



Énergie renouvelable.
Développement durable.

SOCIETE DU PARC EOLIEN DU BOIS REGNIER

Auxy (45)

Etude de dangers

Rapport

Réf : CACICE181834 / RACICE03360-03

CHKL-LUP / JPT

20/10/2020



SOCIETE DU PARC EOLIEN DU BOIS REGNIER

Auxy (45)

Etude de dangers

Objet de l'indice	Date	Indice	Rédaction Nom / signature	Vérification Nom / signature	Validation Nom / signature
Rapport	10/04/2019	01	C. KLING 	JP. LENGLET 	JP. LENGLET 
Reprises suite avis de recevabilité	15/05/2020	02	L.PONS 	JP. LENGLET 	JP. LENGLET 
Reprises suite avis de recevabilité	20/10/2020	03	JP. LENGLET 	JP. LENGLET 	JP. LENGLET 

Numéro de contrat / de rapport :	Réf : CACICE181834 / RACICE03360-03
Numéro d'affaire :	A44547
Domaine technique :	IC01
Mots clé du thésaurus	ENERGIE EOLIENNE ENERGIE RENOUVELABLE DOSSIER D'AUTORISATION

BURGEAP Agence Centre-Est - 19, rue de la Villette – 69425 Lyon CEDEX 03
Tél : 04.37.91.20.50 • Fax : 04.37.91.20.69 • burgeap.lyon@groupeginger.com

SOMMAIRE GÉNÉRAL

Le présent dossier de demande d'autorisation environnementale comporte 7 pièces :

0_DEMANDE (lettre de demande et check-list de complétude)

1_NOTE DE PRESENTATION NON TECHNIQUE

2_RÉSUMÉ NON TECHNIQUE DE L'ÉTUDE D'IMPACT ET DE L'ETUDE DES DANGERS

3_DOSSIER ADMINISTRATIF ET TECHNIQUE

4_ÉTUDE D'IMPACT

5_ÉTUDE DES DANGERS

6_ANNEXES

Ces différentes parties sont interdépendantes les unes des autres et ne peuvent être étudiées séparément.

Un sommaire détaillé est présenté au début des parties 1 à 6.

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	9
1. Préambule	10
1.1 Objectif de l'étude de dangers	10
1.2 Contexte réglementaire et législatif	10
2. Informations générales concernant l'installation	12
2.1 Renseignements administratifs	12
2.2 Localisation du projet.....	13
2.3 Description de l'aire d'étude.....	14
3. Description de l'environnement de l'installation	15
3.1 Environnement humain	15
3.1.1 Zones urbanisées.....	15
3.1.2 Etablissements recevant du public (ERP) et activités tertiaires	16
3.1.3 Installations nucléaires de base, sites SEVESO et autres Installations classées pour la protection de l'environnement	16
3.1.4 Autres activités.....	18
3.2 Environnement naturel	19
3.2.1 Contexte climatique	19
3.2.2 Risques naturels	21
3.3 Environnement matériel	23
3.3.1 Voies de communications	23
3.3.2 Espace aérien	24
3.3.3 Réseaux non enterrés.....	25
3.4 Synthèse des enjeux.....	25
4. Description de l'installation	26
4.1 Eléments constitutifs d'un parc.....	27
4.2 Caractéristiques techniques des éoliennes du parc d'Auxy	29
4.3 Certification des éoliennes.....	29
4.4 Fonctionnement de l'éolienne	30
4.4.1 Fonctionnement général.....	30
4.4.2 Arrêt de l'éolienne- Système de freinage.....	30
4.5 Opérations de maintenance de l'éolienne.....	31
4.5.1 Principes généraux	31
4.5.2 Mise en route et vérification annuelle	31
4.5.3 Programme préventif de maintenance	31
4.5.4 Stockage et flux de produits dangereux	33
4.5.5 Consignes de sécurité.....	33
4.6 Conformité de l'installation aux dispositions réglementaires et normatives applicables	33
4.6.1 Règles de conception et système qualité	33
4.6.2 Conformité aux prescriptions de l'arrêté ministériel modifié du 26/08/2011	34
4.7 Principaux systèmes de sécurité de l'installation	34
4.7.1 Gestion à distance du fonctionnement des éoliennes	34
4.7.2 Méthodes et moyens d'intervention.....	35
4.7.3 Système de détection de survitesse	35
4.7.4 Protection foudre.....	35
4.7.5 Détection et protection incendie	35
4.7.6 Système de détection de givre / glace	37
4.7.7 Surveillance des principaux paramètres.....	37
4.8 Réseaux de l'installation	38

4.8.1	Réseau inter éolien.....	38
4.8.2	Raccordement électrique externe.....	38
4.8.3	Autres réseaux.....	39
5.	Identification des potentiels de dangers de l'installation	39
5.1	Potentiels de dangers liés aux produits chimiques et déchets.....	39
5.2	Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation	41
6.	Réduction des potentiels de dangers.....	42
6.1	Choix du site	42
6.2	Réduction des dangers liés aux produits	42
6.3	Réduction des quantités de produits ou déchets	42
6.4	Réduction des potentiels dangers par le choix des caractéristiques des éoliennes.....	43
6.5	Utilisation des meilleures techniques disponibles.....	44
7.	Analyse de l'accidentologie	44
7.1	Inventaire des accidents et incidents en France	44
7.1.1	Inventaire initial	44
7.1.2	Mise à jour BURGEAP (avril 2020)	44
7.1.3	Projet de mise à jour du guide technique de l'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre de parcs éoliens.....	45
7.2	Inventaire des accidents et incidents à l'international	47
7.3	Inventaire des accidents majeurs survenus sur les sites de l'exploitant	50
7.4	Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience	51
7.4.1	Analyse de l'évolution des accidents en France	51
7.4.2	Typologies d'accidents les plus fréquents.....	52
7.5	Limites d'utilisation de l'accidentologie	52
8.	Analyse préliminaire des risques	53
8.1	Objectif de l'analyse préliminaire des risques	53
8.2	Recensement des événements initiateurs exclus de l'analyse des risques	53
8.3	Recensement des agressions externes potentielles.....	54
8.3.1	Agressions externes liées aux activités humaines	54
8.3.2	Agressions externes liées aux phénomènes naturels.....	55
8.4	Scénarios étudiés dans l'analyse préliminaire des risques.....	55
8.4.1	Identification des scénarios.....	55
8.4.2	Scénarios relatifs aux risques liés à la glace (G01 et G02)	60
8.4.3	Scénarios relatifs aux risques d'incendie (I01 à I07).....	60
8.4.4	Scénarios relatifs aux risques de fuite de liquides (F01 à F02)	61
8.4.5	Scénarios relatifs aux risques de chute d'éléments (C01 à C03)	61
8.4.6	Scénarios relatifs aux risques de projection de pales ou de fragments de pales (P01 à P06)	61
8.4.7	Scénarios relatifs aux risques d'effondrement des éoliennes (E01 à E10)	62
8.5	Description des mesures de maîtrise des risques (MMR)	62
8.6	Conclusion de l'analyse préliminaire des risques	71
9.	Etude détaillée des risques.....	72
9.1	Rappel des définitions.....	72
9.1.1	Cinétique	72
9.1.2	Intensité	73
9.1.3	Gravité.....	74
9.1.4	Probabilité	74
9.2	Effondrement de l'éolienne	78
9.2.1	Description de l'évènement redouté	78
9.2.2	Probabilité	78
9.2.3	Zone d'effet	79
9.2.4	Zone d'impact	79
9.2.5	Intensité	79
9.2.6	Gravité.....	80

9.2.7	Niveau de risque	80
9.3	Chute de glace.....	81
9.3.1	Description de l'évènement redouté	81
9.3.2	Probabilité	81
9.3.3	Zone d'effet	81
9.3.4	Zone d'impact	82
9.3.5	Intensité	82
9.3.6	Gravité.....	82
9.3.7	Niveau de risque	83
9.4	Chute d'éléments de l'éolienne.....	83
9.4.1	Description de l'évènement redouté	83
9.4.2	Probabilité	83
9.4.3	Zone d'effet	84
9.4.4	Zone d'impact	84
9.4.5	Intensité	84
9.4.6	Gravité.....	85
9.4.7	Niveau de risque	85
9.5	Projection de fragments de pales	86
9.5.1	Description de l'évènement redouté	86
9.5.2	Probabilité	86
9.5.3	Zone d'effet	87
9.5.4	Zone d'impact	87
9.5.5	Intensité	87
9.5.6	Gravité.....	88
9.5.7	Niveau de risque	88
9.6	Projection de glace.....	89
9.6.1	Description de l'évènement redouté	89
9.6.2	Probabilité	89
9.6.3	Zone d'effet.....	89
9.6.4	Zone d'impact	90
9.6.5	Intensité	90
9.6.6	Gravité.....	90
9.6.7	Niveau de risque	91
9.7	Synthèse de l'étude détaillée des risques	92
9.7.1	Tableaux de synthèse des scénarios étudiés.....	92
9.7.2	Synthèse de l'acceptabilité des risques.....	93
9.7.3	Cartographie des risques.....	93
10.	Analyse des effets domino possibles	102
11.	Mesures de limitation des risques - moyens de secours et d'intervention	102
11.1	Limitation du risque lié à la chute de glace	102
11.2	Limitation des risques liés à la chute d'élément	103
11.3	Moyens de secours internes.....	103
11.4	Traitement de l'alerte	103
12.	Conclusion	104
	GLOSSAIRE	106

TABLEAUX

Tableau 1 : Températures au droit de la station de Nemours.....	19
Tableau 2 : localisation et dimensions des éoliennes.....	26
Tableau 3 : Caractéristiques des éoliennes choisies pour le projet (source : Innergex).....	29
Tableau 4 : Produits contenus dans les éoliennes	39
Tableau 5 : Dangers liés au fonctionnement du parc éolien	41

Tableau 6 : Accidentologie INNERGEX	51
Tableau 7 : Agressions externes liées aux activités humaines.....	54
Tableau 8 : Agressions externes liées aux phénomènes naturels	55
Tableau 9 : Scénarios de l'analyse des risques préliminaire.....	56
Tableau 10 : Liste des fonctions de sécurité et des mesures de maîtrise des risques associées.....	64
Tableau 11 : Scénarios exclus de l'analyse des risques détaillés	71
Tableau 12 : Degré d'exposition	73
Tableau 13 : Seuils de gravité	74
Tableau 14 : Probabilités	74
Tableau 15 : Acceptabilité des risques	77
Tableau 16 : Probabilité du scénario d'effondrement d'éolienne.....	78
Tableau 17 : Intensité pour le phénomène d'effondrement de l'éolienne	79
Tableau 18 : Gravité pour le phénomène d'effondrement de l'éolienne.....	80
Tableau 19 : Niveau de risque	80
Tableau 20 : Intensité du phénomène de chute de glace.....	82
Tableau 21 : Gravité du phénomène de chute de glace	82
Tableau 22 : Acceptabilité du phénomène de chute de glace.....	83
Tableau 23 : Intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne	84
Tableau 24 : Gravité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne	85
Tableau 25 : Acceptabilité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne	85
Tableau 26 : Probabilité du phénomène de projection de pale	86
Tableau 27 : Intensité du phénomène de projection de pale.....	88
Tableau 28 : Gravité du phénomène de projection de pale	88
Tableau 29 : Acceptabilité du phénomène de projection de pale.....	89
Tableau 30 : Intensité du phénomène de projection de morceaux de glace	90
Tableau 31 : Gravité du phénomène de projection de morceaux de glace.....	91
Tableau 32 : Acceptabilité du phénomène de projection de morceaux de glace	91
Tableau 33 : Synthèse des scénarios étudiés.....	92
Tableau 34 : Acceptabilité des risques	93
Tableau 35 : Synthèse de l'acceptabilité des risques	104

FIGURES

Figure 1 : Localisation du projet	13
Figure 2 : Zone d'étude.....	14
Figure 3 : Localisation des habitations les plus proches.....	16
Figure 4 : Carte de localisation des sites industriels ICPE (hors éoliennes) les plus proches.....	17
Figure 5 : Carte de localisation des parcs et projets éoliens les plus proches.....	17
Figure 6 : Rose des vents moyenne (01/01/2000 au 31/12/2010) pour la station de Nemours	20
Figure 7 : Aléa retrait gonflement	21
Figure 8 : Foudroiement en France 2007-2017 (source : Météorage).....	22
Figure 9 : Voies de communication	24
Figure 10 : Principe d'un parc éolien	27
Figure 11 : Schéma d'une éolienne.....	28
Figure 12 : Modalités de gestion d'un incident	36
Figure 13 : Répartition des événements accidentels entre 2000 et avril 2020 (France)	45
Figure 14 : Répartition des événements accidentels et des causes entre 2000 et S1 2019 (France).....	45
Figure 15 : Répartition des causes premières d'effondrement entre 2000 et S1 2019 (France)	46
Figure 16 : Répartition des causes premières de chute ou rupture de pales entre 2000 et S1 2019 (France)	46

Figure 17 : Répartition des causes premières d'incendie entre 2000 et S1 2019 (France)	47
Figure 18 : Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et le 31/03/2020.....	47
Figure 19 : Evolution du nombre annuel d'évènements accidentels dans le monde entre 2006 et le 31/03/2020	48
Figure 20 : Répartition des causes premières d'effondrement entre 2000 et 2011	48
Figure 21 : Répartition des causes premières de rupture de pale entre 2000 et 2011	49
Figure 22 : Répartition des causes premières d'incendie entre 2000 et 2011	49
Figure 23 : Evolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées (source :SER / INERIS)	52
Figure 24 : Evolution des incidents sur éoliennes en France	76
Figure 25 : Synthèse des zones d'effets – éolienne E1	94
Figure 26 : Synthèse des zones d'effets – éolienne E2	95
Figure 27 : Synthèse des zones d'effets – éolienne E3	96
Figure 28 : Synthèse des zones d'effets – éolienne E4	97
Figure 29 : Synthèse des zones d'effets – éolienne E5	98
Figure 30 : Synthèse des zones d'effets – éolienne E6	99
Figure 31 : Synthèse des zones d'effets – éolienne E7	100
Figure 32 : Synthèse des zones d'effets – éolienne E8	101

INTRODUCTION

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. Il est toutefois à noter que quel que soit le modèle d'éolienne qui sera installé :
 - toute alarme en lien avec la sécurité (suspicion de survitesse, alarme majeure, etc) donne lieu à une alarme et à une mise à l'arrêt automatique et immédiate de l'éolienne ;
 - la mise à l'arrêt se fait sans possibilité d'acquiescer le défaut à distance ou de forcer le redémarrage à distance, et oblige à une intervention sur site pour lever le doute ou constater le défaut ;
- 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) a réaffirmé 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.

1. Préambule

1.1 Objectif de l'étude de dangers

La présente étude de dangers a pour objet de rendre compte de l'examen effectué par la société du Parc Eolien du Bois Régnier pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques du Parc Eolien du Bois Régnier, 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 Eolien du Bois Régnier. Le choix de la méthode d'analyse utilisée et la justification des mesures de prévention, de protection et d'intervention sont adaptés à la nature et la complexité des installations et de leurs risques.

Elle précise l'ensemble des mesures de maîtrise des risques mises en œuvre sur le Parc Eolien du Bois Régnier, 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 :

- 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.

1.2 Contexte réglementaire et législatif

Les parcs éoliens sont soumis à la rubrique 2980 de la nomenclature des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) :

N°	Désignation de la rubrique	Régime ¹	Rayon ²
2980	Installation terrestre de production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent et regroupant un ou plusieurs aérogénérateurs :		
	1. Comprenant au moins un aérogénérateur dont 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, C : soumis au contrôle périodique prévu par l'article L. 512-11 du code de l'environnement, D : déclaration

² rayon d'affichage en kilomètres (uniquement pour le régime A)

Le Parc Eolien du Bois Régnier comprend au moins un aérogénérateur dont la hauteur est 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 donc à autorisation environnementale.

Conformément au 10° du I de l'article D.181-15-2 du Code de l'environnement, les demandes d'autorisation environnementale pour les ICPE doivent comporter une étude de dangers.

Les objectifs de l'étude de dangers et son contenu général sont définis au III de l'article D.181-15-2 du Code de l'environnement :

- L'étude de dangers justifie que le projet permet d'atteindre, dans des conditions économiquement acceptables, un niveau de risque aussi bas que possible, compte tenu de l'état des connaissances et des pratiques et de la vulnérabilité de l'environnement de l'installation ;
- Le contenu de l'étude de dangers doit être en relation avec l'importance des risques engendrés par l'installation, compte tenu de son environnement et de la vulnérabilité des intérêts mentionnés à l'article L. 181-3 ;
- Cette étude précise, notamment, la nature et l'organisation des moyens de secours dont le pétitionnaire dispose ou dont il s'est assuré le concours en vue de combattre les effets d'un éventuel sinistre.

Les principaux textes réglementaires généraux relatifs aux études de dangers sont :

- 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 ;
- 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, qui précise le contenu attendu de l'étude de dangers et apporte des éléments méthodologiques.

Compte tenu des spécificités des éoliennes par rapport aux installations industrielles classiques, l'NERIS, France Energie Eolienne et le Syndicat des Energies Renouvelables ont publié en mai 2012 un guide technique pour l'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens.

La présente étude a été réalisée en conformité avec ce guide.

2. Informations générales concernant l'installation

2.1 Renseignements administratifs

La demande d'autorisation environnementale est présentée par la société *Parc éolien du Bois Régnier*, représentée par Monsieur Guillaume JUMEL et basée au 7, rue Servient – 69 003 LYON.

Raison sociale	Parc éolien du Bois Régnier
Forme juridique	Société par Actions Simplifiée à associé Unique(SASU)
Capital social	1 000 €
Siège social	7, rue Servient 69 003 LYON
SIRET	878 216 597 00012
APE	3511Z Production d'électricité
Nom du Signataire	JUMEL
Prénom du Signataire	Guillaume
Nationalité du Signataire	Française
Qualité	Représentant dûment autorisé à cet effet

Le Société du Parc Eolien du Bois Régnier a pour objet de promouvoir, concevoir, développer, financer, construire et exploiter des installations de production d'énergies renouvelables dans le cadre du développement durable du secteur de la commune d'Auxy (45).

La Société du Parc Éolien du Bois Régnier est détenue à 100% par la société INNERGEX France SAS. Selon les dispositions de la loi dite de Grenelle 2 dans son article 90, la société INNERGEX France SAS est qualifiée de société mère et en ce sens sera responsable du démantèlement et de la remise en état du « site » en cas de défaillance de la société.



Le groupe INNERGEX dont le nom complet est INNERGEX Énergies Renouvelables inc, est une société cotée en bourse de Toronto. Elle est cotée BBB- par l'agence Standard&Poor's. Au 24 octobre 2019, la valeur d'entreprise d'INNERGEX s'élevait 6,6 milliards de dollars canadiens (soit plus de 4,5 milliards d'Euros).

INNERGEX Énergies Renouvelables Inc est un producteur d'énergie indépendant actif depuis 1990 dans le développement et l'exploitation de centrales électriques uniquement d'origine renouvelables :

- Hydraulique ;
- Solaire ;
- et éolien.

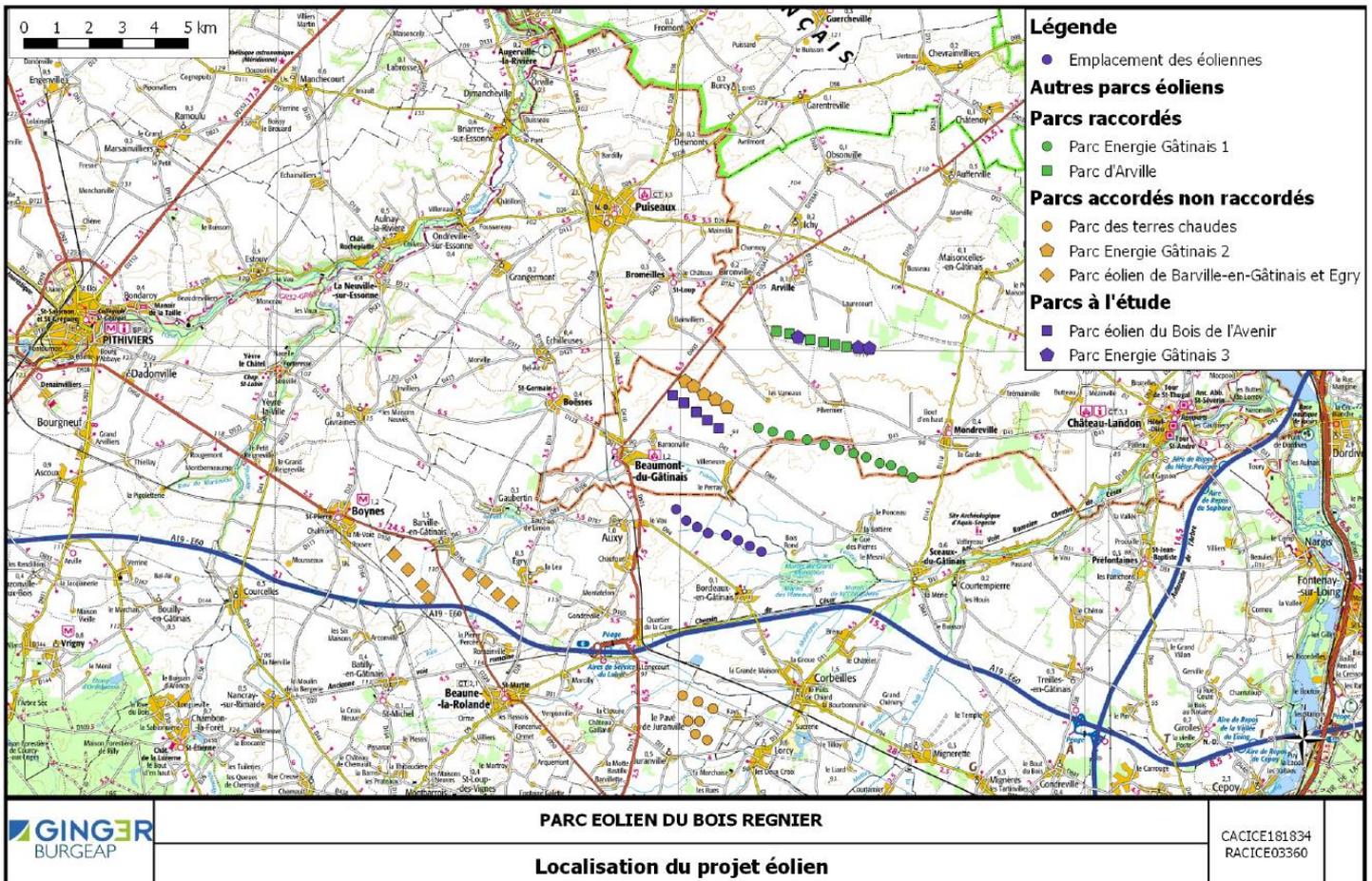
Son portefeuille d'actifs comprend actuellement au 13/01/2020 des participations dans 68 centrales en exploitation (37 centrales hydroélectriques, 26 parcs éoliens et 5 parcs solaires) d'une puissance installée de près de 3 490 MW, 378 MW en développement et des projets potentiels d'une puissance totale de 7767 MW au Canada, en France, au Chili et aux États Unis.

2.2 Localisation du projet

La société PARC ÉOLIEN DU BOIS DE RÉGNIER projette de construire et d'exploiter une ligne d'éoliennes sur la commune d'Auxy sur le territoire de la Communauté de communes Gâtinais-Val de Loing, dans le département de la Marne, comprenant 8 aérogénérateurs de 4,2 MW de puissance unitaire maximale, pour une hauteur totale (en bout de pale) de 180 mètres maximum.

Le présent dossier concerne la demande d'autorisation environnementale pour le parc du Bois Régnier, situé sur la commune d'Auxy.

Figure 1 : Localisation du projet



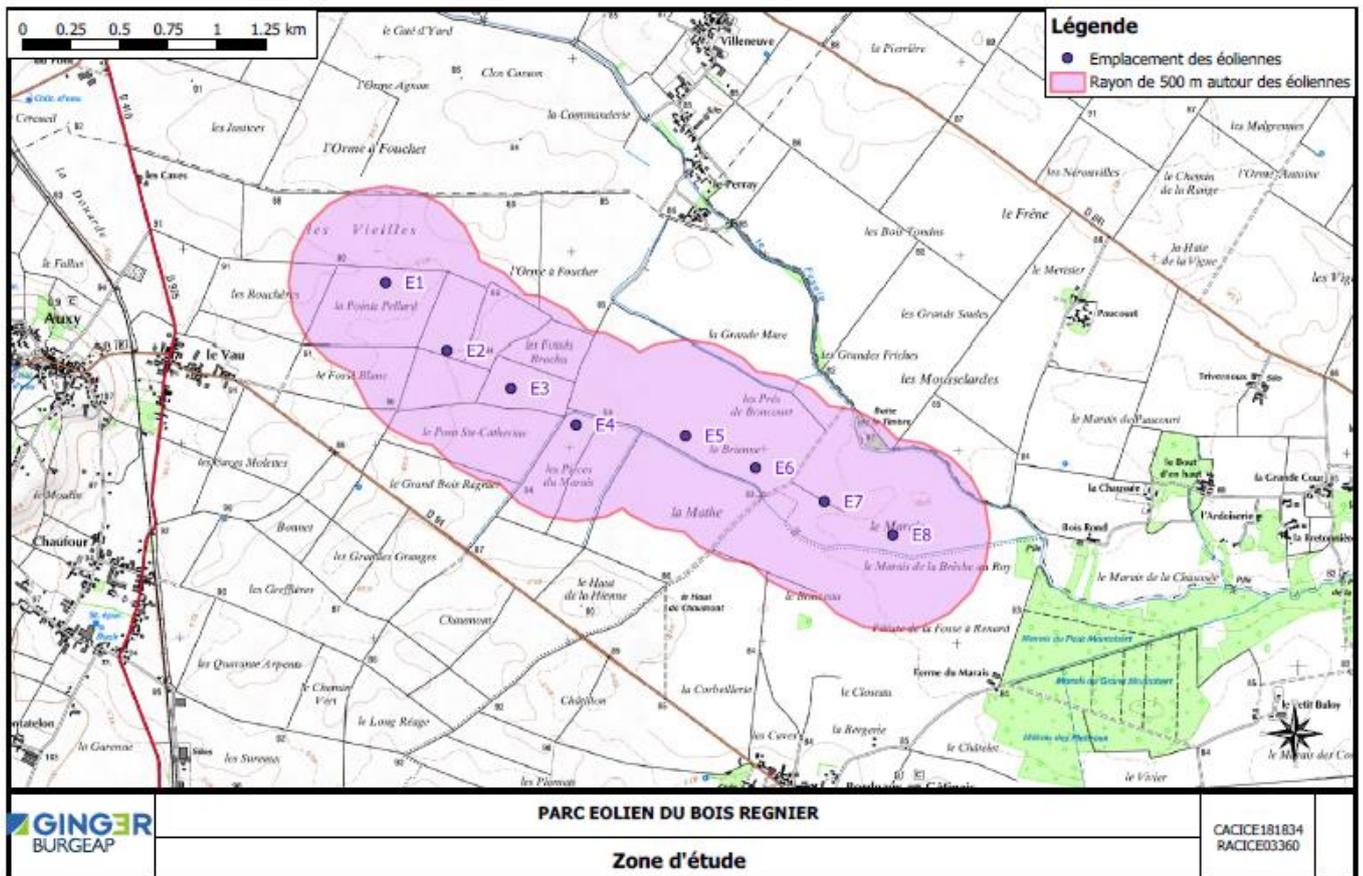
2.3 Description de l'aire d'étude

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

Chaque aire d'étude correspond à l'ensemble des points situés à une distance inférieure ou égale à 500 m à partir de l'emprise du mât de l'aérogénérateur. Cette distance équivaut à la distance d'effet retenue pour les phénomènes de projection, telle que définie au paragraphe 9.5.

