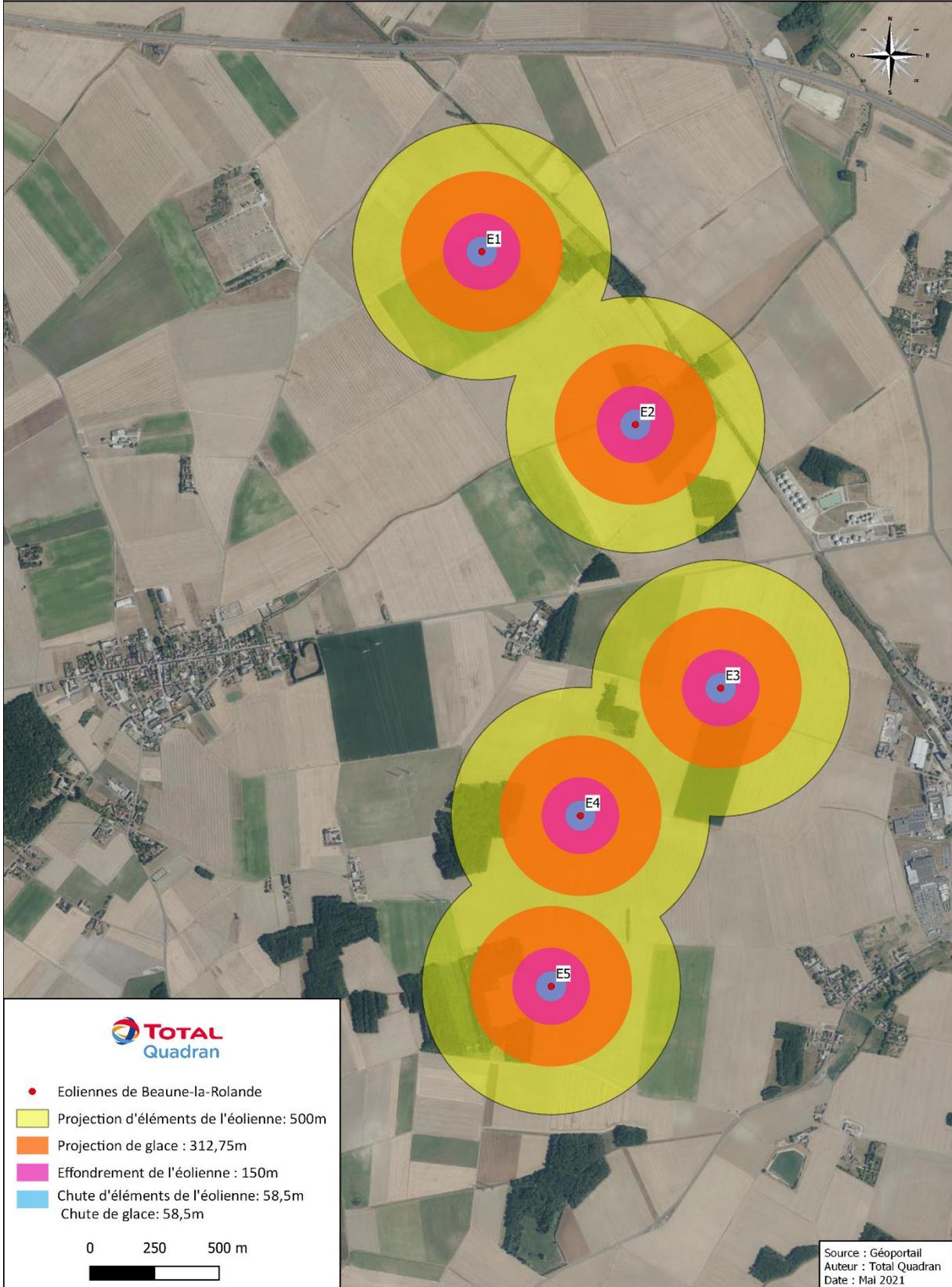
 **Projet éolien de Beaune-la-Rolande (45)**
Synthèse des risques (éolienne E4)



Projet éolien de Beaune-la-Rolande (45)
Synthèse des risques (éolienne E5)



 **Projet éolien de Beaune-la-Rolande (45)**
Synthèse des zones d'effet



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

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

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

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

Les calculs précis effectués pour chaque aérogénérateur, dans les périmètres définis pour chaque scénario retenu dans l'analyse des risques, ont permis de définir comme acceptables les risques d'accidents. De ce fait, aucune mesure supplémentaire de réduction des risques autres que celles déjà prises n'est nécessaire. Il est important de noter que la plupart des éléments permettant le calcul des zones d'impacts ont été majorés afin de ne pas sous-estimer l'intensité et la gravité des phénomènes retenus dans l'analyse des risques.

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

La mise en place des mesures préventives doit permettre de limiter au maximum le déclenchement d'accidents sur le parc éolien. De plus, un protocole de maintenance apte à prévenir en amont tout défaut de fonctionnement des éoliennes est organisé entre le constructeur des éoliennes et la société d'exploitation du parc. Ce contrat de maintenance est un préalable nécessaire à la création du parc qui apporte toutes les garanties de solidité exigées par l'exploitant, les investisseurs et les assureurs.

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

La détermination du nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) présentes dans chacune des zones d'effet se base sur la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers. Cette fiche permet de compter aussi simplement que possible, selon des règles forfaitaires, le nombre de personnes exposées dans chacune des zones d'effet des phénomènes dangereux identifiés.

Dans le cadre de l'étude de dangers des parcs éoliens, cette méthode permet tout d'abord, au stade de la description de l'environnement de l'installation (Chapitre III), de comptabiliser les enjeux humains présents dans les ensembles homogènes (terrains non bâtis, voies de circulation, zones habitées, ERP, zones industrielles, commerces...) situés dans l'aire d'étude de l'éolienne considérée.

