



ABO Energy
2 rue du Libre Echange
CS 95893, 31506 Toulouse Cedex 5

PROJET DE PARC EOLIEN DU BLESSONNIER ÉTUDE DE DANGERS



COMMUNES DE FRANCCOURT, RENAUCOURT, ROCHE-ET-RAUCOURT ET VOLON
DEPARTEMENT DE LA HAUTE-SAONE (70)

Maître d'ouvrage : **ABO Energy**

Bureau d'études environnement : **ECO-STRATEGIE**



Ingénieurs-conseils en aménagement durable du territoire

42 Bd Antonio Vivaldi
42 000 SAINT-ETIENNE

Tél. 04 77 92 71 47 / contact@eco-strategie.fr
www.eco-strategie.fr

Étude N°A23061 – 240524 – v2

Maître d'ouvrage : **ABO Energy**

Bureau d'études environnement : **ECO-STRATEGIE**

Le présent dossier est basé sur nos observations de terrain, la bibliographie, notre retour d'expérience en aménagement du territoire et les informations fournies par le porteur de projet.

Il a pour objet d'assister, en toute objectivité, le maître d'ouvrage dans la définition de son projet.

Le contenu de ce rapport ne pourra pas être utilisé par un tiers en tant que document contractuel. Il ne peut être utilisé de façon partielle, en isolant telle ou telle partie de son contenu.

Le présent rapport est protégé par la législation sur le droit d'auteur et sur la propriété intellectuelle. En dehors des besoins spécifiques liés à l'instruction du dossier, aucune publication, mention ou reproduction, même partielle, du rapport et de son contenu ne pourra être faite sans accord écrit préalable d'ECO-STRATEGIE et du Maître d'ouvrage.

Les prises de vue présentées ont été réalisées par ECO-STRATEGIE ou par le porteur de projet.

Les fonds de carte sont issus des cartes IGN, de Google Earth et de Géoportail. Les photographies prises sur le site sont précisées.

I. SOMMAIRE

I.	Sommaire	3
I.	Préambule	5
I.1.	Objectif de l'étude de dangers	5
I.2.	Contexte législatif et réglementaire	5
I.3.	La nomenclature des installations classées	5
II.	Informations générales concernant l'installation	6
II.1.	Renseignements administratifs	6
II.1.1	Porteur de projet	6
II.1.2	Rédaction	6
II.2.	Localisation du site	6
II.3.	Définitions des aires d'étude	8
III.	Description de l'environnement de l'installation	9
III.1.	Environnement humain	9
III.1.1	Typologie d'environnement résidentiel	9
III.1.2	Établissement recevant du public	10
III.1.3	Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE)	10
III.1.4	Autres activités	11
III.2.	Environnement naturel	11
III.2.1	Contexte climatique	11
III.2.2	Risques naturels	13
III.3.	Environnement matériel	14
III.3.1	Voies de communication	14
III.3.2	Réseaux publics et privés	16
III.4.	Synthèse	16
III.5.	Méthode de comptage des enjeux humains	17
IV.	Description de l'installation	19
IV.1.	Caractéristiques de l'installation	19
IV.1.1	Caractéristiques générales d'un parc éolien	19
IV.1.2	Activité de l'installation	20
IV.1.3	Composition de l'installation	20
IV.2.	Fonctionnement de l'installation	22
IV.2.1	Principe de fonctionnement d'un aérogénérateur	22

IV.2.2	Sécurité de l'installation	22
IV.2.3	Opération de maintenance de l'installation	23
IV.2.4	Stockage et flux de produits dangereux	24
IV.3.	Fonctionnement des réseaux de l'installation	24
IV.3.1	Raccordement électrique	24
IV.3.2	Autres réseaux	25
V.	Identification des potentiels de dangers de l'installation	26
V.1.	Potentiels de dangers liés aux produits	26
V.2.	Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation	26
V.3.	Réduction des potentiels de dangers à la source	27
V.3.1	Principales actions préventives	27
V.3.2	Utilisation des meilleures techniques disponibles	27
VI.	Analyse des retours d'expérience	28
VI.1.	Inventaires des accidents et incidents en France	28
VI.2.	Inventaire des accidents et incidents à l'international	30
VI.3.	Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience	31
VI.3.1	Analyse de l'évolution des accidents en France	31
VI.3.2	Analyse des typologiques d'accidents les plus fréquents	31
VI.3.3	Limites d'utilisation à l'accidentologie	31
VII.	Analyse préliminaire des risques	32
VII.1.	Objectif de l'analyse préliminaire des risques	32
VII.2.	Recensement des événements initiateurs exclus de l'analyse des risques	32
VII.2.1	Agressions externes liées aux phénomènes non naturels	32
VII.2.2	Agressions externes liées aux phénomènes naturels	33
VII.2.3	Scénarios étudiés dans l'analyse préliminaire des risques (APR)	33
VII.3.	Effets dominos	35
VII.4.	Mise en place des mesures de sécurité	35
VII.5.	Conclusion de l'analyse préliminaire des risques	39
VIII.	Étude détaillée des risques	40
VIII.1.	Rappel des définitions	40
VIII.1.1	Cinétique	40
VIII.1.2	Intensité	40
VIII.1.3	Gravité	40

VIII.1.4	Probabilité	41
VIII.1.5	Acceptabilité	41
VIII.2.	Caractérisation des scénarios retenus.....	42
VIII.2.1	Effondrement de l'éolienne	42
VIII.2.2	Chute de glace	44
VIII.2.3	Chute d'éléments de l'éolienne	45
VIII.2.4	Projection de pales ou de fragments de pales.....	47
VIII.2.5	Projection de glace	48
VIII.3.	Synthèse de l'étude détaillée des risques.....	50
VIII.3.1	Tableaux de synthèse des scénarios étudiés.....	50
VIII.3.2	Synthèse de l'acceptabilité des risques	51
VIII.3.3	Cartographique des risques.....	51
IX.	Conclusion	54
X.	Bibliographie.....	55
XI.	Table des illustrations.....	56
XI.1.	Figures.....	56
XI.2.	Tableaux	56
XII.	Annexes	59
XII.1.	Annexe 1 : Tableau de l'accidentologie française	59
XII.2.	Annexe 2 : Scénarios génériques issus de l'analyse préliminaire des risques	76
XII.2.1	Scénarios relatifs aux risques liés à la glace (G01 et G02)	76
XII.2.2	Scénarios relatifs aux risques d'incendie (I01 et I07)	76
XII.2.3	Scénarios relatifs aux risques de fuite (F01 et F02).....	77
XII.2.4	Scénarios relatifs aux risques de chute d'éléments (C01 à C03).....	77
XII.2.5	Scénarios relatifs aux risques de projection de pales ou de fragments de pales (P01 à P06) 77	
XII.2.6	Scénarios relatifs aux risques d'effondrement des éoliennes (E01 à E10)	77
XII.3.	Annexe 3 : Probabilité d'atteinte et risque individuel	78
XII.4.	Annexe 4 : Glossaire	79

I. PREAMBULE

I.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 ABO Energy pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques du parc éolien du Blessonnier, 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 éolien du Blessonnier. 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 éolien du Blessonnier, qui réduisent le risque à l'intérieur et à l'extérieur des éoliennes à un niveau jugé acceptable par l'exploitant.

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

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

I.2. Contexte législatif et réglementaire

Les objectifs et le contenu de l'étude de dangers sont définis dans la partie du Code de l'environnement relative aux installations classées. Selon l'article L. 512-1, l'étude de dangers expose les risques que peut présenter l'installation pour les intérêts visés à l'article L. 511-1 en cas d'accident, que la cause soit interne ou externe à l'installation.

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

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

Selon le principe de proportionnalité, le contenu de l'étude de dangers doit être en relation avec l'importance des risques engendrés par l'installation, compte tenu de son environnement et de sa vulnérabilité. Ce contenu est défini par l'article R. 512-9 du Code de l'environnement :

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

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

I.3. La nomenclature des installations classées

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

Tableau 1 - Rubrique ICPE à laquelle les projets éoliens sont soumis

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

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

Le parc éolien du Blessonnier comprend 11 aérogénérateurs dont le mât a une hauteur supérieure à 50 m (166 m) : **cette installation est donc soumise à autorisation (A)** au titre des installations

classées pour la protection de l'environnement et doit présenter une étude de dangers au sein de son dossier de demande d'autorisation environnementale (DDAE).

II. INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION

II.1. Renseignements administratifs

II.1.1 Porteur de projet

Le pétitionnaire est la société « Ferme Eolienne du Blessonnier », filiale à 100% de CEZ France S.A.S.

En tant qu'exploitant du projet de parc éolien, la société « Ferme Eolienne du Blessonnier » porte l'ensemble des demandes qui seront nécessaires à la construction et à l'exploitation des installations, y compris l'autorisation environnementale.

À ce titre, la société « Ferme Eolienne du Blessonnier » présente l'ensemble des capacités techniques et financières nécessaires à l'exploitation et au démantèlement du parc éolien et bénéficie de l'ensemble des compétences et capacités requises pour la construction, l'exploitation et le démantèlement du parc éolien du Blessonnier.

Capacités techniques et humaines d'ABO Energy

Développement de projets éoliens : Les équipes d'ABO Energy France sont constituées de professionnels experts formés dans tous les domaines nécessaires à la création et à l'exploitation de parcs éoliens. Certaines compétences pointues sont centralisées en Allemagne, comme par exemple le choix des éoliennes ou encore le calcul des prévisions de production des parcs en développement à partir de la modélisation des études de vent. Cette centralisation permet d'atteindre un niveau de compétence et d'expertise le plus élevé.

Dans le Sud-Est (Bourgogne-Franche-Comté et Auvergne-Rhône-Alpes), ABO Energy a mis en service 5 parcs éoliens (40 MW), dont un projet accordé de 12 MW. Enfin, au 1^{er} janvier 2024, sept dossiers sont en cours d'instruction (137,8 MW).

Grâce à un service « Développement de projets » constitué d'une équipe de plus de 30 personnes dont plus de 20 responsables de projets, ABO Energy France **développe ses projets de parcs éoliens de A à Z**. Chaque responsable de projet gère un portefeuille de projets et assure la **coordination de l'ensemble des acteurs** impliqués dans chaque projet. Il est le contact privilégié des élus, des administrations et des bureaux d'étude externes comme des experts internes.

Maîtrise d'œuvre de parcs éoliens : Avec 41 parcs éoliens construits et raccordés en France depuis 2004, représentant un total de 416 MW, le service « Construction et raccordement au réseau électrique » possède une très grande expertise et expérience, sur tous modèles d'éoliennes confondus, sur différentes typologies de sites (moyenne montagne, milieu forestier, milieu bocager, plaines agricoles, ...).

La construction et le raccordement au réseau électrique d'un parc éolien s'articulent autour de trois pôles de compétences qui sont mises à disposition des projets durant ses différentes phases d'avancement.

II.1.2 Rédaction

L'étude de dangers a été réalisée par le bureau d'étude **Eco-Stratégie**, bureau d'étude indépendant dans le domaine de l'environnement et du développement durable. Les personnes ayant participé à la réalisation de ce dossier sont :

- **M^{me} Marie-Éléonore PETIT** (Éco-Stratégie), Responsable du pôle Environnement : Docteur en Sciences de l'Environnement (Thèse CIFRE en Science de l'Environnement avec le bureau d'étude ECO-MED (Marseille) et Aix-Marseille Université (13)) – Domaines d'intervention : contrôle qualité
- **M^{me} Cécile DESFORÊTS** (Éco-Stratégie), Assistante chargée d'études Environnement : Master Gestion de l'environnement à l'Université Clermont Auvergne (63) - Domaines d'intervention : rédaction de l'étude
- **M^{me} Magali ESLING** (Éco-Stratégie) : Responsable du pôle Paysage : Ingénieure de l'École Nationale Supérieure de la Nature et du Paysage de Blois (45) – titre de paysagiste concepteur - Domaines d'intervention : prise en charge du volet paysager de l'étude
- **M^{me} Julie PERONIAT** (Éco-Stratégie), cartographes – géomaticienne, titulaires d'un Master 2 Professionnel SIG et gestion de l'espace de l'université de J. Monnet de Saint-Etienne – Domaines d'intervention : réalisation des cartes de l'étude.

Cette étude de dangers a été réalisée à partir des données transmises par ABO Energy.

II.2. Localisation du site

Le parc éolien du Blessonnier, composé de 11 aérogénérateurs, est localisé sur les communes de Francourt, Volon, Roche-et-Raucourt et Renaucourt (Canton de Dampierre-Sur-Salon), dans le département de la Haute-Saône, en région Bourgogne-Franche-Comté.

Le projet intègre également 4 postes de livraison : le poste de livraison PDL1 est implanté au bord de l'accès desservant les éoliennes E1 et E2. Le PDL2 et le PDL3 sont implantés à proximité immédiate de l'éolienne E6. Le PDL4 est implanté en bordure de voie communale entre E8 et E10.

Tableau 2 - Coordonnées géographiques des 11 éoliennes (E) et des 4 postes de livraison (PDL)

Nom de l'installation	L93 (m)		WGS84	
	X	Y	N	E
E1	903880,30	6732689,50	N 47°39'46,9"	E 005°43'01,2"
E2	903581,55	6732267,99	N 47°39'33,6"	E 005°42'46,2"
E3	903643,46	6731785,47	N 47°39'17,9"	E 005°42'48,3"
E4	905228,90	6730396,31	N 47°38'31,1"	E 005°44'02,0"
E5	905925,18	6730256,84	N 47°38'25,8"	E 005°44'35,1"
E6	905579,69	6729755,93	N 47°38'10,0"	E 005°44'17,8"
E7	906148,96	6729742,68	N 47°38'08,9"	E 005°44'45,0"
E8	905718,61	6729123,93	N 47°37'49,3"	E 005°44'23,4"
E9	906322,69	6729177,81	N 47°37'50,4"	E 005°44'52,4"
E10	906044,54	6728670,19	N 47°37'34,3"	E 005°44'38,2"
E11	906663,13	6728746,54	N 47°37'36,1"	E 005°45'08,0"
PDL1	903814,51	6732062,30	N 47°39'26,6"	E 005°42'57,0"
PDL2	905498,82	6729754,80	N 47°38'10,0"	E 005°44'13,9"
PDL3	905494,91	6729745,29	N 47°38'09,7"	E 005°44'13,7"
PDL4	905815,00	6728866,61	N 47°37'40,9"	E 005°44'27,6"

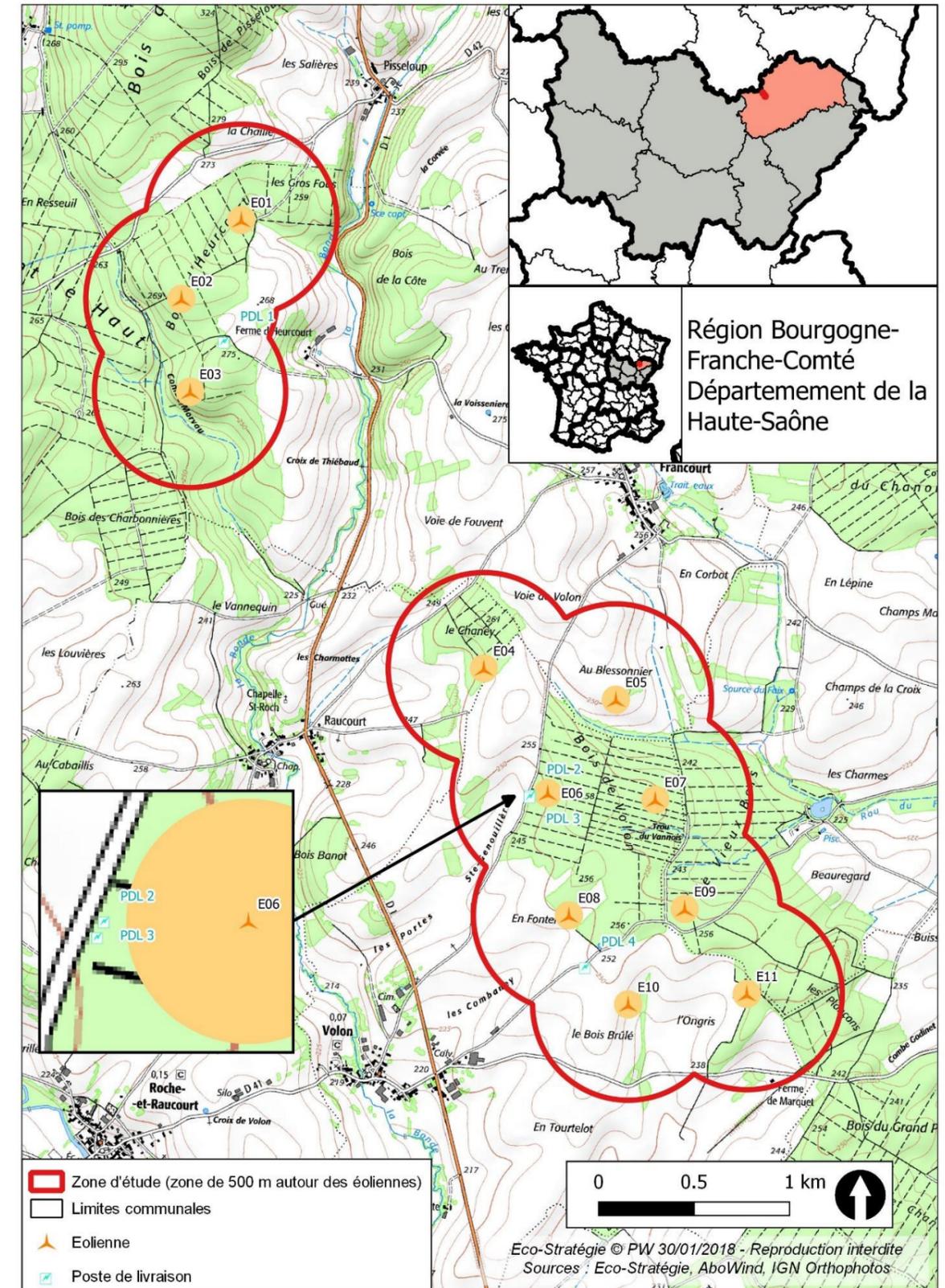


Figure 1 - Localisation du projet à différentes échelles

II.3. Définitions des aires 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 (Figure 2).

La zone 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 0.

L'aire de survol correspond à la surface d'un disque de rayon égal à la longueur d'une pale (soit 75 m = longueur maximale d'une pale pour notre étude).

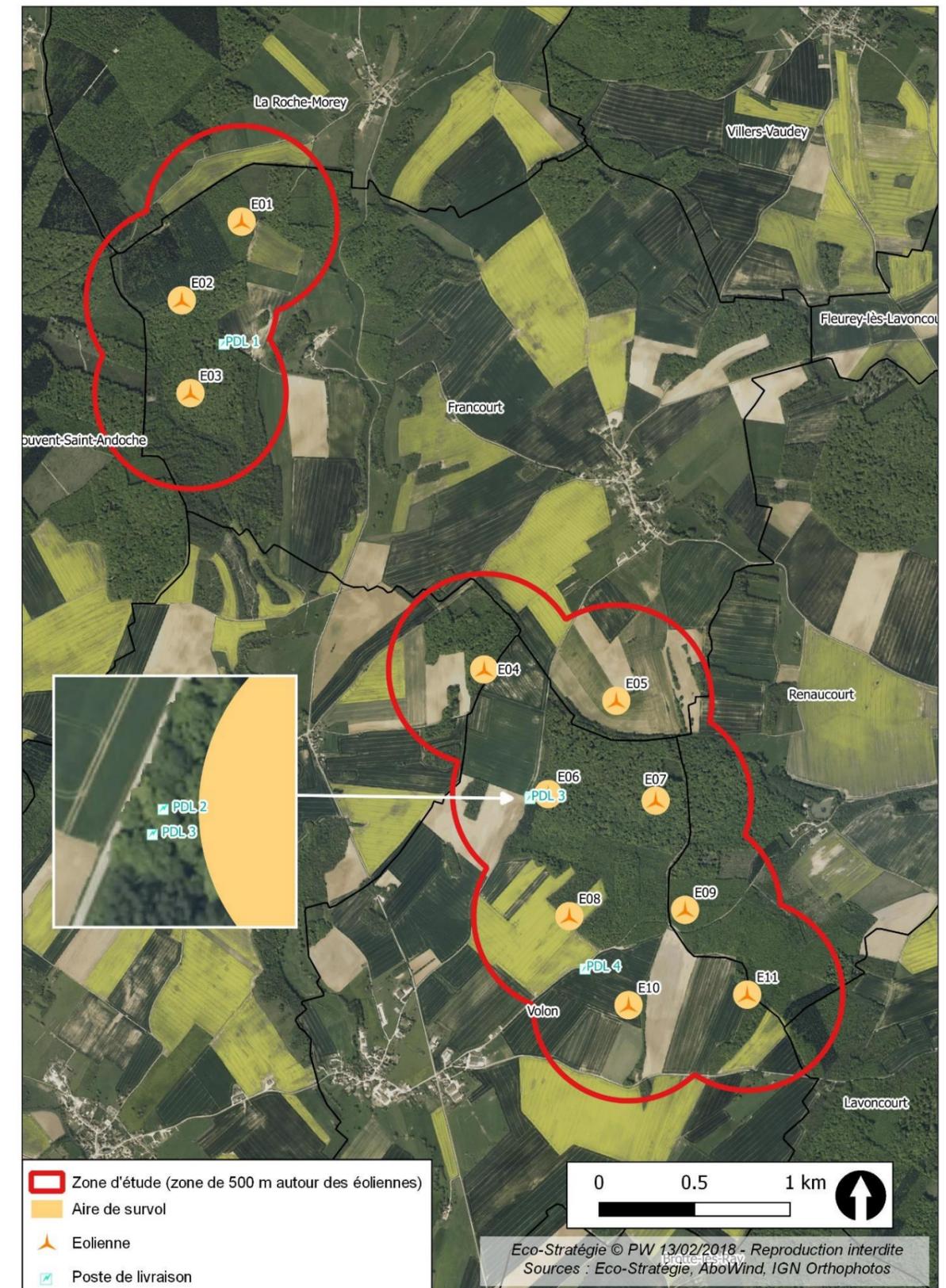


Figure 2 - Localisation de la zone d'étude (fond Orthophotographie)

III. 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).

III.1. Environnement humain

III.1.1 Typologie d'environnement résidentiel

Selon l'INSEE (2016), l'espace urbain est « l'ensemble, d'un seul tenant, de plusieurs aires urbaines et des communes multipolarisées qui s'y rattachent ». Tandis que les espaces ruraux (INSEE, 2021), représentent « l'ensemble des communes peu denses ou très peu denses d'après la grille communale de densité ». Selon cette grille, le projet s'inscrit au sein d'un secteur rural comme la majorité de la Haute-Saône.