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

Figure 2 : Zone d'étude



L'aire d'étude concerne majoritairement le territoire de la commune d'Auxy, une petite partie du territoire de la commune de Bordeaux-en-Gâtinais (sud des éoliennes 6, 7 et 8) et des surfaces extrêmement réduites des territoires des communes de Beaumont-du-Gâtinais (nord de l'éolienne 1) et Sceaux-du-Gâtinais (nord-est des éoliennes 7 et 8).

3. Description de l'environnement de l'installation

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

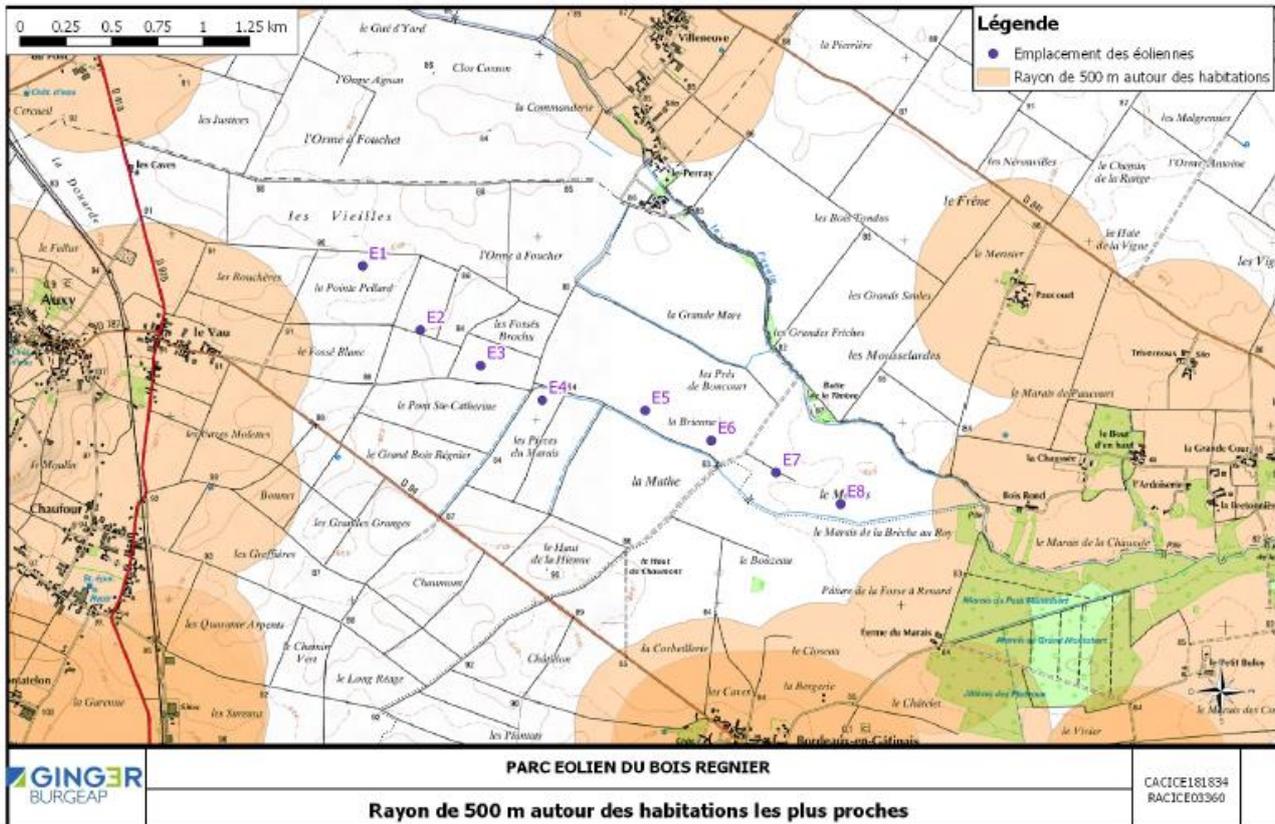
3.1 Environnement humain

3.1.1 Zones urbanisées

L'installation est implantée de telle sorte que les aérogénérateurs sont situés à une distance supérieure à 500 mètres de toute construction à usage d'habitation, de tout immeuble habité ou de toute zone destinée à l'habitation telle que définie dans les documents d'urbanisme opposables en vigueur au 13 juillet 2010.

Eolienne	Zone d'habitation la plus proche	Distance minimale
E1	« Le Vau »	900 m
E2	« Le Vau »	1,1 km
E3	« Le Perray »	1,2 km
E4	« Le Perray »	1,2 km
E5	« Le Perray »	1,1 km
E6	« Le Perray »	1,3 km
E7	« Le Bois Rond »	1,3 km
	« Ferme du marais »	1,2 km
E8	« Le Bois Rond »	1,0 km
	« Ferme du marais »	900 m

Figure 3 : Localisation des habitations les plus proches



3.1.2 Etablissements recevant du public (ERP) et activités tertiaires

Aucun établissement recevant du public, équipement de loisirs, ou immeuble de n'est présent dans l'aire d'étude.

3.1.3 Installations nucléaires de base, sites SEVESO et autres Installations classées pour la protection de l'environnement

L'article 3 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié relatif aux installations de production d'électricité soumises à autorisations sous la rubrique 2980 de la nomenclature des ICPE indique que L'installation est implantée de telle sorte que les aérogénérateurs sont situés à une distance minimale de 300 mètres :

- d'une installation nucléaire de base visée par l'article 28 de la loi n° 2006-686 du 13 juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire ;
- ou d'une installation seuil bas ou seuil haut définie à l'article R. 511-10 du code de l'environnement (sites SEVESO).

Cette distance est mesurée à partir de la base du mât de chaque aérogénérateur.

Le projet de parc éolien n'est pas situé à proximité de sites SEVESO ni de sites nucléaires.

La distance minimale de 300 m est respectée. Aucune contrainte n'est recensée pour cette thématique.

Les cartes suivantes présentent la localisation des sites ICPE (hors éoliennes) et des autres parcs éoliens les plus proches du projet

Figure 4 : Carte de localisation des sites industriels ICPE (hors éoliennes) les plus proches

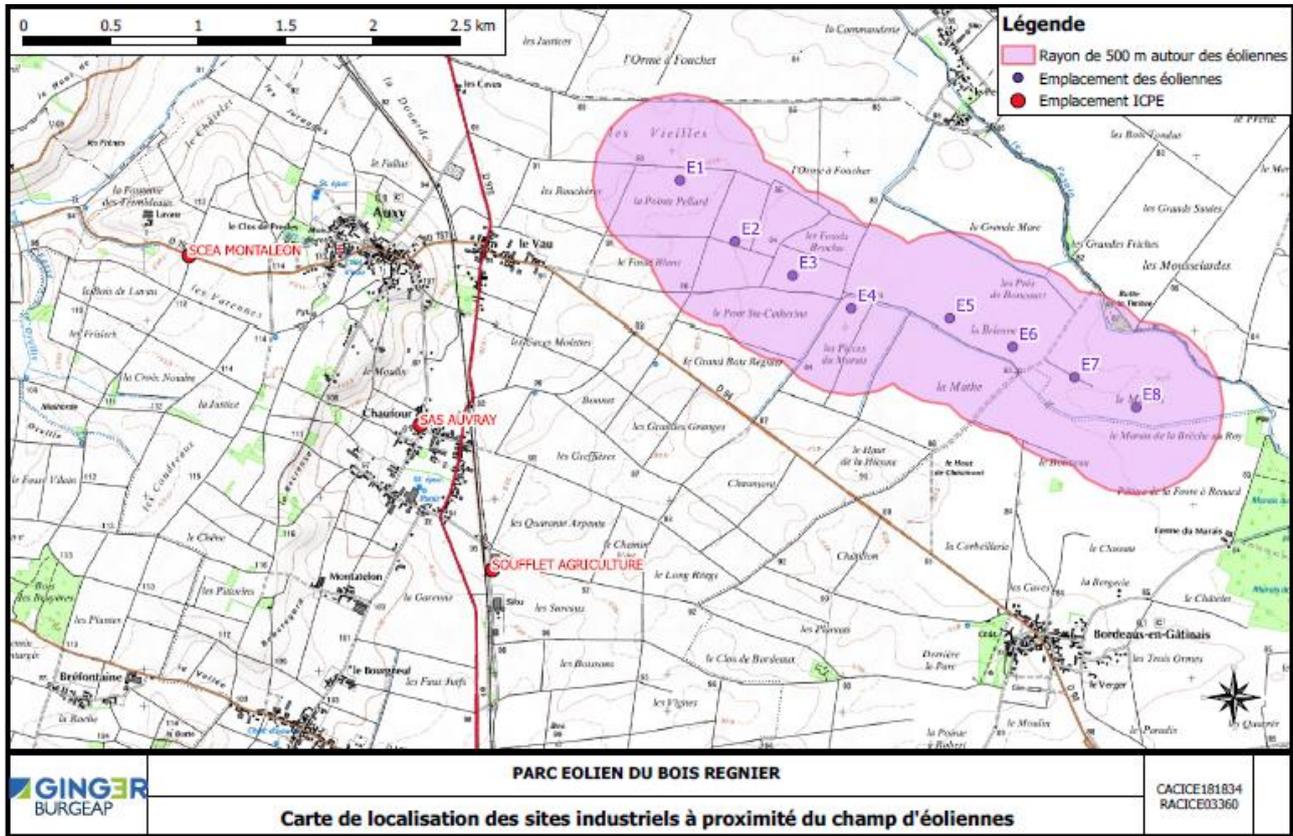
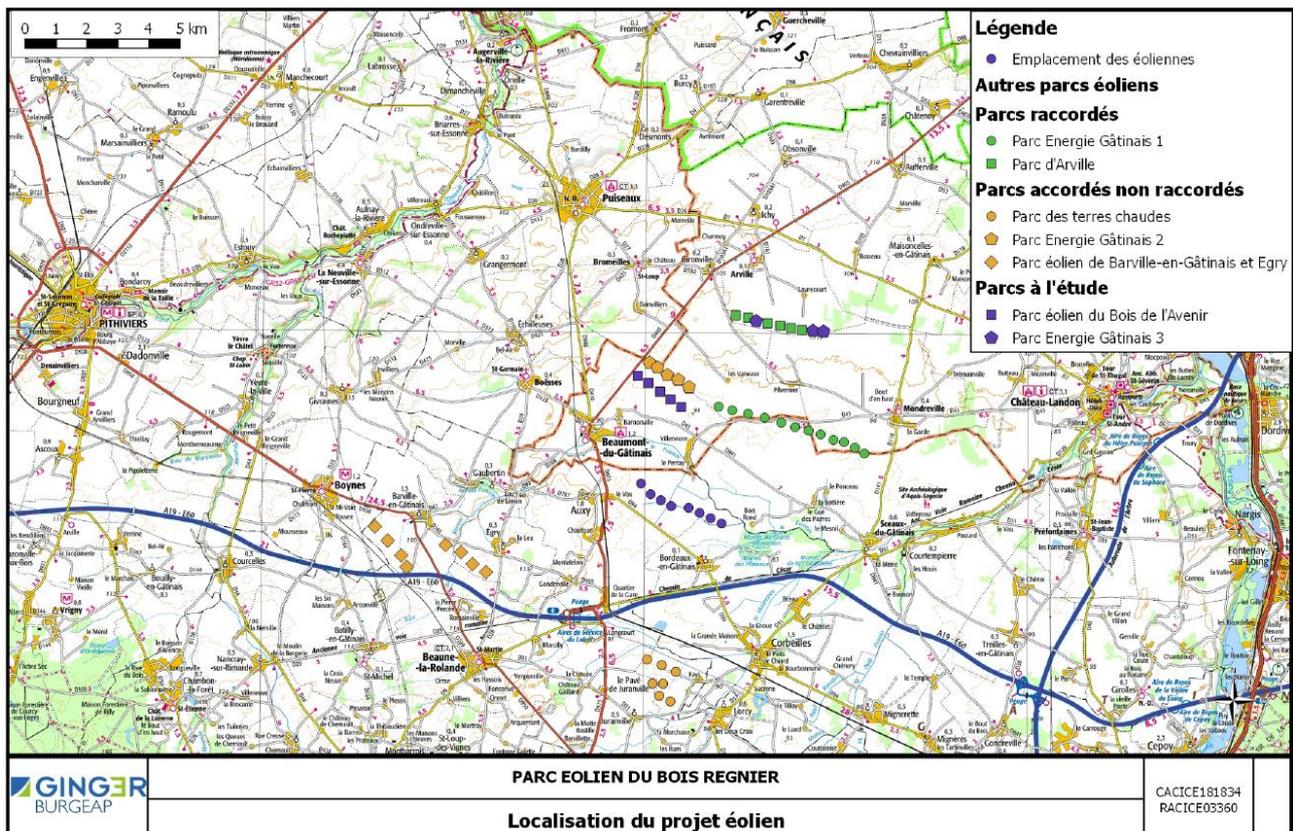


Figure 5 : Carte de localisation des parcs et projets éoliens les plus proches



3.1.4 Autres activités

L'occupation des sols est majoritairement constituée sur les différentes aires d'étude de terres agricoles.

Aucun chemin de randonnée ne passe à moins de 500 m des éoliennes.

L'environnement humain du site n'est pas considéré comme un enjeu à protéger ni comme un facteur de risque.

3.2 Environnement naturel

3.2.1 Contexte climatique

Les données du contexte climatique sont issues de la station Météo France de Nemours, situé à environ 20 km du site entre 1990 et 2000.

3.2.1.1 Températures

Les basses températures, notamment les températures négatives sont le facteur nécessaire pour conduire au givrage des pales ou de l'éolienne. Les amas de glace peuvent ensuite se détacher et tomber au sol sous l'éolienne (machine à l'arrêt) ou être projetés dans un périmètre restreint.

De même, les chutes de neige peuvent être à l'origine d'une accumulation de neige sur les pales et de chutes de celle-ci au sol.

Les basses températures peuvent aussi affecter le fonctionnement de certains composants ou diminuer certaines performances (la viscosité des huiles augmente lorsque la température diminue).

Les éoliennes vendues pour le territoire métropolitain français sont construites en standard pour fonctionner sous des températures ambiantes entre - 20 °C et 40°C.

Tableau 1 : Températures au droit de la station de Nemours

Températures (°C)			
	Moyenne	Mini*	Maxi**
Janvier	3,4	-13,3	16,8
Février	3,8	-12,4	19,5
Mars	6,6	-11,7	24
Avril	8,9	-4,3	28,8
Mai	12,9	-0,9	31,6
Juin	15,5	2	35,3
Juillet	17,9	7,3	37,9
Août	18	4,4	41,1
Septembre	15	0,5	33,1
Octobre	11,1	-4,7	28,8
Novembre	6,6	-10,9	21
Décembre	4,4	-12,1	17,9
Nombre moyen de jours de gel par an (température inférieure à - 5°C)	8,9		
Nombre moyen de jours par an où la température dépasse 30°C	15,1		

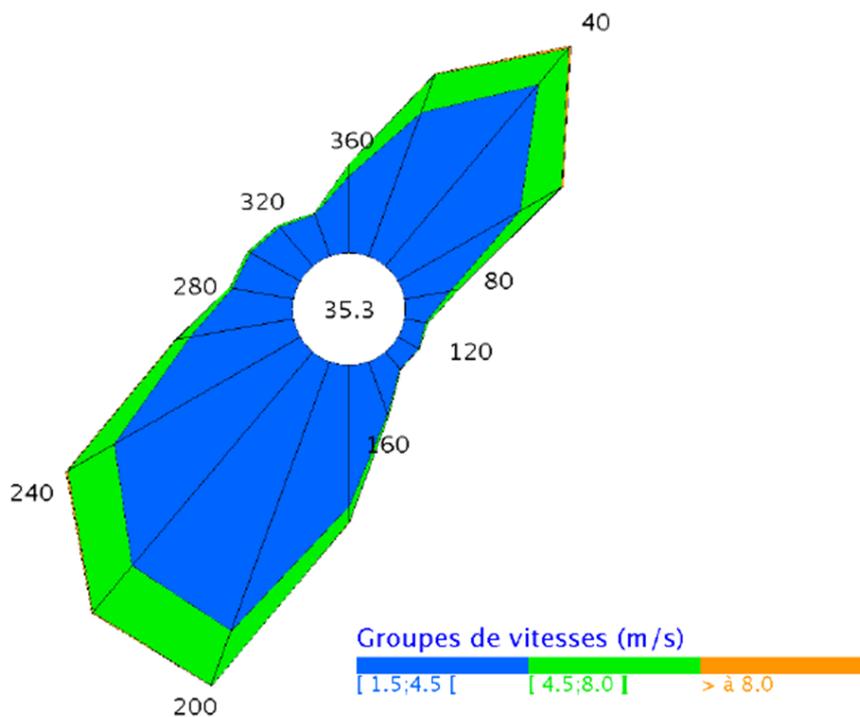
* Température la plus basse recensée entre 1990 et 2000

** Température la plus haute recensée entre 1990 et 2000

3.2.1.2 Vents

Les vents forts peuvent conduire à des efforts significatifs sur l'éolienne. Celle-ci est néanmoins conçue pour répondre à une classe de vents adaptée au site d'implantation. Les vitesses de vent importantes, au-delà de 20m/s conduisent à la mise en drapage des pales.

Figure 6 : Rose des vents moyenne (01/01/2000 au 31/12/2010) pour la station de Nemours



La vitesse moyenne du vent est de l'ordre de 2,7m/s à 10 m d'altitude. Nous dénombrons seulement 0,1 jours en moyenne par an avec des rafales supérieures à 28 m/s (100 km/h), et 24,6 jours en moyenne par an avec des rafales supérieures à 16 m/s (58 km/h). La vitesse maximale a été enregistrée en 1999 et 2004 avec 34 m/s (122,4 km/h). En ce qui concerne la direction des vents, le secteur Sud-Ouest (direction 200-220°) est le plus important, suivi par le secteur Nord-Est (direction 40°).

Le contexte climatique n'est pas retenu comme source potentielle de danger pour le parc éolien étudié.

3.2.2 Risques naturels

3.2.2.1 Sismicité

Un séisme est un phénomène vibratoire qui peut affecter la stabilité de l'éolienne. Les conséquences peuvent être un effondrement de l'éolienne. Néanmoins, l'examen des données d'accidentologie ne fait pas apparaître d'accident dont la cause serait un séisme.

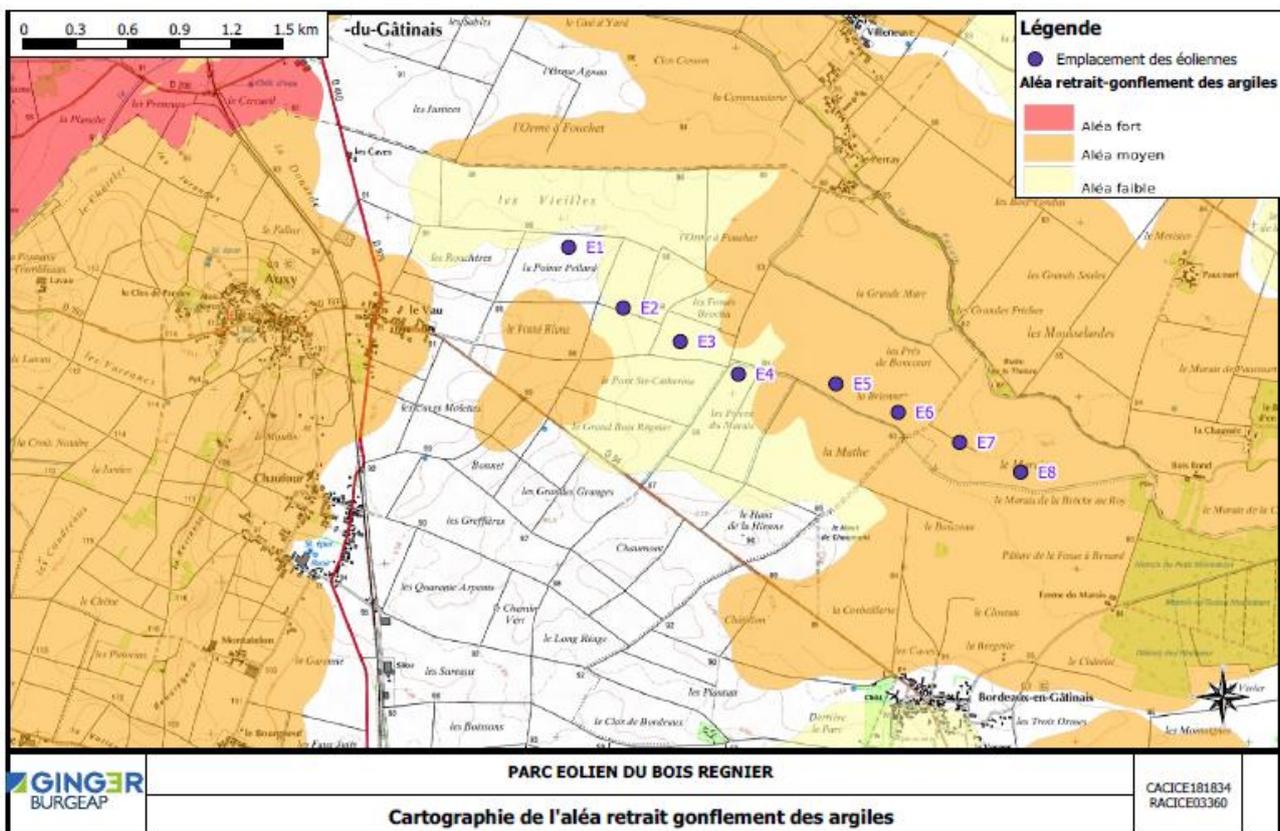
D'après le décret n° 2010-1255 du 22 octobre 2010 portant délimitation des zones de sismicité du territoire français, et entré en vigueur le 1er mai 2011, **tout le département du Loiret se trouve en aléa sismique très faible (zone 1)**.

L'activité sismique sur le site n'est pas considérée comme étant une source potentielle de dangers pour le parc éolien étudié.

3.2.2.2 Mouvements de terrain

D'après la cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles du site Géorisques, le site étudié est classé en partie en aléa faible et en partie en aléa à priori nul de retrait-gonflement des argiles.

Figure 7 : Aléa retrait gonflement



De plus, aucune cavité souterraine n'est située à moins de 500 m de l'emplacement potentiel des éoliennes.

Une étude géotechnique sera menée pour déterminer précisément la composition du sol sous le niveau d'assise des éoliennes afin d'ajuster en conséquence les solutions techniques concernant les fondations.

3.2.2.3 Foudre

La foudre est un phénomène très complexe à effets multiples. Ces effets sont les suivants :

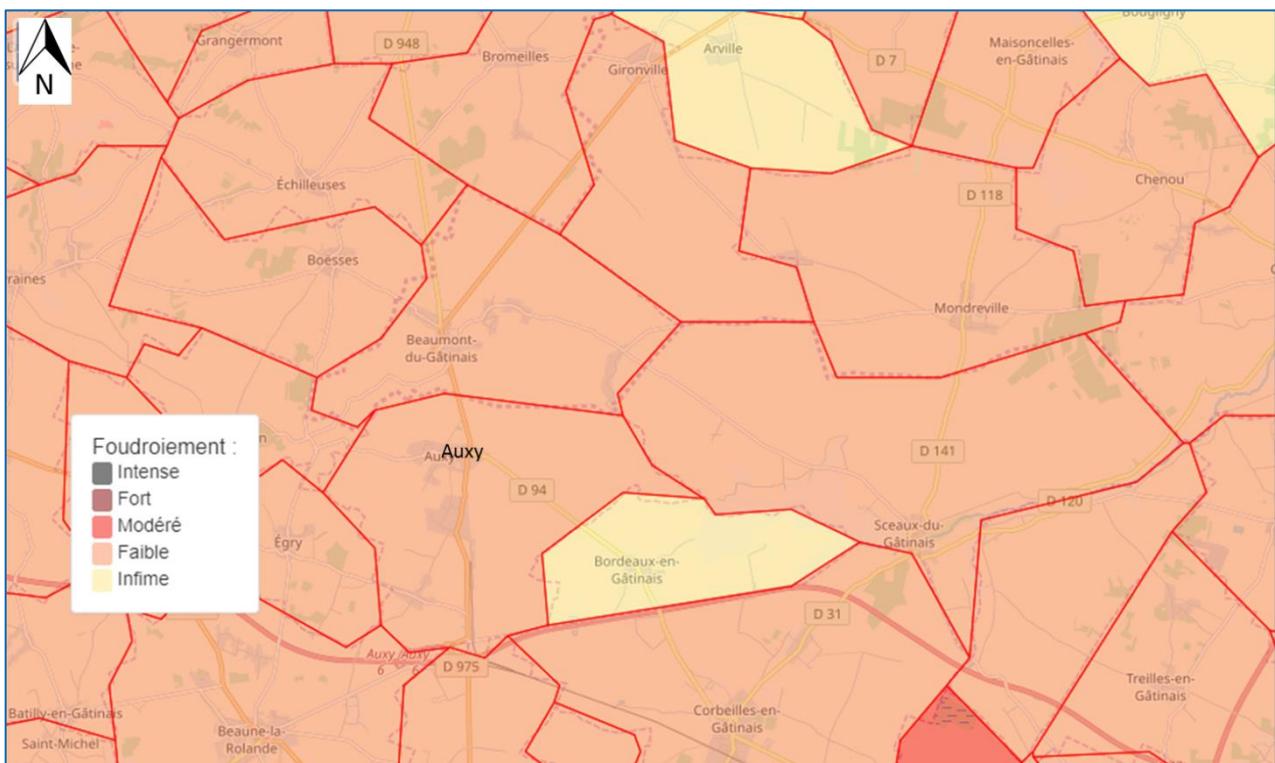
- Effets thermiques liés à l'effet Joule dans les mauvais conducteurs (matières plastiques, béton) ;
- Montées en potentiel de prises de terre ;
- Effets d'induction ;
- Effets électrodynamiques.

Les éoliennes constituent des points hauts dans un paysage et sont donc des installations sujettes au foudroiement. Sur l'éolienne, l'impact de foudre peut avoir pour conséquences :

- Des phénomènes de bris de pales liés aux effets thermiques. L'extrémité de pale est l'endroit le plus exposé. Le morceau de pale endommagé peut rester accroché au reste de la pale et se décrocher ultérieurement sous l'effet de la vitesse de rotation ;
- Des phénomènes de surtension dans les circuits et composants électriques, conduisant à des courts-circuits et à un incendie ;
- Des phénomènes d'induction pouvant amener des effets similaires.

D'après la carte interactive du foudroiement issue du site Météorage, la commune d'étude : Auxy est située en intensité de foudroiement faible.

Figure 8 : Foudroiement en France 2007-2017 (source : Météorage)



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

3.2.2.4 Tempêtes

Comme précisé dans le paragraphe 2.5.1.2, les épisodes de vents forts enregistrés entre 2000 et 2010 sont ceux de 1999 et 2004 avec 34 m/s (122.4 km/h).

La vitesse moyenne du vent est de l'ordre de 2,7m/s à 10 m d'altitude. Nous dénombrons seulement 0,1 jours en moyenne par an avec des rafales supérieures à 28 m/s (100 km/h), et 24,6 jours en moyenne par an avec des rafales supérieures à 16 m/s (58 km/h).