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

TERRAINS NON BATIS

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

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

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

VOIES DE CIRCULATION

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

Voies de circulation automobiles

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

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

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

Voies ferroviaires

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

Voies navigables

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

Chemins et voies piétonnes

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

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

LOGEMENTS

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

ETABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC (ERP)

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

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

- compter 10 personnes par magasin de détail de proximité (boulangerie et autre alimentation, presse et coiffeur) ;

- compter 15 personnes pour les tabacs, cafés, restaurants, supérettes et bureaux de poste.

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

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

ZONES D'ACTIVITE

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

ANNEXE 2 – DETAIL DES EQUIVALENTS PERSONNES PERMANENTES PAR PHENOMENE DANGEREUX ET PAR EOLIENNE

EFFONDREMENT DE L'EOLIENNE (ZONE D'EFFET : 150 M)										
N°	TERRAINS NON BATIS			VOIES DE CIRCULATION				ERP	ZONES D'ACTIVITE	TOTAL EPP
	TERRAINS NON AMENAGES TRES PEU FREQUENTES	TERRAINS AMENAGES PEU FREQUENTES	TERRAINS AMENAGES FREQUENTES	ROUTES STRUCTURANTES	VOIES FERROVIAIRES	VOIES NAVIGABLES	SENTIERS DE RANDONNEE			
E1	0,07	0,01	-	-	-	-	-	-	-	0,08
E2	0,07	0,01	-	-	-	-	-	-	-	0,08
E3	0,07	0,01	-	-	-	-	-	-	-	0,08
E4	0,07	0,01	-	-	-	-	-	-	-	0,08
E5	0,07	0,00	-	-	-	-	-	-	-	0,07

CHUTE DE GLACE (ZONE D'EFFET : 58,5 M)										
N°	TERRAINS NON BATIS			VOIES DE CIRCULATION				ERP	ZONES D'ACTIVITE	TOTAL EPP
	TERRAINS NON AMENAGES TRES PEU FREQUENTES	TERRAINS AMENAGES PEU FREQUENTES	TERRAINS AMENAGES FREQUENTES	ROUTES STRUCTURANTES	VOIES FERROVIAIRES	VOIES NAVIGABLES	SENTIERS DE RANDONNEE			
E1	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01
E2	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01
E3	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01
E4	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01
E5	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01

CHUTE D'ELEMENTS DE L'EOLIENNE (ZONE D'EFFET : 58,5 M)										
N°	TERRAINS NON BATIS			VOIES DE CIRCULATION				ERP	ZONES D'ACTIVITE	TOTAL EPP
	TERRAINS NON AMENAGES TRES PEU FREQUENTES	TERRAINS AMENAGES PEU FREQUENTES	TERRAINS AMENAGES FREQUENTES	ROUTES STRUCTURANTES	VOIES FERROVIAIRES	VOIES NAVIGABLES	SENTIERS DE RANDONNEE			
E1	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01
E2	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01
E3	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01
E4	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01

CHUTE D'ÉLÉMENTS DE L'ÉOLIENNE (ZONE D'EFFET : 58,5 M)										
N°	TERRAINS NON BATIS			VOIES DE CIRCULATION				ERP	ZONES D'ACTIVITE	TOTAL EPP
	TERRAINS NON AMENAGES TRES PEU FREQUENTES	TERRAINS AMENAGES PEU FREQUENTES	TERRAINS AMENAGES FREQUENTES	ROUTES STRUCTURANTES	VOIES FERROVIAIRES	VOIES NAVIGABLES	SENTIERS DE RANDONNEE			
E5	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01

PROJECTION DE PALE OU DE FRAGMENT DE PALE (ZONE D'EFFET : 500 M)										
N°	TERRAINS NON BATIS			VOIES DE CIRCULATION				ERP	ZONES D'ACTIVITE	TOTAL EPP
	TERRAINS NON AMENAGES TRES PEU FREQUENTES	TERRAINS AMENAGES PEU FREQUENTES	TERRAINS AMENAGES FREQUENTES	ROUTES STRUCTURANTES	VOIES FERROVIAIRES	VOIES NAVIGABLES	SENTIERS DE RANDONNEE			
E1	0,77	0,12	-	-	-	-	-	-	-	0,89
E2	0,77	0,17	-	-	-	-	-	-	-	0,94
E3	0,77	0,1	-	-	-	-	-	-	-	0,87
E4	0,78	0,07	-	-	-	-	-	-	-	0,85
E5	0,78	0,1	-	-	-	-	-	-	-	0,88

PROJECTION DE GLACE (ZONE D'EFFET : 319,5 M)										
N°	TERRAINS NON BATIS			VOIES DE CIRCULATION *		ERP (SI EN PLEIN AIR)*	ZONES D'ACTIVITE (SI EN PLEIN AIR)*	TOTAL EPP		
	TERRAINS NON AMENAGES TRES PEU FREQUENTES	TERRAINS AMENAGES PEU FREQUENTES	TERRAINS AMENAGES FREQUENTES	VOIES NAVIGABLES	SENTIERS DE RANDONNEE					
E1	0,30	0,04	-	-	-	-	-	0,34		
E2	0,30	0,07	-	-	-	-	-	0,37		
E3	0,30	0,05	-	-	-	-	-	0,35		
E4	0,30	0,05	-	-	-	-	-	0,35		
E5	0,30	0,05	-	-	-	-	-	0,35		

*L'impact de glace sur des personnes abritées par un véhicule (voiture ou train) ou un bâtiment est négligeable. En conséquence, les personnes présentes sur les voies de circulation automobiles ou ferroviaires ou les personnes présentes dans les logements/bâtiments ne sont pas comptabilisées ici.

ANNEXE 3 – TABLEAU DE L'ACCIDENTOLOGIE FRANÇAISE

Le tableau ci-dessous a été établi par le groupe de travail constitué pour la réalisation du guide technique « *Elaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens* » puis mis à jour par Total Quadran dans le cadre de la présente étude de dangers. Il recense l'ensemble des accidents et incidents connus en France concernant la filière éolienne entre 2000 et Mai 2020. L'analyse de ces données est présentée dans le Chapitre VI.