Sept communes sont présentes au niveau du périmètre de l'aire d'étude : Francourt, Volon, Renaucourt et Roche-et-Raucourt, pour les plus importantes (et où sont implantées les éoliennes) et trois autres communes : la Roche-Morey, Lavoncourt, Fouvent-Saint-Andoche. Ces communes présentent un paysage agricole et forestier. Le secteur d'étude se caractérise par une majorité d'habitations individuelles.

Tableau 3 - Population et densité de population pour les communes de la zone d'étude

	Surface km ²	1999	2009	2014	2020	Densité 2020 hab/km ²
		Population (hab)				
Francourt	7,08	119	101	108	100	14,2
Volon	5,69	70	67	66	56	9,7
Renaucourt	6,14	115	107	104	111	18,1
Roche-et-Raucourt	13,39	173	147	161	152	11,4
La Roche-Morey	5,6	330	278	269	287	9,8
Lavoncourt	29,62	293	333	339	318	57,3
Fouvent-Saint-Andoche	34,98	258	236	234	210	6,1
Département de la Haute-Saône	5 383	229 650	239 194	238 347	234 601	43,8

Le secteur d'implantation des éoliennes n'est pas à proximité directe d'habitations.

Les plus proches habitations sont localisées au niveau du hameau de la Ferme d'Heurcourt (sur la commune de Francourt), à **625 m de l'éolienne E03** (éolienne la plus proche). L'éolienne E10 est 900 m à l'est des habitations de Volon. Les autres éoliennes sont à plus de 700 m des habitations : 796 m (E5) et 999 m (E4) du village de Francourt, 906 m (E4) et 1191 m (E6) pour Raucourt. Par ailleurs l'éolienne E9 est située à 727 m à l'ouest du camping municipal de Raucourt.

La carte communale de Francourt et celle de Renaucourt ne prévoient pas de zone urbanisable supplémentaire au niveau de la zone d'étude ; les zones où les constructions sont autorisées sont situées en marge du bourg. Pour les communes de Volon et Roche-et-Raucourt, c'est le Règlement National d'Urbanisme (RNU) qui s'applique.

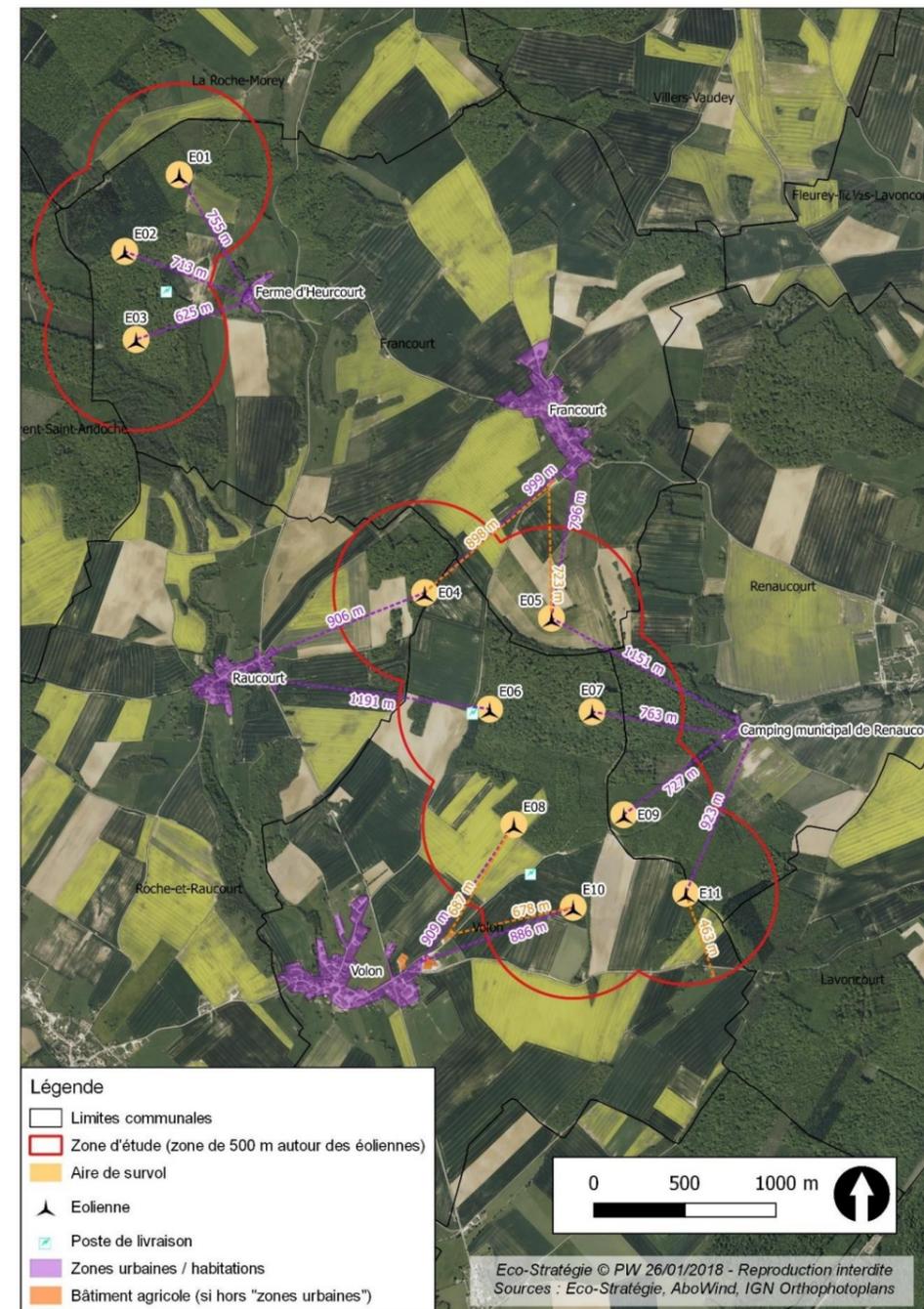


Figure 3 - Localisation des zones habitations et des activités agricoles à proximité de la zone d'étude

III.1.2 Établissement recevant du public

Aucun Etablissement Recevant du Publique (ERP) n'est présent au sein de la zone d'étude. Le plus proche ERP est le camping municipal de Renaucourt, qui est en dehors de la zone d'étude de 500 m autour des éoliennes.

III.1.3 Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE)

Source :

- Inspection des installations classées : www.installationsclassées.developpement-durable.gouv.fr ; DREAL Bourgogne Franche-Comté - données éoliennes de décembre 2017

Aucune ICPE n'est incluse dans la zone d'étude. Un parc éolien est cependant prévu au nord-ouest de la zone : 4 éoliennes sur la commune de Fouvent-Saint-Andoche et 5 autres éoliennes à cheval sur La Roche-Morey et Bourguignon-Lès-Morey.

Tableau 4 - Recensement des ICPE à proximité de la zone d'étude

Commune	Nom de la société	Régime	Type d'activité	Distance à la zone d'étude
Roche-et-Raucourt	JEANNOT André	Enregistrement	Elevage de porcs	1,3 km
Brotte-Lès-Ray	Commune de Brotte-Lès-Ray	Enregistrement	Installations de stockage de déchets inertes	0,9 km
Fouvent-Saint-Andoche	EOLE-RES - parc éolien de la Roche Quatre Rivières	Autorisation	Eoliennes	2,2 km
La Roche-Morey				2,4 km
Bourguignon-Lès-Morey				3 km

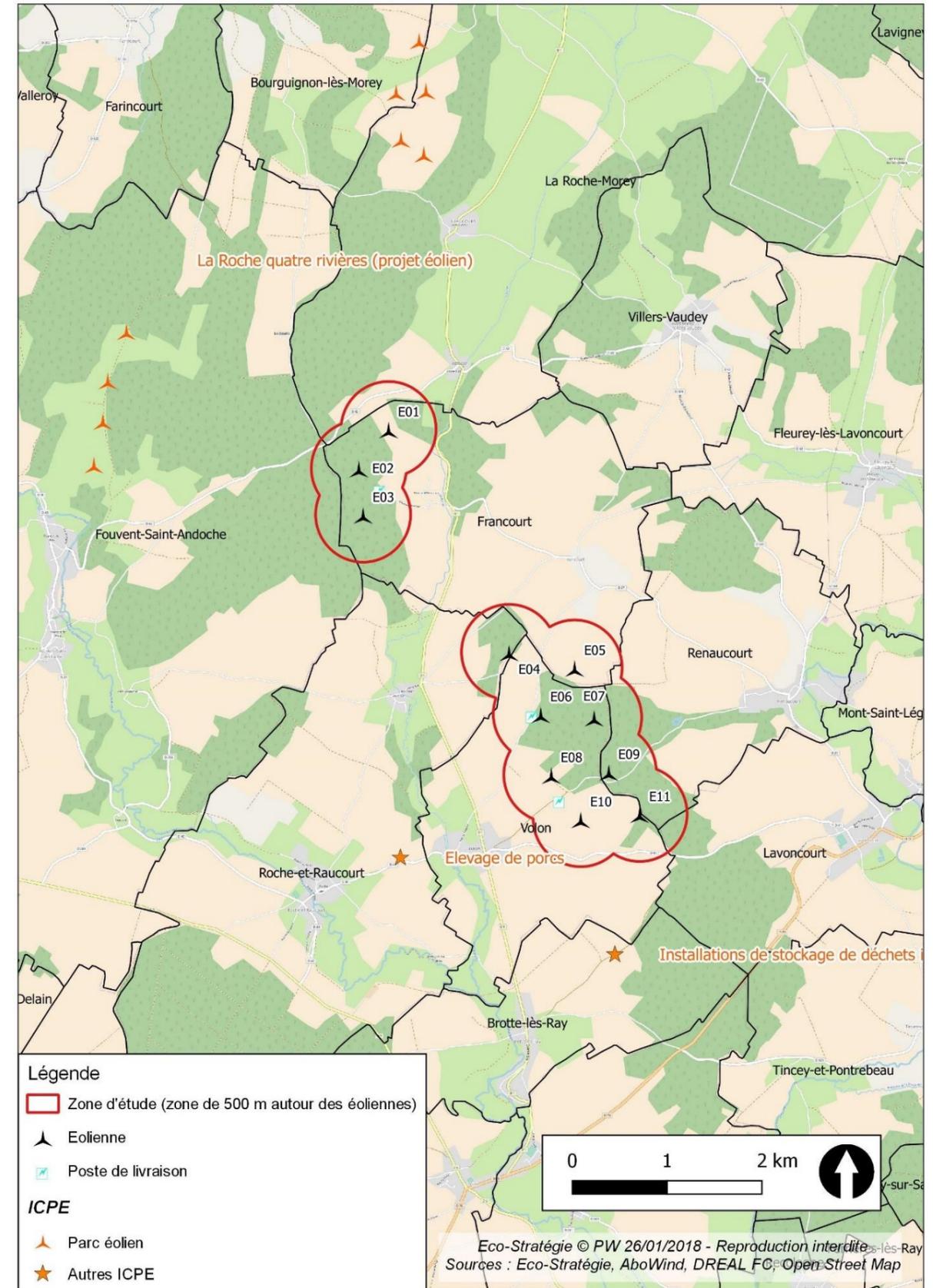


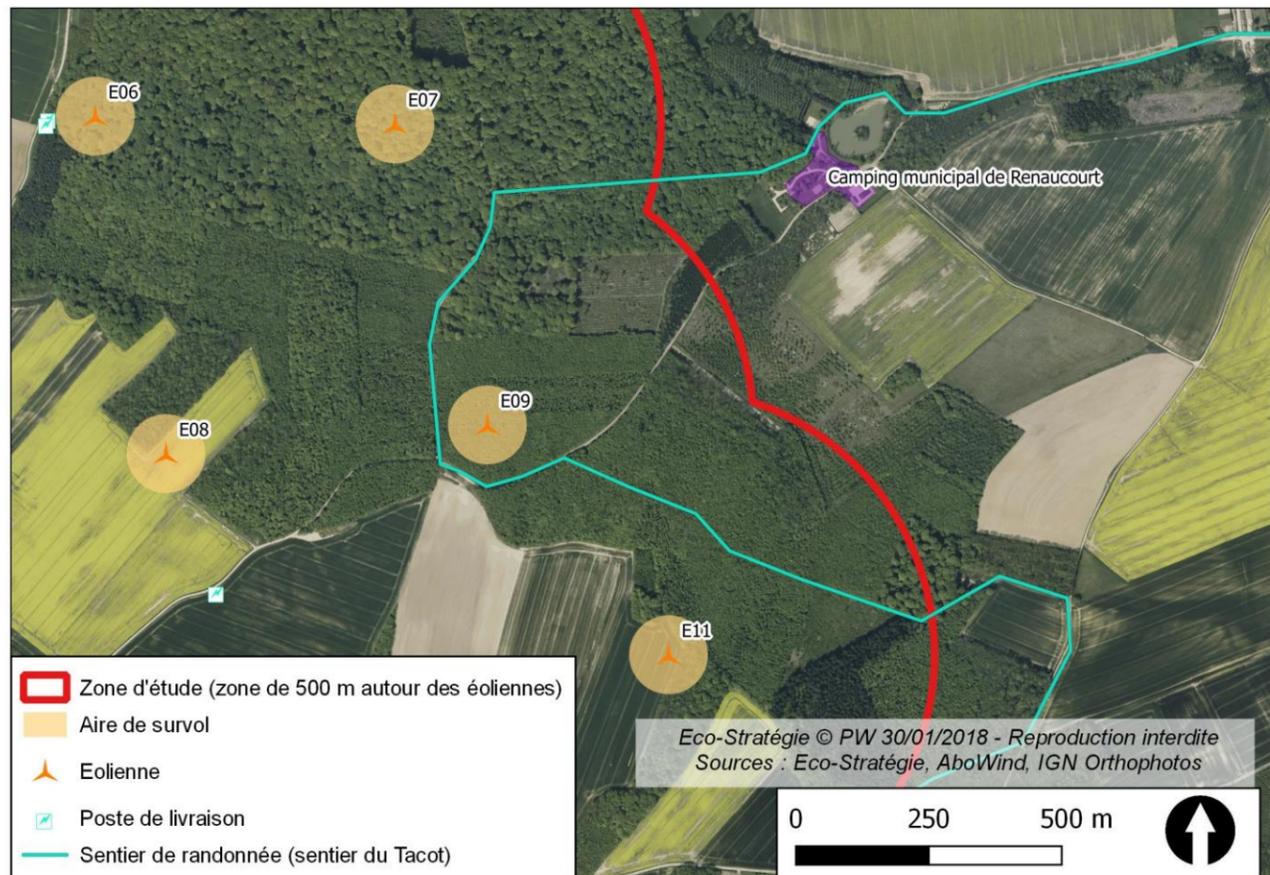
Figure 4 - Localisation des ICPE les plus proches du projet éolien

III.1.4 Autres activités

L'activité sylvicole est importante sur la zone d'étude avec des boisements sur près de 55 % de la zone d'étude avec près de 320 ha. Il s'agit en particulier de futaie / taillis sous-futaie de hêtraie-chênaie ou de chênaie pur, en vue notamment de la production de bois d'œuvre. On retrouve aussi des plantations de résineux.

L'activité agricole est également bien représentée au sein de la zone d'étude, occupant le reste des surfaces pour près de 45 % (261 ha). Les parcelles utilisées sont constituées de parcelles de grande culture, majoritairement de colza, blé, orge et maïs. L'exploitation agricole la plus proche est localisée à 630 mètres au nord-est de l'éolienne E03 (ferme d'Heurcourt) ; une autre exploitation agricole est située à 800 mètres à l'ouest de l'éolienne E10.

Enfin, les différents chemins ruraux peuvent être ponctuellement fréquentés par des promeneurs. Un sentier de randonnée, le sentier du Tacot, part de Renaucourt et contourne l'éolienne E09 et revient vers le bourg de Lavoncourt. Ce sentier passe au plus près à 100 mètres de l'éolienne (voir figure ci-après).



III.2. Environnement naturel

III.2.1 Contexte climatique

Sources :

- **Météo France**
- **Données vent : ABO Energy**
- <http://public.meteorage.fr>
- **Météo Express**

La station météorologique la plus proche du site d'étude se trouve sur la commune de Chargey-les-Gray, au lieu-dit Ferme du Crobonot, située à 17 km au sud-ouest.

Les données climatiques moyennes à Chargey-les-Gray sont les suivantes (données de la station de Langres) :

- Entre 1997 et 2020, les températures moyennes mensuelles ne descendent pas en dessous de 0°C et cumulent au maximum à 20,3°C en été (Figure 6). La moyenne annuelle est de 11,5°C

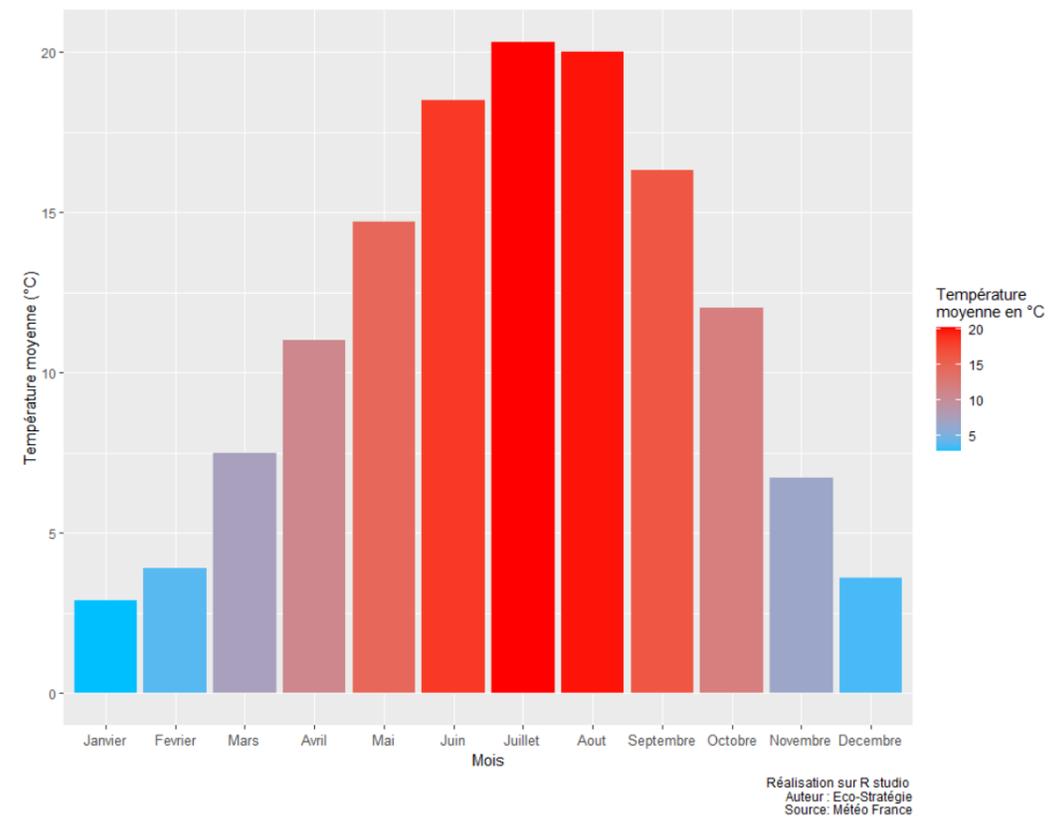


Figure 6 - Températures moyennes mensuelles mesurées à la station de Chargey-les-Gray

- Entre 2001 et 2020, une durée modérée de l'ensoleillement, d'environ 1 934 h/an en moyenne contre 1973 h/an en moyenne nationale ;
- Entre 1997 et 2020, des averses importantes tout au long de l'année (834 mm/an moyenne). Les mois de mars, d'octobre et de novembre sont généralement les plus humides (Figure 7). Selon Météo Express, le site d'étude compte entre 30 et 35 jours de neige en moyenne sur un an.

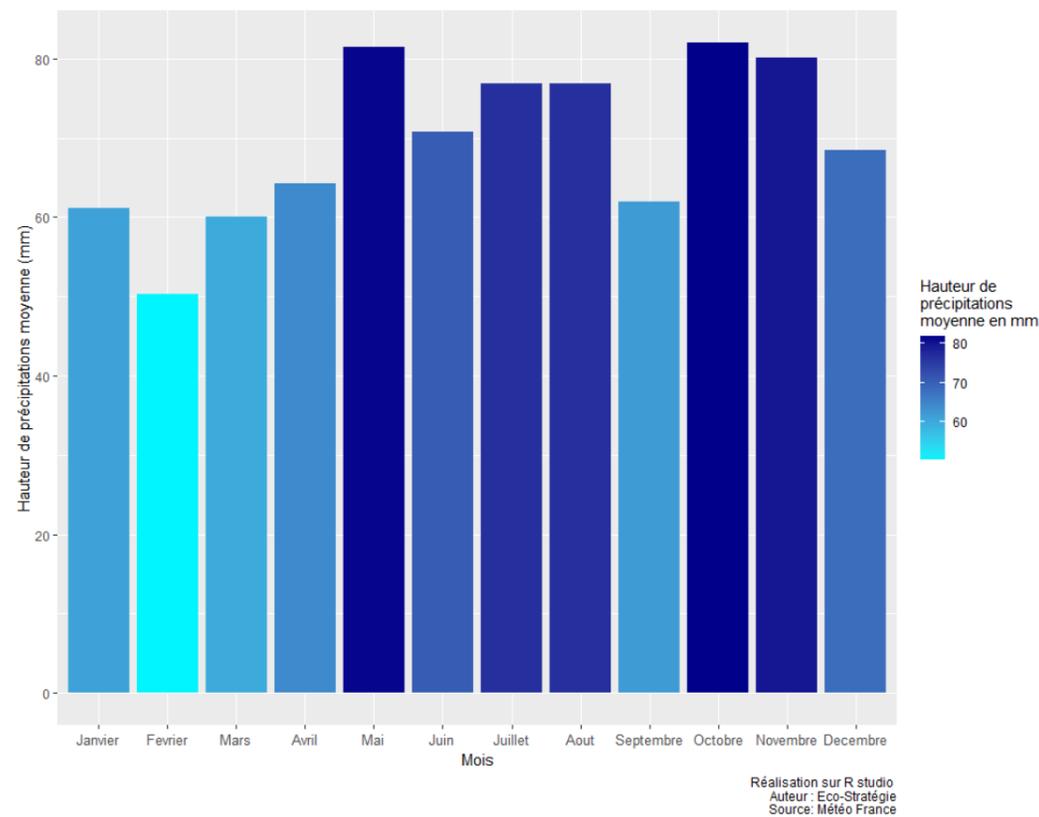


Figure 7 - Précipitations moyennes mensuelles mesurées à la station de Chargey-les-Gray

- Des rafales de vent à plus de 120 km/h ont été enregistrées à la station de Chargey-les-Gray. Le record a été établi le 26 décembre 1990.