Les événements exceptionnels peuvent toutefois constituer une source de danger pour le parc éolien étudié, comme pour toute installation de ce type.

3.2.2.5 Incendies de forêts et de cultures

Aucun boisement n'est présent au droit du site.

Le site se situe entièrement en zone de grande culture. Les cultures de céréales présentent un risque d'incendie lors de moissons, en fonction des conditions météo.

L'incendie des cultures sera considéré comme source potentielle de danger pour le parc éolien étudié.

3.2.2.6 Remontée de nappe

Selon les données issues de la BSS¹ Eau du BRGM, la nappe serait à une profondeur d'environ 1 m au droit du champ d'éoliennes.

Selon la carte nationale des remontées de nappe disponible sur le site Georisques, les éoliennes 5 à 8 se situent en zone potentiellement sujette à débordement de nappe. Les autres éoliennes se situent en zone potentiellement sujette à inondation de cave.

Ces informations sont à prendre avec précaution, les informations n'étant pas disponibles à une échelle supérieure au 1/90000.

L'étude géotechnique prendra en compte la profondeur de la nappe d'eau pour déterminer les caractéristiques de construction et de dimensionnement des fondations. En fonction de la profondeur de la nappe, les fondations seront étanchéifiées et par ailleurs les installations techniques seront surélevées.

3.3 Environnement matériel

3.3.1 Voies de communications

À l'écart des pôles économiques du département, la zone d'implantation des éoliennes est desservie par un maillage routier lâche constitué de petites routes départementales et de voies communales.

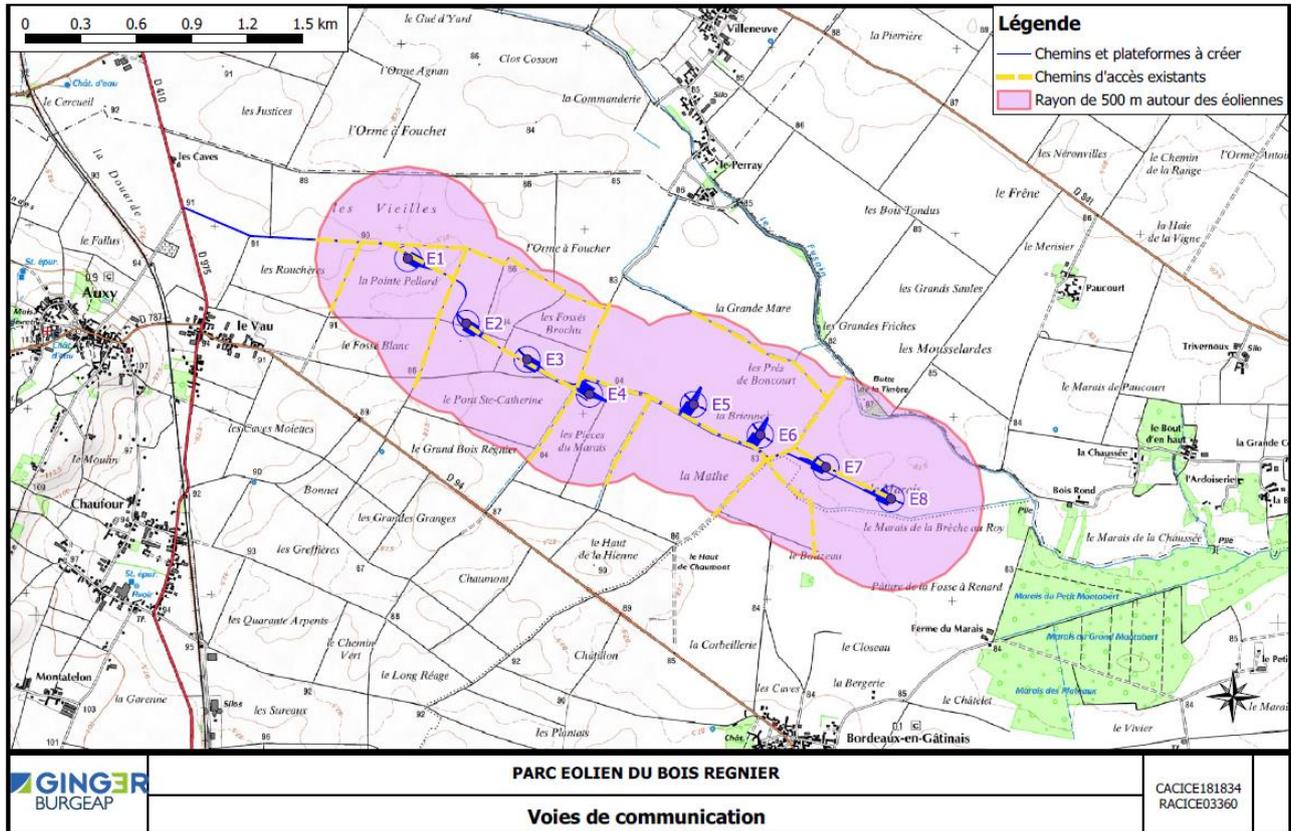
Les routes les plus proches sont :

- La RD 975, qui passe à l'ouest du parc, à environ 1100 m de l'éolienne E1 ;
- La RD 94 qui passe au sud du parc, à une distance minimale d'environ 760 m (par rapport à l'éolienne E2).

¹ Banque de Données du Sous-Sol

Aucune, voie routière, ferrée ou voie navigable ne passe à moins de 500 m des éoliennes (distance d'effet maximale en cas d'accident). Par conséquent, les enjeux liés aux voies de communication sont nuls. Seuls des chemins agricoles sont présents à moins de 500 m des éoliennes.

Figure 9 : Voies de communication



3.3.2 Espace aérien

3.3.2.1 Civil

L'aérodrome le plus proche est à 19 km (Montargis-Vimory).

L'avis favorable émis par la Direction Générale de l'Aviation Civile (DGAC) figure en annexe 13 (compte tenu de la date d'établissement de ce document, il est fait mention du parc du Bois de l' Avenir, correspondant à la dénomination initiale du projet, au lieu du parc du Bois Régnier).

3.3.2.2 Militaire

L'emprise de la zone d'étude du projet été définie en tenant compte de la principale contrainte identifiée : le secteur d'entraînement du Groupe Interarmées d'Hélicoptères (GIH) qui a été délimitée par le ministère de la Défense. Dans cette zone, les hélicoptères volent très bas (entre le sol et 150 m) pour se préparer à différentes missions et les éoliennes constituent des obstacles.

Le projet est situé en dehors de la zone d'entraînement définie.

L'avis favorable émis par la direction de la circulation aérienne militaire figure en annexe 13 (compte tenu de la date d'établissement de ce document, il est fait mention du parc du Bois de l'Avenir, correspondant à la dénomination initiale du projet, au lieu du parc du Bois Régnier).

3.3.3 Réseaux non enterrés

Aucune ligne électrique ou conduite de transport ne passe à moins de 500 m des éoliennes.

3.4 Synthèse des enjeux

L'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et la prise en compte des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation d'exploiter impose une évaluation des accidents majeurs sur les personnes uniquement et non sur la totalité des enjeux identifiés à l'article L.511-1. En cohérence avec cette réglementation et dans le but d'adopter une démarche proportionnée, l'évaluation des accidents majeurs dans l'étude de dangers s'intéressera en priorité aux dommages sur les personnes.

Ainsi, les enjeux suivants ont été identifiés dans le périmètre d'étude (500 m autour des éoliennes) :

- Personnes non abritées (promeneurs, agriculteurs) présentes dans le périmètre d'étude ;
- Véhicules susceptibles d'emprunter les chemins non revêtus du périmètre d'étude.

4. Description de l'installation

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

L'activité principale du parc éolien de Bois Régnier est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent. Cette installation est donc soumise à la rubrique 2980 des installations classées pour la protection de l'environnement.

Le parc éolien de Bois Régnier est composé de 8 aérogénérateurs et de 3 postes de livraison. Chaque aérogénérateur a une hauteur totale en bout de pale de 180 mètres maximum.

Tableau 2 : localisation et dimensions des éoliennes

Éolienne	Commune d'implantation	Coordonnées RGF93 Lambert 93		Diamètre Rotor maximal (m)	Hauteur totale maximale (m)	Cote sommitale maximale (m NGF)*
		X	Y			
E1	AUXY	662669	6780353	136	180	265
E2	AUXY	662984	6780001	136	180	263
E3	AUXY	663313	6779805	136	180	261
E4	AUXY	663649	6779616	136	180	261
E5	AUXY	664211	6779560	136	180	260
E6	AUXY	664571	6779394	136	180	266
E7	AUXY	664925	6779219	136	180	260
E8	AUXY	665277	6779047	136	180	261

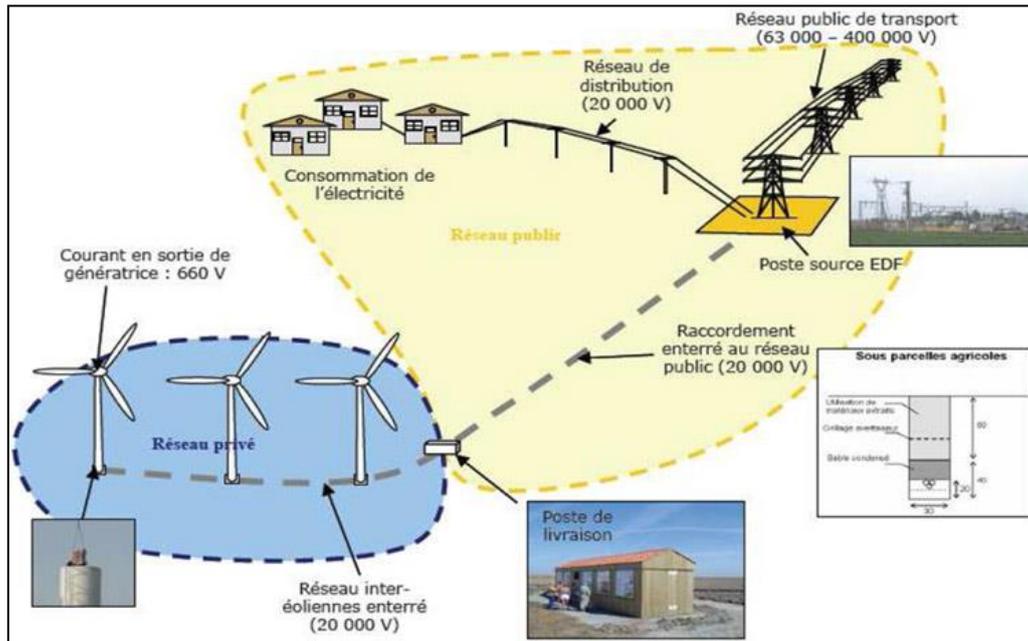
(*) Les altitudes d'implantation ont été relevées sur Géoportail.

4.1 Eléments constitutifs d'un parc

Les parcs éoliens en général et le projet en particulier sont décrits en détail dans le « Dossier administratif et technique » de la présente demande, auquel on se reportera.

Nous reprenons ici les principaux éléments.

Figure 10 : Principe d'un parc éolien

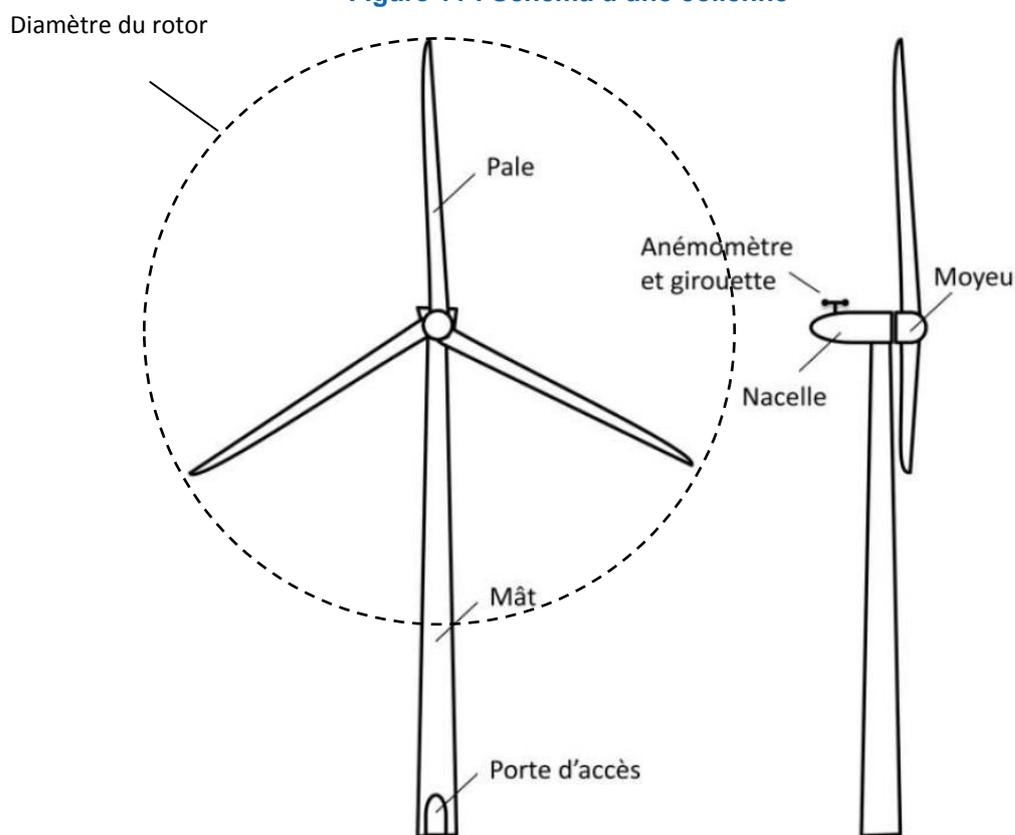


Un parc éolien se compose :

- **d'un ensemble d'éoliennes** composées chacune des éléments suivants (cf figure suivante) :
 - Le rotor, composé de trois pales pour la plupart des éoliennes actuelles. Ces pales sont construites en matériaux composites et réunies au niveau du moyeu. Il se prolonge dans la nacelle pour constituer l'arbre lent ;
 - Le mât, généralement composé de plusieurs tronçons en acier ou d'anneaux de béton surmontés d'un ou plusieurs tronçons en acier ;
 - La nacelle, qui abrite plusieurs éléments fonctionnels :
 - le générateur qui transforme l'énergie de rotation du rotor en énergie électrique ;
 - le multiplicateur (certaines technologies n'en utilisent pas) ;
 - le système de freinage mécanique ;
 - le système d'orientation de la nacelle qui place le rotor face au vent pour une production optimale d'énergie ;
 - les outils de mesure du vent (anémomètre, girouette) ;
 - le balisage diurne et nocturne nécessaire à la sécurité aéronautique ;
 - Le générateur ;

- **de voies d'accès et de pistes de desserte intrasite**, pour le transport des éléments des aérogénérateurs lors de la construction, puis, pour l'entretien et le suivi des machines en exploitation ;
- d'un ensemble de **réseaux** composés :
 - de câbles électriques de raccordement au réseau électrique local,
 - de câbles optiques permettant l'échange d'information au niveau de chaque éolienne,
 - d'un réseau de mise à la terre.
- **d'éléments connexes** (postes de livraison, mât de mesures anémométriques...).

Figure 11 : Schéma d'une éolienne



4.2 Caractéristiques techniques des éoliennes du parc d'Auxy

Les éoliennes choisies pour le projet éolien sont adaptées aux conditions de vent et aux contraintes du site.

Les caractéristiques techniques des éoliennes retenues dans le cadre du projet sont présentées dans le tableau suivant.

Tableau 3 : Caractéristiques des éoliennes choisies pour le projet (source : Innergex)

Puissance nominale maximale		4,2 MW
Vitesse de vent	Au démarrage	3 m/s
	De coupure	25 m/s
	De redémarrage	23 m/s
Rotor	Nombre de pales	3
	Diamètre maximal du rotor	136 m max
	Longueur maximale des pales	66,7 m max
Mât	Diamètre maximal	3,3 m
Hauteurs caractéristiques	Hauteur maximale du moyeu	125 m
	Hauteur maximale en bout de pale	180 m
Puissance acoustique maximale		103,9 dB(A)
Générateur	Type	Asynchrone
	Tension en sortie	690 Vac
Transformateur	Type	Triphasé, sec encapsulé
	Tension en sortie	20 KV

4.3 Certification des éoliennes

Les éoliennes envisagées sont conformes au cadre normatif fixé par le classement en ICPE.

Conception des installations :

- Respect des dispositions de la norme NF EN 61 400-1 dans sa version de juin 2006 à l'exception des dispositions contraires aux prescriptions de l'arrêté du 26 août 2011 ;
- Respect des dispositions de la norme IEC EN 61 400-24 dans sa version de juin 2010.

Les installations électriques extérieures aux aérogénérateurs sont conformes aux normes suivantes :

- NFC 15-100 (Version compilée de 2008) ;
- NFC 13-100 (Version de 2001) ;
- NFC 13-200 (Version de 2009).

Les mesures de nuisance seront réalisées conformément aux normes suivantes :

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

4.4 Fonctionnement de l'éolienne

4.4.1 Fonctionnement général

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 11 km/h (3 m/s) 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».

4.4.2 Arrêt de l'éolienne- Système de freinage

Lorsque la mesure de vent, indiquée par l'anémomètre, atteint une vitesse de plus de 90 km/h (25 m/s), 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.

4.4.2.1 Arrêt automatique

En mode automatique, les éoliennes sont freinées de façon aérodynamique par la seule inclinaison des pales. Les pales du rotor inclinées réduisent les forces aérodynamiques, freinant ainsi ce dernier. Les dispositifs d'inclinaison des pales (Pitch) peuvent décrocher les pales du vent en l'espace de quelques secondes seulement en les mettant en position drapeau.

L'éolienne s'arrête automatiquement en cas de défaillance, et lors de certains événements. Certaines défaillances entraînent une coupure rapide par les alimentations de secours des pales, d'autres pannes conduisent à un arrêt normal de l'éolienne.

Lorsqu'un capteur de sécurité signale un défaut ou qu'un interrupteur correspondant se déclenche, l'éolienne est immédiatement stoppée. Les armoires de commande des pales dissocient chaque moteur de réglage des pales. Ces armoires permettent également de commuter les contacteurs présents dans chaque boîtier du rotor via des armoires de condensateurs. Les pales se mettent alors en drapeau indépendamment les unes des autres.

Lors d'un freinage d'urgence du rotor, en cas d'incendie par exemple, un frein rotor électromécanique est utilisé en plus. Un arrêt du rotor depuis sa puissance nominale s'effectue en 10 à 15 secondes

4.4.2.2 Arrêt manuel d'urgence

Si nécessaire, l'éolienne peut être stoppée immédiatement, en appuyant sur le bouton d'arrêt d'urgence (armoire de commande). Ce bouton déclenche un freinage d'urgence sur le rotor, avec une inclinaison rapide par l'intermédiaire des unités de réglage des pales et de freinage d'urgence. Le frein d'arrêt mécanique est actionné simultanément. L'alimentation électrique de tous les composants reste assurée.

Une fois l'urgence passée, le bouton d'arrêt d'urgence doit être réarmé pour permettre le redémarrage de l'éolienne.

Si l'interrupteur principal de l'armoire de commande est mis en position d'arrêt, tous les composants de l'éolienne, à l'exception de l'éclairage du mât et de l'armoire électrique, ainsi que les différents interrupteurs d'éclairage et les connecteurs mobiles, sont déconnectés.

4.5 Opérations de maintenance de l'éolienne

Les éoliennes retenues sont des éoliennes modernes, correspondent aux avancées techniques actuelles ; elles garantissent un maximum de sécurité.

4.5.1 Principes généraux

L'exploitant planifiera des mesures relatives à l'entretien, contrôlera leur application et en particulier s'assurera que :

- l'éolienne est uniquement exploitée en état de fonctionnement irréprochable ;
- seul un personnel qualifié et autorisé conduit, entretient et répare l'éolienne ;
- ce personnel est régulièrement informé de toutes les questions de sécurité du travail et de protection de l'environnement ;
- le personnel connaît toutes les procédures à suivre en cas d'urgence et procède à des exercices d'entraînement, le cas échéant en lien avec les services de secours ;
- tous les dispositifs d'avertissement et panneaux de sécurité restent intacts et à jour.

4.5.2 Mise en route et vérification annuelle

Avant la mise en service industrielle d'un aérogénérateur, l'exploitant réalisera des essais permettant de s'assurer du fonctionnement correct de l'ensemble des équipements. Ces essais comprennent :

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

Au moins tous les 12 mois, 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.

4.5.3 Programme préventif de maintenance

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

- type 1 : vérification après 500 à 1500 heures de fonctionnement (contrôle visuel du mât, des fixations fondation/tour, tour/nacelle, rotor et test du système de déclenchement de la mise en sécurité de l'éolienne) ;
- type 3 : vérification annuelle des matériaux (soudures, corrosions), des équipements mécaniques et hydrauliques, de l'électrotechnique et des éléments de raccordement électrique ;
- type 4 : vérification quinquennale de forte ampleur pouvant inclure le remplacement de pièces.

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

Pour la maintenance, les différents constructeurs retenus possèdent des bases de maintenance distantes de moins de 100 km du parc éolien. En cas de déviance sur la production ou d'avarie technique, une équipe de maintenance interviendra sur le site.

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

Le suivi de la maintenance se fait par la mise à jour systématique du manuel d'entretien

4.5.3.1 Inspection visuelle

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

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

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

4.5.3.2 Graissage d'entretien

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

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

4.5.3.3 Maintenance électrique

Conformément à l'arrêté du 26 août 2011(modifié par l'arrêté du 6 novembre 2014), les installations électriques seront entretenues en bon état et seront contrôlées avant la mise en service industrielle puis à une fréquence annuelle, après leur installation ou leur modification par une personne compétente, suite à quoi, un rapport sera établi selon les dispositions fixées par l'arrêté du 10 octobre 2000.

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

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

4.5.3.4 Maintenance mécanique

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

- Panneaux d'avertissement ;
- Pied du mât / local des armoires électriques ;
- Fondations ;
- Mât : échelle de secours, ascenseurs de service, plateformes et accessoires, chemin et fixation de câbles, assemblages à vis ;
- Nacelle : treuil à chaîne, extincteurs et trousse de secours, système de ventilation, câbles, trappes, support principal, arbre de moyeu, transmissions d'orientation, contrôle d'orientation (« yaw »),

couronne d'orientation, entrefer du générateur, groupe hydraulique, frein électromécanique, dispositif de blocage du rotor, assemblages à vis, ... ;

- Tête du rotor : rotor, câbles et lignes, générateur, moyeu du rotor et adaptateur de pale, engrenage de réglage des pales (« pitch »), système de graissage centralisé, vis des pales du rotor, pales de rotor, ... ;
- Système parafoudre ;
- Anémomètre.

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

4.5.4 Stockage et flux de produits dangereux

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

4.5.5 Consignes de sécurité

Des consignes de sécurité sont établies et portées à la connaissance du personnel en charge de l'exploitation et de la maintenance. Ces consignes indiquent :

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

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

4.6 Conformité de l'installation aux dispositions réglementaires et normatives applicables

4.6.1 Règles de conception et système qualité

Les éoliennes retenues sont conçues conformément à la norme internationale IEC 61400-1 (version 2005-08), ayant pour objet de fournir un niveau de protection approprié contre les dommages causés par tous les risques pendant la durée de vie des aérogénérateurs. Le respect de ces dispositions est évalué par un organisme de certification et formalisé par un certificat de conformité.

Les équipements projetés répondront aux normes internationales de la Commission électrotechnique internationale (CEI) et Normes françaises (NF) homologuées relatives à la sécurité des éoliennes, et notamment :

- la norme IEC61400-1 / NF EN 61400-1 Juin 2006 intitulée « Exigence de conception », qui spécifie les exigences de conception essentielles pour assurer l'intégrité technique des éoliennes. Elle a pour objet de fournir un niveau de protection approprié contre les dommages causés par tous les risques pendant la durée de vie prévue. Elle concerne tous les sous-systèmes des éoliennes tels que les mécanismes de commande et de protection, les systèmes électriques internes, les systèmes mécaniques et les structures de soutien ; La norme IEC 61400-1 spécifie les exigences de conception essentielles pour assurer l'intégrité technique des éoliennes.

- la norme IEC61400-22 / NF EN 61400-22 Avril 2011 intitulée « essais de conformité et certification », qui définit les règles et procédures d'un système de certification des éoliennes comprenant la certification de type et la certification des projets d'éoliennes installées sur terre ou en mer. Ce système spécifie les règles relatives aux procédures et à la gestion de mise en œuvre de l'évaluation de la conformité d'une éolienne et des parcs éoliens, avec les normes spécifiques et autres exigences techniques en matière de sécurité, de fiabilité, de performance, d'essais et d'interaction avec les réseaux électriques.
- la norme CEI/TS 61400-23:2001 Avril 2001 intitulée « essais en vraie grandeur des structures des pales » relative aux essais mécaniques et essais de fatigue.

D'autres normes de sécurité sont applicables :

- la génératrice est construite suivant le standard IEC60034 et les équipements mécaniques répondent aux règles fixées par la norme ISO81400-4.
- la protection foudre de l'éolienne répond au standard IEC61400-24 et aux standards non spécifiques aux éoliennes comme IEC62305-1, IEC62305-3 et IEC62305-4.
- la Directive 2004/108/EC du 15 décembre 2004 relative aux réglementations qui concernent les ondes électromagnétiques.
- le traitement anticorrosion des éoliennes répond à la norme ISO 9223.

4.6.2 Conformité aux prescriptions de l'arrêté ministériel modifié du 26/08/2011

Voir analyse de la conformité en annexe 14.

Le projet est conforme aux prescriptions.

4.7 Principaux systèmes de sécurité de l'installation

La description détaillée des différents systèmes de sécurité de l'installation sera quant à elle effectuée au stade de l'analyse préliminaire des risques, dans la partie 7.6.

4.7.1 Gestion à distance du fonctionnement des éoliennes

L'exploitation des éoliennes ne fera pas l'objet d'une présence permanente sur site, mis à part lors des opérations de maintenance. Le fonctionnement du parc éolien est entièrement automatisé et contrôlé à distance depuis un centre de commande situé en France.

L'exploitation des éoliennes s'effectue grâce à un Automate Programmable Industriel (API) qui analyse en permanence les données en provenance des différents capteurs de l'installation et de l'environnement (conditions météorologiques, vitesse de rotation des pales, production électrique, niveau de pression du réseau hydraulique, etc.) et qui contrôle les commandes en fonction des paramètres.

Sur un moniteur de contrôle placé au niveau du poste électrique de livraison, toutes les données d'exploitation peuvent être affichées et contrôlées, et des fonctions telles que le démarrage, l'arrêt et l'orientation des pales peuvent être commandées.

De plus, les éoliennes retenues sont équipées d'un système de contrôle à distance des données. La supervision peut s'effectuer à distance depuis un PC équipé d'un navigateur Internet et d'une connexion ADSL ou RNIS.

Le SCADA constitue un terminal de dialogue entre l'automate et son système d'entrée/sortie, connecté en réseau au niveau des armoires de contrôle placées dans la nacelle et dans le pied de l'éolienne.

4.7.2 Méthodes et moyens d'intervention

En cas de sinistre, les pompiers seront prévenus soit par le personnel du site, soit par le centre de surveillance à distance du parc, soit par les riverains directement par le 18. L'appel arrivera au Centre de Traitement des Appels (CTA), qui est capable de mettre en œuvre les moyens nécessaires en relation avec l'importance du sinistre. Cet appel sera ensuite répercuté sur le Centre de Secours disponible et le plus adapté au type du sinistre.