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

TYPE D'ACCIDENT	DATE	NOM DU PARC	DEPARTEMENT	PUISSANCE (EN MW)	MSI	TECHNOLOGIE RECENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT A L'UTILISATION DANS L'ETUDE DE DANGERS
Rupture de pale	05/11/2003	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pales en bois (avec inserts) sur trois éoliennes. Morceaux de pales disséminés sur 100 m.	Dysfonctionnement du système de freinage	Rapport du CGM Article de presse (Midi Libre du 15/11/2003)	-
Effondrement	01/01/2004	Le Portel – Boulogne sur Mer	Pas de Calais	0,75	2002	Non	Cassure d'une pale, chute du mât et destruction totale. Une pale tombe sur la plage et les deux autres dérivent sur 8 km.	Tempête	Base de données ARIA Rapport du CGM Site Vent de Colère Articles de presse (Windpower Monthly May 2004, La Voix du Nord du 02/01/2004)	-
Effondrement	20/03/2004	Loon Plage – Port de Dunkerque	Nord	0,3	1996	Non	Couchage du mât d'une des 9 éoliennes suite à l'arrachement de la fondation	Rupture de 3 des 4 micropieux de la fondation, erreur de calcul (facteur de 10)	Base de données ARIA Rapport du CGM Site Vent de Colère Articles de presse (La Voix du Nord du 20/03/2004 et du 21/03/2004)	-
Rupture de pale	22/06/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2001	Non	Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5 m à 50 m, mât intact	Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage)	Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004)	-
Rupture de pale	08/07/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2001	Non	Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5m à 50m, mat intact	Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage)	Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004)	Incident identique à celui s'étant produit 15 jours auparavant
Rupture de pale	2004	Escales-Conilhac	Aude	0,75	2003	Non	Bris de trois pales		Site Vent de Colère	Information peu précise
Rupture de pale + incendie	22/12/2004	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75	2004	Non	Bris des trois pales et début d'incendie sur une éolienne (survitesse de plus de 60 tr/min)	Survitesse due à une maintenance en cours, problème de régulation, et dysfonctionnement du système de freinage	Base de données ARIA Article de presse (La Tribune du 30/12/2004) Site Vent de Colère	-
Rupture de pale	2005	Wormhout	Nord	0,4	1997	Non	Bris de pale		Site Vent de Colère	Information peu précise
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	-

TYPE D'ACCIDENT	DATE	NOM DU PARC	DEPARTEMENT	PUISSANCE (EN MW)	MSI	TECHNOLOGIE RECENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT A L'UTILISATION DANS L'ETUDE DE DANGERS
Incendie	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	DEPARTEMENT	PUISSANCE (EN MW)	MSI	TECHNOLOGIE RECENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT A L'UTILISATION DANS L'ETUDE DE DANGERS
Rupture de pale	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	-
Chute de pale	26/12/2008	Raival - Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Oui	Chute de pale		Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain)	-
Maintenance	26/01/2009	Clastres	Aisne	2,75	2004	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)

TYPE D'ACCIDENT	DATE	NOM DU PARC	DEPARTEMENT	PUISSANCE (EN MW)	MSI	TECHNOLOGIE RECENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT A L'UTILISATION DANS L'ETUDE DE DANGERS
Effondrement	30/05/2010	Port la Nouvelle	Aude	0,2	1991	Non	Effondrement d'une éolienne	Le rotor avait été endommagé par l'effet d'une survitesse. La dernière pale (entière) a pris le vent créant un balourd. Le sommet de la tour 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	10/02/2011	Non communiqué	Seine-Maritime	-	-	-	Lors du levage d'éléments d'éoliennes, 1 docker intérimaire est tué, écrasé entre 2 pylônes.	Non précisée	Base de données ARIA	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident de transport hors site éolien)
Transport	31/05/2011	Mesvres	Saône-et-Loire	-	-	-	Collision entre un train régional et un convoi exceptionnel transportant une pale d'éolienne, au niveau d'un passage à niveau. Aucun blessé.		Article de presse (Le Bien Public 01/06/2011)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident de transport hors site éolien)
Rupture de pale	14/12/2011	Non communiqué	Non communiqué	2,5	2003	Oui	Pale endommagée par la foudre. Fragments retrouvés par l'exploitant agricole à une distance n'excédant pas 300 m.	Foudre	Interne exploitant	Information peu précise sur la distance d'effet

TYPE D'ACCIDENT	DATE	NOM DU PARC	DEPARTEMENT	PUISSANCE (EN MW)	MSI	TECHNOLOGIE RECENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT A L'UTILISATION DANS L'ETUDE DE DANGERS
Incendie	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	04/01/2012	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	-
Maintenance	06/02/2012	Lehaucourt-Gricourt	Aisne	2	2008	Oui	Lors d'une opération de maintenance dans la nacelle, un arc électrique (690 V) blesse deux sous-traitants, l'un gravement et l'autre légèrement.	Non précisée	Base de données ARIA	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Rupture de pale	11/04/2012	Corbières-Maritimes	Aude	0,66	2000	Non	Projection à 20 m d'un débris de pale long de 15 m. Aucun blessé et aucun dégât matériel (en dehors de l'éolienne).	Foudre	Base de données ARIA	-
Chute de pale	18/05/2012	Chemin d'Ablis	Eure-et-Loir	2	2008	Oui	Une des trois pales de l'éolienne s'est décrochée. Aucun blessé et aucun dégât matériel (en dehors de l'éolienne).	Rupture du roulement qui raccordait la pale au rotor. Présence de traces de corrosion.	Base de données ARIA	-
Effondrement	30/05/2012	Corbières-Maritimes	Aude	0,2	1991	Non	Les rafales de vent à 130 km/h observées durant la nuit ont provoqué l'effondrement de la tour en treillis de 30 m de haut.	Tempête	Base de données ARIA	-
Rupture de pale	01/11/2012	Rézentières-Vieillespesse	Cantal	2,5	2011	Oui	Un élément de 400 g constitutif d'une pale d'éolienne est projeté à 70 m du mât.	Non précisée	Base de données ARIA	-