Mât de mesure de vent

Un mât haubané de 122 m de haut a été installé sur le site en mars 2016, sur lequel sont disposés 5 anémomètres (à 40 m, 60 m, 80 m, 100 m, 120m et 122m) et 2 girouettes (à 78 m et 118 m) afin de mesurer la vitesse et la direction du vent pendant au moins deux années. Les mesures se poursuivront donc jusqu'en janvier 2019.

À partir des premiers résultats avec corrélation sur le long terme, des modélisations de production d'électricité sont réalisées en comparant plusieurs modèles d'éoliennes fabriquées par différents turbiniers.



Photographie 1 – Vue du mât sur site (source : Eco-Stratégie, le 16/02/2017)



Photographie 2 – Mât de mesure, anémomètres et girouettes (Source : ABO Energy, mars 2016)

III.2.2 Risques naturels

Sources :

- **Portail de prévention des risques majeurs : www.prim.net**
- **DDRM (Dossier Départemental sur les Risques Majeurs) de la Haute-Saône de 2013**
- **<http://www.georisques.gouv.fr/>**
- **Site national de prévention des risques sismiques : www.planseisme.fr**

Selon le Dossier Départemental des Risques Majeurs, les 4 communes où seront implantées les éoliennes, présentent des risques de mouvements de terrain (sauf Volon) et un risque de sismicité.

Tableau 5 – Risques naturels recensés sur les communes des éoliennes

Risque	Francourt	Volon	Roche-et-Raucourt	Renaucourt
Mouvements de terrain	Tassements différentiels ; mouvements de terrains miniers	/	Affaissements et effondrements liés aux cavités souterraines (hors mines) ; Glissement de terrain	Affaissements et effondrements liés aux cavités souterraines (hors mines)
Séismes (n° zone de sismicité)	2	2	2	2

Ces communes ne sont pas référencées comme soumises à un risque d'inondation, bien qu'il existe une certaine sensibilité des territoires sur cette thématique (voir ci-après).

Les quatre communes d'implantation du projet ont fait l'objet de plusieurs arrêtés de catastrophes naturelles, essentiellement en lien avec les inondations et coulées de boues, mais aussi avec les mouvements de terrain, en 1999 et 2003.

Tableau 6 – Arrêtés de catastrophes naturelles sur les communes de Francourt (F), Roche-et-Raucourt (R-R), Volon (V) et Renaucourt (R)

Type de catastrophe	Communes concernées				Début le	Sur le Journal Officiel du
Sécheresse	F				01/07/2018	26/10/2019
Sécheresse	F				01/07/2003	11/03/2006
Inondations et/ou Coulées de Boue	F	R-R	V	R	25/12/1999	30/12/1999
Inondations et/ou Coulées de Boue		R-R	V	R	11/07/1984	18/10/1984
Inondations et/ou Coulées de Boue		R-R			16/05/1983	26/07/1983
Inondations et/ou Coulées de Boue	F			V	R	13/01/1983

Inondations et/ou Coulées de Boue	F	R-R	V	R	09/11/1982	26/12/1982
Inondations et/ou Coulées de Boue	F	R-R	V	R	14/10/1982	26/12/1982

III.2.2.1. Risque sismique

Les communes de l'aire d'étude se trouvent en zone de sismicité 2 correspondant à un aléa faible.

La réglementation parasismique impose des exigences différentes pour le dimensionnement du bâtiment et de ses éléments non structuraux selon la zone sismique concernée et la catégorie d'importance du bâtiment.

Selon le site internet de la prévention du risque sismique (www.planseisme.fr) et d'après l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié par l'arrêté du 15 septembre 2014, les postes de livraison sont rattachés à la catégorie III (bâtiments de centres de production collective d'énergie quelle que soit leur capacité d'accueil) lorsque la production électrique est supérieure au seuil de 40 MW électrique. Considérant que la production totale du parc éolien est de 46,2 MW et qu'elle se répartie entre quatre postes de livraison ; chaque poste de livraison pris à part ne rentre pas dans cette catégorie. D'autre part les équipements eux-mêmes comme les éoliennes, ne sont pas l'objet de l'arrêté.

Ainsi les postes de livraison et les éoliennes pour le projet du Blessonnier ne sont pas soumis à des normes spécifiques de construction parasismique.

III.2.2.2. Risque mouvement de terrain

D'après la cartographie de la base Géorisques du Ministère en charge de l'environnement, la zone d'étude est concernée par un **risque faible de mouvement de terrain** lent lié au phénomène de retrait et gonflement des argiles (Figure 8).

Deux phénomènes de coulée de boue sont répertoriés dans le secteur : à 2,4 km au sud-ouest et 3,4 km au sud par rapport à la zone d'étude.

III.2.2.3. Risque de foudroiement

La densité de foudroiement dans le département de la Haute-Saône est de 1,2 coups/ km²/ an (moyenne nationale : 1,2). D'après les données de Météorage, le risque de foudroiement est infime pour Francourt, Roche-et-Raucourt et Renaucourt et faible pour les autres communes de la zone d'étude (sur l'échelle suivante : Infime / Faible / Modéré / Fort / Intense).

III.3. Environnement matériel

III.3.1 Voies de communication

III.3.1.1. Transport routier

Le principal axe routier présent à proximité de la zone d'étude est la RD 70, située à 1,2 km au sud-est. L'autre axe routier principal est la RD 1, qui passe entre les deux entités de la zone d'étude. La RD 1 est localisée au plus près à 34 mètres de la zone d'étude (pour l'entité regroupant les éoliennes E01 à E03) et elle se situe à 360 m de l'autre entité.

Selon l'Atlas des réseaux d'infrastructures routières et ferroviaires de la DREAL Bourgogne-Franche-Comté, la RD 70 est considérée comme une route départementale principale et la RD1 comme une route départementale secondaire. Les autres routes départementales présentes sur la zone d'étude ne sont pas répertoriées sur cet atlas. D'autre part, seule la RD 70 est classée comme route à grande circulation pour un trafic de 1800 véhicules légers par jour (selon le décret n°2010-578 du 31 mai 2010).

Le tableau ci-après présente les distances pour chacune des éoliennes avec la RD 1 et avec la plus proche route communale ou autre route départementale. La distance avec la RD 70 n'est pas renseignée, l'éolienne la plus proche est l'éolienne E11, située à 1726 m de la RD 70.

Remarque : par rapport au règlement de voirie du département de la Haute-Saône, les éoliennes doivent être éloignées d'une distance supérieure ou égale à 1,5 fois la hauteur de l'éolienne par rapport aux routes départementales. Cette distance est donc dans le cadre du projet du Blessonnier de 361,5 mètres (1,5 x 241 m).

Tableau 7 - Distance entre la route départementale (RD1) / voie communale et les éoliennes

Éolienne	Surface de la zone tampon de 500 m (en ha)	Distance de la voie à l'éolienne considérée (en mètres)		
		RD 1	Autre route départementale	Voie communale
E01	78,5	535	377	691
E02	78,5	869	411	454
E03	78,5	963	841	670
E04	78,5	858	350	1120
E05	78,5	1555	864	361
E06	78,5	1042	1614	92
E07	78,5	1534	1245	636
E08	78,5	885	752	245
E09	78,5	1476	861	103
E10	78,5	1059	390	301
E11	78,5	1687	421	393

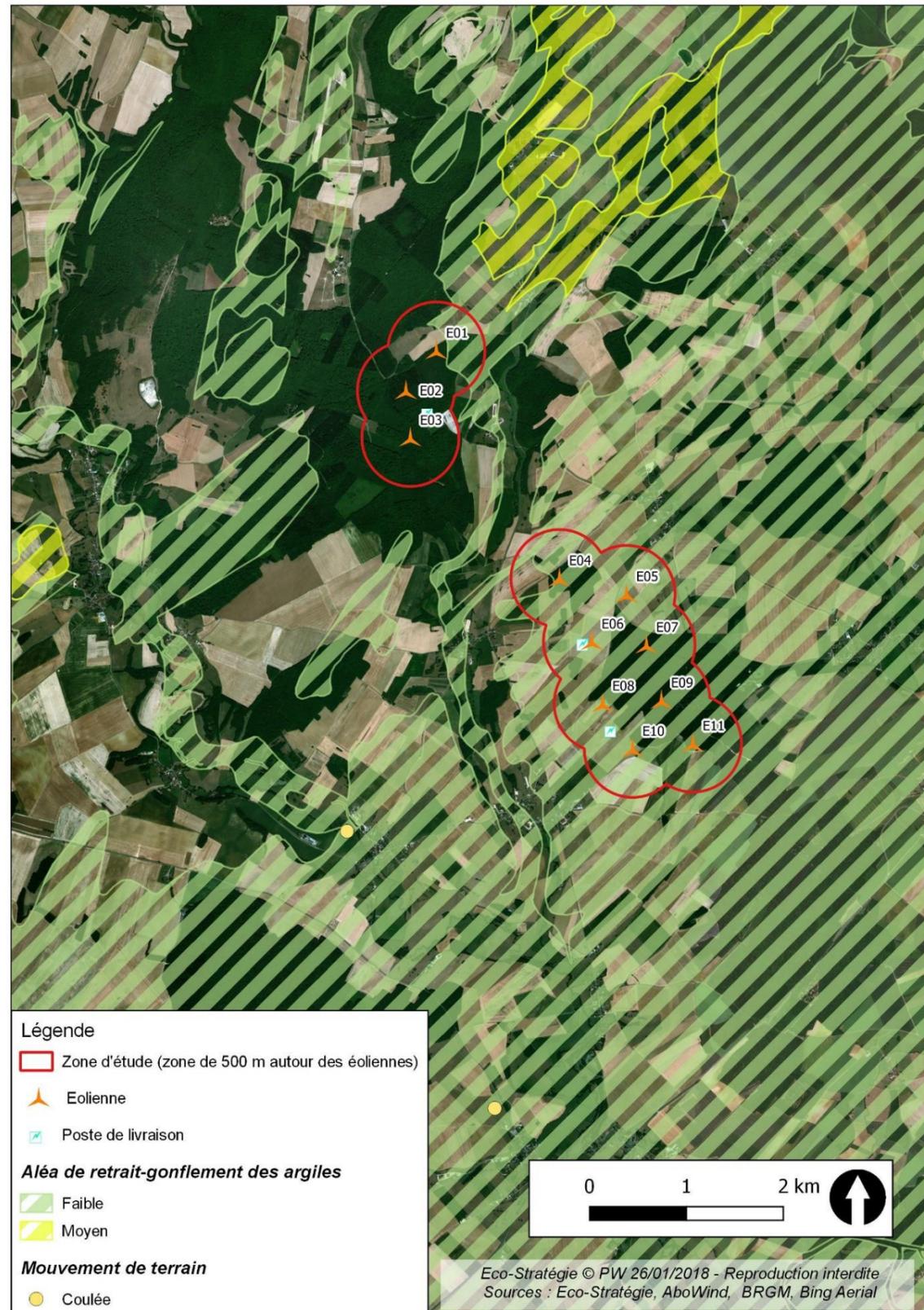


Figure 8 - Localisation des mouvements de terrain à proximité de la zone d'étude

Des chemins ruraux plus ou moins carrossables sont également présents. Une partie de ces chemins sont stabilisés et ont une largeur de 3 à 4 mètres, d'autres correspondent à des chemins de terre, avec parfois des ornières importantes.



Figure 9 – Route communale (entre Volon et Renaucourt) et RD 1 au sud de Volon ; source : Eco-Stratégie, le 16/02/2017)



Figure 10 - Chemins forestiers avec ornières et en stabilisé dans le bois de Volon (source : Eco-Stratégie, le 16/02/2017)

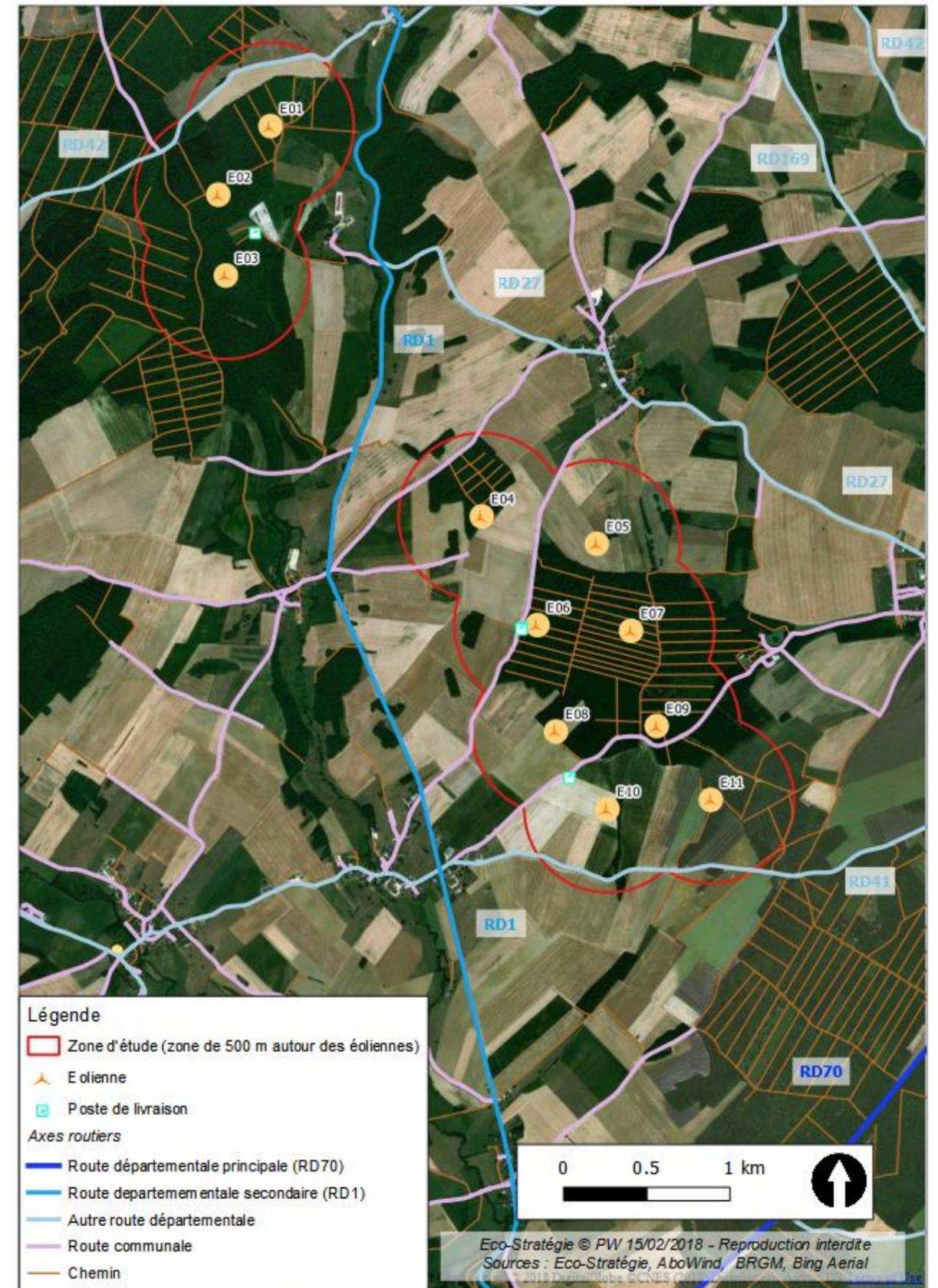


Figure 11 - Localisation des axes routiers au niveau de la zone d'étude

III.3.1.2. Aérodrome

Un aérodrome privé est situé dans un rayon de moins de 2 km des éoliennes du projet éolien du Blessonnier, entre les deux groupes de machines et le village de Francourt.

Tableau 8 - Distance entre l'aérodrome de Francourt / les éoliennes du Blessonnier

Évènement redouté	Danger potentiel	Distance de l'aérodrome à l'éolienne considérée (en mètres)										
		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11
Chute d'aéronef	Énergie cinétique de l'aéronef, flux thermique	1 794	1 906	1 780	1 376	1 578	>2 000	>2 000	>2 000	>2 000	>2 000	>2 000
		C	C	C	C	C	NC	NC	NC	NC	NC	NC

C : Concerné

NC : Non concerné

Le gestionnaire de l'aérodrome ne tient pas de registre des usages de la piste et estime sa fréquentation à 1 appareil par semaine.

III.3.1.3. Autres transports

Aucune autre infrastructure de transport (chemin de fer, voie navigable, aéroport, aérodrome) ne se situe au sein de la zone d'étude.

III.3.2 Réseaux publics et privés

La zone d'étude est traversée par une canalisation d'eau potable (constatée sur le terrain) au niveau de l'éolienne E2. Les démarches règlementaires liées au déplacement de la canalisation seront mises en œuvre par l'exploitant (déclaration préalable, déclaration de travaux et déclaration d'intention de commencement de travaux).

Une seconde canalisation se situe côté Nord de la route entre le château d'eau au départ de l'accès de E8 et le village de Volon. Aucune ligne électrique haute tension aérienne ne traverse la zone d'étude ; la plus proche est une ligne de 63 000 V, située à plus de 1,6 km à l'est du site.

III.4. Synthèse

Dans le périmètre des aires d'étude soit 500 m autour de chaque éolienne du parc du Blessonnier :

- Aucune habitation n'est présente ;
- Aucun Etablissement recevant du public (ERP) n'est présent ;
- Aucune voie de circulation structurantes (fréquentation > 2000 véhicules/jour), aucune voie ferrée.

Des routes communales et des chemins sont présents dans la zone d'étude. Toutefois, ils ne seront pas comptabilisés car la fréquentation est inférieure à 100 randonneurs par jour. Ils feront partis des voies non structurantes.

Seuls sont présents des champs, des espaces forestiers, voies de circulation non structurante, chemins agricoles, plateforme de stockage,

Le terrain (500 m) **autour de l'ensemble des éoliennes est donc un terrain aménagé mais peu fréquenté** (Méthode de comptage au chapitre III.5).

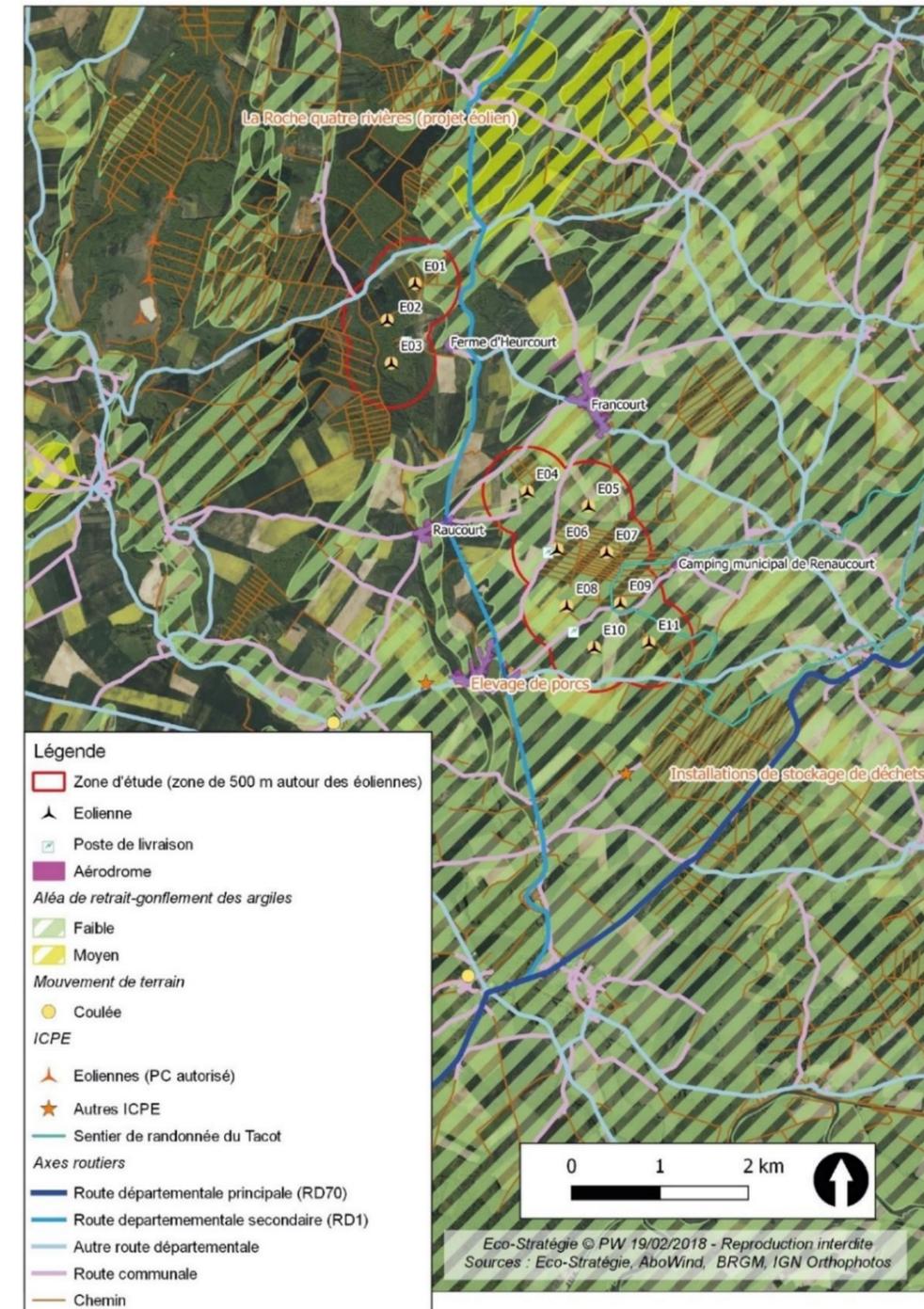


Figure 12 - Synthèse des données de l'état initial

III.5. Méthode de comptage des enjeux humains

La méthode de comptage des enjeux humains dans chaque **aire d'étude (500 m autour d'un aérogénérateur)** se base sur la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers. **Cette fiche permet de compter aussi simplement que possible, selon des règles forfaitaires, le nombre de personnes exposées dans chacune des zones d'effet des phénomènes dangereux identifiés.**

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

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

III.5.1.1. Logements

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

III.5.1.2. Établissements recevant du public (ERP)

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

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

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

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

III.5.1.3. Zones d'activités

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

III.5.1.4. Voies de circulation

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

• Voies ferroviaires

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

• Voies navigables

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

• Voies de circulation automobiles

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

Tableau 9 - Nombre de personnes exposées sur voies de communications structurantes en fonction du linéaire et du trafic

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

• Sentiers et voies piétonnes

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

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

III.5.1.5. Terrains non bâtis

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

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

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

Le Tableau 10 fournit les éléments pour déterminer le nombre de personnes permanentes dans la zone d'influence de 500 mètres autour de chaque éolienne.