Une voie d'accès donne aux services d'interventions un accès facilité au site du parc éolien.

Les moyens d'intervention une fois l'incident ou accident survenu sont des moyens de récupération des fragments : grues, engins, camions.

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

Le diagramme en page suivante présente les modalités de gestion d'un incident.

4.7.3 Système de détection de survitesse

Tous les aérogénérateurs sont équipés de système de détection de survitesse, à même d'arrêter la machine et d'envoyer une alarme en cas de phénomène anormal. La transmission de l'alarme est immédiate, via le SCADA. La mise à l'arrêt se fait sans possibilité d'acquiescer le défaut à distance ou de forcer le redémarrage à distance, et oblige à une intervention sur site pour lever le doute ou constater le défaut.

La mise en drapeau des éoliennes se fait grâce à un système hydraulique avec accumulateur. Ce système est opérationnel même en cas de perte d'énergie électrique.

4.7.4 Protection foudre

L'article 16 de l'arrêté du 4 octobre 2010 relatif à la prévention des risques accidentels au sein des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation relatif à la protection contre la foudre ne vise pas les installations relevant de la rubrique 2980 de la nomenclature des ICPE.

En revanche la protection des éoliennes contre la foudre est rendue obligatoire par l'article 9 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié, qui renvoie à l'application de la norme IEC 61 400-24.

Les aérogénérateurs sont protégés contre l'impact de la foudre par un système de transmission allant des récepteurs de pale et de nacelle jusqu'aux fondations, en passant par le carénage, le châssis et la tour. Ce système évite le passage de la foudre à travers les composants critiques. Pour ce qui est des systèmes de protection supplémentaires, le système électrique est doté de protecteurs de surtension.

Tous ces systèmes de protection ont été conçus pour offrir un niveau de protection maximal de classe I conformément à la norme CEI 62305, les normes CEI 61400 et CEI 61024 étant prises comme référence.

4.7.5 Détection et protection incendie

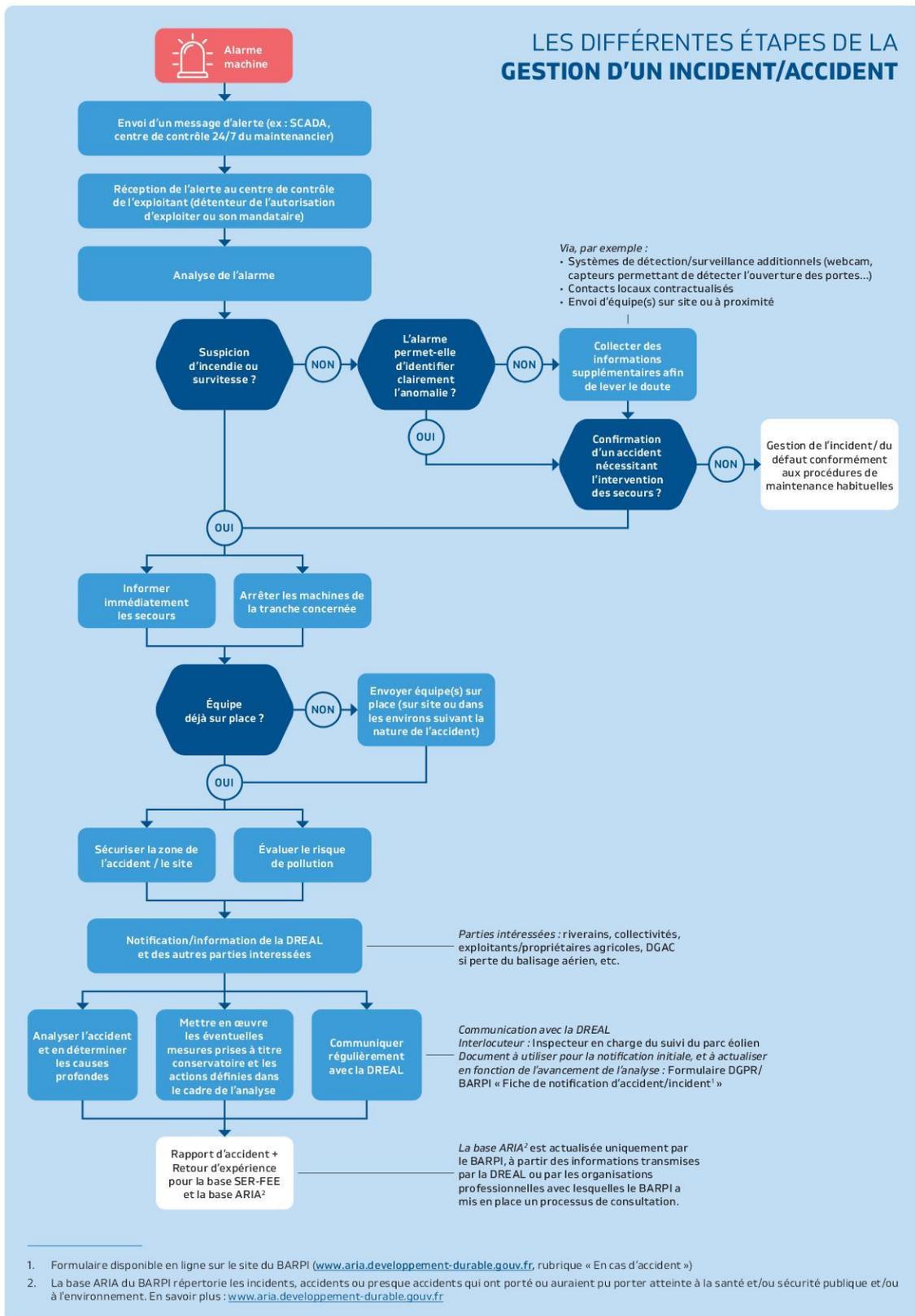
4.7.5.1 Détection incendie

Chaque éolienne sera équipée de systèmes de détection automatiques d'incendie au niveau du mât et de la nacelle.

Les détecteurs d'incendie de la nacelle sont fixés dans la partie supérieure des armoires électriques ou sur le toit de la cabine. Le système de détection incendie se déclenche lorsque le capteur de fumée détecte de la fumée et/ou le capteur de température détecte un dépassement du seuil de température défini. Après déclenchement automatique, un signal est transmis à la gestion d'exploitation. Ce dernier envoie alors immédiatement un message d'alarme à l'organe de télésurveillance et arrête l'éolienne.

Un deuxième détecteur est implanté en pied de tour, également au-dessus des armoires électriques.

Figure 12 : Modalités de gestion d'un incident



Le détecteur de fumée de la nacelle est, d'un point de vue de la détection incendie, redondant avec la détection de température haute. Le déclenchement de ces détecteurs de fumée génère une alarme locale (sirène dans la nacelle et dans la tour) et une information vers le système de contrôle (arrêt de l'éolienne "Arrêt d'urgence" et isolement électrique par ouverture de la cellule pied de mât). De façon concomitante un message d'alarme est envoyé au centre de télésurveillance via le système de contrôle commande. Le système de détection incendie est alimenté par le réseau de secours.

4.7.5.2 Protection incendie

Chaque éolienne est équipée de deux extincteurs portatifs à poudre, installés selon les directives nationales en vigueur : le premier au pied du mât et l'autre dans la nacelle. Ces extincteurs sont destinés à combattre les débuts d'incendie.

Il n'existe pas de poteaux incendie à proximité du futur parc éolien. De ce fait, en cas d'incendie sur l'une des installations, le centre de secours le plus proche du parc sera contacté pour intervention (avec un délai d'intervention d'environ 10 minutes selon la disponibilité des sapeurs-pompiers).

Ils apporteront les moyens d'extinction nécessaires à la lutte contre le sinistre et interviendront selon les risques encourus.

Toutes les éoliennes seront accessibles par les engins de secours par des voies carrossables, régulièrement entretenues.

Un exercice incendie ou une réunion avec le SDIS sera organisée pour présenter les installations et les différentes accessibilités pour une intervention en cas d'accident.

4.7.6 Système de détection de givre / glace

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

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

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

Les éoliennes envisagées sont munies d'un système de gestion qui identifie toute anomalie de fonctionnement. Dans ce cas précis, la présence de glace sur les pales est détectée :

- par le capteur de vibration installé sur l'axe lent de l'éolienne, qui capterait un balourd dans la rotation du rotor ;
- lorsqu'une température extérieure basse est associée à par une perte de production importante ;
- par un détecteur de givre installé sur la nacelle (détecteur optionnel).

Dans ces cas, une alarme empêche le démarrage de l'éolienne, ou arrête le fonctionnement de l'éolienne.

4.7.7 Surveillance des principaux paramètres

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

Les alertes relatives au fonctionnement de la machine sont remontées automatiquement par le système SCADA des éoliennes.

Le cas échéant, le personnel du turbinier habilité intervient alors sur site.

4.8 Réseaux de l'installation

4.8.1 Réseau inter éolien

Le réseau inter-éolien permet de relier le transformateur, intégré ou non dans le mât de chaque éolienne, aux points de raccordement avec le réseau public (deux postes de livraison seront implantés sur le parc éolien du Bois Régnier. Les postes de livraison seront installés dans des parcelles agricoles, le long de chemins d'exploitation existants).

Toutes les lignes électriques construites dans le cadre des projets seront enfouies. La société d'exploitation du parc éolien est propriétaire du réseau électrique inter éoliennes jusqu'au poste de livraison.

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

Ce réseau suit au mieux le tracé des chemins d'accès afin de limiter l'impact environnemental.

Il n'y a pas de réseau enterré actuellement présent sur le site, il n'existe donc pas de risque de chevauchement.

Les câbles sont enterrés selon une profondeur d'enfouissement qui dépend du type du terrain (chaussée, accotement ou culture) et qui varie entre 80 cm et 110 cm. La position des conducteurs varie selon le nombre de circuits présents dans la tranchée. Sous culture et fossés, les câbles sont déposés sur un lit de sable alors qu'en croisement de voie, ils sont bétonnés dans des fourreaux. Une protection mécanique ainsi qu'un grillage avertisseur est installé entre les câbles et la surface. Dans la tranchée, des câbles HTA (tension 20 000V) permettent l'acheminement de l'énergie produite par les aérogénérateurs jusqu'au poste de livraison, un câble de fibre optique permet une communication entre tous les aérogénérateurs et le poste de contrôle. Enfin, un câble de terre parcourt l'ensemble des tranchées afin de réduire la résistance de terre de l'installation pour améliorer l'efficacité de la mise à la terre.

Pour le projet du Parc Eolien du Bois Régnier, l'itinéraire du raccordement interne envisagé du parc est indiqué sur le plan de situation. A noter que sa présence au sein des parcelles cultivées ne présente pas de contrainte particulière compte tenu de sa profondeur. Les installations électriques extérieures respecteront les normes NFC 15-100 (version compilée de 2008), NFC 13-100 (version de 2001) et NFC 13-200 (version de 2009).

Le matériel ou l'installation électrique est considéré comme protégé dans le sens de la protection des personnes si aucun contact accidentel dangereux ne peut avoir lieu avec des pièces sous tension ou susceptibles d'être mises sous tension.

Ainsi, le câble est souterrain sur toute sa longueur, il ne menace donc pas la sécurité des personnes.

Par ailleurs, la mise à la terre s'effectue par un câble de cuivre parcourant la totalité du tracé assurant ainsi une prise de terre faible (inférieure à 2 Ohms) sécurisant les biens et les personnes en cas de défaut.

L'interconnexion entre les différents aérogénérateurs est assurée par des cellules électriques possédant des têtes de câbles isolées.

Le réseau inter-éolien sera donc conforme avec la réglementation technique en vigueur.

4.8.2 Raccordement 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 ERDF- Électricité Réseau Distribution France). Il est lui aussi entièrement enterré.

4.8.3 Autres réseaux

Le Parc Eolien du Bois Régnier ne comporte aucun réseau d'alimentation en eau potable ni aucun réseau d'assainissement. De même, les éoliennes ne sont reliées à aucun réseau de gaz.

5. Identification des potentiels de dangers de l'installation

Les objectifs de l'identification des dangers ou potentiels de dangers sont :

- recenser et caractériser les dangers d'une installation ;
- identifier les Evénements Redoutés potentiels (ER), étudiés lors de l'Evaluation Préliminaire des Risques (EPR).

5.1 Potentiels de dangers liés aux produits chimiques et déchets

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

Les produits identifiés dans le cadre du parc Eolien du Bois Régnier 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...).

Tableau 4 : Produits contenus dans les éoliennes

Lieu de lubrification	Désignation	Lubrifiant	Quantité	Classe de matière dangereuse
Système de refroidissement /Génératrice, /Convertisseur	Varidos FSK 45	Liquide de refroidissement	env. 70 L	Xn
Roulements de la génératrice	Klüberplex BEM 41-132	Graisse	env. 9,4 kg	-
Multiplicateurs, circuits de refroidissement inclus	Mobilgear XMP 320	Huile minérale Huile synthétique	450L	-
	Pour CCV : Optigear Synthetic / A320Optigear Synthetic		ou 550 L	
	X320Mobilgear SHC XMP 320		ou 650 L	

Lieu de lubrification	Désignation	Lubrifiant	Quantité	Classe de matière dangereuse
Système Hydraulique	Shell Tellus S4 VX 32	Huile minérale	env. 25 L	-
Palier de rotor	Mobil SHC Graisse 460 WT	Graisse	env. 30 kg	-
Roulement d'orientation de pale /Voie de roulement	Mobil SHC Graisse 460 WT	Graisse	3 x 4,9 kg	-
Engrenage	Ceplattyn BL gleitmo 585 K pour CCV	Graisse Graisse	env. 0,5 kg	-
Engrenage (orientation de pale)	Mobil SHC 629	Huile synthétique	3 x 11 L	-
Engrenage de système d'orientation	Mobil SHC 629	Huile synthétique	3/4 x 21 L	-
Roulements de système d'orientation /Voie de roulement	Mobil SHC Graisse 460 WT	Graisse	3,8 kg	-
/ Engrenage	Ceplattyn BL gleitmo 585 K pour CCV	Graisse Graisse	env. 0,5 kg	-
Transformateur	-	-	-	-

Les données fournies sont celles représentatives de l'éolienne N131

Nota : Graisse = lubrifiant solide ; huile = lubrifiant liquide.

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(s) poste(s) de livraison.

Les risques associés aux différents produits concernant le site du parc éolien du *Bois Régnier* sont :

- **L'incendie** : des produits combustibles sont présents le site. Ainsi, la présence d'une charge calorifique peut alimenter un incendie en cas de départ de feu ;
- **La toxicité** : ce risque peut survenir suite à un incendie créant certains produits de décomposition nocifs, entraînés dans les fumées de l'incendie ;
- **La pollution** : en cas de fuite sur une capacité de stockage, la migration des produits liquides dans les sols.

5.2 Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation

Pour rappel, l'étude porte sur les installations durant leur phase d'exploitation, tant en conditions nominales que pendant les phases transitoires (mise en service, maintenance...), à l'exclusion des phases de construction, transport, maintenance lourde...

Les dangers liés au fonctionnement du parc éolien de Bois Régnier sont de cinq types² :

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

Ces dangers potentiels sont recensés dans le tableau suivant ¹.

Tableau 5 : Dangers liés au fonctionnement du parc éolien

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

² Source : Guide technique - Elaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens – Mai 2012

6. Réduction des potentiels de dangers

L'étude de la réduction des potentiels de dangers vise à analyser les possibilités de :

- suppression des procédés et des produits dangereux, c'est-à-dire des éléments porteurs de dangers,
- ou bien de remplacement de ceux-ci par des procédés et des produits présentant un danger moindre,
- ou encore de réduction des quantités de produits dangereux mises en œuvre sur le site.

6.1 Choix du site

Afin de réduire à la source les potentiels de dangers, plusieurs mesures ont été prises lors de la conception du projet tant du point de vue de l'emplacement des installations et que des caractéristiques des éoliennes au regard des enjeux potentiels identifiés :

- conformément à l'arrêté du 26 août 2011 modifié, les éoliennes sont distantes de plus de 500 m des habitations riveraines ;
- aucune installation classée n'est située à moins de 500 m de l'éolienne la plus proche ;
- les éoliennes sont éloignées des routes goudronnées (à plus de 750 m) ;
- les éoliennes retenues respectent les recommandations de l'aviation civile ;
- les éoliennes retenues sont en dehors des servitudes de l'armée de l'air.

Les avis favorables de la DGAC et de la direction de la circulation aérienne militaire figurent en annexe 13

6.2 Réduction des dangers liés aux produits

Comme précédemment indiqué, les produits présents dans une éolienne sont des lubrifiants. La quantité est estimée à environ 850 L par éolienne, et les lubrifiants doivent être contrôlés et partiellement renouvelés tous les 6 mois à 5 ans selon le type.

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

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

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

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

Les produits dangereux présents sur l'éolienne ne peuvent pas être supprimés car ils sont nécessaires au bon fonctionnement du procédé (lubrification).

6.3 Réduction des quantités de produits ou déchets

Les déchets produits à l'occasion des opérations de maintenance sont évacués aussitôt.

Pour chaque catégorie de déchet, les dangers potentiels (explosif, comburant, carburant, extrêmement inflammable, ...) sont mentionnés sur les fiches de données sécurité qui les concernent en tant que produit.

À titre d'exemple, le retour d'expérience d'ENERCON montre par ailleurs que les quantités de déchets générés par une éolienne sont très faibles. En effet, pour un modèle de type E126, les déchets annuels sont de l'ordre des quantités suivantes :

- les absorbants, matériaux filtrants (filtres à huile), chiffons d'essuyage et vêtements de protection contaminés par des substances dangereuses : 7 kg par an ;
- les papiers et cartons : 2 kg par an ;
- les emballages en mélange : 2 kg par an ;
- les déchets résiduels : 6 kg par an.

6.4 Réduction des potentiels dangers par le choix des caractéristiques des éoliennes

Les éoliennes choisies sont des éoliennes de conception récente certifiée, respectant les normes européennes.

En ce qui concerne la résistance aux vents extrêmes, les éoliennes retenues présenteront au minimum les caractéristiques de la classe IEC III B (norme IEC 61400-1), conforme aux caractéristiques de vents extrêmes du site. La classification de l'éolienne, les normes de sécurité appliquées, ainsi que les principaux systèmes de sécurité des éoliennes retenues sont décrits au paragraphe– Sécurité de l'installation.

Concernant la projection de bris de glace, la réduction des dangers est assurée via un système de déduction de glace sur l'éolienne avec arrêt automatique de l'éolienne (voir fonction de sécurité– Mise en place des mesures de sécurité). Conformément à la réglementation ICPE, des panneaux d'information seront mis en place pour informer les visiteurs des risques éventuels.

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

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

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

6.5 Utilisation des meilleures techniques disponibles

Les éoliennes ne sont pas visées par les meilleures techniques disponibles définies dans le cadre de la directive 2010/75/UE du 24/11/2010, dite directive IED et qui a succédé à la directive IPPC.

7. Analyse de l'accidentologie

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.

7.1 Inventaire des accidents et incidents en France

7.1.1 Inventaire initial

Un état de l'accidentologie au niveau Français a été réalisé dans le cadre de l'élaboration du « guide technique de l'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre de parcs éoliens » (mai 2012).

Pour mémoire, plusieurs sources ont été utilisées pour effectuer ce recensement. 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 initial, 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.

7.1.2 Mise à jour BURGEAP (avril 2020)

Les données de l'inventaire initial ont été complétées par BURGEAP avec les accidents recensés dans la base de données BARPI depuis mai 2012 et les accidents récents recensés sur les sites d'information en ligne (sans garantie d'exhaustivité pour ces derniers).

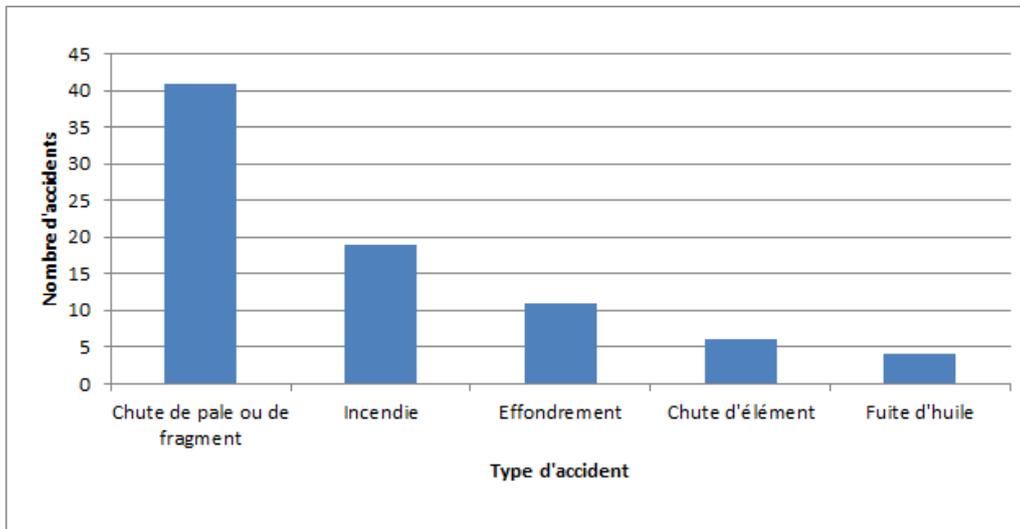
Un total de 97 incidents a pu être recensé entre 2000 et le 14/04/2020 (voir tableau détaillé en **annexe 12**). Sur ces 97 accidents, 17 ont été exclus :

- les accidents du travail (maintenance, chantier de construction, etc.) ;
- les incidents sans conséquence (emballement, pale fissurée... sans chute d'éléments) ;
- un choc avec un avion ;
- les incendies d'origine criminelle,

- une fuite sur un engin de nacelle en maintenance.

Le graphique suivant montre la répartition des types événements accidentels sur les 80 événements retenus (un événement cumule rupture de pale et incendie).

Figure 13 : Répartition des évènements accidentels entre 2000 et avril 2020 (France)



La principale cause de ces accidents est représentée par les tempêtes.

On note à deux reprises un défaut de mise en drapeau des pales dû à des problèmes des batteries alimentant en secours les moteurs de rotation des pales, avec pour conséquence en entrée en survitesse.

7.1.3 Projet de mise à jour du guide technique de l'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre de parcs éoliens

Les éléments ci-après sont tirés du projet de mise à jour du guide – version octobre 2019.

Figure 14 : Répartition des évènements accidentels et des causes entre 2000 et S1 2019 (France)

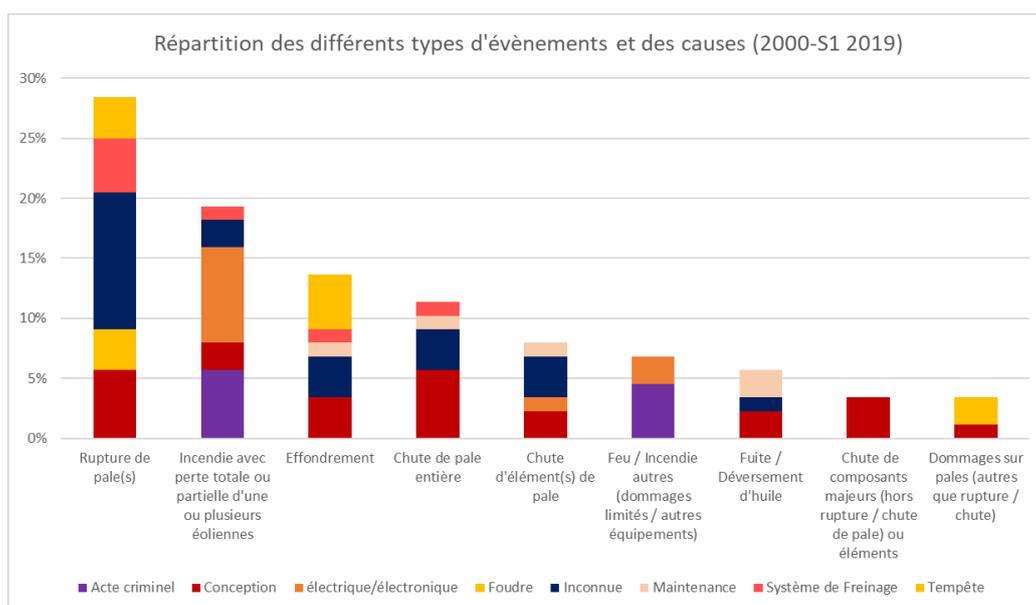


Figure 15 : Répartition des causes premières d'effondrement entre 2000 et S1 2019 (France)

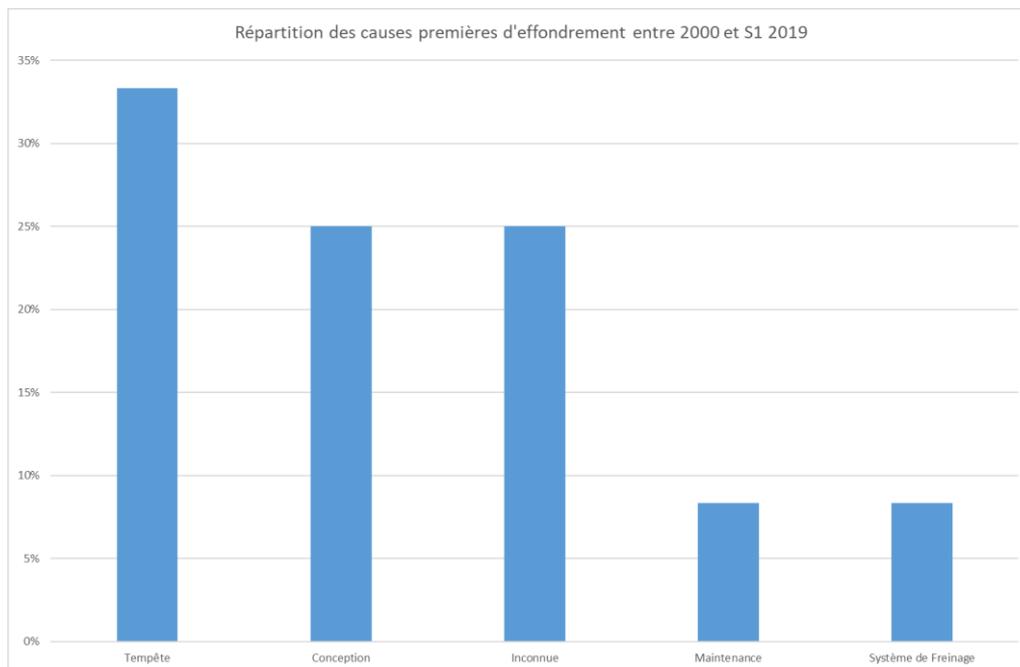


Figure 16 : Répartition des causes premières de chute ou rupture de pales entre 2000 et S1 2019 (France)

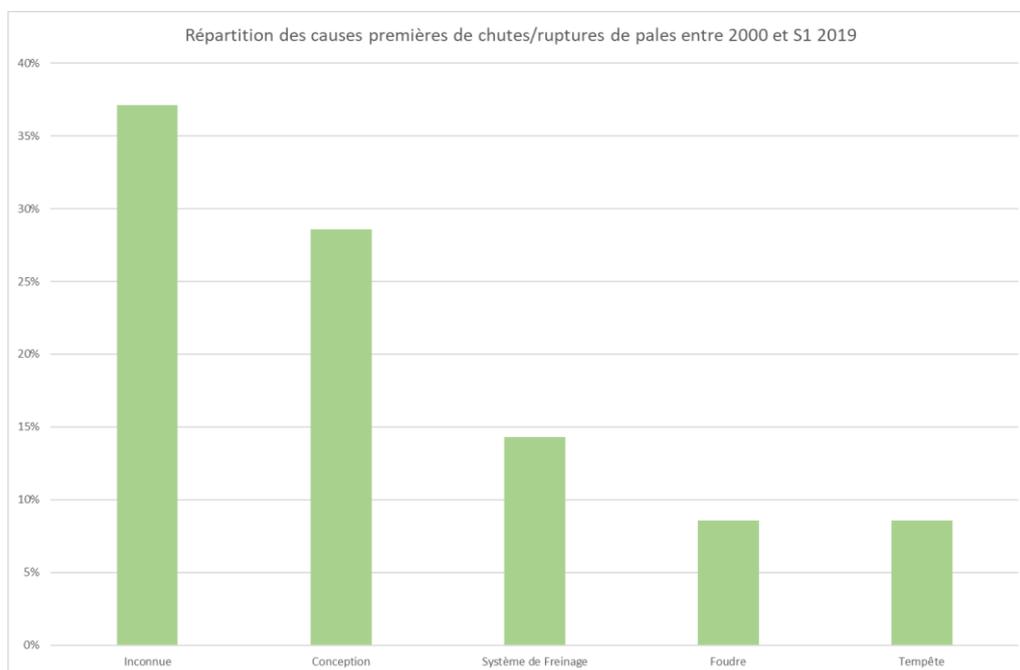
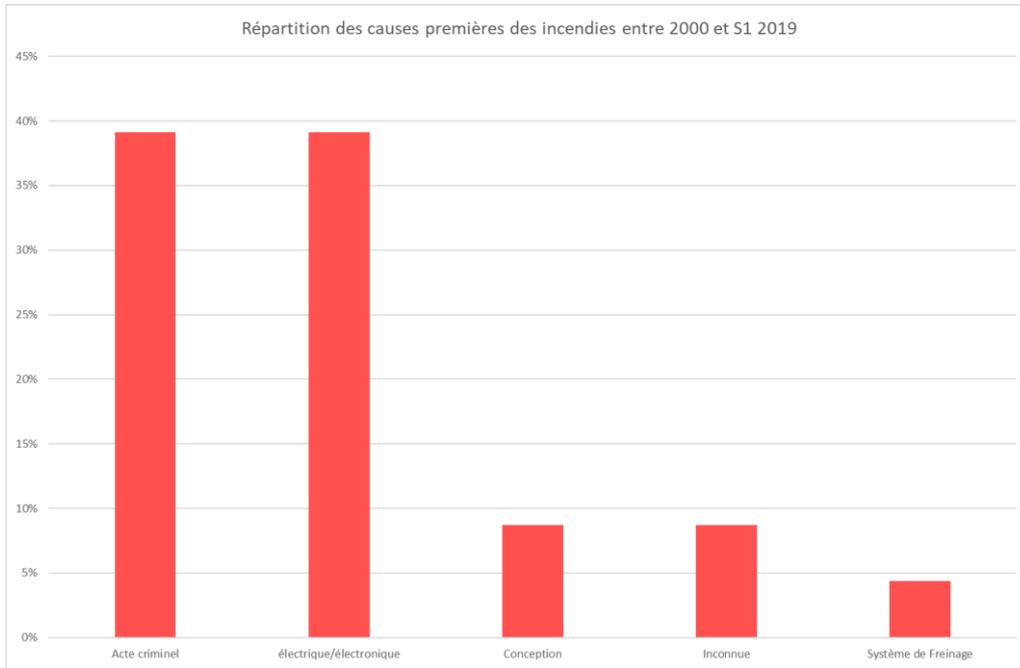


Figure 17 : Répartition des causes premières d'incendie entre 2000 et S1 2019 (France)



7.2 Inventaire des accidents et incidents à l'international

L'association Caithness Wind Information Forum (CWIF) recense un total de 2263 accidents au 31/03/2020. La typologie des accidents et leur évolution au cours des années sont données dans les 2 figures ci-dessous.