TYPE D'ACCIDENT	DATE	NOM DU PARC	DEPARTEMENT	PUISSANCE (EN MW)	MSI	TECHNOLOGIE RECENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT A L'UTILISATION DANS L'ETUDE DE DANGERS
Incendie	05/11/2012	Corbières-Maritimes	Aude	0,66	2000	Non	L'incendie s'est déclaré en partie basse de l'éolienne. Les flammes ont ensuite atteint la nacelle.	Non précisée	Base de données ARIA	-
Chute de pale	06/03/2013	Escales-Conilhac	Aude	0,75	2003	Non	Une des trois pales de l'éolienne s'est décrochée. Aucun blessé et aucun dégât matériel (en dehors de l'éolienne).	Problème de fixation de la pale.	Base de données ARIA	-
Incendie	17/03/2013	Fère-Champenoise-Euvy-Corroy	Marne	2,5	2011	Oui	L'incendie s'est déclaré dans la nacelle de l'éolienne. L'incendie a entraîné la chute d'une des trois pales.	Non communiquée	Base de données ARIA	-
Maintenance	01/07/2013	Haut-Languedoc	Hérault	1,3	2006	Oui	Un opérateur remplissant un réservoir d'azote sous pression dans une éolienne est blessé par la projection d'un équipement.	Erreur de maintenance	Base de données ARIA	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Maintenance	03/08/2013	Moréac	Morbihan	0,04	2000	Non	Une nacelle élévatrice utilisée pour une intervention de maintenance sur une éolienne perd 270 l d'huile hydraulique.	Erreur de maintenance	Base de données ARIA	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (événement unique et sans répercussion potentielle sur les personnes)
Incendie	09/01/2014	Vent de Thiérache 02	Ardennes	2,5	2013	Oui	L'incendie s'est déclaré dans la tour de l'éolienne, au niveau des câbles de puissance puis s'est propagé le long du mât pour atteindre la nacelle qui a pris feu.	Défaillance électrique	Accident interne au groupe Quadran	-
Chute de pale	20/01/2014	Corbières-Maritimes	Aude	0,660	2000	Non	Une des trois pales de l'éolienne s'est décrochée. Aucun blessé et aucun dégât matériel (en dehors de l'éolienne).	Problème de fixation de la pale.	Base de données ARIA	-
Chute de pale	14/11/2014	Sources de la Loire	Ardèche	6,150	2011	Oui	Une des trois pales de l'éolienne s'est décrochée mais certains débris sont projetés à 150 m.	Non communiquée	Base de données ARIA	-

TYPE D'ACCIDENT	DATE	NOM DU PARC	DEPARTEMENT	PUISSANCE (EN MW)	MSI	TECHNOLOGIE RECENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT A L'UTILISATION DANS L'ETUDE DE DANGERS
Rupture de pale	05/12/2014	Fitou II	Aude	10,4	2006	Oui	Un élément de 3 m de l'extrémité d'une pale d'éolienne est projeté à 80 m du mât.	Défaillance matérielle	Base de données ARIA	-
Incendie	29/01/2015	Remigny	Aisne	18,4	2015	Oui	Un feu se déclare dans une éolienne	Défaillance électrique	Base de données ARIA	-
Incendie	06/02/2015	La Tourette	Deux-Sèvres	12	2011	Oui	Un feu se déclare dans une éolienne, au niveau d'une armoire électrique où interviennent 2 techniciens	Non communiquée	Base de données ARIA	-
Chute d'élément de l'éolienne	01/07/2015	NC	Aisne	NC	NC	-	La chute d'un élément d'une éolienne a provoqué une déchirure d'une longueur d'environ 30 cm sur une géomembrane dans une installation de stockage des déchets entraînant une fuite de lixivats.	Non communiquée	Base de données ARIA	-
Incendie	24/08/2015	Champ-Besnard	Eure-et-Loir	10	2007	Oui	Le moteur d'une éolienne a pris feu	Non communiquée	Base de données ARIA	-
Chute de pale	10/11/2015	Ménil-la-Horgne	Meuse	10,5	2007	Oui	Les trois pales et le rotor d'une éolienne sont tombés de leur mât, écrasant dans leur chute un transformateur.	Défaut de conception	Base de données ARIA	-
Chute d'élément de l'éolienne	07/02/2016	Conilhac	Aude	9,2	2014	Oui	L'aéroofrein d'une des 3 pales d'une éolienne se rompt et chute au sol	Non communiquée	Base de données ARIA	-
Chute de pale	08/02/2016	Menez-Braz	Finistère	1,2	2002 / 2004	Non	Lors d'une tempête, des vents à 160 km/h endommagent une éolienne : une pale chute au sol, une autre se déchire. La pale rompue est retrouvée à 40 m du pied du mât	Non communiquée	Base de données ARIA	-

TYPE D'ACCIDENT	DATE	NOM DU PARC	DEPARTEMENT	PUISSANCE (EN MW)	MSI	TECHNOLOGIE RECENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT A L'UTILISATION DANS L'ETUDE DE DANGERS
Chute de pale	07/03/2016	La Lande du Vieux Pavé	Côtes d'Armor	9,3	2009	Oui	Vers 18 h, une des pales d'une éolienne se rompt et chute à 5 m du pied du mât. La turbine s'arrête automatiquement. L'exploitant est alerté par un agriculteur. Un intervenant se rend sur place et constate les dégâts. Le mât est endommagé dans sa partie haute, causé par un choc avec la pale, sans présenter de risque de chute. Il balise la zone pour prévenir des chutes possibles d'éléments du rotor. 8 autres turbines du parc sont mises à l'arrêt. Les 2 dernières, ayant fait l'objet d'une révision intégrale récente, sont maintenues en fonctionnement.	Défaillance du système d'orientation de la pale	Base de données ARIA	-
Incendie	10/08/2016	Hescamps	Somme	5	2008	Oui	Un feu se déclare dans la partie haute d'une éolienne, au niveau du rotor.	Défaillance électrique	Base de données ARIA	-
Incendie	18/08/2016	Dargies	Oise	12	2014 / 2010	Oui	Un technicien de maintenance constate qu'une éolienne ne tourne plus. Il découvre que de la fumée s'échappe de la tête de l'éolienne, à 80 m de haut. Des pompiers spécialisés dans les interventions en milieu périlleux effectuent une reconnaissance en partie haute de la machine. L'armoire électrique ou le pupitre de commande serait le point de départ de l'incendie.	Défaillance électrique	Base de données ARIA	-