Tableau 10 - Tableau de synthèse de comptage des personnes

NC : non concerné

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11
Caractéristique du terrain	Terrains aménagés mais peu fréquentés										
Surface de terrain	78,5 ha										
Nombre de personnes exposées selon le type de terrain	7,85	7,85	7,85	7,85	7,85	7,85	7,85	7,85	7,85	7,85	7,85
Voie de circulation structurante	NC										
Voie ferroviaire	NC										
Voie navigable	NC										
Chemins et voies piétonnes (longueur)	NC car moins de 100 promeneurs / jours en moyenne										
Logements	NC										
ERP	NC										
Zone d'activité	NC										
Nombre TOTAL de personnes exposées par secteur	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8



Figure 13 - Carte de synthèse du nombre de personnes exposées

IV. DESCRIPTION DE L'INSTALLATION

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

IV.1. Caractéristiques de l'installation

IV.1.1 Caractéristiques générales d'un parc éolien

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

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

IV.1.1.1. Éléments constitutifs d'un aérogénérateur

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

- Une éolienne se compose, de bas en haut :
- Une fondation en béton assurant l'ancrage de l'éolienne ;
- Un mât ou tour tubulaire en acier et/ou béton de couleur blanche répondant aux exigences aéronautiques, contenant le système de câblage électrique et une échelle ou un ascenseur pour accéder au sommet ;
- Un rotor composé de l'ensemble des pales, habituellement au nombre de trois (système tripale), et réunies au moyeu ;
- Une nacelle supportant le rotor, comprenant des éléments techniques indispensables à la création d'électricité (un transformateur électrique, génératrice électrique, multiplicateur, système de frein, d'orientation de l'éolienne, paratonnerre...).

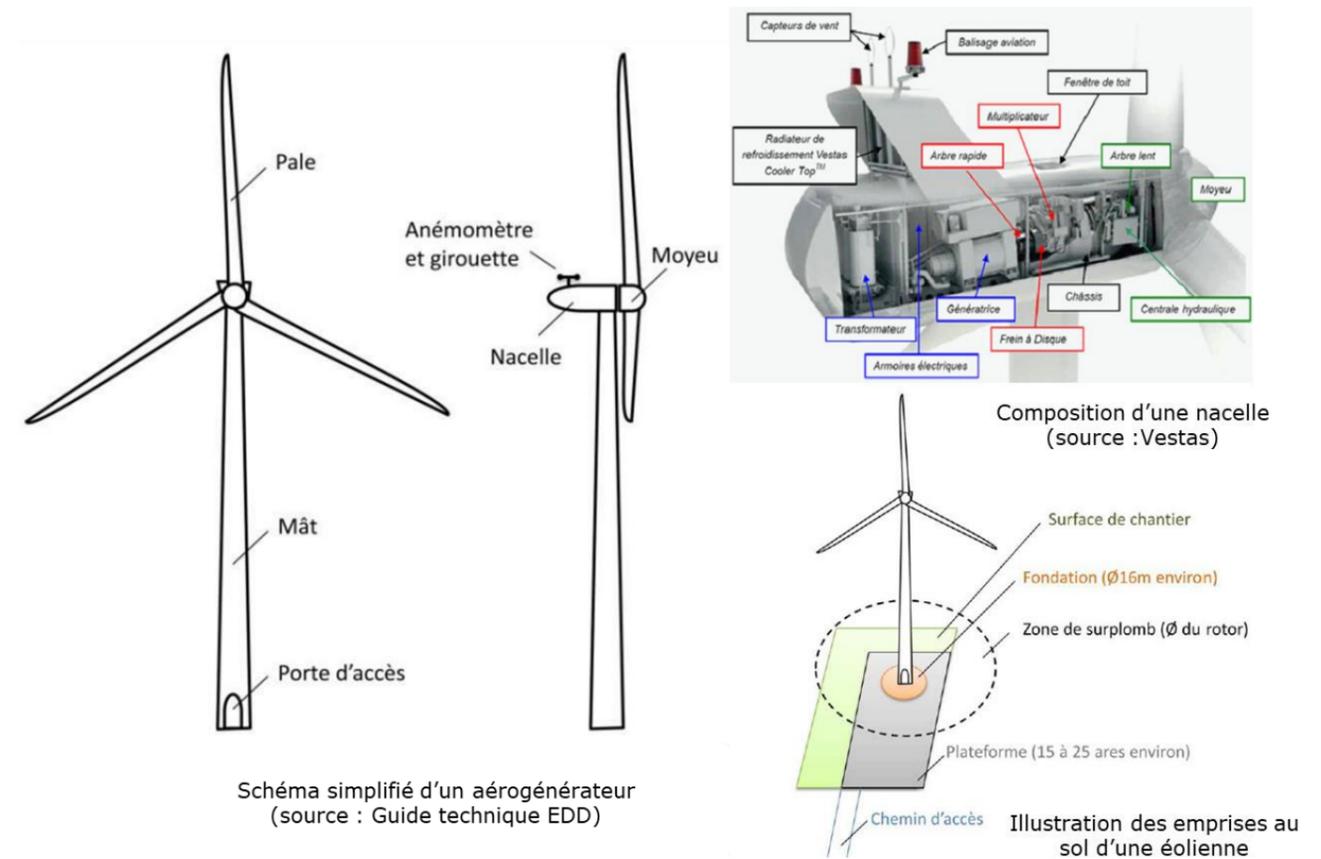


Figure 14 - Éléments principaux constituant une éolienne

IV.1.1.2. Emprise au sol

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

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

Remarque : les dimensions sur la Figure 14 sont données à titre d'illustration pour une éolienne d'environ 150 m de hauteur totale.

IV.1.1.3. Chemin d'accès

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

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

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

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

IV.1.1.4. Autres installations

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

IV.1.2 Activité de l'installation

L'activité principale du parc éolien du Blessonnier est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent avec une hauteur (mât + nacelle) de 170 m. Cette installation est donc soumise à la rubrique 2980 des installations classées pour la protection de l'environnement.

IV.1.3 Composition de l'installation

Le parc éolien du Blessonnier est composé de onze aérogénérateurs et de quatre postes de livraison. Le modèle retenu est celui de la **Vestas V150** avec un rotor de 150 m de diamètre et une puissance unitaire de 4,2 MW. C'est ce modèle qui a été retenu pour l'analyse de l'étude de dangers.

Le parc éolien sera composé de **11 éoliennes hautes de 241 mètres en bout de pale**. La puissance installée totale sera de 46,2 MW.

Il s'agit d'éoliennes à tour tubulaire, équipées de trois pales en matériau composite de résine et fibre de verre montées sur axe horizontal. Le mât sera composé de sections en acier et en béton à la base seulement.

Les éoliennes envisagées pour ce dossier respecteront les caractéristiques présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 11 - Caractéristiques du modèle d'éolienne envisagé V150

Puissance nominale	4,2 MW
Diamètre du rotor	150 m
Nombre de pales	3
Longueur de pale maximale	73,66 m
Largeur de pale maximale	4,2 m
Surface balayée par les pales	Jusqu'à 17 671m ²
Vitesse de rotation	4,9 à 12 tours/mn
Puissance générée	Entre 4 et 4,2 MW
Hauteur totale de l'éolienne	241 m

Hauteur du moyeu	166 m
Poids de la pale	16,4 T
Vitesse max de vent pour fonctionnement	81 km/h
Largeur du mât	6 m à la base

Le tableau suivant indique les coordonnées géographiques des aérogénérateurs et du (des) poste(s) de livraison :

Tableau 12 - Coordonnées géographique des éoliennes

Installation	Commune d'implantation	Coordonnées RGF93-CC48		Coordonnées WGS 84	
		X	Y	N	E
E01	Francourt	903880,30	6732689,50	N 47°39'46,9"	E 005°43'01,2"
E02	Francourt	903581,55	6732267,99	N 47°39'33,6"	E 005°42'46,2"
E03	Francourt	903643,46	6731785,47	N 47°39'17,9"	E 005°42'48,3"
E04	Roche-et-Raucourt	905228,90	6730396,31	N 47°38'31,1"	E 005°44'02,0"
E05	Francourt	905925,18	6730256,84	N 47°38'25,8"	E 005°44'35,1"
E06	Volon	905579,69	6729755,93	N 47°38'10,0"	E 005°44'17,8"
E07	Volon	906148,96	6729742,68	N 47°38'08,9"	E 005°44'45,0"
E08	Volon	905718,61	6729123,93	N 47°37'49,3"	E 005°44'23,4"
E09	Renaucourt	906322,69	6729177,81	N 47°37'50,4"	E 005°44'52,4"
E10	Volon	906044,54	6728670,19	N 47°37'34,3"	E 005°44'38,2"
E11	Volon	906663,13	6728746,54	N 47°37'36,1"	E 005°45'08,0"
PDL 1	Francourt	903814,51	6732062,30	N 47°39'26,6"	E 005°42'57,0"
PDL 2	Volon	905498,82	6729754,80	N 47°38'10,0"	E 005°44'13,9"
PDL 3	Volon	905494,91	6729745,29	N 47°38'09,7"	E 005°44'13,7"
PDL 4	Francourt	905815,00	6728866,61	N 47°37'40,9"	E 005°44'27,6"

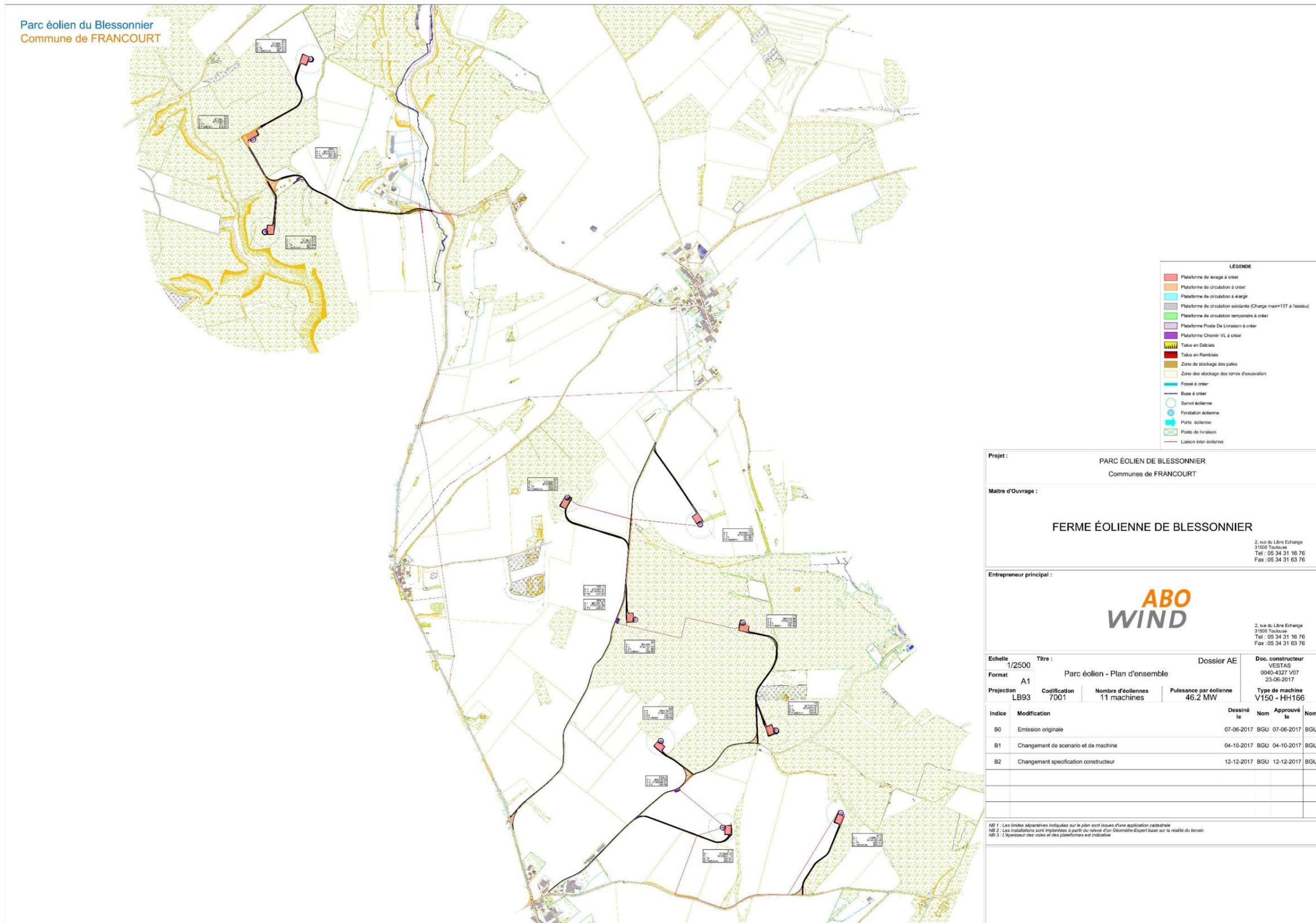


Figure 15 - Plan de masse du projet

IV.2. Fonctionnement de l'installation

IV.2.1 Principe de fonctionnement d'un aérogénérateur

Les pales se mettent en mouvement lorsque l'anémomètre (positionné sur la nacelle) indique une vitesse de vent d'environ 2 m/s, et c'est seulement à partir de 3 m/s que l'éolienne peut être couplée au réseau électrique. Le rotor et l'arbre dit « lent » transmettent alors l'énergie mécanique à basse vitesse (entre 4,9 et 12 tr/min) aux engrenages du multiplicateur, dont l'arbre dit « rapide » tourne environ 100 à 120 fois plus vite que l'arbre lent. La génératrice transforme l'énergie mécanique captée par les pales en énergie électrique.

Un anémomètre et une girouette placés sur la nacelle commandent le fonctionnement de l'éolienne. La girouette va lui permettre de s'orienter face au vent. Si le vent tourne, la nacelle et le rotor se positionneront pour être à nouveau face au vent.

En cas de conditions extrêmes (vitesses de vent supérieure à 24,5 m/s), les éoliennes d'un parc sont mises en drapeau, c'est-à-dire que les pales s'orientent de façon parallèle au vent. Le frein à disque permet de maintenir l'éolienne à l'arrêt.

Lorsque la mesure de vent, indiquée par l'anémomètre, atteint des vitesses de plus de 88 km/h (pour le modèle Vestas V150), l'éolienne cesse de fonctionner pour des raisons de sécurité. Deux systèmes de freinage permettront d'assurer la sécurité de l'éolienne :

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

Tableau 13 - Synthèse des caractéristiques des éoliennes du projet du Blessonnier

Élément de l'installation	Fonction	Caractéristiques
Fondation	Ancrer et stabiliser l'éolienne dans le sol	Massif de béton armé conçu pour répondre aux prescriptions de l'Eurocode 2. Fondations de près de 4 m d'épaisseur (l'épaisseur sera fonction des résultats de l'étude géotechnique).
Mât	Supporter la nacelle et le rotor	Mât en acier Hauteur du moyeu : 166 m Diamètre de section maximum : 6 m
Nacelle	Supporter le rotor Abriter le dispositif de conversion de l'énergie mécanique en électricité (génératrice, etc.) ainsi que les dispositifs de contrôle et de sécurité	Longueur : 12,8 m Largeur totale : 8,4 m
Rotor / pales	Capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice	Diamètre de rotor : 150 m Longueur de pales : 73,66 m Surface balayée par le rotor : 17 671 m ²
Transformateur	Elever la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau	HTA : 720 V à 20 kV

Élément de l'installation	Fonction	Caractéristiques
Poste de livraison	Adapter les caractéristiques du courant électrique à l'interface entre le réseau privé et le réseau public	20 000 volts
Générateur électrique	L'énergie mécanique du vent est transformée en énergie électrique par le générateur	Puissance nominale : 4,2 MW

IV.2.2 Sécurité de l'installation

IV.2.2.1. Réglementation

Le tableau suivant vérifie la compatibilité de l'installation avec 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 ICPE.

Tableau 14 - Respect du projet vis-à-vis de la réglementation en vigueur en matière de sécurité

Article	Description des articles	Compatibilité du projet avec l'article
Article 3	Pas d'habitation à moins de 500 m du projet	OK
Article 4	Pas de perturbation significative des radars	OK
Article 5	Pas de bâtiments à usage de bureau à moins de 250m d'une éolienne	OK
Article 6	Conformité des éoliennes au champ magnétique (100 microteslas à 50-60 Hz)	OK
Article 8	Conformité des éoliennes à la norme NFEN 61400-1 de juin 2006 Conformité à l'article R511-38 du code de la construction et de l'habitation	OK
Article 9	Descriptif de mise à la terre des aérogénérateurs. Respecte la norme IEC 61 400 – 24 (version Juin 2010)	OK
Article 10	Les installations électriques à l'intérieur de l'aérogénérateur respectent les dispositions de la directive du 17 mai 2006 (conforme aux normes NFC 15-100, NFC 13-100, NFC 13-200)	OK
Article 13	Pas d'accès libre dans l'éolienne par des personnes étrangères à l'installation (poste de livraison, aérogénérateur : accès fermé à clef).	OK
Article 14	Affichage des prescriptions à observer par les tiers (pictogrammes sur un panneau : Consignes de sécurité, interdiction de pénétrer, mise en garde face aux risques d'électrocution, mise en garde chute de glace.	OK
Article 15	Exploitant réalise les essais permettant d'assurer du bon fonctionnement de l'ensemble des équipements : essais d'arrêt, arrêt d'urgence, un arrêt depuis un régime de survitesse avant mise en service et tous les ans	OK
Article 16	Propreté à l'intérieur des aérogénérateurs	OK

Article	Description des articles	Compatibilité du projet avec l'article
Article 17	Fonctionnement de l'installation est assuré par un personnel compétent	Prescription de l'article appliquée
Article 18	Descriptif des opérations de maintenance des constructeurs	Prescription de l'article appliquée
Article 19	Exploitant dispose d'un manuel d'entretien de l'installation	Prescription de l'article appliquée
Article 20 & 21	Gestion des déchets	Respect des normes pour l'élimination des déchets générés par l'activité de l'installation
Article 22	Des consignes de sécurité sont établies et portées à la connaissance du personnel en charge de l'exploitation et de la maintenance	Prescription de l'article appliquée
Article 23	Système de détection en cas d'incendie et de survitesse : temps d'alerte 15 min	Prescription de l'article appliquée
Article 24	Chaque éolienne est dotée de moyen de lutte contre l'incendie	Prescription de l'article appliquée
Article 25	Système permettant de détecter ou de déduire la formation de glace	Prescription de l'article appliquée
Article 26	Réglementation des émissions sonores	Prescription de l'article appliquée

IV.2.2.2. Nature et organisation des moyens de secours

En cas de sinistre, les pompiers seront prévenus par le personnel du site ou 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.

IV.2.2.3. Consignes et procédures de sécurité

La présente étude de danger se concentre essentiellement sur les dangers et les accidents potentiels que le parc du Blessonnier pourrait causer à des tiers. Par contre, il est essentiel que préalablement à cette problématique, les aérogénérateurs présélectionnés assurent la sécurité des personnels intervenant dans les machines.

Tous les aérogénérateurs ont un système d'étiquetage des dangers dans les nacelles et les mâts des éoliennes. Cet étiquetage prévient les risques de chutes, d'écrasement d'électrocution et d'incendie dans les machines. De plus, chaque machine est pourvue d'un plan d'évacuation, d'une trousse de premiers secours et d'un panneau indiquant les numéros et lieux des médecins, hôpitaux et urgences les plus proches ainsi que le numéro de la personne responsable à appeler en cas d'urgence.

IV.2.3 Opération de maintenance de l'installation

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 le centre de commande. 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. Le système de suivi de VESTAS contrôle, régule et surveille le fonctionnement des éoliennes en temps réel. L'accès permanent et protégé à la turbine ainsi qu'aux données du parc éolien sur site ou à distance est basé sur un navigateur interactif et sécurisé. De par sa structure modulaire et ses interfaces standardisées, le système de suivi VESTAS peut être ajusté pour satisfaire aux exigences de l'opérateur vis-à-vis du SCADA.

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.

Si un défaut est détecté, le système de contrôle-commande déclenche les alarmes de dysfonctionnement. La mise en sécurité de l'éolienne et son arrêt automatique est enclenchée lorsqu'un des paramètres de suivi dépasse un seuil de danger correspondant. Le centre de télésurveillance en est averti pour organiser, si nécessaire, une opération de maintenance.

Un réseau de fibre optique assure la transmission de l'information. Il est préconisé pour sa vitesse de transmission des données et une protection du transfert contre les perturbations électromagnétiques. La chaîne d'arrêt d'urgence est indépendante de l'automate.

La commande de l'éolienne est dotée d'un système d'alimentation sans interruption (ASI). En combinaison avec les batteries logées dans le système à pas, l'éolienne peut être arrêtée en toute sécurité en cas de coupure de réseau. L'ASI assure le fonctionnement de la commande de l'éolienne, y compris l'enregistrement des données et la communication avec l'extérieur pendant environ 10 minutes.

Avant la mise en service des éoliennes, des essais sont réalisés pendant une centaine d'heures en moyenne. Ils permettent notamment de vérifier le fonctionnement correct de l'installation (Art. 15 de l'Arrêté du 26 août 2011) :

- Un arrêt ;
- Un arrêt d'urgence ;
- Un arrêt en régime de survitesse ou simulation de ce régime.

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

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

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

En cas de déviance sur la production ou d'avaries techniques, une équipe de maintenance interviendra sur le site. VESTAS dispose au total de 11 centres de maintenance en France, installés au plus près des parcs éoliens. Cette proximité est gage de réactivité en cas d'anomalies de fonctionnement. Le centre de maintenance le plus proche se trouve à Langres (52), à moins d'une heure de route du projet.

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.