Figure 18 : Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et le 31/03/2020

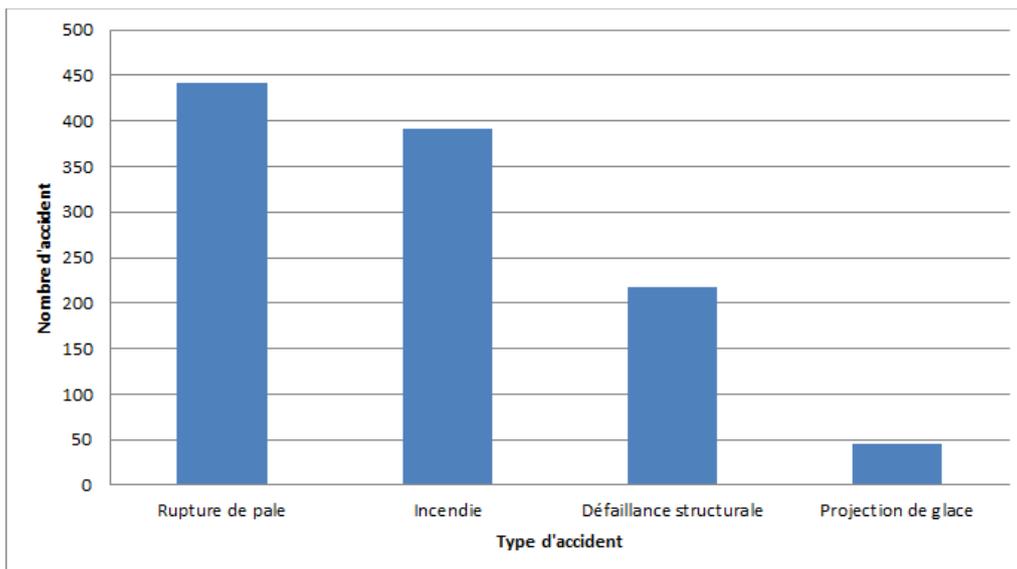
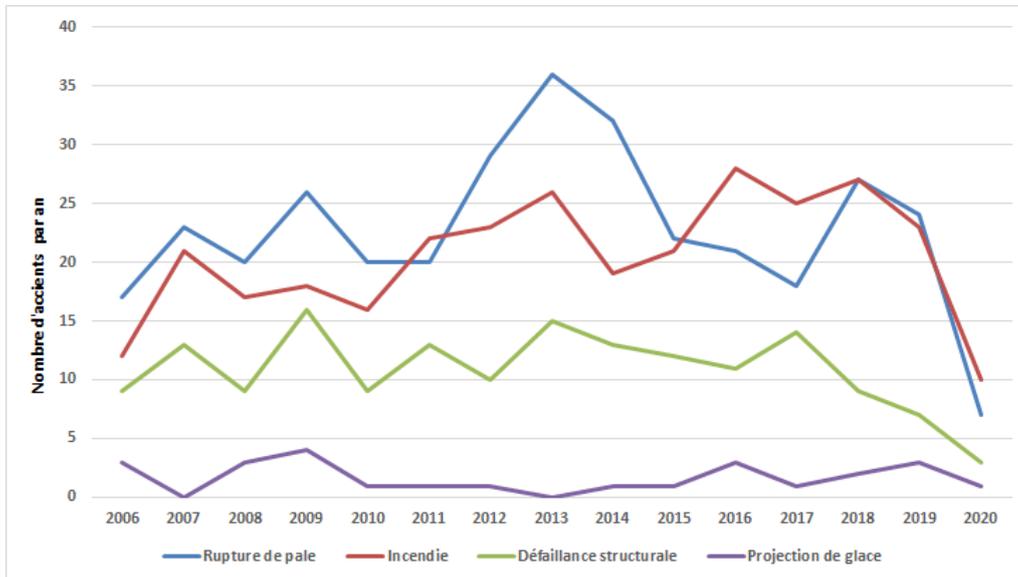


Figure 19 : Evolution du nombre annuel d'évènements accidentels dans le monde entre 2006 et le 31/03/2020



On constate sur le graphique ci-dessus une diminution nette des ruptures de pales, défaillances de structures et incendies ces dernières années, alors que le nombre d'éoliennes installé augmente, ce qui traduit une plus grande fiabilité des machines récentes.

Concernant l'analyse des causes des accidents, on trouvera ci-dessous les données figurant dans le guide technique pour l'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens de 2012 (données en répartition par rapport à la totalité des accidents analysés). Nous ne disposons pas de données consolidées plus récentes.

Figure 20 : Répartition des causes premières d'effondrement entre 2000 et 2011

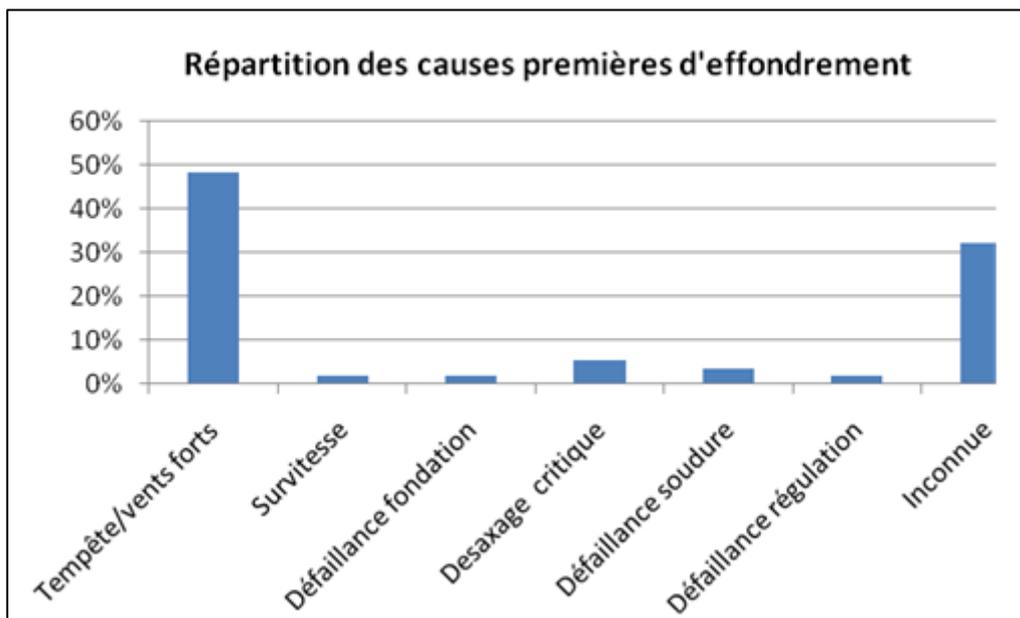


Figure 21 : Répartition des causes premières de rupture de pale entre 2000 et 2011

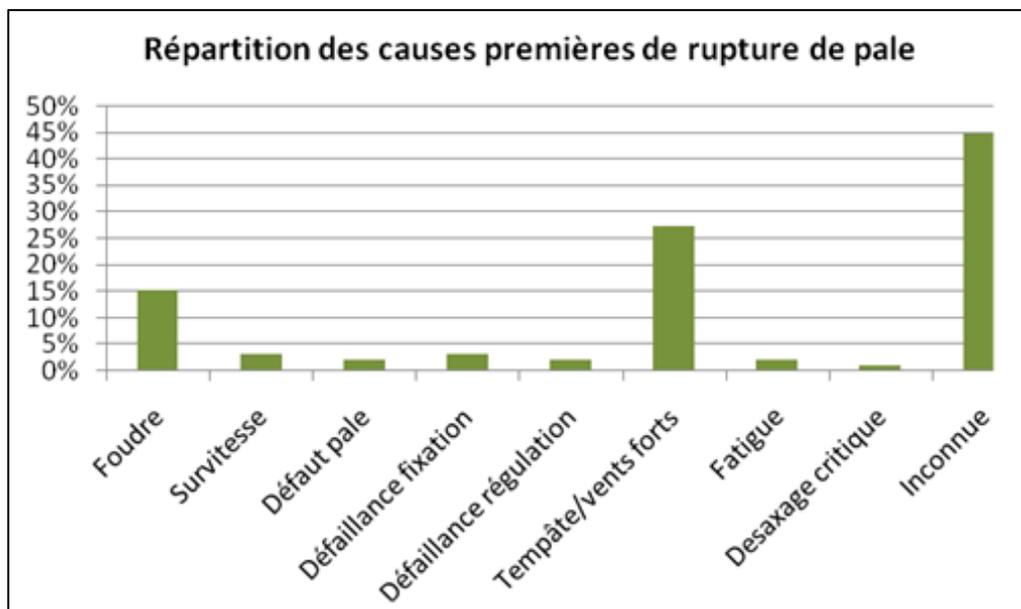
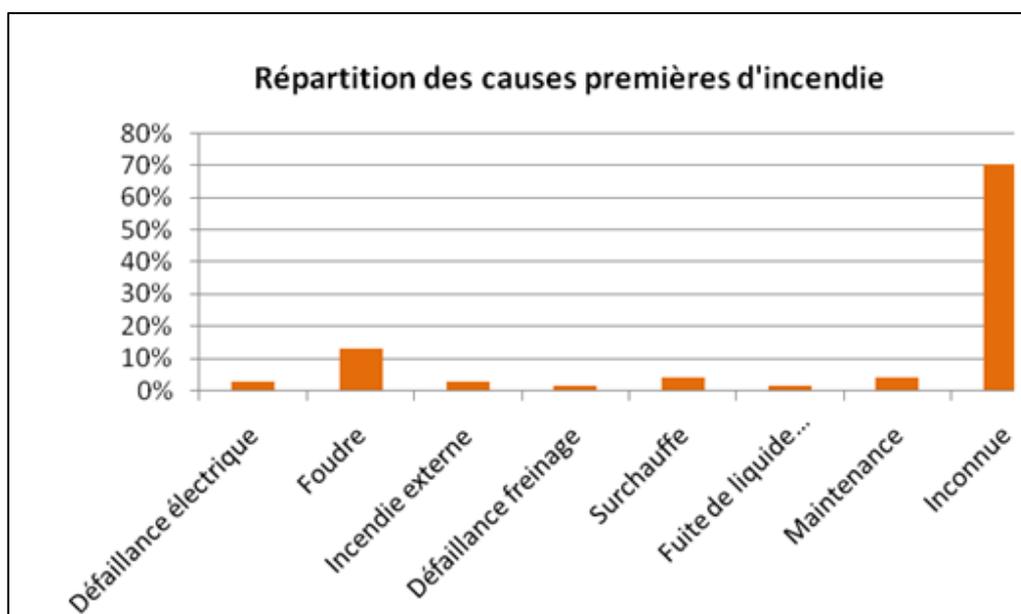


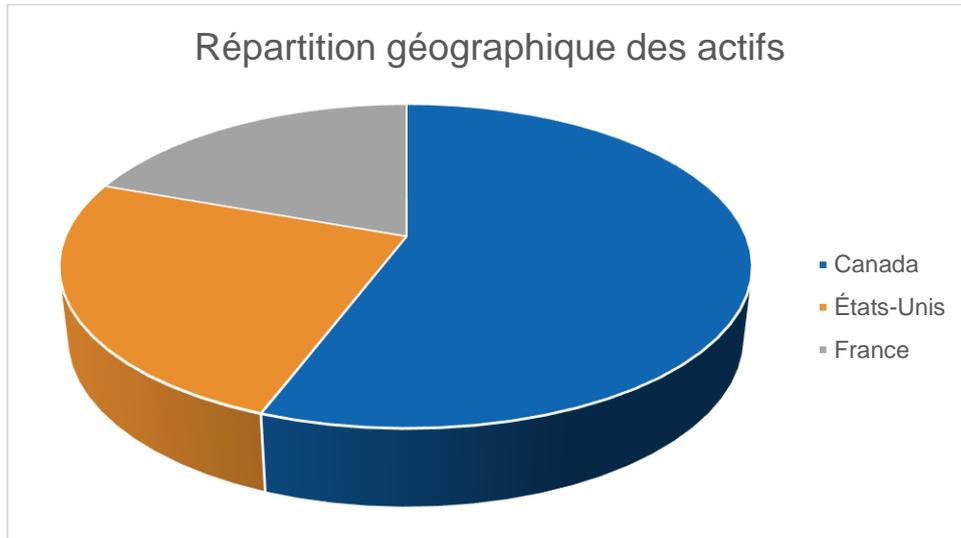
Figure 22 : Répartition des causes premières d'incendie entre 2000 et 2011



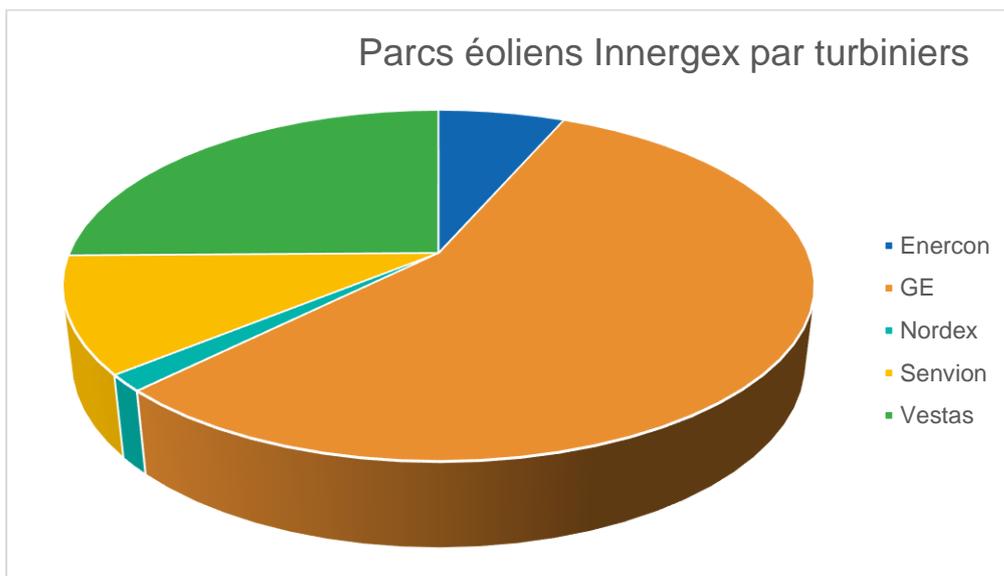
Tout comme pour le retour d'expérience français, ce retour d'expérience montre l'importance des causes « tempêtes et vents forts » dans les accidents. Il souligne également le rôle de la foudre dans les accidents.

7.3 Inventaire des accidents majeurs survenus sur les sites de l'exploitant

Le groupe INNERGEX détient et exploite près de 1630MW (1629,40) d'éolien répartis sur 25 sites dans le monde. Le plus ancien parc est en opération depuis 2006.



Différentes technologies de turbines sont représentées



En France, INNERGEX détient et exploite 317 MW sous contrat de maintenance avec le turbinier. Le groupe a par ailleurs ouvert son centre de maintenance au sein de la zone d'activités Europols à Autechaux (Doubs), afin d'assurer l'exploitation des parcs éoliens de Rougemont-Baume-les-Dames et Vaite-Bussières (120 MW). Les équipes de General Electric ont investi le site en novembre dernier. Ce sont 8 ETP créés qui participent désormais à la vie économique du territoire.

La maintenance des parcs éoliens est systématiquement réalisée par le turbinier. Une seule exception pour les 590MW en Général Electrique (GE) détenus au Canada. Compte tenu du nombre de turbines considérée INNERGEX a internalisé la maintenance en recrutant pour partie les techniciens GE.

Le département HSE d'INNERGEX a réalisé une analyse des incidents survenus ces dix dernières années sur son parc.

La synthèse des incidents relevés est présentée ci-après.

Tableau 6 : Accidentologie INNERGEX

INCIDENTS		
Erreur humaines	Absence de notification préalable d'intervention au centre	2%
	Absence ou incomplétude des EPI	4%
	Erreur humaine de maintenance	4%
	Accidents du travail sans ITT	22%
	Accident de véhicules	8%
Évènements externes	Intrusion sur le site	1%
	Vol	5%
Météo	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	12%
Dommages	Fuite d'huile	8%
	Chute d'objet	17%
	Domage matériel sur la turbine	4%
	Domage matériel sur les équipements de la turbine	12%
	Domage sur les pales ayant entraîné l'arrêt et la mise en sécurité	2%

Un seul accident significatif, mais sans atteinte sur l'environnement, a été répertorié : il s'agit d'une panne réseau sur une ligne aérienne entre les éoliennes et le poste. En France, le raccordement du réseau électrique entre les éoliennes et le poste de livraison mais aussi entre le poste de livraison et le poste source est enterré, ce type d'accident ne peut se produire.

7.4 Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience

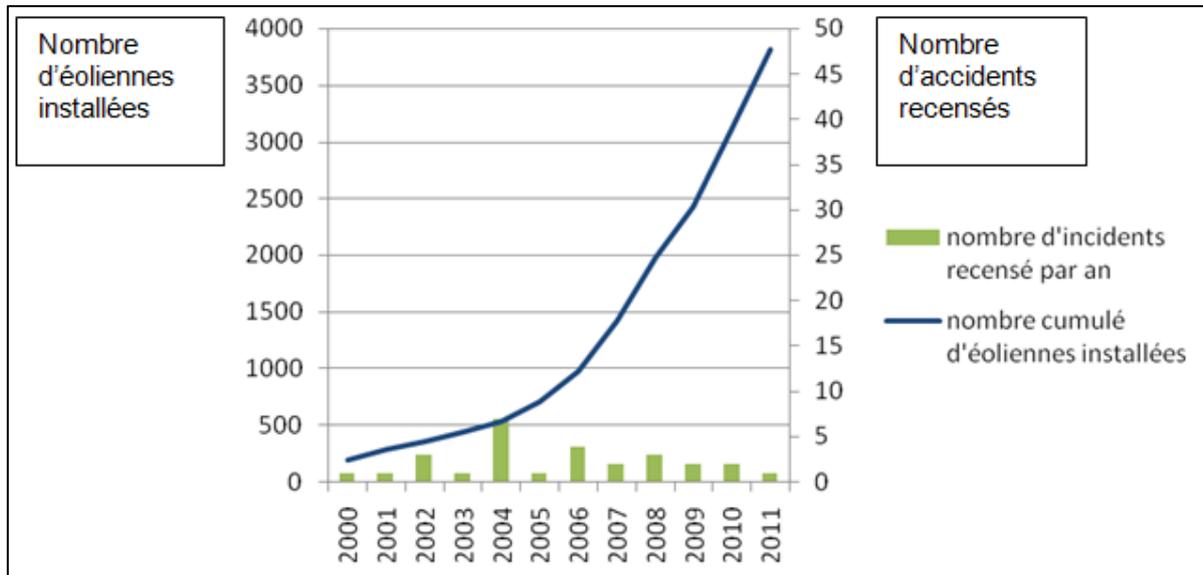
7.4.1 Analyse de l'évolution des accidents en France

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

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

Figure 23 : Evolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées (source :SER / INERIS)



On note bien l'essor de la filière française à partir de 2005, alors que le nombre d'accident reste relativement constant. On ne dispose pas de synthèse plus récente.

7.4.2 Typologies d'accidents les plus fréquents

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

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

7.5 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.

8. Analyse préliminaire des risques

8.1 Objectif de l'analyse préliminaire des risques

L'analyse des risques a pour objectif principal d'identifier les scénarios d'accident 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'accident 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.

8.2 Recensement des événements initiateurs exclus de l'analyse des risques

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

- chute de météorite ;
- séisme d'amplitude supérieure aux séismes 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.

8.3 Recensement des agressions externes potentielles

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

Traditionnellement, deux types d'agressions externes sont identifiés :

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

Les agressions externes potentielles définies pour le projet du Parc Eolien du Bois Régnier sont issues des éléments présentés au chapitre 3.

8.3.1 Agressions externes liées aux activités humaines

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

Seules les agressions externes liées aux activités humaines présentes dans un rayon de 200 m (distance à partir de laquelle l'activité considérée ne constitue plus un agresseur potentiel) seront recensées ici, à l'exception de la présence des aérodromes qui sera reportée lorsque ceux-ci sont implantés dans un rayon de 2 km et des autres aérogénérateurs qui seront reportés dans un rayon de 500 mètres.

Tableau 7 : Agressions externes liées aux activités humaines

Infrastructure	Fonction	Evénement redouté	Danger potentiel	Périmètre (m)	Distance par rapport au mât des éoliennes (m)							
					E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
Voies de circulation *	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Energie cinétique des véhicules et flux thermiques	200	70	80	60	300	60	60	10	380
Aérodrome	Transport aérien	Chute d'aéronef	Energie cinétique de l'aéronef, flux thermique	2 000	-	-	-	-	-	-	-	-
Ligne THT	Transport d'électricité	Rupture de câble	Arc électrique, surtensions	200	-	-	-	-	-	-	-	-
Autres aérogénérateurs du parc du Bois Régnier	Production d'électricité	Accident générant des projections d'éléments	Energie cinétique des éléments projetés	500	E6 : 390 E7 : 390	E3 : 430	E2 : 430 E4 : 390	E3 : 390 E5 : 390	E4 : 390 E6 : 565	E1 : 390 E5 : 565	E1 : 390 E8 : 390	E7 : 390

* Hors chemins d'accès créés spécifiquement pour les accès aux éoliennes

A noter que dans le cadre du parc éolien du Bois Régnier, aucune éolienne n'est située à moins de 500 m d'un autre parc éolien.

8.3.2 Agressions externes liées aux phénomènes naturels

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

Tableau 8 : Agressions externes liées aux phénomènes naturels

Agression externe	Intensité
Vents et tempête	La vitesse maximale a été enregistrée sur la station de mesure de Nemours en 1999 et 2004 avec 34 m/s (136,8 km/h). Le site d'étude n'est pas localisé au sein d'une zone affectée par les cyclones.
Foudre	Les communes d'étude sont situées en intensité de foudroiement faible et infime pour les communes d'Auxy et Bordeaux-en-Gâtinais. Il est rappelé que les éoliennes du projet sont équipées d'un système de protection anti-foudre intégré conforme à la norme IEC 61400-24, relative à la protection contre la foudre des éoliennes.
Glissement de sols/ affaissement miniers	Le site d'étude est classé en aléa très faible voire inexistant concernant les mouvements de terrain.

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

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

8.4 Scénarios étudiés dans l'analyse préliminaire des risques

8.4.1 Identification des scénarios

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

Le tableau ci-dessous présente une 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'effets attendue de ces événements.

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

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

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 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).

Tableau 9 : Scénarios de l'analyse des risques préliminaire

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
G01	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales, le mât et la nacelle	Chute de glace lorsque les éoliennes sont arrêtées	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace (N°2)	Impact de glace sur les enjeux	1
G02	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales	Projection de glace lorsque les éoliennes sont en mouvement	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de la glace (N°1)	Impact de glace sur les enjeux	2
I01	Humidité / Gel	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (N°5)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I02	Dysfonctionnement électrique	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (N°5)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I03	Survitesse	Echauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3) Prévenir la survitesse (N°4) Empêcher la perte de contrôle de l'éolienne en cas de défaillance réseau (N° 12)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
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°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
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 importantes sur les pales	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la survitesse (N°4) Empêcher la perte de contrôle de l'éolienne en cas de défaillance réseau (N° 12)	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
E03	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
E04	Effondrement engin de levage travaux	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Actions de prévention mises en œuvre dans le cadre du plan de prévention (N°13)	Chute fragments et chute mât	2

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
E05	Vents forts	Défaillance fondation	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9) Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort (N°11)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E06	Fatigue	Défaillance mât	Effondrement éolienne	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E07	Désaxage critique du rotor	Impact pale – mât	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9) Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Projection/chute fragments et chute mât	2

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

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

8.4.2.1 Scénario G01

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

Plusieurs procédures ou systèmes permettront de détecter ou de prévenir 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.