TYPE D'ACCIDENT	DATE	NOM DU PARC	DEPARTEMENT	PUISSANCE (EN MW)	MSI	TECHNOLOGIE RECENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT A L'UTILISATION DANS L'ETUDE DE DANGERS
Rupture de pale	27/02/2017	Belrain	Meuse	8	2011	Oui	Lors d'un orage, la pointe d'une pale d'éolienne se rompt. L'extrémité, de 7 à 10 m, est retrouvée au sol, en 3 morceaux, à 200 m de l'éolienne. L'ensemble du parc éolien, qui compte 4 éoliennes de 2 MW et 80 m de haut, est mis à l'arrêt. Les débris sont ramassés et traités par une société spécialisée, pour expertise.	Tempête	Base de données ARIA	-
Chute d'élément de l'éolienne	27/02/2017	Le Grand Linault	Deux-Sèvres	10	2011	Oui	Vers 22 h, le système d'exploitation d'un parc éolien émet des alarmes portant sur l'éolienne n°4 : mise à l'arrêt de l'éolienne et incohérence entre les vitesses de rotation du rotor et de l'arbre de la génératrice électrique. Le lendemain matin, l'exploitant constate sur place que les 7 derniers mètres d'une pale de 44 m, se sont désolidarisés. Plusieurs fragments de la pale sont projetés jusqu'à 150 m du mât, haut lui-même de 78 m. L'exploitant place les 5 éoliennes en position de sécurité et initie des expertises. Il collecte les débris et sécurise le site.	Inconnu	Base de données ARIA	-

TYPE D'ACCIDENT	DATE	NOM DU PARC	DEPARTEMENT	PUISSANCE (EN MW)	MSI	TECHNOLOGIE RECENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT A L'UTILISATION DANS L'ETUDE DE DANGERS
Incendie	06/06/2017	Le Moulin d'Emanville	Eure-et-Loir	51	2014	Oui	<p>Vers 18 h, un feu se déclare dans la nacelle d'une éolienne. L'exploitant met en sécurité les 17 machines du parc éolien. L'incendie s'éteint seul, à la fin de la combustion de la nacelle, vers 19h30. La nacelle et le rotor sont totalement calcinés. Une partie des pales ainsi que le haut du mât ont été touchés par l'incendie. Des éléments sont tombés au sol. Le lendemain, l'inspection des installations classées se rend sur les lieux. Des coulures d'hydrocarbures sont constatées sur le mât. Les dégâts sont de nature à compromettre la stabilité mécanique du mât, de la nacelle, des pales et du rotor de l'éolienne. En première hypothèse, l'exploitant indique qu'un défaut des condensateurs du boîtier électrique, situé dans la nacelle, pourrait être à l'origine du sinistre. Il exclut la piste d'un impact de foudre. L'éolienne est démantelée le 17/06/17.</p>	Défaillance électrique	Base de données ARIA	-

TYPE D'ACCIDENT	DATE	NOM DU PARC	DEPARTEMENT	PUISSANCE (EN MW)	MSI	TECHNOLOGIE RECENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT A L'UTILISATION DANS L'ETUDE DE DANGERS
Chute de pale	24/06/2017	Tambours	Pas-de-Calais	62	2007	Oui	Vers 23h30, une pale d'une éolienne se brise au niveau de sa jonction avec le rotor dans un parc éolien. La pale chute à la verticale, au pied du mat. Les quelques débris projetés sont présents dans un rayon de 20 m. L'exploitant arrête l'installation ainsi que les 4 autres aérogénérateurs du site, du même modèle. Il met en place un périmètre de sécurité et condamne l'accès au site. Le vent était faible au moment de l'événement.	Inconnue	Base de données ARIA	-
Chute d'élément de l'éolienne	17/07/2017	Fécamp	Seine-Maritime	4,5	2006	Oui	Vers 23h30, un aérofrein se détache d'une pale d'éolienne dans un parc éolien. L'aérofrein défectueux est remplacé. L'exploitant conclut que le desserrage d'une vis anti-rotation a provoqué la chute de l'aérofrein. Un problème de montage, ou des vibrations en fonctionnement, en serait à l'origine.	Défaillance matérielle	Base de données ARIA	-

TYPE D'ACCIDENT	DATE	NOM DU PARC	DEPARTEMENT	PUISSANCE (EN MW)	MSI	TECHNOLOGIE RECENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT A L'UTILISATION DANS L'ETUDE DE DANGERS
Chute de pale	05/08/2017	L'Osières	Aisne	14	2017	Oui	Vers 3 h une pale d'éolienne se brise en son milieu et tombe au sol. Les débris sont retrouvés par l'exploitant au pied du mât le matin. Il en sécurise l'accès et fait surveiller la zone. L'inspection des installations classées demande la mise à l'arrêt de tous les aérogénérateurs du parc dans l'attente de la compréhension de l'événement.	Inconnue	Base de données ARIA	-
Chute d'élément de l'éolienne	08/11/2017	Roman-Blandey	Eure	10	2010 / 2012	Oui	Le carénage de la pointe de la nacelle d'une éolienne tombe au sol dans un parc éolien. L'exploitant conclut que la chute du carénage est due à un défaut d'assemblage de ses boulonnages. La procédure n'aurait pas été respectée lors du montage des turbines. L'exploitant procède au contrôle des carénages des autres aérogénérateurs du parc. Aucun défaut n'est découvert. Il intègre la vérification des boulonnages de fixation du carénage à son plan d'inspection hebdomadaire.	Défaut conception	Base de données ARIA	-