L'ensemble des procédures de maintenance et des contrôles d'efficacité des systèmes sera conforme à l'Arrêté du 26 08 2011.

Ces opérations sont détaillées et regroupées par ensemble fonctionnel de l'aérogénérateur : ils constituent une check-list suivie par les équipes de maintenance, dûment renseignée, signée, et mise à la disposition des exploitants au terme de chaque opération de maintenance.

Les opérations de maintenance préventives préconisées par VESTAS sont détaillées dans des manuels dédiés. Le suivi de ces préconisations est impératif car leur respect conditionne le maintien opérationnel de l'éolienne et de ses fonctions de sécurité. Le manuel de maintenance de chaque aérogénérateur est par ailleurs dûment établi et validé dans le cadre de sa certification-type (conformément à l'article 19 de l'arrêté du 26 août 2011).

Par ailleurs, par courrier du 10 janvier 2018, le Société VESTAS a pris un engagement de principe avec la SNC « Ferme éolienne du Blessonnier » portant sur un contrat de maintenance. Ce contrat prévoit notamment les maintenances prédictives et curatives, la télésurveillance en garantissant une disponibilité supérieure à 97 % et un fonctionnement optimisé de la ferme éolienne (ANNEXE 9 Contrat de maintenance VESTAS : engagement de principe).

IV.2.4 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 du Blessonnier.

IV.3. Fonctionnement des réseaux de l'installation

Le réseau électrique sera souterrain et suivra au maximum les voies d'accès.

Les zone de passage de ce réseau est en cours de définition.

IV.3.1 Raccordement électrique

Les aérogénérateurs produisent un courant alternatif de 800 V. Afin de pouvoir délivrer cette production sur le réseau national d'électricité, cette tension sera élevée à 20 000 V et chaque éolienne est ainsi équipée d'un transformateur 800 / 20 000 V. Le transformateur se trouve dans la nacelle (partie haute de la nacelle) ou au pied du mât à l'intérieur de l'éolienne, ce qui évite toute emprise au sol supplémentaire à l'extérieur de l'éolienne.

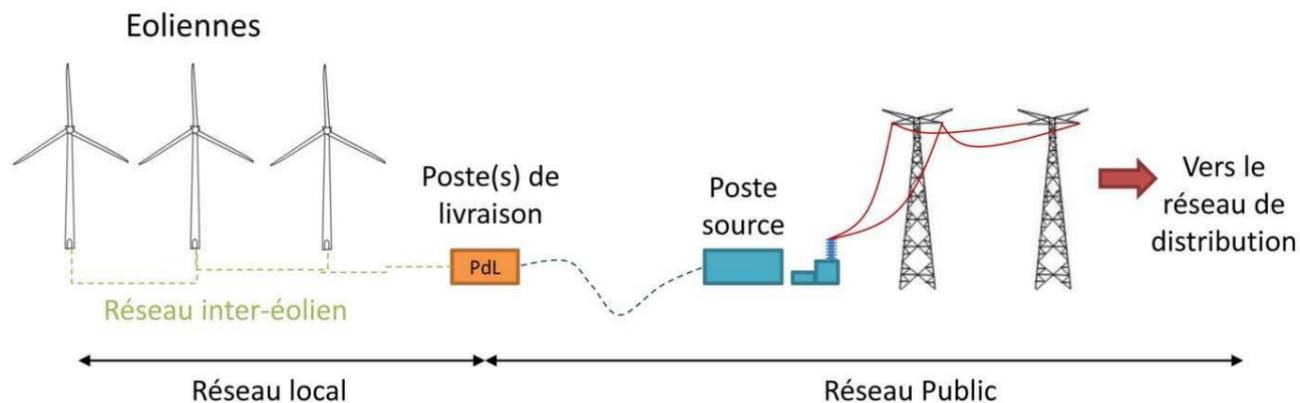


Figure 16 - Raccordement électrique des installations

IV.3.1.1. Réseau inter-éolien

Les éoliennes sont reliées entre elles et au poste de livraison par un ensemble de câbles souterrains (câblage inter-éoliennes) suivant au mieux le tracé des chemins d'accès afin de limiter l'impact environnemental.

Les câbles sont enterrés à profondeur d'enfouissement de 85 cm en accotement des voies et à 120 cm minimum en plein champ. La position des conducteurs varie selon le nombre de circuits présents dans la tranchée. Sous culture et fossés, les câbles sont le plus souvent protégés par un géotextile ou à enterrabilité directe ; en croisement de voie, ils sont bétonnés dans des fourreaux. Une protection mécanique ainsi qu'un grillage avertisseur sont installés entre les câbles et la surface.

Dans la tranchée, des câbles HTA (tension 20 000 V) 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.

IV.3.1.2. Postes de livraison

Le poste de livraison a pour fonction de centraliser l'énergie produite par toutes les éoliennes du parc, avant de l'acheminer vers le poste source du réseau électrique national. Il constitue la limite entre le réseau inter-éolien (raccordement interne privé) et le réseau public de distribution (raccordement externe public).

Les postes de livraison de la Ferme éolienne du Blessonnier sont au nombre de 4. Le poste de livraison PDL1 est implanté au bord de l'accès desservant les éoliennes E1 et E2. Le PDL2 et le PDL3 sont implantés à proximité immédiate de l'éolienne E6. Le PDL4 est implanté en bordure de voie communale entre E8 et E10. Il s'agit d'un bâtiment de 22,96 m² d'emprise au sol (dimensions : 9,26 m de longueur par 2,48 m de large), pour une hauteur de 2,64 m par rapport au terrain naturel.

Les postes de livraison seront recouverts d'un habillage de couleur ocre pour les postes situés sur des cultures (PDL 4) et de couleur verte pour les postes en secteur boisé (PDL 1 à 3), finition durable et sans entretien, assurant une bonne évolution dans le temps et s'accordant parfaitement avec les teintes du paysage environnant.

IV.3.1.3. Réseau électrique externe

Conformément au décret 2012-533 du 20 avril 2012 modifié en dernier lieu par le décret 2020-382 du 31 mars 2020, les installations de production d'électricité à partir de sources d'énergie renouvelable d'une puissance supérieure à 36 kVA bénéficient pendant 10 ans d'une réservation des capacités d'accueil prévues dans le Schéma Régional de Raccordement au Réseau des Energies Renouvelables (S3REnR). Le choix du point de connexion est défini dans le cadre des S3REnR.

En effet, l'article 14 du décret du 20 avril 2012 prévoit que la solution de raccordement doit être proposée sur le poste source le plus proche disposant d'une capacité réservée suffisante pour satisfaire la puissance de raccordement demandée. Par poste source le plus proche de l'installation de production, il faut entendre le poste source, identifié dans le S3REnR, en aval duquel la solution de raccordement minimise le coût du raccordement.

Le choix du tracé ainsi que celui du poste source sera fait par le gestionnaire local du réseau électrique de distribution (Enedis ou SICAE Est), et le porteur de projet ne peut donc pas encore s'y engager. En effet, la société de projet est en charge de la maîtrise d'ouvrage du raccordement interne, soit du parc éolien jusqu'au poste de livraison. La capacité de raccordement réservée aux énergies renouvelables étant faible à proximité lors de la demande, le porteur de projet envisage tout de même une option privée, donc un trajet à sa charge.

Quant au raccordement depuis ce poste de livraison et jusqu'au poste source (dit « raccordement externe »), il sera réalisé par le gestionnaire local du réseau électrique de distribution, généralement au niveau des accotements des voiries publiques existantes.

Ainsi, les deux raccordements sont potentiellement dissociés l'un de l'autre selon la solution retenue.

Rappel S3REnR de Bourgogne-Franche-Comté

Les S3REnR sont des documents produits par RTE dans le cadre de la loi « Grenelle II » permettant d'anticiper et d'organiser au mieux le développement des ENR.

Un important travail préparatoire entre les gestionnaires de réseau et la DREAL, en y associant la Région, les Syndicats des Énergies Renouvelables et le syndicat France Energie Éolienne (FEE), permet dans un premier temps d'identifier les potentiels de développement d'énergies renouvelables (EnR) pour pouvoir, dans un second temps, mener les études de réseaux. De celles-ci découle la proposition de schéma partagé entre RTE, ENEDIS et la DREAL.

Le S3REnR de la région Bourgogne-Franche-Comté a été approuvé en **mai 2022**. Le **18 avril 2023**, une **procédure d'adaptation** est lancée dans le secteur de la Haute-Saône pour permettre le raccordement de projets EnR.

Avec la mise en œuvre du S3REnR Bourgogne-Franche-Comté, le réseau électrique pourra accueillir plus de 9,4 GW d'énergies renouvelables à l'horizon 2030, en plus des 4 GW déjà raccordées.

IV.3.2 Autres réseaux

Le parc éolien du Blessonnier 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.

V. IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION

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

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

V.1. Potentiels de dangers liés aux produits

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

Les produits identifiés dans le cadre du parc éolien de Blessonnier sont utilisés pour le bon fonctionnement des éoliennes, leur maintenance et leur entretien :

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

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

Les installations éoliennes ne consommant pas de matières premières et ne rejetant aucune émission dans l'atmosphère, elles ne sont pas soumises à la directive Européenne 96/61/CE du 24 septembre 1996 relative à la prévention et à la réduction intégrées de la pollution, dite directive IPPC (« Integrated Pollution Prevention and Control »).

En phase exploitation, la SNC (Société en nom Collectif) Ferme Eolienne du Blessonnier se conformera à la rubrique ICPE 2980 en matière de gestion de déchets. Ainsi, il respectera le fait que :

- « L'exploitant élimine ou fait éliminer les déchets produits dans des conditions propres à garantir les intérêts mentionnés à l'Article L. 511-1 du Code de l'environnement. Il s'assure que les installations utilisées pour cette élimination sont régulièrement autorisées à cet effet » (art. 20).
- « Les déchets non dangereux (définis à l'Article R. 541-8 du Code de l'environnement) et non souillés par des produits toxiques ou polluants sont récupérés, valorisés ou éliminés dans des installations autorisées » (art. 21).

ABO Energy, en tant que développeur et exploitant de projets éoliens, participe activement au groupe de travail « Gestion des déchets » mené par la fédération France Renouvelables, dans lequel sont évaluées toutes les solutions permettant aux exploitants de traiter les déchets en accord avec la réglementation citée ci-dessus.

Le choix de la solution de traitement des déchets la plus adaptée pour le parc éolien du Blessonnier se fera donc en fonction des conclusions de ce groupe de travail et des infrastructures disponibles à proximité.

Ce mode de stockage intermédiaire sera au choix et sous la responsabilité de la SNC Ferme Eolienne du Blessonnier, et sera communiqué aux autorités dès sélection. Actuellement, la solution de stockage temporaire via un conteneur présent moins de 3 mois sur le site peut être envisagée sur les parcs

éoliens. Les solutions de stockage permanentes (local dédié ou conteneur fixe) ne sont quant à elles et pour l'instant pas envisagées.

Enfin, si un stockage hors site est envisagé (par exemple, si la base de maintenance du mainteneur des éoliennes est habilitée pour cette activité), un justificatif d'autorisation du site de transit ou de regroupement sera transmis aux autorités dans les plus brefs délais.

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

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

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

Ces dangers potentiels sont recensés dans le tableau suivant :

Tableau 15 - Potentiel de dangers liés au fonctionnement du parc éolien

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

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

V.3.1 Principales actions préventives

La localisation de l'emplacement des éoliennes a été judicieusement choisi afin que les habitations soient à une distance supérieure à 500 m de chaque éolienne.

V.3.2 Utilisation des meilleures techniques disponibles

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

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

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

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

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

VI. ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE

Il a été possible d'analyser les informations collectées en France et dans le monde par plusieurs organismes divers (associations, organisations professionnelles, littératures spécialisées, etc.). Ces bases de données sont cependant très différentes tant en termes de structuration des données qu'en termes de détail de l'information.

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

VI.1. Inventaires des accidents et incidents en France

Un inventaire des incidents et accidents en France a été réalisé afin d'identifier les principaux phénomènes dangereux potentiels pouvant affecter le parc éolien du Blessonnier. Cet inventaire se base sur le retour d'expérience de la filière éolienne tel que présenté dans le guide technique de conduite de l'étude de dangers (octobre 2022).

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

- Évènements de l'accidentologie interne à Abo Energy ;
- Rapport du Conseil Général des Mines (juillet 2004) ;
- Base de données ARIA du Ministère du Développement Durable, référence du retour d'expérience sur les accidents technologiques en France ;
- Communiqués de presse du SER-FEE et/ou des exploitants éoliens ;
- Articles de presse divers ;
- Données diverses fournies par les exploitants de parcs éoliens en France.

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

Dans l'état actuel, la base de données élaborée par le groupe de travail de SER/France Renouvelables et l'INERIS (Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques) ayant élaboré le guide technique d'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens apparaît comme représentative des incidents majeurs ayant affecté le parc éolien français depuis l'année 2000.

L'ensemble de ces sources permet d'arriver à un inventaire aussi complet que possible des incidents survenus en France. Un total de 93 incidents a pu être recensé entre 2000 et début 2019 (voir tableau détaillé en annexe 1). Ce tableau de travail a été validé par les membres du groupe de travail précédemment mentionnés. Il apparaît dans ce recensement que les aérogénérateurs accidentés sont principalement des modèles anciens ne bénéficiant généralement pas des dernières avancées technologiques.

La Figure 17 montre la répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateur français entre le 1^{er} janvier 2000 et le 1^{er} janvier 2023, avec un total de 96 accidents en s'appuyant seulement sur les données de la base ARIA. Cette synthèse exclut les accidents du travail (maintenance, chantier de construction, etc.) et les événements qui n'ont pas conduit à des effets sur les zones autour des aérogénérateurs.

Dans ce graphique sont présentés :

- La répartition des événements accidentels (en majuscule), avec par ordre d'importance, les événements les plus recensés : rupture de pale et incendie (31.25 % chacun), chute d'éléments (21.88 %), effondrement (8.33 %) et chute de pale (7.29 %).
- La répartition des causes premières (en minuscule) pour chacun des événements accidentels décrits ci-dessus. Celle-ci est donnée par rapport à la totalité des accidents observés en France. La principale cause de ces accidents est liée aux défauts de conception, puis viennent les tempêtes et les défaillances électriques.

Aucun incident impliquant une éolienne n'a été identifié dans le département de la Haute-Saône. Ce chiffre est à minimiser puisque qu'un seul un parc éolien est en service en Haute-Saône.

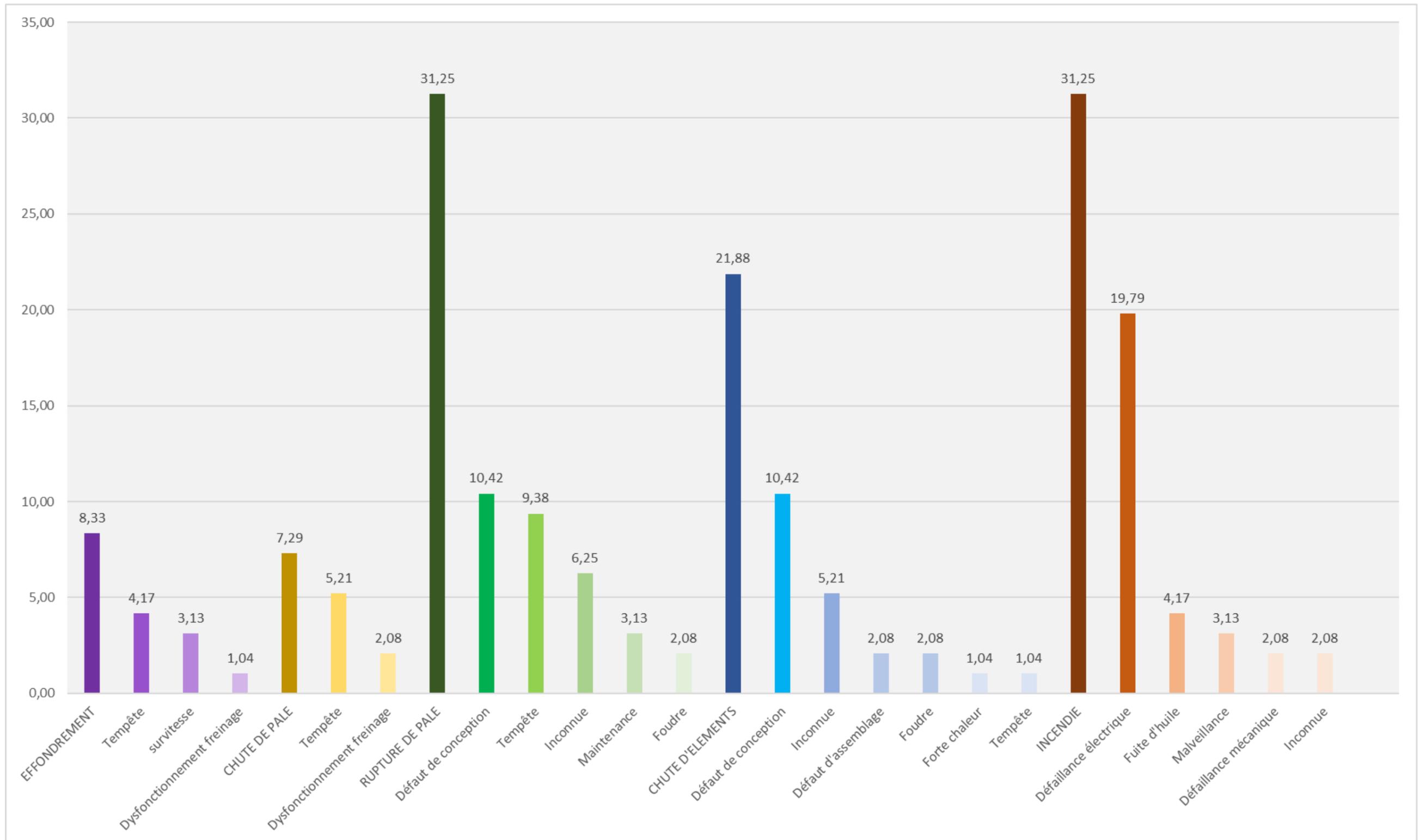


Figure 17 - Répartition des événements accidentels (en majuscule) et de leurs causes premières (en minuscule) sur le parc aérogénérateur français entre 2000 et 2023 (source : ARIA, Réalisation : Eco-Stratégie)

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

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

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

Le graphique suivant montre la répartition des événements accidentels par rapport à la totalité des accidents analysés. D'après l'analyse de la France Energie Eolienne (FEE), l'accident le plus fréquent est la rupture de pale puis suivi par l'incendie avec perte totale ou partielle d'une ou plusieurs éoliennes. Ces deux incidents représentent environ 45 % de la totalité des accidents survenus entre 2000 et 2019.

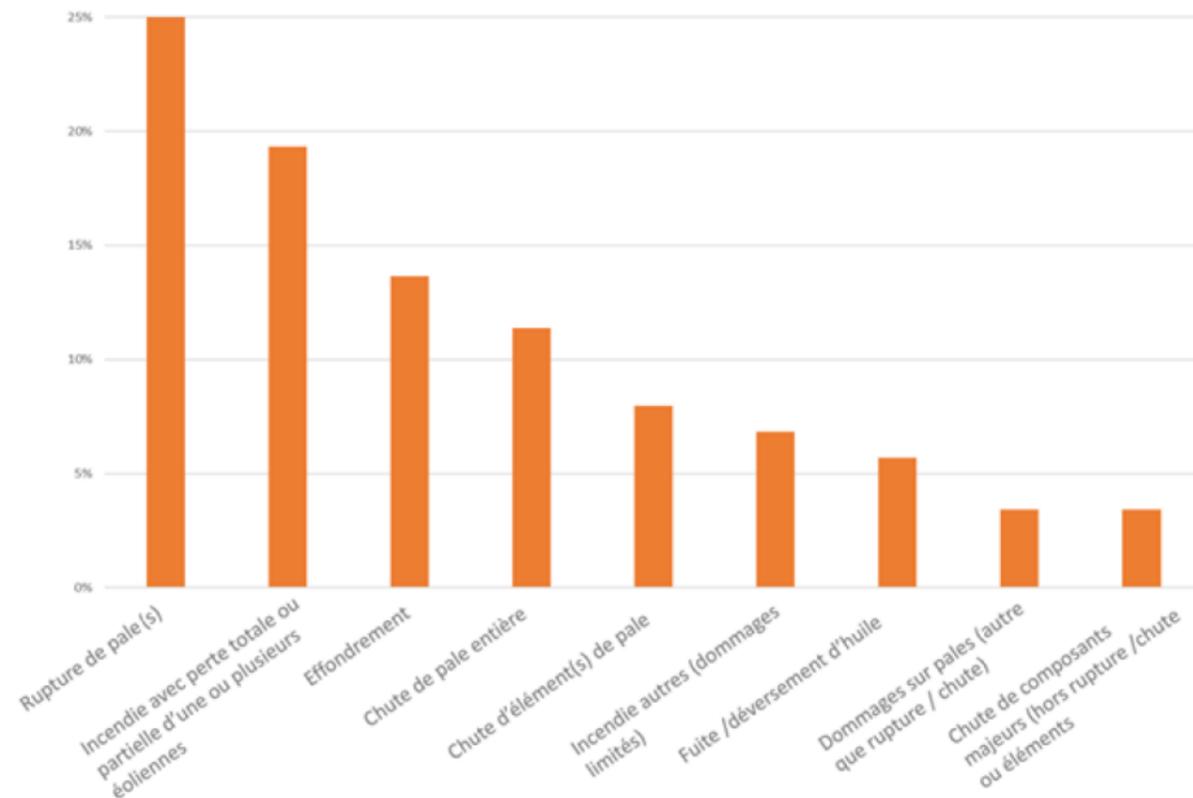


Figure 18 - Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2019 (source : FEE)

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

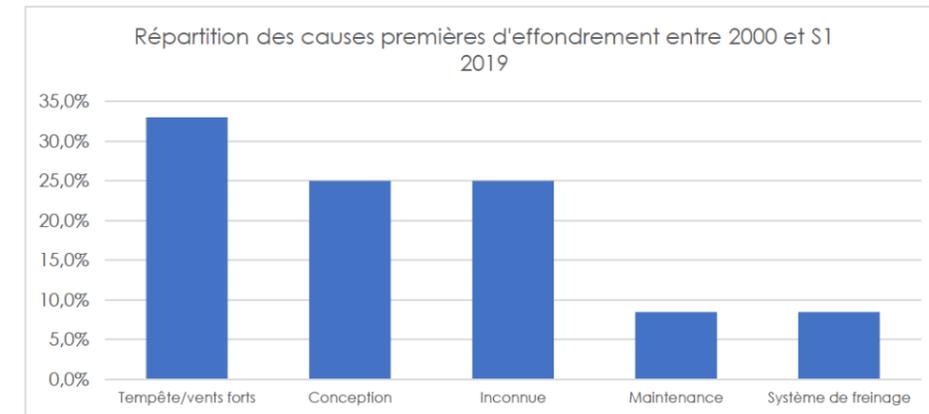


Figure 19 - Répartition des causes premières d'effondrement entre 2000 et 2019 (source : FEE)