8.4.2.2 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.

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

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

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

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

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

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

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

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

Cependant, deux systèmes sont couramment rencontrés :

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

Le parc éolien sera équipé d'un système permettant la redondance de communication. Il s'agit d'un système fonctionnant avec la 4G, qui permet de palier aux potentielles pertes de communication liées à la disponibilité des lignes ADSL classiquement utilisées.

8.4.4 Scénarios relatifs aux risques de fuite de liquides (F01 à F02)

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

8.4.4.1 Scénario F01

En cas de rupture de flexible ou de perçage d'un contenant, il peut y avoir une fuite de lubrifiant 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 lors des opérations de maintenance ;
- Détection des fuites potentielles par les opérateurs lors des maintenances ;
- Procédure de gestion des situations d'urgence ;

Deux événements peuvent être aggravants :

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

8.4.4.2 Scénario F02

Lors d'une maintenance, les opérateurs peuvent accidentellement renverser 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.

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

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

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

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

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

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

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

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

L'emballlement de l'éolienne constitue un facteur aggravant en cas de projection de tout ou partie d'une pale.

8.4.6.1 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, voire l'effondrement de l'éolienne.

8.4.6.2 Scénario P02

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

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

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

8.4.6.3 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.

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

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

- Erreur de dimensionnement de la fondation : contrôle qualité, respect des spécifications techniques du constructeur de l'éolienne, étude de sol, contrôle technique de construction ;
- Non-respect des instructions de montage et/ou de maintenance : formation du personnel intervenant ;
- Causes externes dues à l'environnement : séisme, ...

8.5 Description des mesures de maîtrise des risques (MMR)

Les tableaux suivants ont pour objectif de synthétiser les MMR identifiées et mise en œuvre sur les éoliennes du Parc Eolien du Bois Régnier. Dans le cadre de la présente étude de dangers, les MMR 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 MMR : il s'agira principalement de « empêcher, éviter, détecter, contrôler ou limiter » et sera en relation avec un ou plusieurs événements conduisant à un accident majeur identifié dans l'analyse des risques. Plusieurs MMR 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.
- **MMR** : 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 MMR, lorsque des détails supplémentaires sont nécessaires.
- **Indépendance** : description de l'indépendance ou non des éléments permettant d'assurer la MMR.
- **Temps de réponse** (en secondes ou en minutes) : cette caractéristique mesure le temps requis entre la sollicitation et l'exécution de la MMR.
- **Efficacité** (100% ou 0%) : l'efficacité mesure la capacité d'une MMR 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 MMR. 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 MMR 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.

Tableau 10 : Liste des fonctions de sécurité et des mesures de maîtrise des risques associées

Fonction de sécurité	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	N° de la fonction de sécurité	1
Mesures de sécurité	Système de détection ou de déduction de la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. Procédure adéquate de redémarrage.		
Description	Système de détection de la formation de givre permettant, en cas de détection de glace, une mise à l'arrêt rapide de l'aérogénérateur. Le redémarrage peut ensuite se faire soit automatiquement après disparition des conditions de givre, soit manuellement après inspection visuelle du site.		
Indépendance	Non Ces systèmes s'appuient sur des fonctions et des appareils propres à l'exploitation du parc. Ces données sont cependant analysées par l'automate de sécurité embarqué sur chaque éolienne, dont le rôle est dédié à la sécurité de l'installation. En cas de danger particulièrement élevé sur site (survol d'une zone fréquentée sur site soumis à des conditions de gel importantes), des systèmes additionnels peuvent être envisagés.		
Temps de réponse	Mise à l'arrêt de la turbine < 1 min Immédiat (L'alarme est déclenchée dès que le capteur est gelé ou détecte de la neige.)		
Efficacité	100 %		
Tests	Tests menés par le concepteur au moment de la construction de l'éolienne		
Maintenance	Vérification du système (opérations de maintenance sur les systèmes de contrôle) au bout de 300 heures de fonctionnement puis maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement. Vérification du système lors des maintenances préventives annuelles.		

Fonction de sécurité	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	N° de la fonction de sécurité	2
Mesures de sécurité	Signalisation du risque en pied de machine Eloignement des zones habitées et fréquentées		
Description	Mise en place de panneaux de signalisation en pied de machines du risque de chute de glace (conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011).		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %. Nous considérerons que compte tenu de l'implantation des panneaux et de l'entretien prévu, l'information des promeneurs sera systématique.		
Tests	NA		
Maintenance	Vérification de l'état général du panneau, de l'absence de détérioration, entretien de la végétation afin que le panneau reste visible.		

Fonction de sécurité	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	N° de la fonction de sécurité	3
Mesures de sécurité	Sondes de température sur pièces mécaniques Définition de seuils critiques de température pour chaque type de composant avec alarmes. Suivant les niveaux d'alarme et les capteurs, la machine peut être bridée ou mise à l'arrêt jusqu'à refroidissement. Mise à l'arrêt ou bridage jusqu'à refroidissement Systèmes de refroidissement indépendants pour le multiplicateur et la génératrice Le redémarrage peut être effectué à distance, si les seuils de température sont au-dessous des seuils d'alarme.		
Description	Des sondes de température sont mises en place sur les équipements ayant de fortes variations de température au cours de leur fonctionnement (paliers et roulements des machines tournantes, enroulements du générateur et du transformateur). Ces sondes ont des seuils hauts qui, une fois dépassés, conduisent à une alarme et à une mise à l'arrêt du rotor.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection de l'ordre de la seconde Mise en pause de la turbine < 1 min		
Efficacité	100 %		
Tests	Surveillance via la maintenance prédictive, avec détection de la déviation de températures de chaque capteur.		
Maintenance	Maintenance préventive annuelle de la génératrice et de son système de refroidissement, ainsi que du multiplicateur (y compris le système de refroidissement de l'huile du multiplicateur). Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	4
Mesures de sécurité	Détection de survitesse du générateur Eléments du système de protection contre la survitesse conformes aux normes IEC 61508 (SIL 2) et EN 954-1 Système de gestion par pitch		
Description	Systèmes de coupure s'enclenchant en cas de dépassement des seuils de vitesse prédéfinis, indépendamment du système de contrôle commande. NB : Le système de freinage est constitué d'un frein aérodynamique principal (mise en drapeau des pales) et / ou d'un frein mécanique auxiliaire.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	15 à 60s (arrêt de l'éolienne selon le programme de freinage adapté) 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'arrêt du 26 août 2011		
Efficacité	100 %		

Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	4
Tests	Test d'arrêt simple, d'arrêt d'urgence et de la procédure d'arrêt en cas de survitesse avant la mise en service des aérogénérateurs conformément à l'article 15 de l'arrêté du 26 août 2011. Tests à chaque maintenance préventive (tous les ans).		
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. Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement. Maintenance préventive annuelle de l'éolienne avec notamment contrôle de l'usure du frein et de pression du circuit de freinage d'urgence. Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

Fonction de sécurité	Prévenir les courts-circuits	N° de la fonction de sécurité	5
Mesures de sécurité	Coupure de la transmission électrique en cas de fonctionnement anormal d'un composant électrique.		
Description	Les organes et armoires électriques de l'éolienne sont équipés d'organes de coupures et de protection adéquats et correctement dimensionnés. Tout fonctionnement anormal des composants électriques est suivi d'une coupure de la transmission électrique et à la transmission d'un signal d'alerte vers l'exploitant qui prend alors les mesures appropriées. Les systèmes électriques sont équipés de disjoncteurs à tous les niveaux.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	De l'ordre de la seconde		
Efficacité	100 %		
Tests	NA		
Maintenance	Des vérifications de tous les composants électriques ainsi que les mesures d'isolement et de serrage des câbles sont intégrées dans la plupart des mesures de maintenance préventive mises en œuvre. Les installations électriques sont contrôlées avant la mise en service du parc puis à une fréquence annuelle, conformément à l'article 10 de l'arrêté du 26 août 2011.		

Fonction de sécurité	Prévenir les effets de la foudre	N° de la fonction de sécurité	6
Mesures de sécurité	Mise à la terre et protection des éléments de l'aérogénérateur		
Description	Système de protection contre la foudre conçu pour prévenir toute dégradation des pales de l'éolienne conformément à la norme internationale IEC 61400-24. Parafoudres sur la nacelle + récepteurs de foudre sur les 2 faces des pales Mise à la terre (nacelle/mât, sections de mât, mât/fondation) Parasurtenseurs sur les circuits électriques		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Immédiat, dispositif passif		

Fonction de sécurité	Prévenir les effets de la foudre	N° de la fonction de sécurité	6
Efficacité	100 %		
Tests	Mesure de terre lors des vérifications réglementaires des installations électriques		
Maintenance	Contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre inclus dans les opérations de maintenance, conformément à l'article 9 de l'arrêté du 26 août 2011. Contrôle de l'état de l'installation de mise à la terre dans le mât à chaque maintenance préventive.		

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

Fonction de sécurité	Prévention et rétention des fuites	N° de la fonction de sécurité	8
Mesures de sécurité	Détecteurs de niveau d'huiles Systèmes d'étanchéité et dispositifs de collecte / récupération Procédure d'urgence Kit antipollution		
Description	Nombreux détecteurs de niveau d'huile permettant de détecter les éventuelles fuites d'huile et d'arrêter l'éolienne en cas d'urgence. Présence de plusieurs bacs collecteurs au niveau des principaux composants. 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	NA		
Maintenance	Inspection des niveaux d'huile et de l'état des rétentions plusieurs fois par an		

Fonction de sécurité	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)	N° de la fonction de sécurité	9
Mesures de sécurité	Surveillance des vibrations Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints, etc.) Procédures qualités Attestation du contrôle technique		
Description	La norme IEC 61 400-1 « Exigence pour la conception des aérogénérateurs » fixe les prescriptions propres à fournir « un niveau approprié de protection contre les dommages résultant de tout risque durant la durée de vie » de l'éolienne. Ainsi la nacelle, le moyeu, les fondations et la tour répondent aux standards IEC 61 400-1. Les pales respectent le standard IEC 61 400 -1 ; 12 ; 23. Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223. Les éoliennes sont équipées de capteurs de vibration, qui entraînent l'arrêt en cas de dépassement des seuils définis. Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223 (peinture et revêtement anti-corrosion).		
Indépendance	Oui		

Fonction de sécurité	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)	N° de la fonction de sécurité	9
Temps de réponse	15 à 60s (arrêt de l'éolienne selon le programme de freinage adapté)		
Efficacité	100%		
Tests	Déclenchement manuel des capteurs de vibration et vérification de la réponse du système		
Maintenance	Les couples de serrage (brides sur les diverses sections de la tour, bride de raccordement des pales au moyeu, bride de raccordement du moyeu à l'arbre lent, éléments du châssis, éléments du pitch system, couronne du Yam Gear, boulons de fixation de la nacelle...) sont vérifiés au bout de 3 mois de fonctionnement puis tous les 3 ans, conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011. Inspection visuelle du mât et, si besoin, nettoyage lors des maintenances préventives annuelles.		

Fonction de sécurité	Prévenir les erreurs de maintenance	N° de la fonction de sécurité	10
Mesures de sécurité	Procédure de maintenance.		
Description	Préconisation du manuel de maintenance Formation du personnel Les sociétés dédiées à l'exploitation et à la maintenance du parc sont garantes de la mise en place et l'exécution de procédures visant à garantir une sécurité maximale des personnes et des installations. Innergex France, et sa filiale Parc Eolien du Bois Régnier, exploitant en titre du parc procèdera à un suivi et une vérification de l'application des procédures adéquates.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100%		
Tests	Opérations de maintenance divisées en quatre types : <ul style="list-style-type: none"> • Inspection visuelle : Une fois par an • Graissage d'entretien : Une fois par an • Maintenance électrique : Une fois par an • Maintenance mécanique : Une fois par an Chaque opération de maintenance dispose de procédures spécifiques.		
Maintenance	NA		

Fonction de sécurité	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	N° de la fonction de sécurité	11
Mesures de sécurité	Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents. Détection et prévention des vents forts et tempêtes Arrêt automatique et diminution de la prise au vent de l'éolienne (mise en drapeau progressive des pales) par le système de conduite		
Description	Les courbes de puissance de l'éolienne sont analysées et évaluées par rapport à des valeurs de référence. En cas d'anomalie, l'éolienne est arrêtée. Les signaux des différents capteurs sont traités par microprocesseur au sein des armoires de commande situé dans la nacelle. Dès qu'une erreur est relevée sur le système de communication lié à ce microprocesseur, la machine s'arrête. La défaillance d'un élément de sécurité entraîne donc la mise à l'arrêt de l'éolienne (freinage aérodynamique de l'éolienne). Il suffit qu'une seule pale soit mise en drapeau pour freiner l'éolienne.		

Fonction de sécurité	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	N° de la fonction de sécurité	11
Description	Le système SCADA de l'éolienne envoie un message dès la détection de l'anomalie. De plus, les 3 systèmes de régulation des angles des pales sont indépendants. L'éolienne est mise à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale pour laquelle elle a été conçue.		
Indépendance	Ces systèmes s'appuient sur des fonctions et des appareils propres à l'exploitation du parc. Ces données sont cependant analysées par l'automate de sécurité embarqué sur chaque éolienne, dont le rôle est dédié à la sécurité de l'installation.		
Temps de réponse	15 à 60 s suivant le programme de freinage		
Efficacité	100%		
Tests	Test des programmes de freinage lors de la mise en service de l'éolienne. Test automatique du système de freinage mécanique et du fonctionnement de chaque système pitch (freinage aérodynamique) lors de la séquence de démarrage de l'éolienne.		
Maintenance	Maintenance préventive du système pitch (les points contrôlés varient suivant le type de maintenance – T1 / T2 / T3 / T4), notamment vérification du câblage et du système de lubrification automatique, graissage des roulements de pitch. Maintenance préventive du frein mécanique (les points contrôlés varient suivant le type de maintenance – T1 / T2 / T3 / T4), notamment inspection visuelle, vérification de l'épaisseur des plaquettes de frein et des capteurs du frein mécanique.		

Fonction de sécurité	Empêcher la perte de contrôle de l'éolienne en cas de défaillance réseau	N° de la fonction de sécurité	12
Mesures de sécurité	Détection des défaillances du réseau électrique Batteries pour chaque système pitch Système d'alimentation sans coupure (UPS)		
Description	Surveillance du réseau + surveillance des défaillances réseau par le convertisseur principal qui entraîne la déconnexion de l'éolienne du réseau électrique. Commande de l'éolienne et communication externe assurées pendant environ 10 min, permettant l'arrêt automatique de l'éolienne. En cas d'alarme de sur ou sous-tension de batteries, la procédure suivie est décrite dans la figure 36		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	150 ms pour identifier une défaillance réseau 15 à 60 s pour l'arrêt de l'éolienne selon le programme de freinage		
Efficacité	100%		
Tests	Vérification de la charge des batteries d'alimentation de secours des systèmes pitch lors de la séquence de démarrage de l'éolienne Tests des batteries à chaque maintenance préventive (tous les ans).		
Maintenance	Remplacement périodique des batteries du système pitch au cours de la maintenance quinquennale. La périodicité de remplacement est spécifiée par le constructeur des éoliennes, après analyses, tests et certificats de bon fonctionnement. Maintenance curative suite à une défaillance du matériel.		

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

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

8.6 Conclusion de l'analyse préliminaire des risques

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

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

Tableau 11 : Scénarios exclus de l'analyse des risques détaillés

Nom du scénario exclu	Justification
Incendie de l'éolienne (effets thermiques)	<p>En cas d'incendie de nacelle, et en raison de la hauteur des nacelles, les effets thermiques ressentis au sol seront mineurs. Par exemple, dans le cas d'un incendie de nacelle située à 50 mètres de hauteur, la valeur seuil de 3 kW/m² 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.</p> <p>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.</p>
Incendie du poste de livraison ou du transformateur	<p>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)</p>
Chute et projection de glace dans les cas particuliers où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0°C	<p>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.</p> <p>Des éléments de preuves doivent être apportés pour identifier les implantations où de telles conditions climatiques sont applicables.</p> <p>Cette exclusion ne concerne pas le projet, des températures négatives étant rencontrées dans la zone d'implantation. Ce scénario est donc traité dans la présente étude.</p>
Infiltration d'huile dans le sol	<p>En cas d'infiltration d'huiles dans le sol, les volumes de substances libérées dans le sol restent mineurs.</p> <p>Ce scénario peut ne pas être détaillé dans le chapitre de l'étude détaillée des risques sauf en cas d'implantation dans un périmètre de protection rapprochée d'une nappe phréatique.</p>

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

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

- Chute de glace ;
- Projection de glace.

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

9. Etude détaillée des risques

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

Ce chapitre présente les principes de l'étude détaillée et la démarche générale à suivre pour des aérogénérateurs. Il s'agit d'une approche pas à pas qui permet successivement de rassembler les données nécessaires à l'étude détaillée des risques puis d'estimer les risques sur la base des éléments génériques fournis dans guide technique pour l'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens .

9.1 Rappel des définitions

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

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

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

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

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

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

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

9.1.1 Cinétique

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

Selon l'article 8 de l'arrêté du 29 septembre 2005, la cinétique peut être qualifiée de « lente » ou 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.

9.1.2 Intensité

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

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

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

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

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

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

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

Tableau 12 : Degré d'exposition

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

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

9.1.3 Gravité

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

Tableau 13 : Seuils de gravité

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

La détermination du nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) présentes dans chacune des zones d'effet est effectuée à l'aide de la méthode présentée en **annexe 11**. Cette méthode est dérivée de 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.

Concernant les chemins (voies non revêtues) il a été considéré, pour le calcul de la surface impactée, une largeur de 5 m.

9.1.4 Probabilité

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

Tableau 14 : Probabilités

Niveaux	Echelle qualitative	Echelle quantitative (probabilité annuelle)
A	Courant Se produit sur le site considéré et/ou peut se produire à plusieurs reprises pendant la durée de vie des installations, malgré d'éventuelles mesures correctives.	$P > 10^{-2}$
B	Probable S'est produit et/ou peut se produire pendant la durée de vie des installations.	$10^{-3} < P \leq 10^{-2}$
C	Improbable Evénement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité.	$10^{-4} < P \leq 10^{-3}$

Niveaux	Echelle qualitative	Echelle quantitative (probabilité annuelle)
D	<p style="text-align: center;">Rare</p> <p>S'est déjà produit mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement la probabilité.</p>	$10^{-5} < P \leq 10^{-4}$
E	<p style="text-align: center;">Extrêmement rare</p> <p>Possible mais non rencontré au niveau mondial. N'est pas impossible au vu des connaissances actuelles.</p>	$\leq 10^{-5}$

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

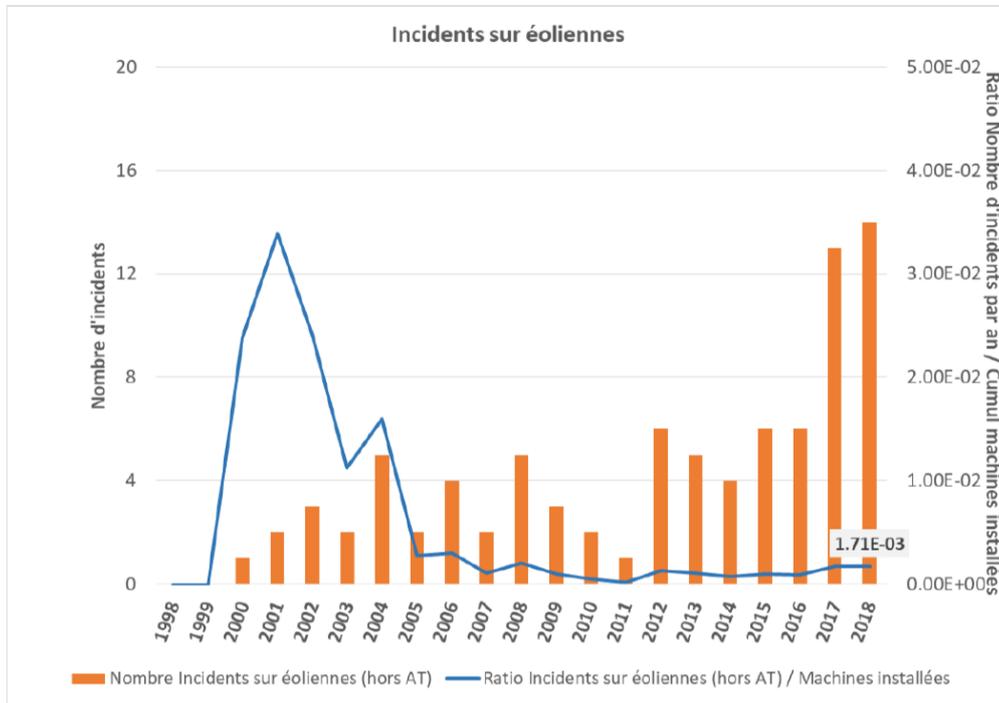
Dans le cadre des études de dangers des éoliennes, une approche majorante assimilant la probabilité d'accident (P_{accident}) à la probabilité de l'événement redouté central (P_{ERC}) a été retenue.

Toutes les données concernant les fréquences d'occurrence des phénomènes dangereux, mentionnées dans les chapitres 9.2 à 9.6, sont issues du guide technique pour l'élaboration de l'étude de dangers de mai 2012.

Les valeurs de ce guide ne sont pas remises en cause :

- Les statistiques ne montrent pas d'évolution significative de la fréquence d'occurrence d'accident par éolienne au cours des dernières années.

Figure 24 : Evolution des incidents sur éoliennes en France



Source : Syndicat des Energies Renouvelables et France Energie Eolienne

- Le calcul de probabilités d'accidents actualisées nécessiterait de connaître, sur une période de référence donnée, outre le nombre d'accidents, le nombre d'éoliennes et leur nombre d'années de fonctionnement. Nous ne disposons pas de telles données.

9.1.5 Acceptabilité

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

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

Voir tableau ci-après.

Tableau 15 : Acceptabilité des risques

Gravité des conséquences	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux	Yellow	Red	Red	Red	Red
Catastrophique	Yellow	Yellow	Red	Red	Red
Important	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red
Sérieux	Green	Green	Yellow	Yellow	Red
Modéré	Green	Green	Green	Green	Yellow

Légende de la matrice

Niveau de risque	Couleur	Acceptabilité
Risque très faible	Green	Acceptable
Risque faible	Yellow	Acceptable sous réserve que toutes les mesures possibles du point de vue technico-économiques aient été prises
Risque important	Red	Non acceptable

9.2 Effondrement de l'éolienne

9.2.1 Description de l'évènement redouté

L'évènement redouté est un effondrement de l'éolienne. Comme précédemment décrit, 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, ...

9.2.2 Probabilité

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

Tableau 16 : Probabilité du scénario d'effondrement d'éolienne

Source	Fréquence	Justification
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	4,5 x 10 ⁻⁴	Retour d'expérience
Specification of minimum distances, Dr-ing. Veenker ingenieurgesellschaft, 2004.	1,8 x 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 guide d'élaboration technique pour l'élaboration de l'étude de dangers datant de mai 2012 indique que « 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'expérience³, soit une probabilité de 4,47 x 10⁻⁴ par éolienne et par an ».

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

Une probabilité de classe « C » serait 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 ;

³ Une année d'expérience correspond à une éolienne observée pendant une année. Ainsi, si on a observé une éolienne pendant 5 ans et une autre pendant 7 ans, on aura un total de 12 années d'expérience.

- système de détection des survitesses et un système redondant de freinage ;
- système de détection des vents forts et un système redondant de freinage et de mise en sécurité des installations – un système adapté est installé en cas de risque cyclonique.

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

Il est considéré que la classe de probabilité des scénarios liés à un effondrement d'éolienne est « de classe D », à savoir : « S'est produit mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement la probabilité ».

9.2.3 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.

Elle est calculée par la formule $ZE = \pi \times (H+R)^2$, avec

- $H+R$ = hauteur du mat + longueur de pale = hauteur en bout de pale = 180 m.

On obtient $ZE = 101\,788\text{ m}^2$.

9.2.4 Zone d'impact

La zone d'impact de l'effondrement d'une éolienne correspond à la surface totale balayée par le rotor et la surface du mât non balayée par le rotor.

Elle est calculée par la formule $ZI = H \times L + 3 \times R \times LB/2$, avec

- R = longueur de pale = 66,7 m ;
- H = hauteur du mât = $180 - 66,7 = 113,3$;
- L = largeur du mât = 3,3 m
- LB = largeur maximale d'une pale (largeur à la base) = 2,4 m.

On obtient $ZI = 614\text{ m}^2$.

9.2.5 Intensité

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

Tableau 17 : Intensité pour le phénomène d'effondrement de l'éolienne

Effondrement de l'éolienne (Dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)			
Zone d'impact en m^2 $H \times L + 3 \times R \times LB/2$	Zone d'effet du phénomène étudié en m^2 $\pi \times (H+D/2)^2$	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
614 m^2	101 788 m^2	0,60 %	Exposition Modérée

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

9.2.6 Gravité

Le tableau suivant indique, pour chaque aérogénérateur, le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène d'effondrement et la gravité associée (les calculs ont été effectués à partir de la zone d'effet la plus importante).

Tableau 18 : Gravité pour le phénomène d'effondrement de l'éolienne

Eolienne	Nombre de personnes exposées (N)				Niveau de gravité	
	Terrains non aménagés et très peu fréquentés (1 personne/100 ha)		Terrains aménagés mais peu fréquentés : chemins agricoles et voies non structurantes (1 personne/10 ha)			Nombre total de personnes exposées
	m ²	N	m ²	N		
E1	100 163	0,100	1 625	0,016	0,116	Sérieux
E2	100 143	0,100	1 645	0,016	0,116	Sérieux
E3	101 788	0,102	0	0	0,102	Sérieux
E4	99 013	0,099	2 775	0,028	0,127	Sérieux
E5	100 153	0,100	1 635	0,016	0,116	Sérieux
E6	99 363	0,099	2 435	0,024	0,123	Sérieux
E7	100 323	0,100	1 465	0,014	0,114	Sérieux
E8	101 788	0,102	0	0	0,102	Sérieux

9.2.7 Niveau de risque

Pour conclure sur l'acceptabilité du risque d'effondrement d'une éolienne, les scénarios relatifs aux différentes éoliennes du parc sont placés dans la matrice de criticité ci-dessous.

Tableau 19 : Niveau de risque

Effondrement de l'éolienne (Dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)		
Eolienne	Niveau de gravité	Niveau de risque
E1	Sérieux	Acceptable
E2	Sérieux	Acceptable
E3	Sérieux	Acceptable
E4	Sérieux	Acceptable
E5	Sérieux	Acceptable
E6	Sérieux	Acceptable
E7	Sérieux	Acceptable
E8	Sérieux	Acceptable

Ainsi, pour le Parc Eolien du Bois Régnier, le phénomène d'effondrement des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

9.3 Chute de glace

9.3.1 Description de l'évènement redouté

L'évènement redouté est une chute de glace des aérogénérateurs.

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

Lors des périodes de dégel qui suivent les périodes de grand froid, des chutes de glace peuvent se produire depuis la structure de l'éolienne (nacelle, pales). Normalement, le givre qui se forme en une 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

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

Plusieurs procédures ou systèmes permettront de détecter ou de prévenir 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.

9.3.2 Probabilité

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

*Une étude spécifique par rapport aux conditions du site d'implantation du projet pourra permettre de justifier une **probabilité de classe B** en cas de présence d'un système de chauffage des pales sur les aérogénérateurs.*

9.3.3 Zone d'effet

Le risque de chute de glace est cantonné à la zone de survol des pales, soit un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor autour du mât de l'éolienne. Pour le Parc Eolien du Bois Régnier, la zone d'effet à donc un rayon de 68 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.