TYPE D'ACCIDENT	DATE	NOM DU PARC	DEPARTEMENT	PUISSANCE (EN MW)	MSI	TECHNOLOGIE RECENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT A L'UTILISATION DANS L'ETUDE DE DANGERS
Effondrement d'une éolienne	01/01/2018	Bouin	Vendée	12	2003 /2007	Oui	<p>En début de matinée lors d'une tempête, le mât d'une éolienne de 60 m de haut se brise en 2. Les 55 m supérieurs de l'éolienne chutent au sol. Des débris s'éparpillent sur une surface assez importante. Le rotor est enfoncé dans le sol. Les pompiers mettent en place un périmètre de sécurité. L'exploitant arrête les 7 autres éoliennes du parc. Il met en place un gardiennage. Les investigations de l'exploitant lui permettent de découvrir que le protocole des inspections de maintenance ne couvrait pas la liaison mécanique entre le moteur et les freins. L'usure de cet équipement n'a pas été détectée lors des contrôles annuels.</p>	Tempête	Base de données ARIA	-

TYPE D'ACCIDENT	DATE	NOM DU PARC	DEPARTEMENT	PUISSANCE (EN MW)	MSI	TECHNOLOGIE RECENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT A L'UTILISATION DANS L'ETUDE DE DANGERS
Incendie	01/06/2018	Marsanne	Drôme	12	2008	Oui	Un feu se déclare au pied d'une éolienne dans un parc composé de 8 aérogénérateurs. La nacelle est entièrement brûlée ainsi que la base des pales mais celles-ci restent en place. Une deuxième éolienne fait également l'objet d'un départ de feu, mais celui-ci est resté confiné à sa base. La gendarmerie conclut que l'origine de l'événement est criminelle : les portes d'accès aux éoliennes impliquées ont été fracturées et du combustible est découvert.	Malveillance	Base de données ARIA	-
Chute d'élément de l'éolienne	06/02/2018	Conilhac	Aude	9,2	2014	Oui	Vers 11h30, l'aérofrein d'une pale d'éolienne chute au sol dans un parc éolien. L'équipe technique présente sur site arrête l'aérogénérateur. La zone est sécurisée, les débris ramassés. À la suite d'un défaut sur l'électronique de puissance, l'éolienne est passée en arrêt automatique par sollicitation du freinage aérodynamique. Lors de l'ouverture de l'aérofrein en bout de pale, son axe de fixation en carbone s'est rompu provoquant sa chute.	Défaut de conception	Base de données ARIA	-

TYPE D'ACCIDENT	DATE	NOM DU PARC	DEPARTEMENT	PUISSANCE (EN MW)	MSI	TECHNOLOGIE RECENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT A L'UTILISATION DANS L'ETUDE DE DANGERS
Chute de pale	04/01/2018	Rampont	Meuse	12	2008	Oui	Dans un parc éolien, l'extrémité d'une pale d'une éolienne de 2 MW se rompt, lors d'un épisode venteux. Un morceau de 20 m chute au sol. L'exploitant sécurise la zone. Les morceaux les plus éloignés sont ramassés à 200 m. Un gardiennage est mis en place 24 h/24.	Tempête	Base de données ARIA	-
Incendie	05/06/2018	Aumelas	Hérault	14	2014/2009	Oui	Un feu se déclare vers 18h45 dans la nacelle d'une éolienne de 70 m de haut. 10 minutes plus tard, l'exploitant découple à distance le parc éolien du réseau électrique. Des éléments de l'éolienne en feu chutent au sol. Les flammes se propagent en partie basse de l'aérogénérateur. Les pompiers laissent l'incendie se terminer sous surveillance mais placent des lances en prévention d'une propagation du sinistre à la végétation. La nacelle de l'aérogénérateur est presque totalement détruite. 50m ² de végétation ont brûlé. L'accès à la zone est interdit et surveillé. Les débris sont ramassés. Selon la presse, un dysfonctionnement électrique serait à l'origine de l'incendie.	Défaillance électrique	Base de données ARIA	-

TYPE D'ACCIDENT	DATE	NOM DU PARC	DEPARTEMENT	PUISSANCE (EN MW)	MSI	TECHNOLOGIE RECENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT A L'UTILISATION DANS L'ETUDE DE DANGERS
Chute d'élément de l'éolienne	04/07/2018	Corbières Maritimes	Aude	8,8	1991 /1993/2000	Non	Une avarie est constatée sur 2 des pales d'une éolienne : leurs extrémités se sont disloquées. Des éléments ont été projetés à 150 m du mât après s'être décrochées.	Inconnue	Base de données ARIA	-
Incendie	28/09/2018	Trois Évêques	Tarn	9,5	2009	Oui	Un feu se déclare au niveau de la nacelle d'une éolienne vers 2h du matin. Un riverain donne l'alerte. L'exploitant arrête les 4 aérogénérateurs. La nacelle, les pales et des armoires de commande en pied de mât sont détruits. La machine est démantelée début novembre. Le rapport de la gendarmerie conclut à un acte de malveillance suite à des traces d'effraction sur la porte d'accès.	Malveillance	Base de données ARIA	-
Effondrement d'une éolienne	06/11/2018	La Mardelle	Loiret	3	2010	Oui	Une éolienne d'une hauteur de 140 m en bout de pale s'effondre vers 6h du matin. Des riverains donnent l'alerte. L'exploitant arrête les autres éoliennes de même type, dans 5 parcs éoliens. L'expertise conclut qu'une survitesse de rotation des pales de l'éolienne a conduit à une surcharge de la structure provoquant la chute de la machine. Un balisage et une surveillance sont mis en place.	Survitesse	Base de données ARIA	-