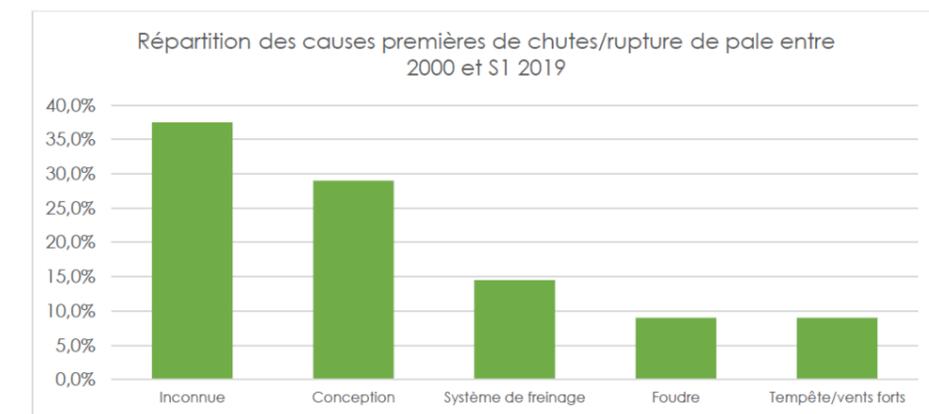


Figure 20 - Répartition des causes premières de rupture de pale entre 2000 et 2019 (source : FEE)

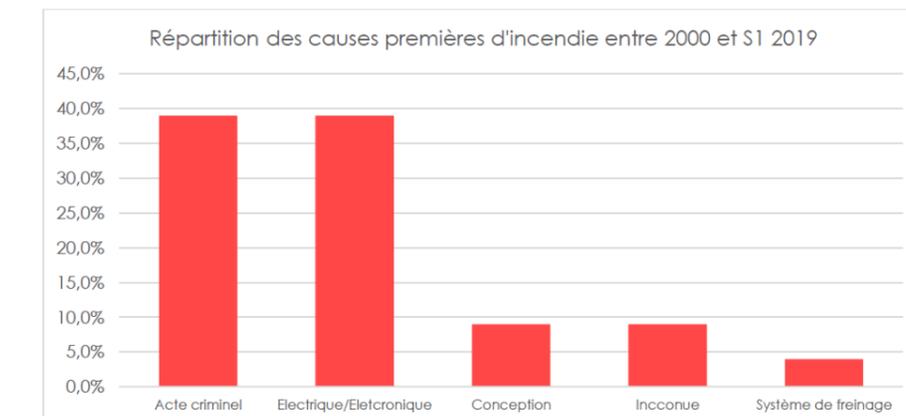


Figure 21 - Répartition des causes premières d'incendie entre 2000 et 2019 (source : FEE)

Tout comme pour le retour d'expérience français, ce retour d'expérience montre l'importance des causes « tempêtes et vents forts » dans les accidents (Figure 19). Concernant les ruptures de pale, les causes de ces accidents sont majoritairement inconnues ou liées à la conception des aérogénérateurs. Et finalement pour les incendies, les principales causes sont des actes criminels et des défauts électriques/électroniques.

VI.3. Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience

VI.3.1 Analyse de l'évolution des accidents en France

À 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 22 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 jusqu'en 2011. En revanche à partir de 2012, le nombre d'accidents augmente.

Cette tendance constante jusqu'à 2011 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. L'augmentation des accidents à partir de 2012 est expliquée par le vieillissement des parcs éoliens et aussi par leur nombre croissant (un doublement de 2013 à 2019).

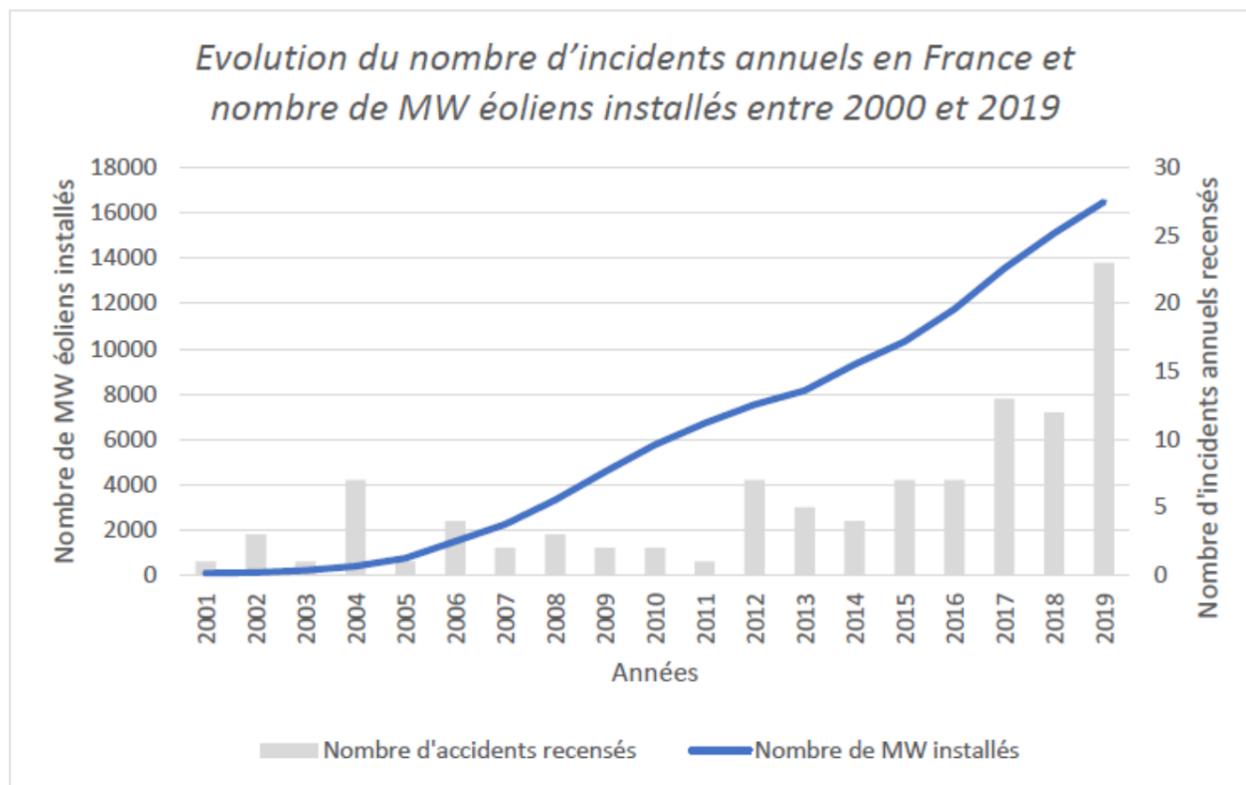


Figure 22 - Évolution du nombre d'accidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées entre 2001 et 2019 (source : base ARIA)

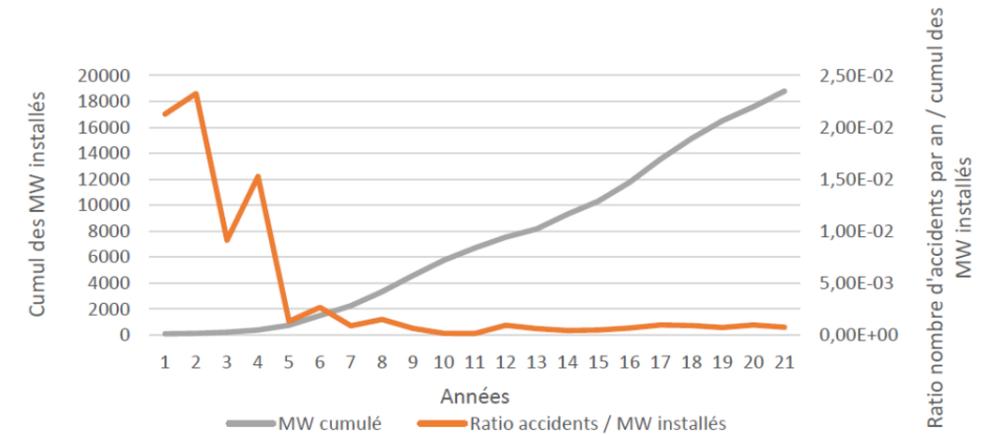


Figure 23 - Accidents survenus sur les parcs éoliens par rapport au cumul des MW installées entre 2001 et 2021

Remarque : On note bien l'essor de la filière française à partir de 2005, alors que le nombre d'accident diminue d'année en année.

VI.3.2 Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents

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

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

VI.3.3 Limites d'utilisation à 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.

VII. ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

VII.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 questionnaire 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.

VII.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 entraîner 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.

VII.2.1 Agressions externes liées aux phénomènes non naturels

D'après la Protection Civile, les risques les plus importants de chute d'aéronef se situent au moment du décollage et de l'atterrissage des avions. La zone admise comme étant la plus exposée est celle qui se trouve à l'intérieur d'un rectangle délimité par :

- Une distance de 3 km de part et d'autre de l'axe de la piste,
- Une distance de 1 km de part et d'autre perpendiculairement à la piste.

Seule l'éolienne E4 se situe au sein de ce rectangle entourant l'aérodrome de Francourt et le risque de chute d'avion doit être pris en considération dans l'analyse des risques.

La DGAC a estimé la probabilité de chute d'avions sur l'ensemble du territoire national à $2 \cdot 10^{-6}$ par km² et ce, quel que soit la nature du trafic aérien.

Toutefois, la circulaire du 10 mai 2010 précise « *L'analyse de risques prendra en compte cet événement initiateur ainsi que la ou les mesures de maîtrise des risques [... - respect de la réglementation -] aux côtés d'autres éventuelles mesures de maîtrise des risques. En revanche, la probabilité d'occurrence de l'événement initiateur ne sera pas évaluée et il ne sera pas tenu compte de cet événement initiateur dans la probabilité du phénomène dangereux, de l'aléa ou de l'accident correspondant.* »

Ainsi, ce risque ne fera pas l'objet d'une cotation.

Tableau 16 - Principales agressions externes liées aux activités humaines

Infrastructure	Fonction	Événement redouté	Danger potentiel	Périmètre	Distance par rapport au mât des éoliennes (m)											
					E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07	E08	E09	E10	E11	
Voie de circulation (chemin rural majeur)	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Energie cinétique des véhicules et flux thermique	200 m	80	>200	>200	>200	>200	>200	92	160	>200	103	>200	>200
Aérodrome	Transport aérien	Chute d'aéronef	Energie cinétique de l'aéronef, flux thermique	2 000 m	1 794	1 906	1 780	1 376	1 578	>2 000	>2 000	>2 000	>2 000	>2 000	>2 000	
Ligne THT	Transport d'électricité	Rupture de câble	Arc électrique, surtension	200 m	Non concerné											
Autres aérogénérateurs	Production d'électricité	Accident générant des projections d'éléments	Energie cinétique des éléments projetés	500 m	Non concerné											

VII.2.2 Agressions externes liées aux phénomènes naturels

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

Tableau 17 - Principales agressions externes liées aux phénomènes naturels

Agression externe	Intensité
Vents et tempêtes	Les vents moyens annuels mesurés au niveau de la station météorologique de Chargey-les-Gray ne dépassent pas les 120 km/h en rafale
Foudre	Niveau kéraunique faible
Glissement des sols / Affaissement miniers	Non concerné

À noter que les agressions externes liées à des incendies de forêt ou à des séismes ne sont pas considérées dans ce tableau dans le sens où les dangers qu'elles pourraient entraîner sont largement inférieurs aux dommages causés par le phénomène naturel lui-même.

Le cas spécifique des effets directs de la foudre et du risque de « tension de pas » n'est pas traité dans l'analyse des risques et dans l'étude détaillée des risques dès lors qu'il est vérifié que la norme IEC 61400-24 (Juin 2010) ou la norme EN 62 305-3 (Décembre 2006) est respectée. Ces conditions sont reprises dans la fonction de sécurité n°6 ci-après (chapitre 0).

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.

VII.2.3 Scénarios étudiés dans l'analyse préliminaire des risques (APR)

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

- Description des causes et de leur séquençage (événements initiateurs et événements intermédiaires) ;
- Description des événements redoutés centraux qui marquent la partie incontrôlée de la séquence d'accident ;
- Description des fonctions de sécurité permettant de prévenir l'événement redouté central ou de limiter les effets du phénomène dangereux ;
- Description des phénomènes dangereux dont les effets sur les personnes sont à l'origine d'un accident
- 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 18 - Tableau générique de l'APR

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
G01	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales, le mât et la nacelle	Chute de glace lorsque les éoliennes sont arrêtées	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace (N°2)	Impact de glace sur les enjeux	1
G02	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales	Projection de glace lorsque les éoliennes sont en mouvement	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de la glace (N°1)	Impact de glace sur les enjeux	2
I01	Humidité / Gel	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (N°5)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I02	Dysfonctionnement électrique	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (N°5)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I03	Survitesse	Echauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3) Prévenir la survitesse (N°4)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I04	Désaxage de la génératrice / Pièce défectueuse / Défaut de lubrification	Echauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I05	Conditions climatiques humides	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2
I06	Rongeur	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2
I07	Défaut d'étanchéité	Perte de confinement	Fuites d'huile isolante	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Incendie au poste de transformation Propagation de l'incendie	2

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
F01	Fuite système de lubrification Fuite convertisseur Fuite transformateur	Ecoulement hors de la nacelle et le long du mât, puis sur le sol avec infiltration	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
F02	Renversement de fluides lors des opérations de maintenance	Ecoulement	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
C01	Défaut de fixation	Chute de trappe	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Impact sur cible	1
C02	Défaillance fixation anémomètre	Chute anémomètre	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	1
C3	Défaut fixation nacelle – pivot central – mât	Chute nacelle	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	1
P01	Survitesse	Contraintes trop importantes sur les pales	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la survitesse (N°4)	Impact sur cible	2
P02	Fatigue Corrosion	Chute de fragment de pale	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

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
E02	Glissement de sol	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E05	Crash d'aéronef	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E07	Effondrement engin de levage travaux	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Actions de prévention mises en œuvre dans le cadre du plan de prévention (N°13)	Chute fragments et chute mât	2
E08	Vents forts	Défaillance fondation	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9) Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort (N°12) Dans les zones cycloniques, mettre en place un système de prévision cyclonique et équiper les éoliennes d'un dispositif d'abattage et d'arrimage au sol (N°13)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E09	Fatigue	Défaillance mât	Effondrement éolienne	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E10	Désaxage critique du rotor	Impact pale – mât	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9) Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Projection/chute fragments et chute mât	2

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

VII.3. Effets dominos

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

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

En ce qui concerne les accidents sur des aérogénérateurs qui conduiraient à des effets dominos sur d'autres installations, le paragraphe 1.2.2 de la circulaire du 10 mai 2010 précise :

« [...] seuls les effets dominos générés par les fragments sur des installations et équipements proches ont vocation à être pris en compte dans les études de dangers [...]. Pour les effets de projection à une distance plus lointaine, l'état des connaissances scientifiques ne permet pas de disposer de prédictions suffisamment précises et crédibles de la description des phénomènes pour déterminer l'action publique ».

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

VII.4. Mise en place des mesures de sécurité

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

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

- **Test (fréquence)** : dans ce champ sont rappelés les tests/essais qui seront réalisés sur les mesures de maîtrise des risques. Conformément à la réglementation, un essai d'arrêt, d'arrêt d'urgence et d'arrêt à partir d'une situation de survitesse seront réalisés avant la mise en service de l'aérogénérateur. Dans tous les cas, les tests effectués sur les mesures de maîtrise des risques seront tenus à la disposition de l'inspection des installations classées pendant l'exploitation de l'installation.
- **Maintenance (fréquence)** : ce critère porte sur la périodicité des contrôles qui permettront de vérifier la performance de la mesure de maîtrise des risques dans le temps. Pour rappel, la réglementation demande qu'à minima : un contrôle tous les ans soit réalisé sur la performance des mesures de sécurité permettant de mettre à l'arrêt, à l'arrêt d'urgence et à l'arrêt à partir d'une situation de survitesse et sur tous les systèmes instrumentés de sécurité.

Fonction de 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 ou de déduction permettant, en cas de formation de glace, une mise à l'arrêt de l'aérogénérateur. Le redémarrage peut ensuite se faire soit automatiquement après disparition des conditions de givre, soit manuellement après inspection visuelle sur site.		
Indépendance	Non Les systèmes traditionnels s'appuient généralement sur des fonctions et des appareils propres à l'exploitation du parc.		
Temps de réponse	Quelques minutes (<60 min conformément à l'article 25 de l'arrêté du 26 août 2011)		
Efficacité	100 %		
Tests	Tests menés par le concepteur au moment de la construction de l'éolienne		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement		

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

Fonction de sécurité	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	N° de la fonction de sécurité	3
Mesures de sécurité	Capteurs de température des pièces mécaniques Définition de seuils critiques de température pour chaque type de composant avec alarmes Mise à l'arrêt ou bridage jusqu'à refroidissement		
Description	/		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011. 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 vent fort et système de freinage aérodynamique par le système de contrôle.		
Description	Systèmes de coupure s'enclenchant en cas de dépassement des seuils de vitesse prédéfinis, indépendamment du système de contrôle commande. NB : Le système de freinage est constitué d'un frein aérodynamique principal (mise en drapeau des pales) et / ou d'un frein mécanique auxiliaire.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection < 1 minute L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur conformément aux dispositions de l'arrêté du 26 août 2011.		
Efficacité	100 %		
Tests	Test d'arrêt simple, d'arrêt d'urgence et de la procédure d'arrêt en cas de survitesse avant la mise en service des aérogénérateurs conformément à l'article 15 de l'arrêté du 26 août 2011.		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 (notamment de l'usure du frein et de pression du circuit de freinage d'urgence.) Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

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

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	Respect de la norme IEC 61 400 - 24 (juin 2010) Dispositif de capture + mise à la terre Parasurtenseurs sur les circuits électriques		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Immédiat dispositif passif		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	Contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre inclus dans les opérations de maintenance, conformément à l'article 9 de l'arrêté du 26 août 2011.		

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	/		
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 Procédure d'urgence Kit antipollution Bac de récupération Étanchéité		
Description	<p>Nombreux détecteurs de niveau d'huile permettant de détecter les éventuelles fuites d'huile et d'arrêter l'éolienne en cas d'urgence.</p> <p>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.</p> <p>Des kits de dépollution d'urgence composés de grandes feuilles de textile absorbant pourront être utilisés afin :</p> <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. <p>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.</p> <p><i>En sus de ces éléments, les éoliennes du parc du Blessonnier intégreront des bacs de récupération, installés dans les machines sous les composants. La conception même de l'éolienne permet de garder l'huile au maximum à l'intérieur en cas de fuites et des systèmes de rétention sont installés notamment sur chaque palier intérieur de la tour. Dans le cas de déversements à l'extérieur des kits antipollution sont présents dans les véhicules des techniciens ainsi que sur le site.</i></p>		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Dépendant du débit de fuite		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	Inspection des niveaux d'huile plusieurs fois par an		

Fonction de sécurité	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction - exploitation)	N° de la fonction de sécurité	9
Mesures de sécurité	Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints, etc.) Procédures qualités Attestation du contrôle technique		
Description	<p>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.</p> <p>Ainsi la nacelle, le nez, les fondations et la tour répondent au standard IEC 61 400-1. Les pales respectent le standard IEC 61 400-1 ; 12 ; 23.</p> <p>Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223.</p>		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %		
Tests	NA		
Maintenance	<p>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.</p>		

Fonction de sécurité	Prévenir les erreurs de maintenance	N° de la fonction de sécurité	10
Mesures de sécurité	Procédure maintenance		
Description	<p>Préconisations du manuel de maintenance Formation du personnel</p>		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %		
Tests	Traçabilité : rapport de service		
Maintenance	NA		

Fonction de sécurité	Prévenir la dégradation de l'état des équipements	N° de la fonction de sécurité	11
Mesures de sécurité	Procédure de contrôle des équipements lors des maintenances planifiées Suivi de données mesurées par les capteurs et sondes présentes dans les éoliennes		
Description	.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	< 1min		
Efficacité	100 %. NB : En fonction de l'intensité attendue des vents, d'autres dispositifs de diminution de la prise au vent de l'éolienne peuvent être envisagés.		
Tests	/		
Maintenance	/		

Fonction de sécurité	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	N° de la fonction de sécurité	12
Mesures de sécurité	Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents. Détection et prévention des vents forts et tempêtes Arrêt automatique et diminution de la prise au vent de l'éolienne (mise en drapeau des pâles) par le système de conduite		
Description	Des contrôles visuels sont prévus lors des opérations de maintenance. Un système de revêtement spécial respectant les exigences de la norme ISO 12944 permet une protection des pièces de l'éolienne contre la corrosion et les autres événements de l'environnement. Les données mesurées par les capteurs et sondes présentes dans l'éolienne sont suivies et enregistrées en continu. Ces données sont traitées afin de détecter les dégradations potentielles des équipements au plus tôt. Lorsqu'elle est nécessaire, une inspection de l'équipement soupçonné de se dégrader est planifiée.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	< 1min		
Efficacité	100 %. NB : En fonction de l'intensité attendue des vents, d'autres dispositifs de diminution de la prise au vent de l'éolienne peuvent être envisagés.		
Tests	/		
Maintenance	/		

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.

VII.5. Conclusion de l'analyse préliminaire des risques

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.