La zone d'effet est calculée par la formule $ZE = \pi \times (D/2)^2$, avec :

- D = diamètre du rotor = 136 m.

On obtient $ZE = 14\,527 \text{ m}^2$.

9.3.4 Zone d'impact

La zone d'impact considérée correspond à la surface d'un morceau de glace, prise selon une hypothèse conservatrice égale à 1m².

$$\text{Zone d'impact} : Z_i = 1 \text{ m}^2$$

9.3.5 Intensité

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

Tableau 20 : Intensité du phénomène de chute de glace

Chute de glace (Dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)			
Zone d'impact en m ² $Z_i = SG$	Zone d'effet du phénomène étudié en m ² $Z_E = \pi \times r^2$	Degré d'exposition du phénomène étudié en % $d = Z_i / Z_E$	Intensité
1	14 527	0,01 %	Exposition Modérée

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

9.3.6 Gravité

Le tableau suivant indique, pour chaque aérogénérateur, le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène de chute de glace et la gravité associée (les calculs ont été effectués à partir de la zone d'effet la plus importante).

Tableau 21 : Gravité du phénomène de chute de glace

Eolienne	Nombre de personnes exposées (N)				Niveau de gravité	
	Terrains non aménagés et très peu fréquentés (1 personne/100 ha)		Terrains aménagés mais peu fréquentés : chemins agricoles et voies non structurantes (1 personne/10 ha)			Nombre total de personnes exposées
	m ²	N	m ²	N		
E1	15 394	0,015	0	0,000	0,015	Modéré
E2	15 394	0,015	0	0,000	0,015	Modéré
E3	15 394	0,015	0	0,000	0,015	Modéré
E4	15 394	0,015	0	0,000	0,015	Modéré
E5	15 394	0,015	0	0,000	0,015	Modéré
E6	15 394	0,015	0	0,000	0,015	Modéré
E7	15 394	0,015	0	0,000	0,015	Modéré
E8	14 709	0,015	685	0,007	0,022	Modéré

9.3.7 Niveau de risque

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du Parc éolien du Bois Régnier, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable).

Tableau 22 : Acceptabilité du phénomène de chute de glace

Chute de glace (Dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)		
<i>Eolienne</i>	<i>Niveau de gravité</i>	<i>Niveau de risque</i>
E1	Modéré	Acceptable
E2	Modéré	Acceptable
E3	Modéré	Acceptable
E4	Modéré	Acceptable
E5	Modéré	Acceptable
E6	Modéré	Acceptable
E7	Modéré	Acceptable
E8	Modéré	Acceptable

Ainsi, pour le Parc Eolien du Bois Régnier, le phénomène de chute de glace des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

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

9.4 Chute d'éléments de l'éolienne

9.4.1 Description de l'évènement redouté

L'évènement redouté est une chute d'un élément d'assemblage des aérogénérateurs. Comme précédemment décrit, ces évènements sont déclenchés 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.

9.4.2 Probabilité

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

Le guide d'élaboration technique pour l'élaboration de l'étude de dangers datant de mai 2012 indique que « Le retour d'expérience connu en France montre que ces événements ont une classe de probabilité « C » (2 chutes et 5 incendies pour 15 667 années d'expérience, soit 4.47×10^{-4} événement par éolienne et par an). »

Ces événements correspondent également à la définition qualitative de l'arrêté du 29 septembre 2005 d'une probabilité « C » : « *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.

9.4.3 Zone d'effet

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

Le risque de chute d'élément est cantonné à la zone de survol des pales, soit un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor autour du mât de l'éolienne. Pour le Parc Eolien du Bois Régnier, la zone d'effet à donc un rayon de 68 m.

La zone d'effet est calculée par la formule $ZE = \pi \times (D/2)^2$, avec :

- D = diamètre du rotor = 136 m.

On obtient $ZE = 14\,527\text{ m}^2$.

9.4.4 Zone d'impact

La zone d'impact considérée correspond à la surface d'un élément (cas majorant d'une pale entière).

La zone d'impact est calculée par la formule $ZI = R \cdot LB/2$, avec :

- R est la longueur de pale = 66,7 m ;
- LB est la largeur maximale d'une pale (largeur à la base) = 2,4 m.

On obtient $ZI = 80\text{ m}^2$.

9.4.5 Intensité

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

Remarque : les calculs sont effectués en considérant que la pale est triangulaire avec une base de largeur LB, qui correspond à la largeur maximale de la pale. La zone d'impact et donc le degré d'exposition calculés sont donc supérieurs à la réalité.

Tableau 23 : Intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne

Chute d'éléments de l'éolienne (Dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)			
Zone d'impact en m^2 $Z = R \cdot LB/2$	Zone d'effet du phénomène étudié en m^2 $Z_E = \pi \times D^2/4$	Degré d'exposition du phénomène étudié en % $d = Z/Z_E$	Intensité
80 m^2	14 527 m^2	0,55 %	Exposition Modérée

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

9.4.6 Gravité

Le tableau suivant indique, pour chaque aérogénérateur, le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène de chute de glace et la gravité associée (les calculs ont été effectués à partir de la zone d'effet la plus importante).

Tableau 24 : Gravité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne

Eolienne	Nombre de personnes exposées (N)				Niveau de gravité	
	Terrains non aménagés et très peu fréquentés (1 personne/100 ha)		Terrains aménagés mais peu fréquentés : chemins agricoles et voies non structurantes (1 personne/10 ha)			Nombre total de personnes exposées
	m ²	N	m ²	N		
E1	15 394	0,015	0	0,000	0,015	Sérieux
E2	15 394	0,015	0	0,000	0,015	Sérieux
E3	15 394	0,015	0	0,000	0,015	Sérieux
E4	15 394	0,015	0	0,000	0,015	Sérieux
E5	15 394	0,015	0	0,000	0,015	Sérieux
E6	15 394	0,015	0	0,000	0,015	Sérieux
E7	15 394	0,015	0	0,000	0,015	Sérieux
E8	14 709	0,015	685	0,007	0,022	Sérieux

9.4.7 Niveau de risque

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

Tableau 25 : Acceptabilité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Sérieux	Acceptable
E2	Sérieux	Acceptable
E3	Sérieux	Acceptable
E4	Sérieux	Acceptable
E5	Sérieux	Acceptable
E6	Sérieux	Acceptable
E7	Sérieux	Acceptable
E8	Sérieux	Acceptable

Ainsi, pour le Parc Éolien du Bois Régnier, le phénomène de chute de glace des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

9.5 Projection de fragments de pales

9.5.1 Description de l'évènement redouté

L'évènement redouté est une projection de pale ou de fragments de pale.

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.

9.5.2 Probabilité

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

Tableau 26 : Probabilité du phénomène de projection de pale

Source	Fréquence	Justification
Site Specific Hazard Assessment for a wind farm project – Case study – Germanischer Lloyd, Windtest Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH, 2010/08/24	1×10^{-6}	Respect de l'Eurocode EN 1990 – Basis of structural design
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	$1,1 \times 10^{-3}$	Retour d'expérience au Danemark (1984-1992) et en Allemagne (1989-2001)
Specification of minimum distances, Dr-ing. Veenker ingenieurgesellschaft, 2004	$6,1 \times 10^{-4}$	Recherche Internet des accidents entre 1996 et 2003

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

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

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

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

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

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

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

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

9.5.3 Zone d'effet

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

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

Pour autant, des études de risques déjà réalisées dans le monde ont utilisé une distance de 500 mètres.

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

$$\text{Zone d'effet : } ZE = \pi \times 500^2 = 785\,400 \text{ m}^2$$

9.5.4 Zone d'impact

La zone d'impact considérée correspond la surface d'un élément (cas majorant d'une pale entière).

La zone d'impact est calculée par la formule $ZI = R \cdot LB / 2$, avec :

- R est la longueur de pale = 66,7 m ;
- LB est la largeur maximale d'une pale (largeur à la base) = 2,4 m.

On obtient $ZI = 80 \text{ m}^2$.

9.5.5 Intensité

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

Remarque : ce cas est majorant, la projection peut concerner uniquement des fragments et non la pale entière.

Tableau 27 : Intensité du phénomène de projection de pale

Projection de pale ou de fragment de pale (Zone de r=500 m autour de chaque éolienne)			
Zone d'impact en m ² $Z_I=R*LB/2$	Zone d'effet du phénomène étudié en m ² $Z_E= \pi \times r^2$	Degré d'exposition du phénomène étudié en % $d=Z_I/Z_E$	Intensité
80	785 400	0,01 %	Exposition modérée

9.5.6 Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues du paragraphe VIII.1.3., il est possible de définir les niveaux de gravité.

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

Tableau 28 : Gravité du phénomène de projection de pale

Projection de pale ou de fragment de pale (Zone de 500 m autour de chaque éolienne)						
Eolienne	Nombre de personnes exposées (N)				Nombre total de personnes exposées	Niveau de gravité
	Terrains non aménagés et très peu fréquentés (1 personne/100 ha)		Terrains aménagés mais peu fréquentés : chemins agricoles et voies non structurantes (1 personne/10 ha)			
	m ²	N	m ²	N		
E1	773 700	0,774	11 700	0,117	0,891	Modéré
E2	777 350	0,777	8 050	0,081	0,858	Modéré
E3	775 135	0,775	10 265	0,103	0,878	Modéré
E4	774 370	0,774	11 030	0,110	0,884	Modéré
E5	775 560	0,776	9 840	0,098	0,874	Modéré
E6	771 525	0,772	13 875	0,139	0,911	Modéré
E7	772 630	0,773	12 770	0,128	0,901	Modéré
E8	778 780	0,779	6 620	0,066	0,845	Modéré

9.5.7 Niveau de risque

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

Tableau 29 : Acceptabilité du phénomène de projection de pale

Projection de pale ou de fragment de pale (Zone de 500 m autour de chaque éolienne)		
<i>Eolienne</i>	<i>Niveau de gravité</i>	<i>Niveau de risque</i>
E1	Modéré	Acceptable
E2	Modéré	Acceptable
E3	Modéré	Acceptable
E4	Modéré	Acceptable
E5	Modéré	Acceptable
E6	Modéré	Acceptable
E7	Modéré	Acceptable
E8	Modéré	Acceptable

Ainsi, pour le Parc Eolien du Bois Régnier, le phénomène de projection de tout ou partie de pale des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

9.6 Projection de glace

9.6.1 Description de l'évènement redouté

L'évènement redouté est une projection d'un fragment ou bloc glace depuis un aérogénérateur.

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

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

9.6.2 Probabilité

Le guide d'élaboration technique pour l'élaboration de l'étude de dangers datant de mai 2012 indique qu'au regard de la difficulté d'établir un retour d'expérience précis sur cet événement et considérant des éléments suivants :

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

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

9.6.3 Zone d'effet

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

En ce qui concerne la distance maximale atteinte par ce type de projectiles, il n'existe pas d'information dans l'accidentologie. La référence [15] propose une distance d'effet fonction de la hauteur et du diamètre de

l'éolienne, dans les cas où le nombre de jours de glace est important et où l'éolienne n'est pas équipée de système d'arrêt des éoliennes en cas de givre ou de glace :

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

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

La zone d'effet est calculée par la formule $ZE = \pi \times R_{PG}^2 = \pi \times (1,5 \times (H + D))^2$, avec :

- H = hauteur du moyeu = 125 m ;
- D = diamètre du rotor = 136 m.

On obtient $ZE = 481\,519 \text{ m}^2$.

Cette distance de projection est jugée conservatrice dans les études ayant servi de base de travail pour le guide de l'association FEE. 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.

9.6.4 Zone d'impact

La zone d'impact considérée correspond la surface d'un morceau de glace, prise selon une hypothèse conservatrice égale à 1 m^2 .

$$\text{Zone d'impact} : Z_I = 1 \text{ m}^2$$

9.6.5 Intensité

Pour le phénomène de projection de glace, le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface d'un morceau de glace (cas majorant de 1 m^2) et la superficie de la zone d'effet du phénomène.

Tableau 30 : Intensité du phénomène de projection de morceaux de glace

Projection de morceaux de glace (Dans un rayon de $R_{PG} = 1,5 \times (H+D)$ autour de l'éolienne)			
Zone d'effet du phénomène étudié en m^2 $ZE = \pi \times R_{PG}^2$	Zone d'impact en m^2 $Z_I = SG$	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
481 519	1	0,00021 %	Exposition modérée

9.6.6 Gravité

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

Le tableau suivant indique, pour chaque aérogénérateur, le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène de projection de glace et la gravité associée (les calculs ont été effectués à partir de la zone d'effet la plus importante).

Tableau 31 : Gravité du phénomène de projection de morceaux de glace

Eolienne	Nombre de personnes exposées (N)				Niveau de gravité	
	Terrains non aménagés et très peu fréquentés (1 personne/100 ha)		Terrains aménagés mais peu fréquentés : chemins agricoles et voies non structurantes (1 personne/10 ha)			Nombre total de personnes exposées
	m ²	N	m ²	N		
E1	431 586	0,431	4 915	0,049	0,480	Modéré
E2	432 851	0,432	3 650	0,036	0,468	Modéré
E3	433 621	0,433	2 880	0,029	0,462	Modéré
E4	428 901	0,429	7 600	0,076	0,505	Modéré
E5	431 766	0,432	4 735	0,047	0,479	Modéré
E6	428 476	0,428	8 025	0,080	0,508	Modéré
E7	429 116	0,429	7 385	0,074	0,503	Modéré
E8	436 101	0,436	400	0,004	0,440	Modéré

Remarque : Les voies à faible circulation ne sont pas considérées ici. En effet, il a été observé dans la littérature disponible qu'en cas de projection, les morceaux de glace se cassent en petits fragments dès qu'ils se détachent de la pale. La possibilité de l'impact de glace sur des personnes abritées par un véhicule est donc négligeable et ces personnes ne sont pas conséquent pas comptabilisées.

9.6.7 Niveau de risque

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du Parc Eolien du Bois Régnier, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Tableau 32 : Acceptabilité du phénomène de projection de morceaux de glace

Projection de morceaux de glace (Dans un rayon de $R_{PG} = 1,5 \times (H+2R)$ autour de l'éolienne)		
Eolienne	Niveau de gravité	Niveau de risque
E1	Modéré	Acceptable
E2	Modéré	Acceptable
E3	Modéré	Acceptable
E4	Modéré	Acceptable
E5	Modéré	Acceptable
Projection de morceaux de glace (Dans un rayon de $R_{PG} = 1,5 \times (H+2R)$ autour de l'éolienne)		
Eolienne	Niveau de gravité	Niveau de risque
E6	Modéré	Acceptable
E7	Modéré	Acceptable
E8	Modéré	Acceptable

Ainsi, pour le Parc Eolien du Bois Régnier, le phénomène de projection de glace constitue un risque acceptable pour les personnes.

9.7 Synthèse de l'étude détaillée des risques

9.7.1 Tableaux de synthèse des scénarios étudiés

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

Tableau 33 : Synthèse des scénarios étudiés

Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité
Effondrement de l'éolienne	Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale Rayon d'effet = 180 m	Rapide	Exposition modérée	D	Sérieux pour toutes les éoliennes
Chute de glace	Zone de survol Rayon d'effet = 68 m	Rapide	Exposition modérée	A	Modéré pour toutes les éoliennes
Chute d'éléments de l'éolienne	Zone de survol Rayon d'effet = 68 m	Rapide	Exposition modérée	C	Sérieux pour toutes les éoliennes
Projection de fragments de pales	500 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	D	Modéré pour toutes les éoliennes
Projection de glace	1,5 x (H + D) autour de l'éolienne Rayon d'effet = 392 m	Rapide	Exposition modérée	B sauf si les températures hivernales sont supérieures à 0°C	Modéré pour toutes les éoliennes

9.7.2 Synthèse de l'acceptabilité des risques

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

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

Tableau 34 : Acceptabilité des risques

Gravité des conséquences	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Déastreux	Jaune	Rouge	Rouge	Rouge	Rouge
Catastrophique	Jaune	Jaune	Rouge	Rouge	Rouge
Important	Jaune	Jaune	Jaune	Rouge	Rouge
Sérieux	Vert	Effondrement de l'éolienne	Chute d'éléments de l'éolienne	Jaune	Rouge
Modéré	Vert	Projection de fragments de pales	Vert	Projection de glace	Chute de glace

Légende de la matrice

Niveau de risque	Couleur	Acceptabilité
Risque très faible	Vert	Acceptable
Risque faible	Jaune	Acceptable sous réserve que toutes les mesures possibles du point de vue technico-économiques aient été prises
Risque important	Rouge	Non acceptable

Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée que :

- aucun accident n'apparaît dans les cases rouges de la matrice ;
- deux accidents figurent en case jaune (chute de glace et chute d'éléments de l'éolienne). Pour ces accidents, il convient de souligner que les fonctions de sécurité détaillées dans le présent document seront mises en place.

L'ensemble des accidents retenus présentent un risque acceptable, c'est-à-dire qu'ils ne nécessitent pas de mesures supplémentaires de réduction des risques autres que celles déjà prises.

9.7.3 Cartographie des risques

Les cartes de synthèse des risques disponibles en pages suivantes font apparaître pour chaque éolienne :

- Les enjeux étudiés dans l'étude détaillée des risques ;
- Les zones d'effets de chacun des risques identifiés.