TYPE D'ACCIDENT	DATE	NOM DU PARC	DEPARTEMENT	PUISSANCE (EN MW)	MSI	TECHNOLOGIE RECENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT A L'UTILISATION DANS L'ETUDE DE DANGERS
Chute d'élément de l'éolienne	18/11/2018	Conilhac	Aude	9,2	2014	Oui	Les 3 aérofreins en extrémité des pales d'une éolienne chutent au sol, au pied du mât. Cet incident est constaté par l'équipe technique le lendemain suite l'arrêt de l'aérogénérateur. L'installation est mise en sécurité et les débris ramassés et stockés avant traitement et recyclage en filière agréée. Une rupture des parties en fibre de verre ainsi que de l'axe en carbone de fixation de l'aérofrein est constatée.	Inconnue	Base de données ARIA	-
Chute de pale	19/11/2018	Les tournevents du COS	Aisne	21,6	2017	Oui	Un agent de surveillance d'un parc éolien constate la rupture d'une pale d'une éolienne, à 11h30. L'exploitant arrête les 9 aérogénérateurs du site. La zone est sécurisée et un balisage est mis en place. Le site est placé sous surveillance.	Inconnue	Base de données ARIA	-
Chute de pale	17/01/2019	Bambesch	Moselle	12	2010	Oui	Une pale d'éolienne se rompt. 2 morceaux chutent au sol, l'un de 5 m (coque) et l'autre de 28 m (fibre de verre). Ce dernier est projeté à 100 m de l'éolienne.	Défaut de conception	Base de données ARIA	-
Incendie	20/01/2019	Roussas	Drôme	10,5	2006	Oui	Un feu se déclare sur 2 éoliennes d'un parc composé de 12 aérogénérateurs. Les éoliennes sont lourdement endommagées.	Incendie criminel	Base de données ARIA	-

TYPE D'ACCIDENT	DATE	NOM DU PARC	DEPARTEMENT	PUISSANCE (EN MW)	MSI	TECHNOLOGIE RECENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT A L'UTILISATION DANS L'ETUDE DE DANGERS
Effondrement d'une éolienne	23/01/2019	Boutavent	Oise	2	2011	Oui	Le mât de 66 m d'une éolienne se plie en 2 en son milieu. Des débris sont projetés dans un rayon de 300 m. Une coupure de courant impacte le parc éolien. Les pales de l'éolienne accidentée ne se sont pas mises en drapeau et sont restées en position de production, alors que le générateur était à l'arrêt. La machine est entrée en survitesse jusqu'à la dislocation d'une pale.	Défaillance électrique	Base de données ARIA	-
Chute de pale	30/01/2019	Roquetaillade	Aude	5,2	2010	Oui	Une pale d'une éolienne se rompt et chute au sol. Un périmètre de sécurité est mis en place autour de l'éolienne. L'exploitant arrête les 27 autres aérogénérateurs du parc. Un arrêté préfectoral d'urgence soumet leur redémarrage à l'accord de l'inspection des installations classées.	Inconnue	Base de données ARIA	-
Chute de pale	27/06/2019	La Picoterie	Aisne	22	2009	Oui	Deux techniciens intervenant sur une éolienne pour maintenance constatent qu'une pale d'une autre éolienne présente un angle anormal. lors de la mise à l'arrêt, le bout de la pale abîmée est projeté en 2 morceaux, l'un à 15 m de l'éolienne, l'autre à 100 m dans l'enceinte du parc éolien.	Inconnue	Base de données ARIA	-

TYPE D'ACCIDENT	DATE	NOM DU PARC	DEPARTEMENT	PUISSANCE (EN MW)	MSI	TECHNOLOGIE RECENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT A L'UTILISATION DANS L'ETUDE DE DANGERS
Incendie	25/06/2019	Ambon	Morbihan	10	2008	Oui	Lors d'une opération de maintenance au niveau du système d'orientation des pales d'une éolienne, un feu se déclare au niveau de la nacelle de cette éolienne.	Inconnue	Base de données ARIA	-
Incendie	18/06/2019	Quesnoy sur Airaines	Sommes	11,5	2011	Oui	Un feu se déclare sur une éolienne située dans un parc éolien qui en compte 5. D'après la presse, un court-circuit sur un condensateur est à l'origine du sinistre.	Défaillance électrique	Base de données ARIA	-

ANNEXE 4 – SCENARIOS GENERIQUES ISSUS DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

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

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

SCENARIOS RELATIFS AUX RISQUES LIES A LA GLACE (G01 ET G02)

Scénario G01

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

- système de détection de glace ;
- arrêt préventif en cas de déséquilibre du rotor ;
- arrêt préventif en cas de givrage de l'anémomètre.

Scénario G02

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

SCENARIOS RELATIFS AUX RISQUES DE FUITES (F01 A F02)

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

Une attention particulière est à porter aux mesures préventives des parcs présents dans des zones protégées au niveau environnemental, notamment en cas de présence de périmètres de protection de captages d'eau potable (identifiés comme enjeux dans le descriptif de l'environnement de l'installation). Dans ce dernier cas, un hydrogéologue agréé devra se prononcer sur les mesures à prendre en compte pour préserver la ressource en eau, tant au niveau de l'étude d'impact que de l'étude de danger.

Plusieurs mesures pourront être mises en place (photographie du fond de fouille des fondations pour montrer que la nappe phréatique n'a pas été atteinte, comblement des failles karstiques par des billes d'argile, utilisation de graisses végétales pour les engins, ...).

Scénario F01

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

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

- vérification des niveaux d'huile lors des opérations de maintenance ;
- détection des fuites potentielles par les opérateurs lors des maintenances ;
- procédure de gestion des situations d'urgence.