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

Nom du scénario exclu	Justification
Incendie de l'éolienne (effets thermiques)	En cas d'incendie de nacelle, et en raison de la hauteur des nacelles, les effets thermiques ressentis au sol seront mineurs. Par exemple, dans le cas d'un incendie de nacelle située à 50 mètres de hauteur, la valeur seuil de 3 kW/m ² n'est pas atteinte. Dans le cas d'un incendie au niveau du mât les effets sont également mineurs et l'arrêté du 26 Août 2011 encadre déjà largement la sécurité des installations. Ces effets ne sont donc pas étudiés dans l'étude détaillée des risques. Néanmoins il peut être redouté que des chutes d'éléments (ou des projections) interviennent lors d'un incendie. Ces effets sont étudiés avec les projections et les chutes d'éléments.
Incendie du poste de livraison ou du transformateur	En cas d'incendie de ces éléments, les effets ressentis à l'extérieur des bâtiments (poste de livraison) seront mineurs ou inexistantes 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 impose le respect des normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200)
Chute et projection de glace dans les cas particuliers où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0°C	Lorsqu'un aérogénérateur est implanté sur un site où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0°C, il peut être considéré que le risque de chute ou de projection de glace est nul. Des éléments de preuves doivent être apportés pour identifier les implantations où de telles conditions climatiques sont applicables.
Infiltration d'huile dans le sol	En cas d'infiltration d'huiles dans le sol, les volumes de substances libérées dans le sol restent mineurs. Ce scénario peut ne pas être détaillé dans le chapitre de l'étude détaillée des risques sauf en cas d'implantation dans un périmètre de protection rapprochée d'une nappe phréatique.

VIII. ÉTUDE 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.

VIII.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 de surpression, de rayonnement thermique et de toxique.

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

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

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

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

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

VIII.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.

VIII.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 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 2 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.

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

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

VIII.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 19 : Définition des 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 qui se base sur la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers. Cette fiche permet de compter aussi simplement que possible, selon des règles forfaitaires, le nombre de personnes exposées.

VIII.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 20 - Définition de la probabilité d'occurrence d'un accident

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

VIII.1.5 Acceptabilité

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 sera utilisée.

Dans le cas des parcs éoliens, un risque est soit acceptable, soit non acceptable.

Tableau 21 - Matrice d'acceptabilité

Gravité des conséquences	Classe de probabilité				
	E : Extrêmement rare	D : Rare	C : Improbable	B : Probable	A : Courant
Désastreux	Orange	Rouge	Rouge	Rouge	Rouge
Catastrophique	Orange	Rouge	Rouge	Rouge	Rouge
Important	Orange	Rouge	Rouge	Rouge	Rouge
Sérieux	Vert	Vert	Orange	Orange	Rouge
Modéré	Vert	Vert	Vert	Vert	Orange

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

VIII.2. Caractérisation des scénarios retenus

VIII.2.1 Effondrement de l'éolienne

VIII.2.1.1. Zone d'effet

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

Ce qui signifie que la Zone d'effet : $\pi \times (H+R)^2$, où R est la longueur de la pale avec le hub, H la hauteur du mat et L la largeur du mat (L= 6m), LB est la largeur de la base de la pale = 4,2 m.

Tableau 22 - Zone d'effet pour l'effondrement de l'éolienne

Eolienne	H	R	Zone d'effet (en m²)
E01 à E11	166	75	182 466,8

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

VIII.2.1.2. Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène d'effondrement de l'éolienne dans le cas du parc éolien du Blessonnier.

Tableau 23 - Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)

Eolienne	Zone d'impact (ZI) en m² (H) x L + 3 * R * LB / 2	Zone d'effet (ZE) du phénomène étudié en m²	Degré d'exposition du phénomène étudié en % D=ZI/ZE	Intensité
E1 à E11	$(166 \times 6) + (3 \times 75 \times 4,2 / 2) = 1\ 468,5$	182 466,8	0,8 %	Exposition modérée

En dehors de la zone d'effet, les risques d'atteinte sont négligeables.

VIII.2.1.3. Gravité

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

Si le phénomène d'effondrement de l'éolienne engendre une zone d'exposition modérée :

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

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

Tableau 24 – Nombre de personnes exposées au risque d'effondrement d'une éolienne dans chaque secteur (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale en bout de pale)

Eolienne	Rayon de la zone d'effet	Nature des terrains	Nombre de personnes comptabilisées par tranche de 10 ha	ZE	Nombres de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)
E01	241 m	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1	18,2 ha	1,8
E02			1		1,8
E03			1		1,8
E04			1		1,8
E05			1		1,8
E06			1		1,8
E07			1		1,8
E08			1		1,8
E09			1		1,8
E10			Terrains non aménagés et très peu fréquentés		0,1
E11	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1	1,8		

Dans le périmètre délimité par la hauteur de chute de l'éolienne, le terrain est principalement aménagé et peu fréquenté. La majorité des éoliennes sont à proximité de chemin agricole/route communale (E1 à E9 et E11) tandis que l'éolienne E10 est en secteur agricole dépourvu de voie de circulation. Pour une

éolienne d'une hauteur en bout de pale de 241 mètres, le nombre de personnes exposées est compris entre 1 et 10 personnes (pour E1 à E9 et E11) ou inférieure à « une personne » (E10).

La gravité sera donc considérée comme majoritairement **Sérieuse et modérée** pour l'éolienne E10.

VIII.2.1.4. Probabilité

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

Tableau 25 - Fréquence d'effondrement d'une éolienne selon la bibliographie

Source	Fréquence	Justification
Guide for risk based zoning of wind turbines	4,5 x 10 ⁻⁴	Retour d'expérience
Specification of minimum distance	1,8 x 10 ⁻⁵ (effondrement de la nacelle et de la tour)	Retour d'expérience

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

Le retour d'expérience français montre également une classe de probabilité « C ». En effet, il a été recensé seulement 7 événements pour 15 667 années d'expérience, soit une probabilité de 4,47 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 : « *Événement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité* ».

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

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

Ces mesures de mesures de sécurité sont notamment :

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

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

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

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

VIII.2.1.5. Acceptabilité

Dans le cas d'implantation d'éoliennes équipées des technologies récentes, compte tenu de la classe de probabilité d'un effondrement, on pourra conclure à l'acceptabilité de ce phénomène si moins de 10 personnes sont exposées.

Les tableaux suivants rappellent, pour chaque aérogénérateur du parc du Blessonnier, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Tableau 26 - Gravité et niveau de risque de l'effondrement d'une éolienne

Effondrement d'éolienne					
Gravité des conséquences	Classe de probabilité				
	E : Extrêmement rare	D : Rare	C : Improbable	B : Probable	A : Courant
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux		E01 à E09 et E11			
Modéré		E10			

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

VIII.2.2 Chute de glace

VIII.2.2.1. Considérations générales

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

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

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

VIII.2.2.2. Zone d'effet

Le risque de chute de glace est cantonné à la zone de survol des pales, soit un disque de rayon égal à un demi diamètre de rotor autour du mât de l'éolienne. Pour le parc éolien du Blessonnier, la zone d'effet a donc un rayon de $D/2 = 75$ mètres. Cependant, il convient de noter que, lorsque l'éolienne est à l'arrêt, les pales n'occupent qu'une faible partie de cette zone.

VIII.2.2.3. Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute de glace dans le cas du parc éolien du Blessonnier. Z_I est la zone d'impact, Z_E est la zone d'effet, R est la longueur de pale ($R =$ longueur de pale des aérogénérateurs de l'installation), SG est la surface du morceau de glace majorant ($SG = 1 \text{ m}^2$).

Tableau 27 - Intensité de chute de glace

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	17 671,5	0,005 %	Exposition modérée

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

VIII.2.2.4. Gravité

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

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

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

Tableau 28 - Nombre de personnes exposées au risque de chute de glace dans chaque secteurs

Eolienne	Rayon de la zone d'effet	Nature des terrains	Nombre de personnes comptabilisées par tranche de 10 ha	ZE	Nombres de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)
E01	75 m	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1	1,8 ha	0,18
E02		Terrains aménagés mais peu fréquentés	1		0,18
E03		Terrains non aménagés et très peu fréquentés	0,1		0,02
E04		Terrains aménagés mais peu fréquentés	1		0,18
E05		Terrains non aménagés et très peu fréquentés	0,1		0,02
E06		Terrains aménagés mais peu fréquentés	1		0,18
E07		Terrains aménagés mais peu fréquentés	1		0,18
E08		Terrains aménagés mais peu fréquentés	1		0,18
E09		Terrains aménagés mais peu fréquentés	1		0,18
E10		Terrains non aménagés et très peu fréquentés	0,1		0,02
E11		Terrains aménagés mais peu fréquentés	1		0,18

Dans le périmètre délimité par la zone de survol de l'éolienne, le terrain est aménagé et peu fréquenté. Pour une éolienne d'une longueur de pale inférieure à 100 m, le nombre de personnes exposées sera donc inférieur à 1.

La **gravité sera donc « modérée »**.

VIII.2.2.5. Probabilité

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

VIII.2.2.6. Acceptabilité

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

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

Tableau 29 - Acceptabilité du risque de chute de glace

Chute de glace					
Gravité des conséquences	Classe de probabilité				
	E : Extrêmement rare	D : Rare	C : Improbable	B : Probable	A : Courant
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux					
Modéré					E01 à E11

Ainsi, pour le parc éolien du Blessonnier, 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.

VIII.2.3 Chute d'éléments de l'éolienne

VIII.2.3.1. Zone d'effet

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

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

VIII.2.3.2. Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du parc éolien du Blessonnier, d est le degré d'exposition, Z_I la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, R la longueur de pale ($R = 75$ m) et LB la largeur de la base de la pale ($LB = 4,2$ m).

Tableau 30 - Intensité de chute d'élément de l'éolienne

Zone d'impact en m^2 $ZI = R \times LB / 2$	Zone d'effet du phénomène étudié en m^2 $ZE = \pi \times R^2$	Degré d'exposition du phénomène étudié en % $d = ZI / ZE$	Intensité
157,5	17 671,5	0,9 %	Exposition modérée

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

VIII.2.3.3. Gravité

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

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

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

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

Tableau 31 - Nombre de personnes exposées au risque de chute d'éléments d'une éolienne dans chaque secteurs

Eolienne	Rayon de la zone d'effet	Nature des terrains	Nombre de personnes comptabilisées par tranche de 10 ha	ZE	Nombres de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)
E01	75 m	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1	1,8 ha	0,18
E02		Terrains aménagés mais peu fréquentés	1		0,18
E03		Terrains non aménagés et très peu fréquentés	0,1		0,02
E04		Terrains aménagés mais peu fréquentés	1		0,18
E05		Terrains non aménagés et très peu fréquentés	0,1		0,02
E06		Terrains aménagés mais peu fréquentés	1		0,18
E07		Terrains aménagés mais peu fréquentés	1		0,18
E08		Terrains aménagés mais peu fréquentés	1		0,18
E09		Terrains aménagés mais peu fréquentés	1		0,18
E10		Terrains non aménagés et très peu fréquentés	0,1		0,02
E11		Terrains aménagés mais peu fréquentés	1		0,18

Il est à noter que pour le parc du Blessonnier, la zone de survol de l'éolienne est un terrain aménagé et peu fréquenté (1 personne pour 10 ha d'après la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010).

Pour une éolienne d'une longueur de pale inférieure à 100 m, le nombre équivalent de personnes permanentes sera donc inférieur à 1. Le niveau de gravité sera donc « **Modéré** ».

VIII.2.3.4. Probabilité

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

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

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

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

VIII.2.3.5. Acceptabilité

Avec une classe de probabilité « C », le risque de chute d'éléments pour chaque aérogénérateur est évalué comme acceptable dans le cas d'un nombre de personnes permanentes (ou équivalent) inférieur à 10 dans la zone d'effet.

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

Tableau 32 - Acceptabilité de chute d'élément de l'éolienne

Chute d'élément de l'éolienne					
Gravité des conséquences	Classe de probabilité				
	E : Extrêmement rare	D : Rare	C : Improbable	B : Probable	A : Courant
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux					
Modéré			E01 à E11		

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

VIII.2.4 Projection de pales ou de fragments de pales

VIII.2.4.1. Zone d'effet

Dans l'accidentologie française rappelée en annexe 1, la distance maximale relevée et vérifiée par le groupe de travail précédemment mentionné pour une projection de fragment de pale est de 380 mètres par rapport au mât de l'éolienne. On constate que les autres données disponibles dans cette accidentologie montrent des distances d'effet inférieures.

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

Pour autant, des études de risques déjà réalisées dans le monde ont utilisé une distance de 500 mètres, en particulier les études suivantes :

- Guide for Risk-Based Zoning of wind Turbines, Energy research centre of the Netherlands (ECN), H. Braam, G.J. van Mulekom, R.W. Smit, 2005 ;
- Specification of minimum distances, Dr-ing. Veenker ingenieurgesellschaft, 2004.

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.

VIII.2.4.2. Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du parc éolien du Blessonnier, d est le degré d'exposition, Z_I la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, R la longueur de pale (R= 75 m avec le hub) et LB la largeur de la base de la pale (LB= 4,2 m).

Tableau 33 - Intensité de projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)

Zone d'impact en m ² ZI=R x LB / 2	Zone d'effet du phénomène étudié en m ² ZE= π x 500 ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en % d= ZI / ZE	Intensité
157,5	785 000	0,02 %	Exposition modérée

VIII.2.4.3. Gravité

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

- Plus de 1000 personnes exposées → « Désastreux »,
- Entre 100 et 1000 personnes exposées → « Catastrophique »,
- Entre 10 et 100 personnes exposées → « Important »,
- Moins de 10 personnes exposées → « Sérieux »,

- Présence humaine exposée inférieure à « une personne » → « Modéré »

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

Tableau 34 - Nombre de personnes exposées au risque projection de pales ou de fragments de pales dans chaque secteurs

Eolienne	Rayon de la zone d'effet	Nature des terrains	Nombre de personnes comptabilisées par tranche de 10 ha	ZE	Nombres de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)
E01	500 m	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1	78,5 ha	7,85
E02			1		7,85
E03			1		7,85
E04			1		7,85
E05			1		7,85
E06			1		7,85
E07			1		7,85
E08			1		7,85
E09			1		7,85
E10			1		7,85
E11			1		7,85

Il est à noter que pour le parc du Blessonnier, la zone d'effet est constituée de terrains aménagés et peu fréquentés (1 personne pour 10 ha d'après la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010). Le nombre équivalent de personnes permanentes sera donc inférieur à 10 (8 personnes) pour les 11 éoliennes (niveau de gravité « **Sérieux** »).

VIII.2.4.4. Probabilité

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

Tableau 35 - Fréquence de projection de pale ou de fragment de pale selon la bibliographie

Source	Fréquence	Justification
Site specific hazard assesment for au wind farm projet	1 x 10 ⁻⁶	Respect de l'Eurocode EN 1990 – Basis of structural design
Guide for risk based zoning of wind turbines	1,1 x 10 ⁻³	Retour d'expérience au Danemark (1984-1992) et en Allemagne (1989-2001)
Specification of minimum distance	6,1 x 10 ⁻⁴	Recherche internet des accidents entre 1996 et 2003

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

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

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

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

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

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

De manière générale, le respect des prescriptions de l'arrêté du 26 août 2011 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* ».

VIII.2.4.5. Acceptabilité

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

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

Tableau 36 - Acceptabilité de projection de pales ou de fragments de pales

Projection de pales ou de fragments de pales					
Gravité des conséquences	Classe de probabilité				
	E : Extrêmement rare	D : Rare	C : Improbable	B : Probable	A : Courant
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux		E01 à E11			
Modéré					

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

VIII.2.5 Projection de glace

VIII.2.5.1. Zone d'effet

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

En ce qui concerne la distance maximale atteinte par ce type de projectiles, il n'existe pas d'information dans l'accidentologie. La référence 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. 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.

VIII.2.5.2. Intensité

Pour le phénomène de projection de glace, le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface d'un morceau de glace (cas majorant de 1 m²) et la superficie de la zone d'effet du phénomène.

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de glace dans le cas du parc éolien du Blessonnier. d est le degré d'exposition, Z_I la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, R la longueur de pale (R = 75 m avec le hub), H_m la hauteur au moyeu (166 m), et SG la surface majorante d'un morceau de glace (1 m²).

Cette distance de projection est jugée conservatrice dans des études postérieures. À défaut de données fiables, il est proposé de considérer cette formule pour le calcul de la distance d'effet (RPG) pour les projections de glace. Avec D égale au diamètre du rotor.

Tableau 37 - Intensité du risque de projection de morceaux de glace

Eolienne	Zone d'impact en m ² ZI=SG	Zone d'effet du phénomène étudié en m ² ZE= π x (RPG) ² Avec RPG = 1,5 x (Hm+D) RPG = 474 m	Degré d'exposition du phénomène étudié en % d= ZI / ZE	Intensité
E01 à E11	1	705 482,6 m ²	0,0001 %	Exposition modérée

VIII.2.5.3. Gravité

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

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

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

Il a été observé dans la littérature disponible 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 :

Tableau 38 - Nombre de personnes exposées au risque projection de glace dans chaque secteurs

Eolienne	Rayon de la zone d'effet	Nature des terrains	Nombre de personnes comptabilisées par tranche de 10 ha	ZE	Nombres de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)
E01	474 m	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1	70,5 ha	7,1
E02			1		7,1
E03			1		7,1
E04			1		7,1
E05			1		7,1
E06			1		7,1
E07			1		7,1
E08			1		7,1
E09			1		7,1
E10			1		7,1
E11			1		7,1

Il est à noter que pour le parc du Blessonnier, chacune des zones d'effet des éoliennes E01 à E11 sont constituées de terrains aménagés et peu fréquentés (1 personne pour 10 ha d'après la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010).

Le nombre équivalent de personnes permanentes sera donc inférieur à 10 (7,1 personnes).

Le niveau de gravité sera donc « **Sérieux** ».

VIII.2.5.4. Probabilité

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

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

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

VIII.2.5.5. Acceptabilité

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

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

Tableau 39 - Acceptabilité du risque projection de morceaux de glace

Projection de morceaux de glace					
Gravité des conséquences	Classe de probabilité				
	E : Extrêmement rare	D : Rare	C : Improbable	B : Probable	A : Courant
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux				E01 à E11	
Modéré					

Ainsi, pour le parc éolien du Blessonnier, le phénomène de projection de glace constitue un risque acceptable pour les personnes.

VIII.3. Synthèse de l'étude détaillée des risques

VIII.3.1 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 40 - Synthèse de l'étude détaillée des risques

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 241 m	Rapide	Exposition modérée	D	Sérieux pour les éoliennes E01 à E09 et E11
					Modéré pour l'éolienne E10
Chute de glace	Zone de survol 75 m	Rapide	Exposition modérée	A	Modéré pour l'ensemble des éoliennes
Chute d'éléments de l'éolienne	Zone de survol 75 m	Rapide	Exposition modérée	C	Modéré pour l'ensemble des éoliennes
Projection de pale ou de fragment de pale	500 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	D	Sérieux pour l'ensemble des éoliennes
Projection de glace	1,5 x (Hm + D) autour de l'éolienne soit 474 m	Rapide	Exposition modérée	B	Sérieux pour l'ensemble des éoliennes

Probabilité : A : Courant, B : Probable, C : Improbable, D : Rare, E : Extrêmement rare

VIII.3.2 Synthèse de l'acceptabilité des risques

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

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

Gravité des conséquences	Classe de probabilité				
	E : Extrêmement rare	D : Rare	C : Improbable	B : Probable	A : Courant
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux		Effondrement de l'éolienne (E01 à E09 et E11) Projection de pale ou de fragment de pale (E01 à E11)		Projection de glace (E01 à E11)	
Modéré		Effondrement de l'éolienne (E10)	Chute d'éléments de l'éolienne (E01 à E11)		Chute de glace (E01 à E11)

Il apparait au regard de la matrice complétée que :

- Aucun accident n'apparait dans les cases rouges de la matrice,
- Certains accidents figurent en case jaune. Pour ces accidents, il convient de souligner que les fonctions de sécurité détaillée dans la partie 0 sont mises en place.

VIII.3.3 Cartographique des risques

À l'issue de la démarche d'analyse des risques, une carte de synthèse des risques pour l'ensemble des aérogénérateurs est proposée dans ce paragraphe :

- Effondrement de l'éolienne : cf. Figure 24 ;
- Chute de glace : cf. Figure 25 ;
- Chute d'éléments de l'éolienne : cf. Figure 26 ;
- Projection de pale ou de fragment de pale : cf. Figure 27 ;
- Projection de glace : cf. Figure 28.