Figure 25 : Synthèse des zones d'effets – éolienne E1

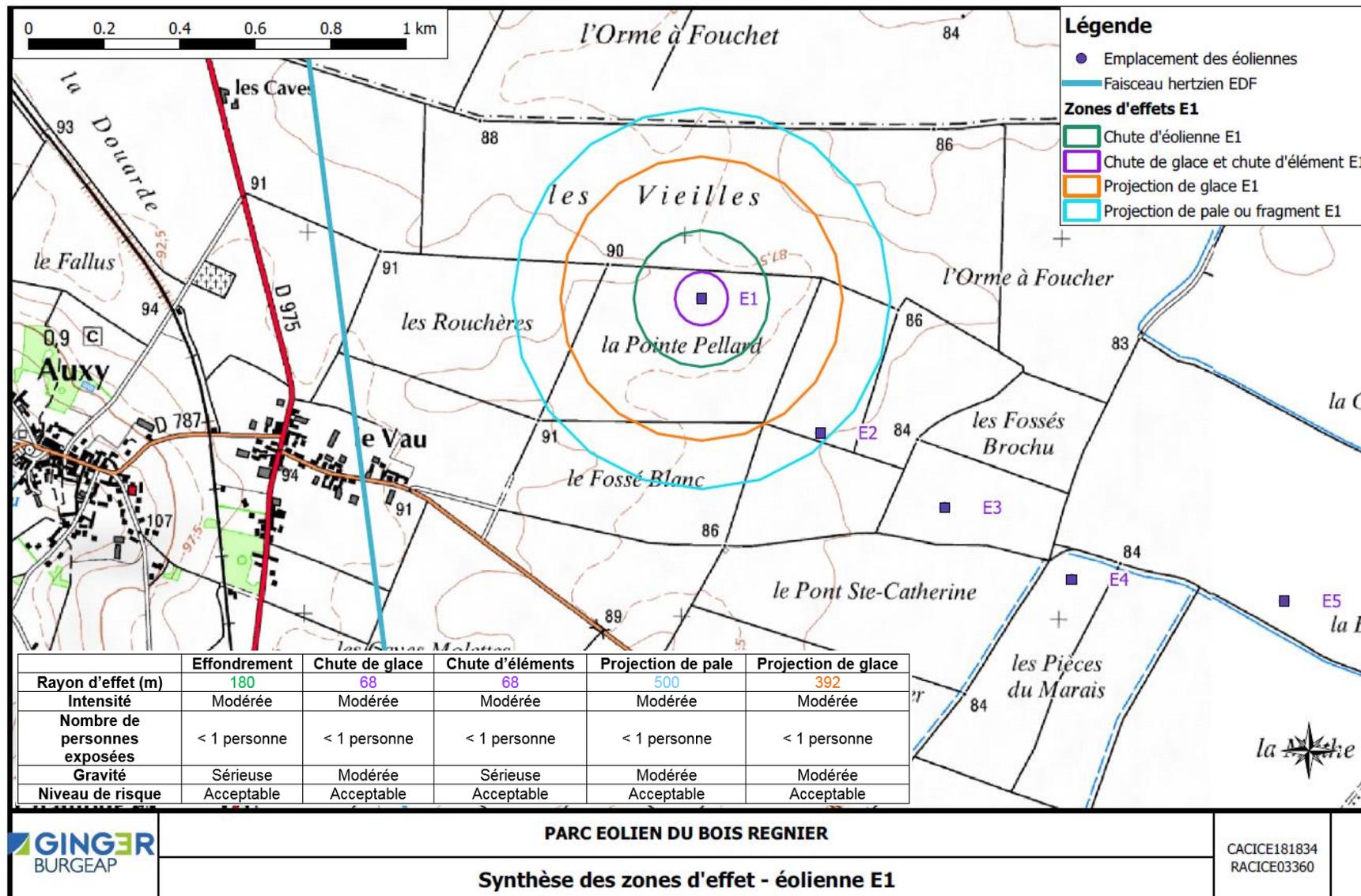


Figure 26 : Synthèse des zones d'effets – éolienne E2

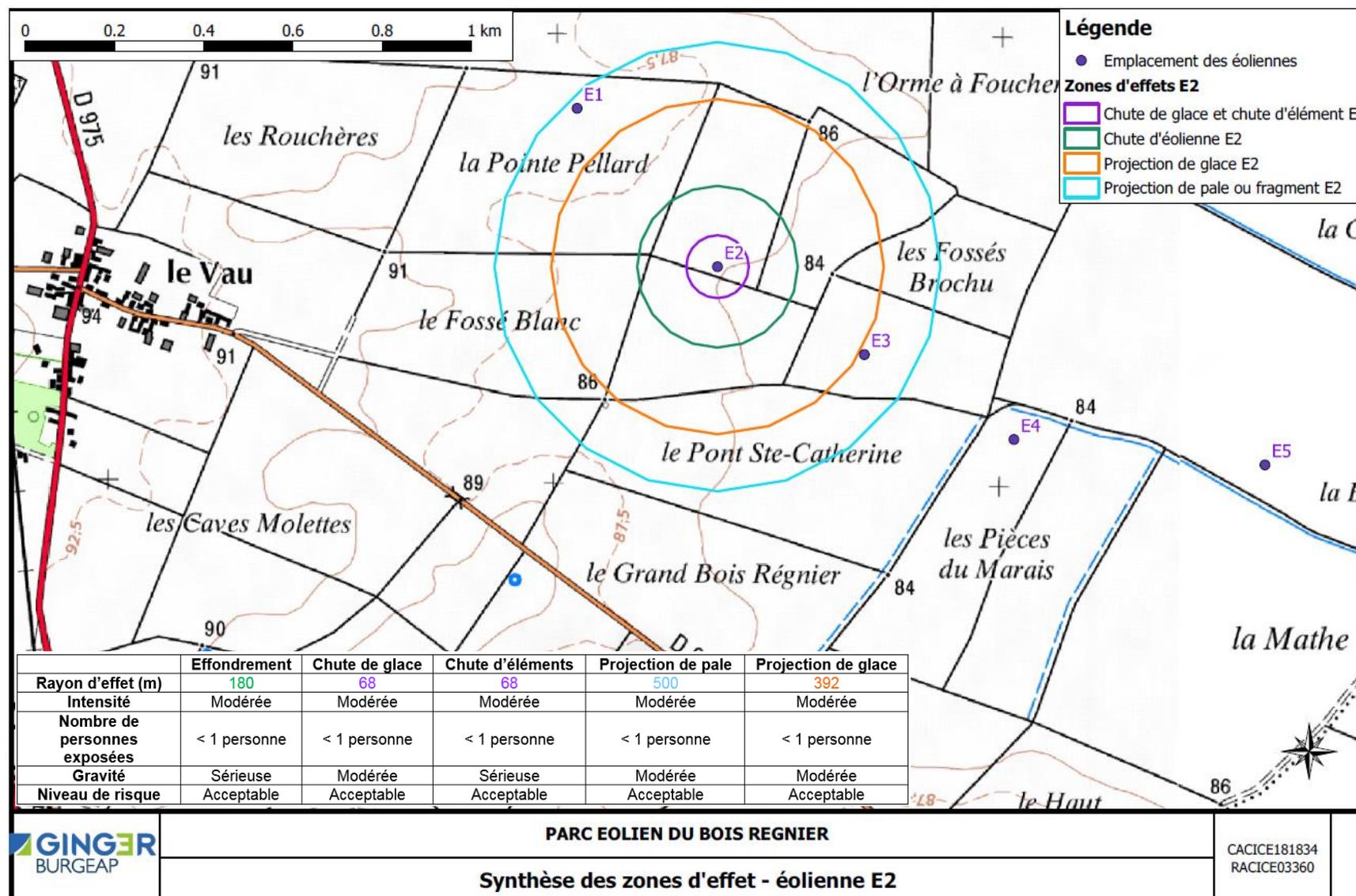


Figure 27 : Synthèse des zones d'effets – éolienne E3

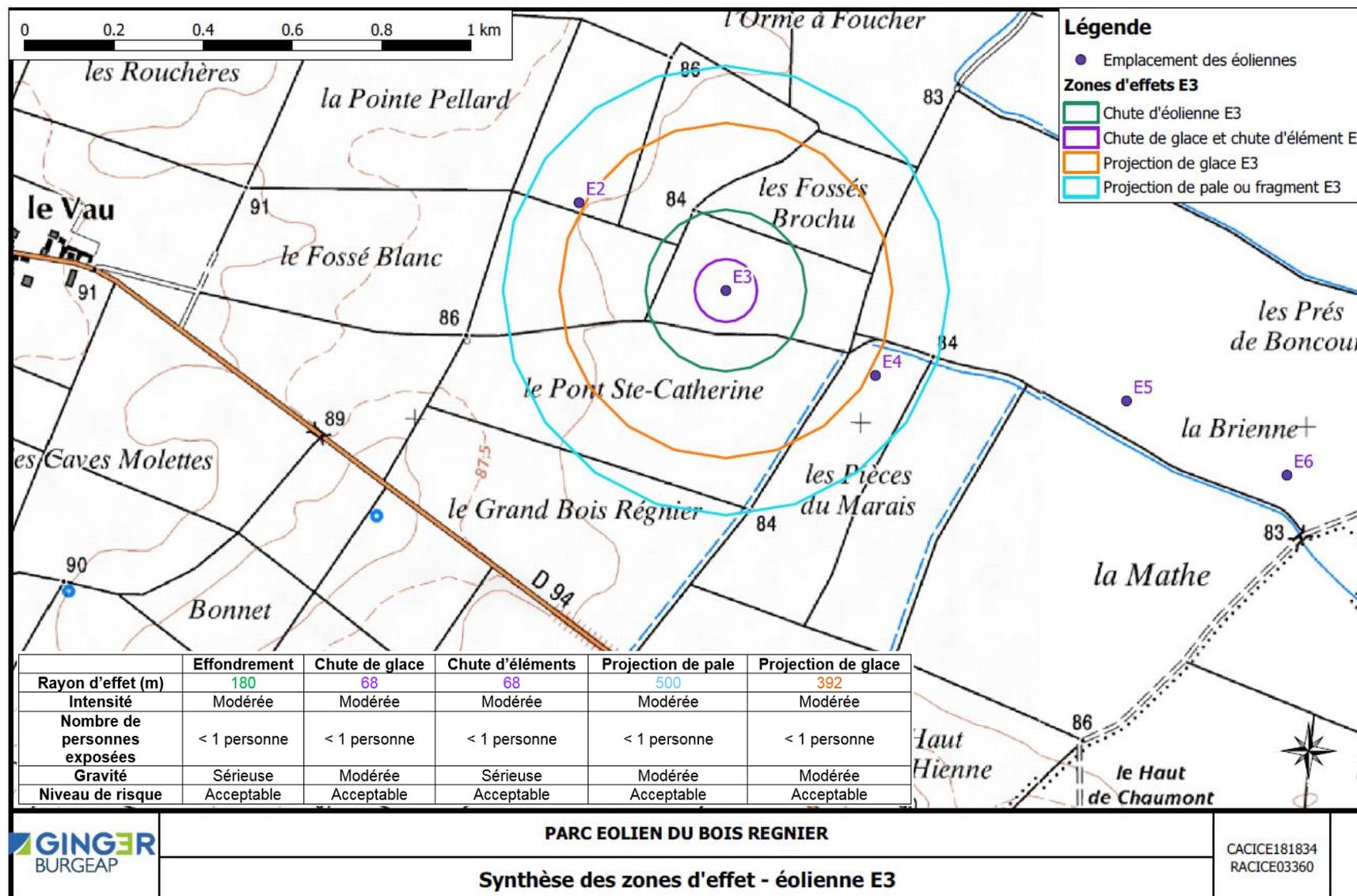


Figure 28 : Synthèse des zones d'effets – éolienne E4

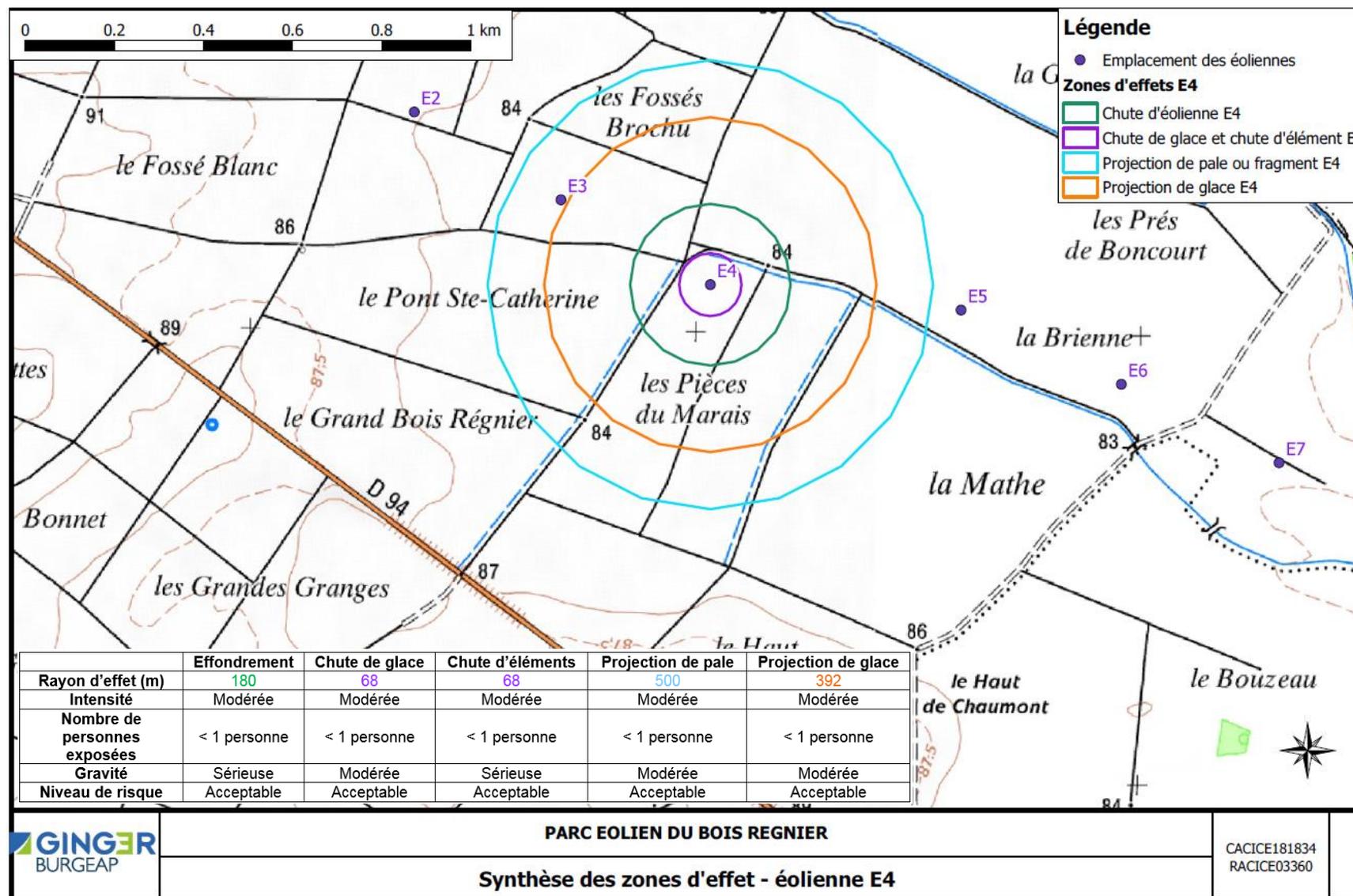


Figure 29 : Synthèse des zones d'effets – éolienne E5

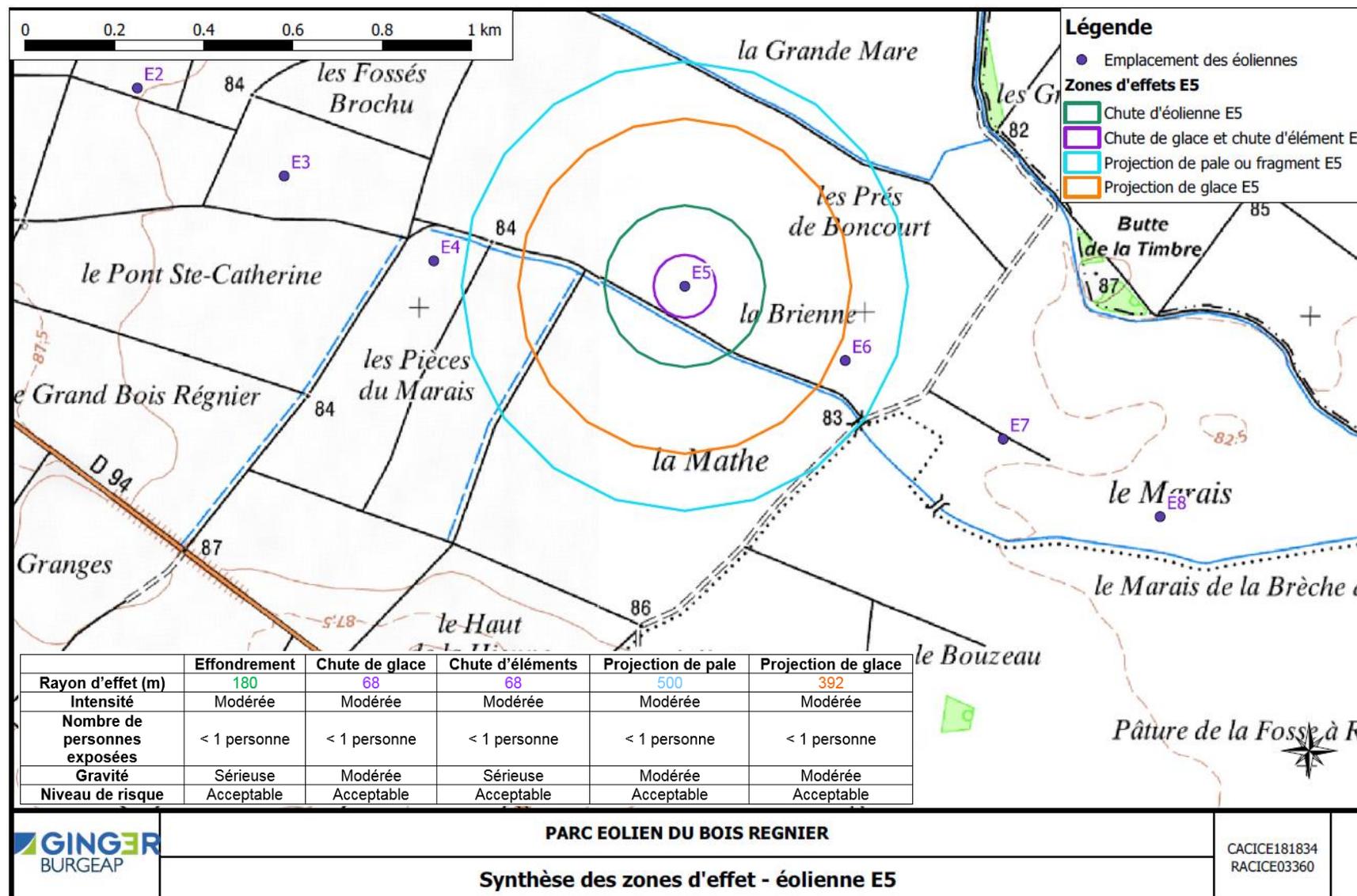


Figure 30 : Synthèse des zones d'effets – éolienne E6

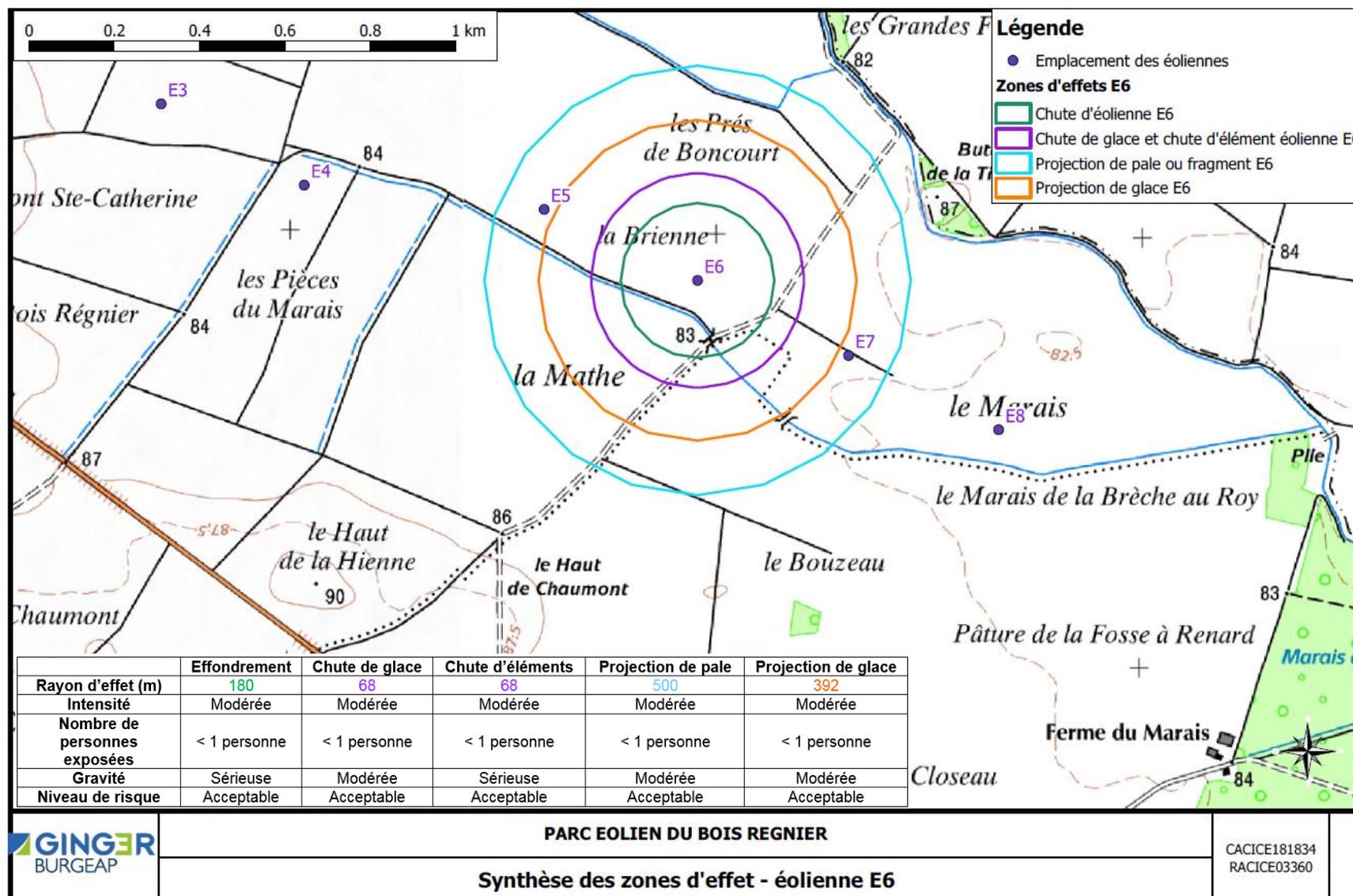


Figure 31 : Synthèse des zones d'effets – éolienne E7

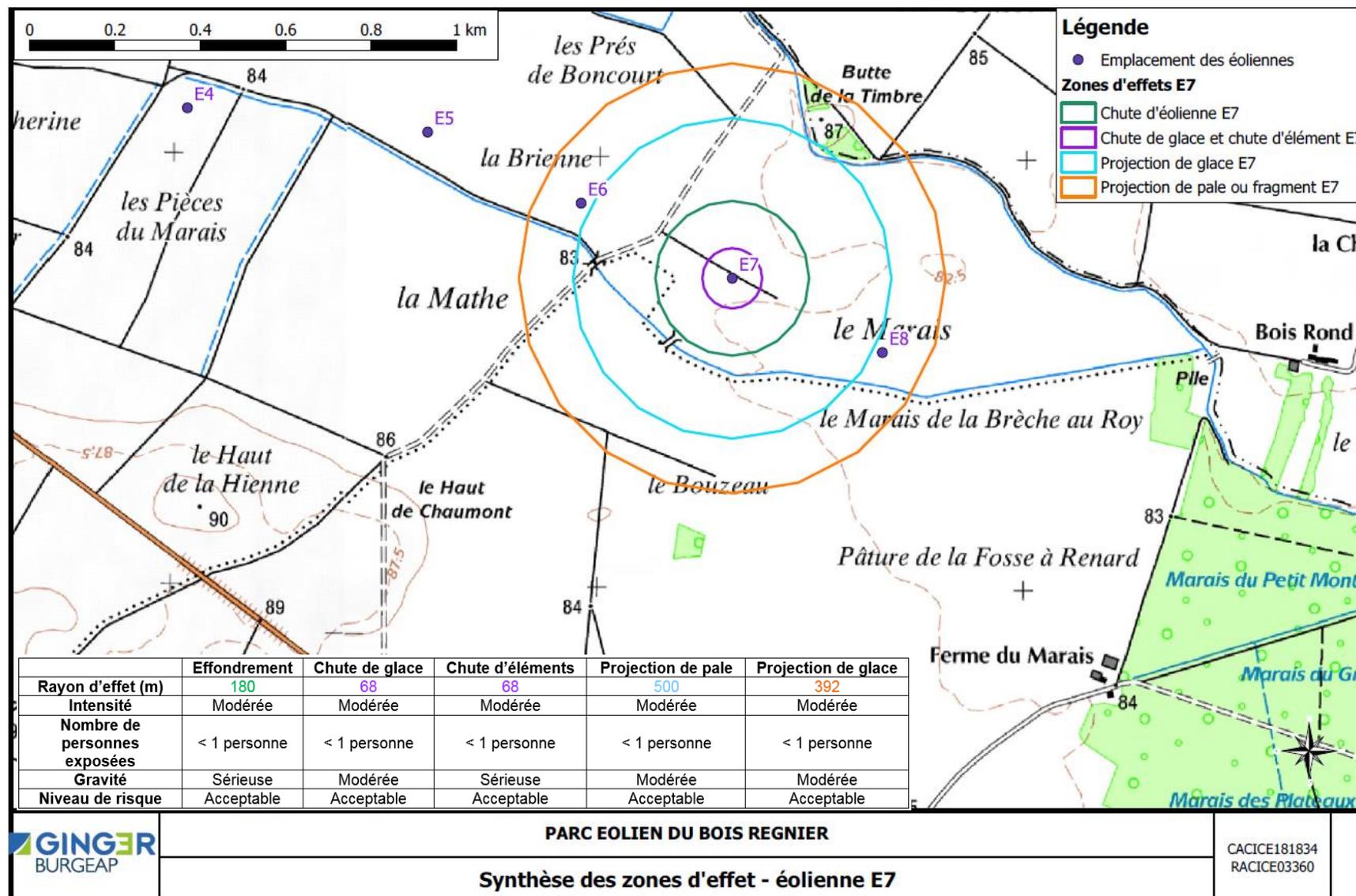
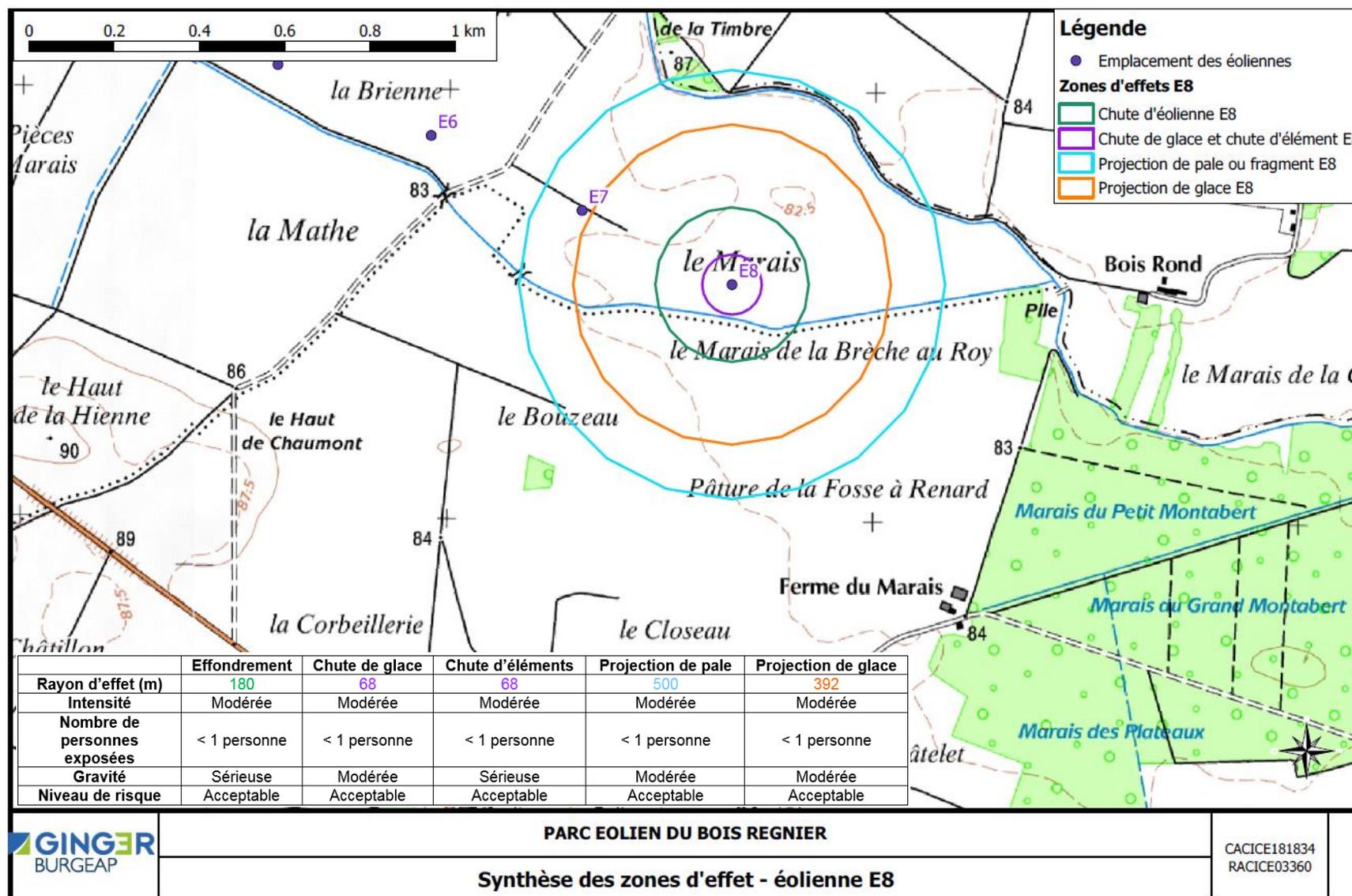


Figure 32 : Synthèse des zones d'effets – éolienne E8



10. Analyse des effets domino possibles

Le guide technique de l'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens indique :

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 au § 9.4.1.

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 que « [...] 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 ».

Dans le cadre des études de dangers éoliennes, il est proposé de limiter l'évaluation de la probabilité d'impact d'un élément de l'aérogénérateur sur une autre installation ICPE que lorsque celle-ci se situe dans un rayon de 100 mètres.

Aucune installation ICPE (ni aucune autre installation) n'est présente à moins de 100 m d'une des éoliennes du Parc Eolien du Bois Reignier.

L'analyse des effets domino est donc sans objet.

Par ailleurs aucun bâtiment ou éolienne d'un autre parc n'est présent à moins de 500 m des éoliennes du Parc Eolien du Bois Régnier.

11. Mesures de limitation des risques - moyens de secours et d'intervention

Pour les scénarios d'accidents, dont le niveau de risque a été jugé comme faible dans la matrice de criticité (tableau 43), à savoir risque de chute de glace et chute d'éléments d'éolienne, il convient de souligner que les fonctions de sécurité et de maîtrise des risques suivantes seront prises.

11.1 Limitation du risque lié à la chute de glace

Les mesures de maîtrise des risques, présentées dans le tableau ci-dessous, seront notamment prises dans le cadre de l'exploitation du parc éolien afin de limiter le risque de chute de glace.

Evènement initiateur	Evènement intermédiaire	N° fonction de sécurité	Description de la mesure de maîtrise de risque (MMR)
Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales	1	Système de détection ou de déduction de la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. Procédure adéquate de redémarrage
		2	Panneautage en pied de projet Eloignement des zones habitées et fréquentées

Comme évoqué en partie « Mise en place des mesures de sécurité » de la présente étude de dangers, les éoliennes sont équipées de dispositifs permettant de limiter les risques liés à la chute de glace

11.2 Limitation des risques liés à la chute d'élément

Les mesures de maîtrise des risques, présentées dans le tableau ci-dessous, seront quant à elles prises dans le cadre de l'exploitation du parc éolien afin de limiter le risque de chute d'éléments

Evènement initiateur	Evènement intermédiaire	N° fonction de sécurité	Description de la mesure de maîtrise de risque (MMR)
Fatigue	Chute de fragment de pale	9	Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides, joints, etc.) Procédures qualités
Serrage inapproprié Erreur de maintenance- desserrage	Chute de fragment de pale	10	Procédure maintenance
Erreur maintenance	Chute de trappe	10	Procédure maintenance
Défaillance fixation anémomètre	Chute anémomètre	10	Procédure maintenance
Serrage inappropriée – défaillance de la fixation des pales au moyeu	Chute de pale	10	Procédure maintenance
Erreur maintenance – desserrage – défaillance de la fixation des pales au moyeu	Chute de fragment de pale	10	Procédure maintenance
Corrosion	Dommmages sur les dispositifs de fixation des pales sur le moyeu, dommages sur la structure de la pale	/	Inspection régulière des brides de fixations et de la fixation des pales conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011
Foudre	Fragilisation de la pale	6	Mise à la terre et protection des éléments de l'aérogénérateur

11.3 Moyens de secours internes

Des panneaux de signalisation rappelant les consignes de sécurité ainsi que les coordonnées des secours sont placés sur les voies d'accès au site ainsi qu'à l'entrée des différents équipements (mats des éoliennes et poste de livraison).

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

Le personnel est formé à l'utilisation des extincteurs.

11.4 Traitement de l'alerte

Les paramètres sont retransmis au centre de surveillance du turbinier en continu via le SCADA en place sur le parc.

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.

Les messages d'état sont construits sous la forme de codes « état principal : sous état ». Par exemple, le message d'état « 20 : 52 » signifie « défaut de mesure du vent : pas de signal de l'anémomètre ».

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.

12. Conclusion

La présente étude de dangers du projet éolien du Bois Régnier sur la commune d'Auxy, réalisée dans le cadre réglementaire des installations classées pour la protection de l'environnement et selon la méthodologie décrite par le « Guide technique de l'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens », a retenu les 5 événements suivants susceptibles de générer un risque pour les enjeux humains présents dans le périmètre de l'étude :

- Effondrement de l'éolienne (rare) ;
- Chute d'éléments de l'éolienne (improbable) ;
- Chute de glace (courant) ;
- Projection de glace (probable) ;
- Projection d'éléments de pale (rare).

Les enjeux humains considérés sont ceux liés à la fréquentation des différents périmètres concernés : terrains non aménagés et voies à faible circulation.

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

Le tableau suivant détaille pour chaque scénario, l'acceptabilité des risques ainsi que les mesures prises afin de réduire les risques.

Tableau 35 : Synthèse de l'acceptabilité des risques

Scénario	Probabilité	Niveau de gravité	Mesures de maîtrise des risques	Acceptabilité
Chute d'élément de l'éolienne	C	Sérieux pour toutes les éoliennes	Surveillance des vibrations Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints, etc.) Procédures qualités Attestation du contrôle technique Procédure de maintenance.	Acceptable
Effondrement de l'éolienne	D	Sérieux pour toutes les éoliennes	Surveillance des vibrations Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints, etc.) Procédures qualités Attestation du contrôle technique Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents. Détection et prévention des vents forts et tempêtes Arrêt automatique et diminution de la prise au vent de l'éolienne (mise en drapeau progressive des pales) par le système de conduite	Acceptable
Chute de glace	A sauf si les températures hivernales sont supérieures à 0°C	Modéré pour toutes les éoliennes	Système de détection ou de déduction de la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. Procédure adéquate de redémarrage. Signalisation du risque en pied de machine Eloignement des zones habitées et fréquentées	Acceptable

Scénario	Probabilité	Niveau de gravité	Mesures de maîtrise des risques	Acceptabilité
Projection de pales	D	Modéré pour toutes les éoliennes	Détection de survitesse du générateur Eléments du système de protection contre la survitesse conformes aux normes IEC 61508 (SIL 2) et EN 954-1 Détection des défaillances du réseau électrique Batteries pour chaque système pitch Système d'alimentation sans coupure (UPS) Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents. Détection et prévention des vents forts et tempêtes Arrêt automatique et diminution de la prise au vent de l'éolienne (mise en drapeau progressive des pales) par le système de conduite Surveillance des vibrations Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints, etc.) Procédures qualités Attestation du contrôle technique Capteurs de vibrations entraînant un arrêt de l'éolienne	Acceptable
Projection de glace	B sauf si les températures hivernales sont supérieures à 0°C	Modéré pour toutes les éoliennes	Système de détection ou de déduction de la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. Procédure adéquate de redémarrage Signalisation du risque en pied de machine et le long de la route départementale Eloignement des zones habitées et fréquentées	Acceptable

GLOSSAIRE

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

tient pas compte de l'existence ou non d'enjeux exposés. Elle est cartographiée sous la forme de zones d'effets pour les différents seuils.

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

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

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

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

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

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

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

Attention aux confusions possibles :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement

SER : Syndicat des Energies Renouvelables

FEE : France Energie Eolienne (branche éolienne du SER)

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

EDD : Etude de dangers

APR : Analyse Préliminaire des Risques **ERP :** Etablissement Recevant du Public