Deux événements peuvent être aggravants :

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

Scénario F02

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

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

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

Ce scénario est à adapter en fonction des produits utilisés.

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

SCENARIOS RELATIFS AUX RISQUES DE CHUTE D'ÉLÉMENTS (C01 A C03)

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

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

SCENARIOS RELATIFS AUX RISQUES DE PROJECTION DE PALES OU DE FRAGMENTS DE PALES (P01 A P06)

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

- défaut de conception et de fabrication ;

- non-respect des instructions de montage et/ou de maintenance ;
- causes externes dues à l'environnement : glace, tempête, foudre...

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

L'emballement de l'éolienne constitue un facteur aggravant en cas de projection de tout ou partie d'une pale. Cet emballement peut notamment être provoqué par la perte d'utilité décrite dans la partie « *scénarios incendies* ».

Scénario P01

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

Scénario P02

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

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

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

Scénario P03

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

SCENARIOS RELATIFS AUX RISQUES D'EFFONDREMENT DES EOLIENNES (E01 A E10)

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

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

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

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

ANNEXE 5 – PROBABILITE D’ATTEINTE ET RISQUE INDIVIDUEL

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

Cette probabilité est le produit de plusieurs probabilités :

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

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

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

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

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

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

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

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

EVENEMENT REDOUTE CENTRAL	BORNE SUPERIEURE DE LA CLASSE DE PROBABILITE DE L’ERC (POUR LES EOLIENNES RECENTES)	DEGRE D’EXPOSITION	PROBABILITE D’ATTEINTE
Effondrement	10^{-4}	10^{-2}	10^{-6} (E)
Chute de glace	1	$5 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-2}$ (A)
Chute d’éléments	10^{-3}	$1,8 \cdot 10^{-2}$	$1,8 \cdot 10^{-5}$ (D)
Projection de tout ou partie de pale	10^{-4}	10^{-2}	10^{-6} (E)
Projection de morceaux de glace	10^{-2}	$1,8 \cdot 10^{-6}$	$1,8 \cdot 10^{-8}$ (E)

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

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

ANNEXE 6 – GLOSSAIRE

Les définitions ci-dessous sont reprises de la circulaire du 10 mai 2010 et de l'arrêté du 26 août 2011 (modifié par l'arrêté du 22 juin 2020) 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.

Ces définitions sont couramment utilisées dans le domaine de l'évaluation des risques en France.

Acceptabilité : Caractérise, au vu de la réglementation en vigueur, le niveau acceptable ou non des conséquences des phénomènes dangereux associés à un scénario identifié, au vu de leur probabilité et de leur gravité.

Accident : Événement 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.

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.

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

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

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

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.

Parc éolien : Ensemble des aérogénérateurs et installations annexes (poste de livraison, réseau câblé, ...) implantés sur le site et étudié dans le cadre de la présente étude de dangers.

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

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

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

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

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

Attention aux confusions possibles :

1. Assimilation entre probabilité d'un accident et celle du phénomène dangereux correspondant, la première intégrant déjà la probabilité conditionnelle d'exposition des enjeux. L'assimilation sous-entend que les enjeux sont effectivement exposés, ce qui n'est pas toujours le cas, notamment si la cinétique permet une mise à l'abri ;

2. Probabilité d'occurrence d'un accident x sur un site donné et probabilité d'occurrence de l'accident x, en moyenne, dans l'une des N installations du même type (approche statistique).

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

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

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

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

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

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

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.

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

Les définitions suivantes sont issues de l'arrêté du 26 août 2011 (modifié par l'arrêté du 22 juin 2020) 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 :

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

ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement

SER : Syndicat des Energies Renouvelables

FEE : France Energie Eolienne

INERIS : Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques

EDD : Etude De Dangers

APR : Analyse Préliminaire des Risques

ERP : Etablissement Recevant du Public

ANNEXE 7 – BIBLIOGRAPHIE ET REFERENCES UTILISEES

- [1] L'évaluation des fréquences et des probabilités à partir des données de retour d'expérience (ref DRA-11-117406-04648A), INERIS, 2011 ;
- [2] NF EN 61400-1 Eoliennes – Partie 1 : Exigences de conception, Juin 2006 ;
- [3] Wind Turbine Accident data to 31 March 2011, Caithness Windfarm Information Forum ;
- [4] Site Specific Hazard Assessment for a wind farm project – Case study – Germanischer Lloyd, Windtest Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH, 2010/08/24;
- [5] Guide for Risk-Based Zoning of wind Turbines, Energy research centre of the Netherlands (ECN), H. Braam, G.J. van Mulekom, R.W. Smit, 2005;
- [6] Specification of minimum distances, Dr-ing. Veenker ingenieurgesellschaft, 2004;
- [7] Permitting setback requirements for wind turbine in California, California Energy Commission – Public Interest Energy Research Program, 2006;
- [8] Oméga 10: Evaluation des barrières techniques de sécurité, INERIS, 2005 ;
- [9] Arrêté du 26 août 2011 (modifié par l'arrêté du 22 juin 2020) relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement ;
- [10] Arrêté du 29 Septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation ;
- [11] Circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 Juillet 2003 ;
- [12] Bilan des déplacements en Val-de-Marne, édition 2009, Conseil Général du Val-de-Marne ;
- [13] Arrêté du 29 Septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation ;
- [14] Alpine test site Güttsch : monitoring of a wind turbine under icing conditions- R. Cattin et al;
- [15] Wind energy production in cold climate (WECO), Final report - Bengt Tammelin et al. – Finnish Meteorological Institute, Helsinki, 2000;
- [16] Rapport sur la sécurité des installations éoliennes, Conseil Général des Mines - Guillet R., Leteurtois J.-P. - juillet 2004 ;
- [17] Risk analysis of ice throw from wind turbines, Seifert H., Westerhellweg A., Kröning J. - DEWI, avril 2003 ;
- [18] Wind energy in the BSR: impacts and causes of icing on wind turbines, Narvik University College, novembre 2005.