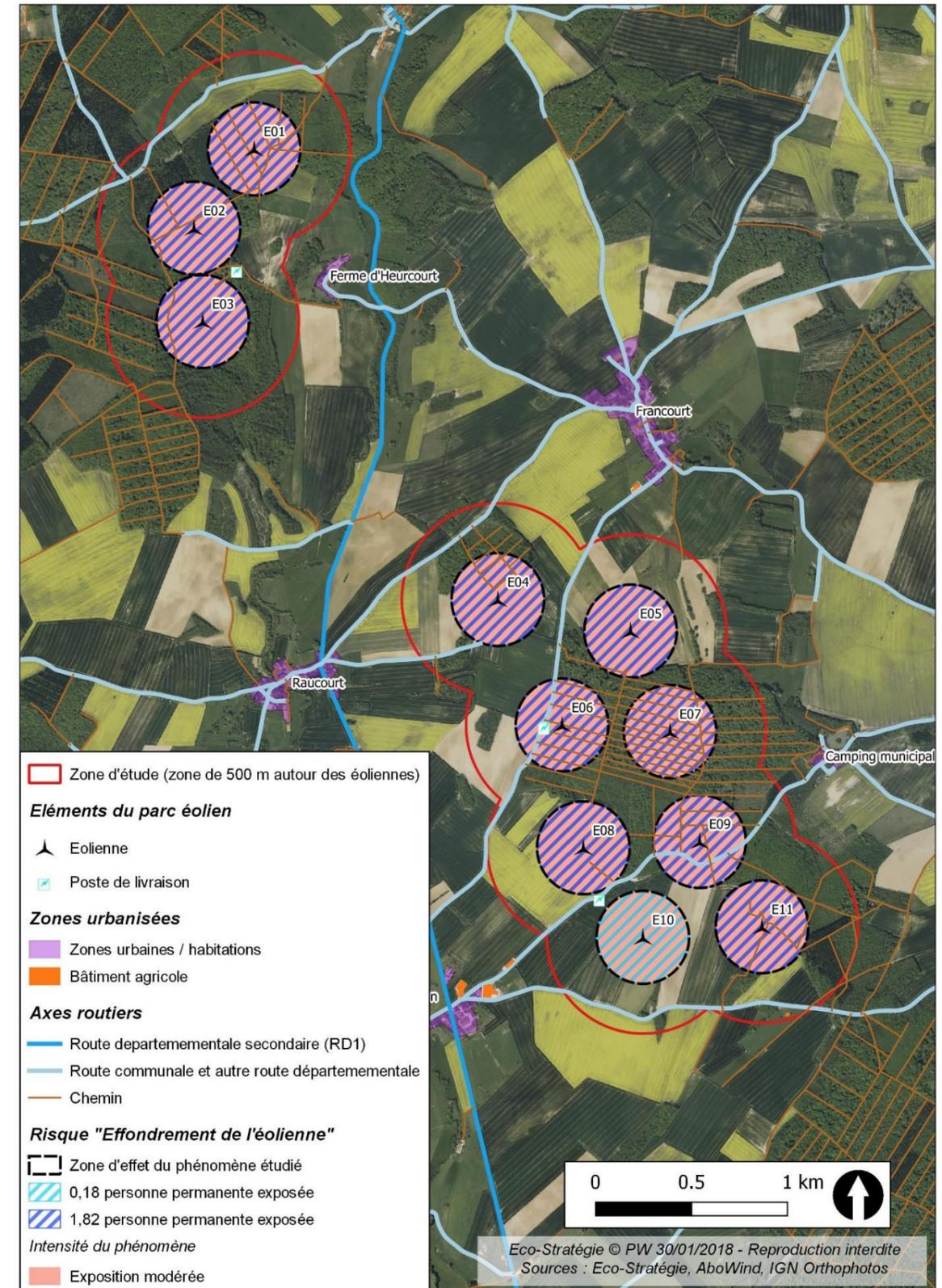


Figure 24 - Carte de synthèse du risque « Effondrement de l'éolienne »

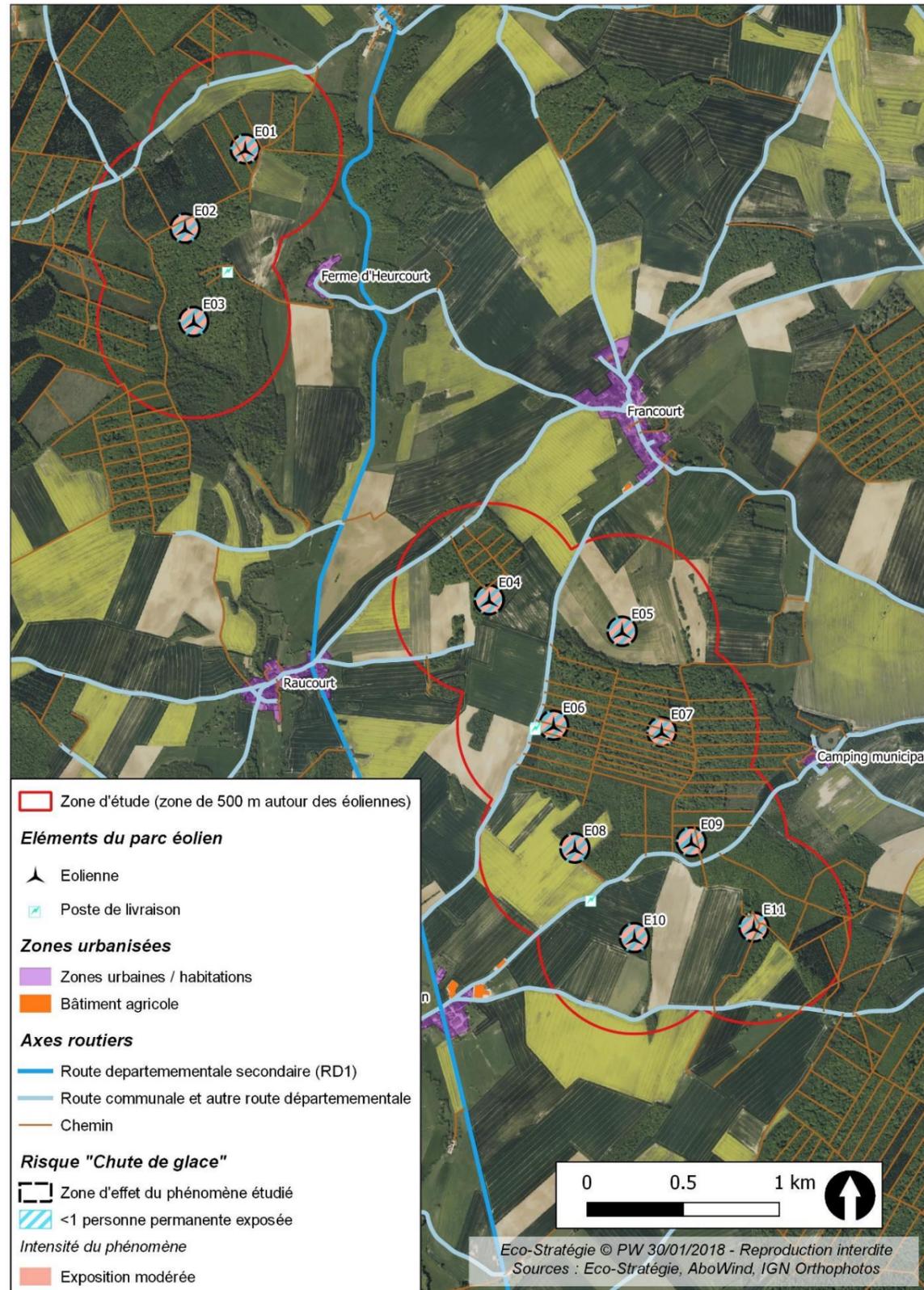


Figure 25 - Carte de synthèse du risque « Chute de glace »

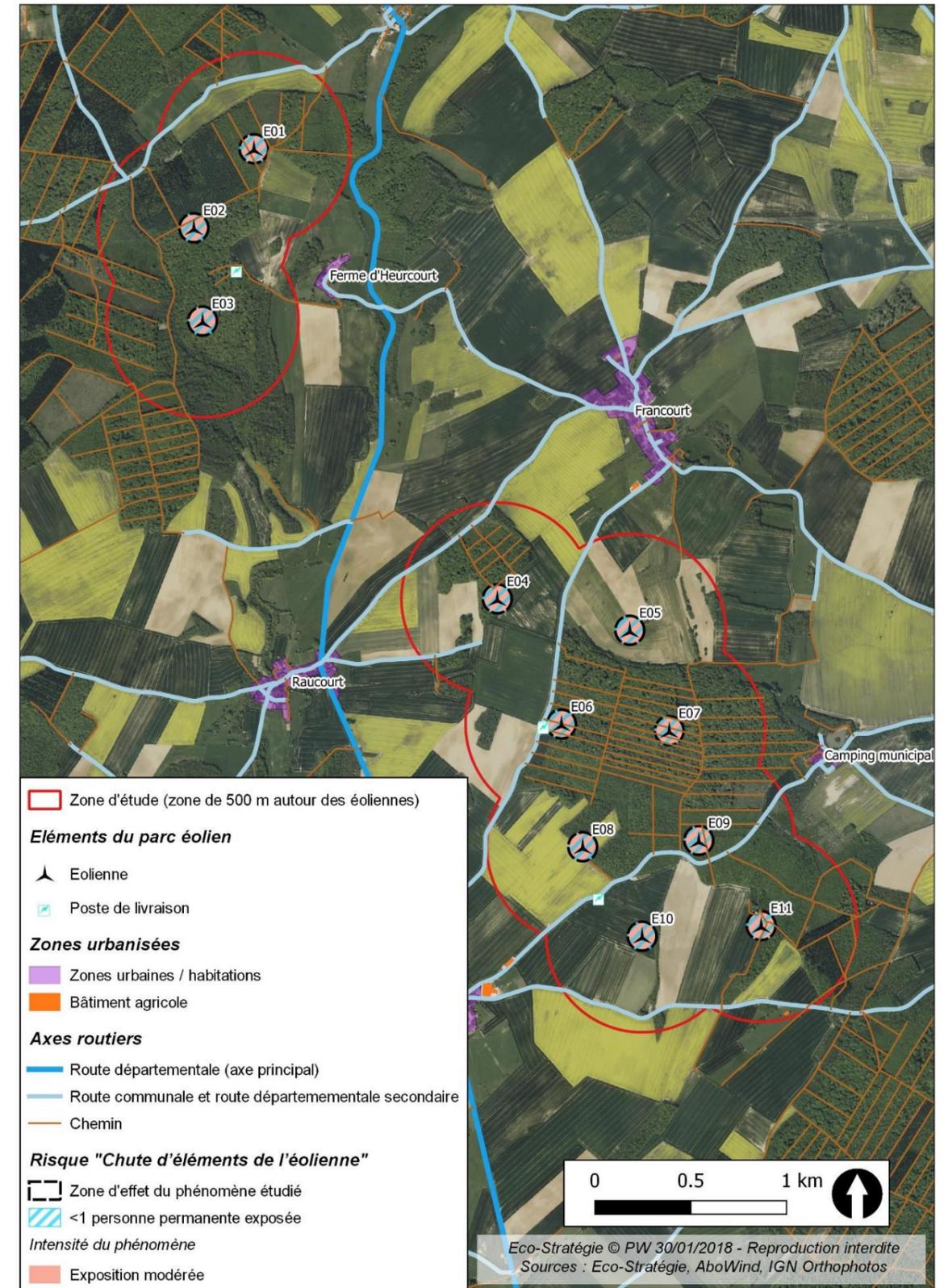


Figure 26 - Carte de synthèse du risque « Chute d'éléments d'éolienne »

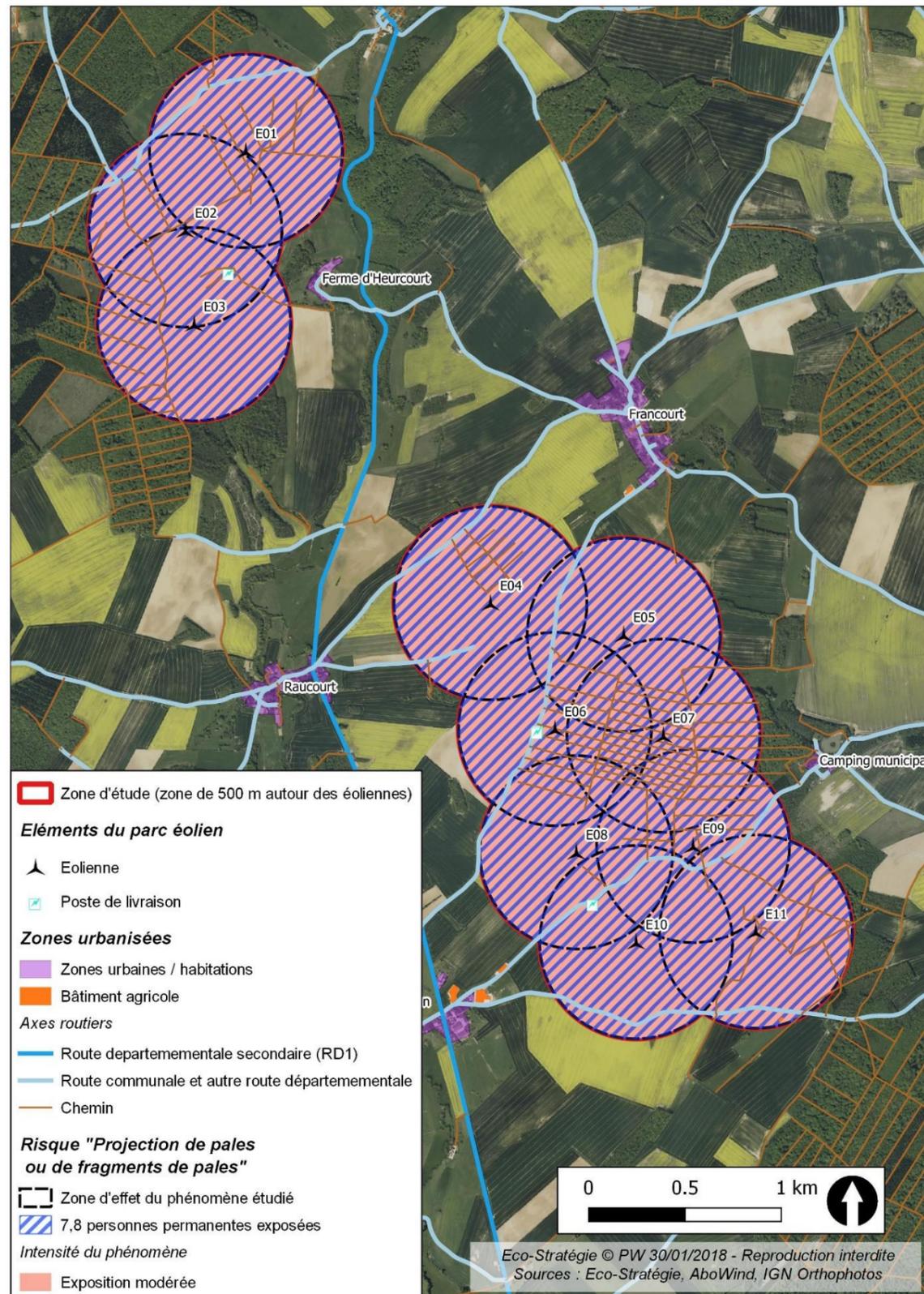


Figure 27 - Carte de synthèse du risque « Projection de pale ou de fragment de pale »

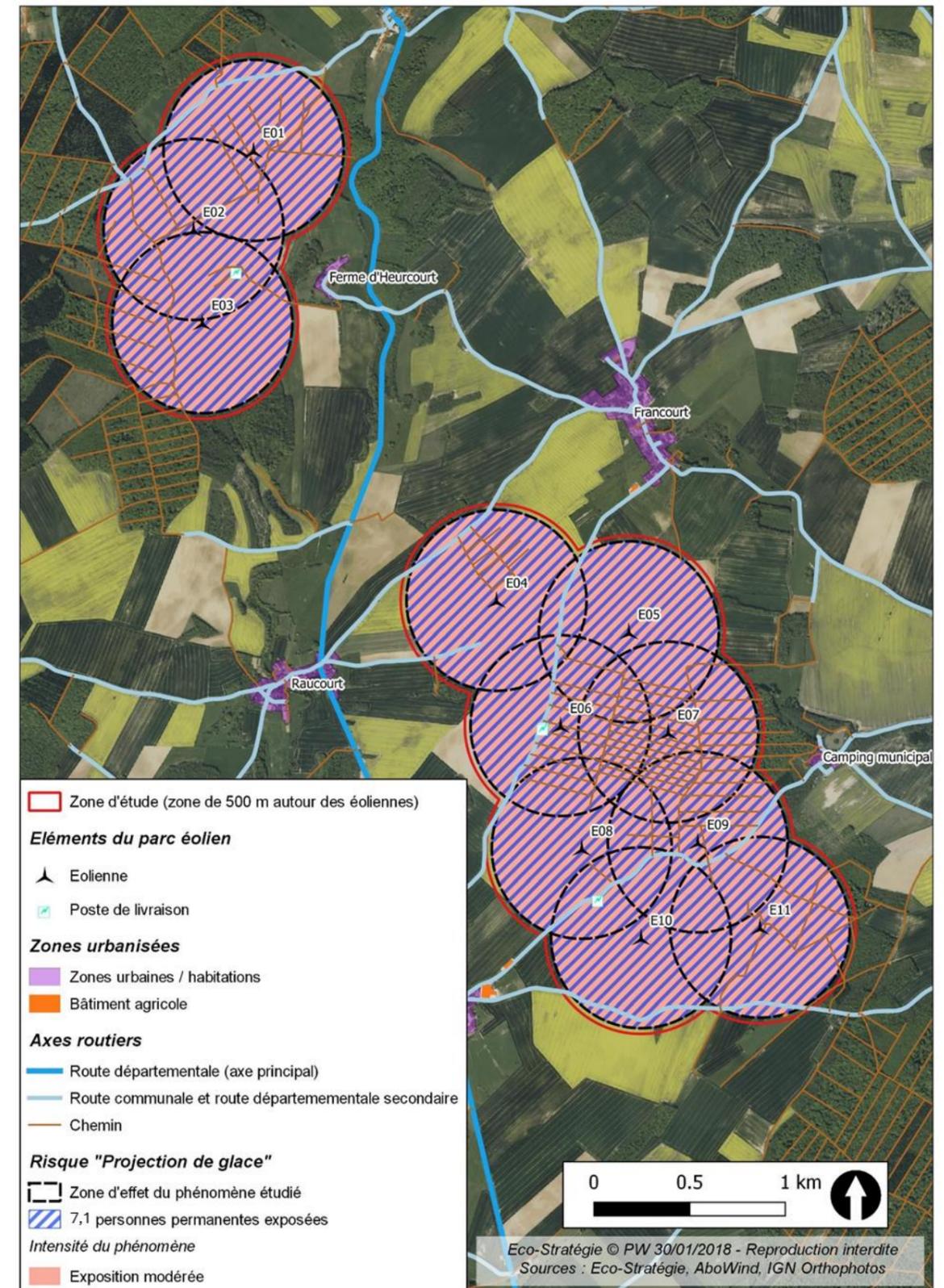


Figure 28 - Carte de synthèse du risque « Projection de glace »

IX. CONCLUSION

Suite à la réalisation de la matrice de criticité sur le parc éolien du Blessonnier, il apparaît que les accidents les plus significatifs en termes de risque sont :

- La projection de morceaux de glace et la chute de glace pour l'ensemble des éoliennes.

L'ensemble des scénarios a fait l'objet d'une étude détaillée (estimation de la probabilité, de la gravité, de la cinétique et de l'intensité des événements). Ils constituent un risque acceptable pour les personnes exposées.

Le tableau ci-dessous représente la probabilité et la gravité de ces accidents en termes de risque :

Accidents majeurs les plus significatifs		
Scénario	Probabilité	Gravité
Projection de glace	B	Sérieux
Chute de glace	A	Modéré

Plusieurs mesures de maîtrise des risques sont mises en place pour prévenir ou limiter les conséquences de ces accidents majeurs (cf VII.5). Ces mesures de sécurité sont conformes aux prescriptions de l'arrêté ministériel relatif aux installations soumises à autorisation au titre de la rubrique 2980 des installations classées relatives à la sécurité de l'installation.

Le tableau suivant a pour objectif de synthétiser les principales mesures de sécurité permettant de prévenir les conséquences des accidents les plus significatifs sur le parc éolien du Blessonnier :

Fonction de sécurité	Mesures de sécurité	Description	Efficacité
Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	Système de détection ou de déduction de la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. Procédure adéquate de redémarrage	Système de détection ou de déduction du givre permettant, en cas de formation de glace, une mise à l'arrêt de l'aérogénérateur. Le redémarrage peut ensuite se faire soit automatiquement après disparition des conditions de givre, soit manuellement après inspection visuelle sur site.	100 %
Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	Panneautage en pied de machine Eloignement des zones habitées et fréquentées	Mise en place de panneaux informant de la possible formation de glace en pied de machines (conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011).	100 %

Ainsi, pour le parc éolien du Blessonnier, les accidents majeurs identifiés en termes de risque constituent un risque acceptable pour les personnes exposées.

X. BIBLIOGRAPHIE

- Guide technique, Elaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens, Syndicat des énergies renouvelables, France Energie Eolienne, INERIS, Octobre 2022
- L'évaluation des fréquences et des probabilités à partir des données de retour d'expérience (ref DRA-11-117406-04648A), INERIS, 2011
- NF EN 61400-1 Eoliennes – Partie 1 : Exigences de conception, Juin 2006
- Wind Turbine Accident data to 31 March 2011, Caithness Windfarm Information Forum
- Site Specific Hazard Assessment for a wind farm project – Case study – Germanischer Lloyd, Windtest Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH, 2010/08/24
- Guide for Risk-Based Zoning of wind Turbines, Energy research centre of the Netherlands (ECN), H. Braam, G.J. van Mulekom, R.W. Smit, 2005
- Specification of minimum distances, Dr-ing. Veenker ingenieurgesellschaft, 2004
- Permitting setback requirements for wind turbine in California, California Energy Commission – Public Interest Energy Research Program, 2006
- Oméga 10 : Evaluation des barrières techniques de sécurité, INERIS, 2005
- Arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement
- Arrêté du 15 septembre 2014 modifiant l'arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal »
- Arrêté du 29 Septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation
- Circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 Juillet 2003
- Arrêté du 29 Septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation
- Alpine test site Gütsch: monitoring of a wind turbine under icing conditions- R. Cattin et al.
- Wind energy production in cold climate (WECO), Final report - Bengt Tammelin et al. – Finnish Meteorological Institute, Helsinki, 2000
- Rapport sur la sécurité des installations éoliennes, Conseil Général des Mines - Guillet R., Leteutrois J.-P. - juillet 2004
- Risk analysis of ice throw from wind turbines, Seifert H., Westerhellweg A., Kröning J. - DEWI, avril 2003
- Wind energy in the BSR: impacts and causes of icing on wind turbines, Narvik University College, novembre 2005
- Eude de Dangers présente les données de la gamme des turbines Vestas de la plateforme 4 MW, à savoir don't le modèle V150 – 4MW revalorisé à 4.2MW ou bridé à 3.8 MW et 3.6 MW, novembre 2017
- General Description of 4MW Platform, VESTAS, juin 2017

XI. TABLE DES ILLUSTRATIONS

XI.1. Figures

Figure 1 - Localisation du projet à différentes échelles	7
Figure 2 - Localisation de la zone d'étude (fond Orthophotographie)	8
Figure 3 - Localisation des zones habitations et des activités agricoles à proximité de la zone d'étude	9
Figure 4 - Localisation des ICPE les plus proches du projet éolien.....	10
Figure 5 - Localisation du sentier de randonnée passant à proximité de l'éolienne E09	11
Figure 6 - Températures moyennes mensuelles mesurées à la station de Chargey-les-Gray	11
Figure 7 - Précipitations moyennes mensuelles mesurées à la station de Chargey-les-Gray	12
Figure 8 - Localisation des mouvements de terrain à proximité de la zone d'étude	14
Figure 9 - Route communale (entre Volon et Renaucourt) et RD 1 au sud de Volon ; source : Eco-Stratégie, le 16/02/2017).....	15
Figure 10 - Chemins forestiers avec ornières et en stabilisé dans le bois de Volon (source : Eco-Stratégie, le 16/02/2017)	15
Figure 11 - Localisation des axes routiers au niveau de la zone d'étude	15
Figure 12 - Synthèse des données de l'état initial	16
Figure 13 - Carte de synthèse du nombre de personnes exposées.....	18
Figure 14 - Éléments principaux constituant une éolienne	19
Figure 15 - Plan de masse du projet.....	21
Figure 16 - Raccordement électrique des installations.....	24
Figure 17 - Répartition des événements accidentels (en majuscule) et de leurs causes premières (en minuscule) sur le parc aérogénérateur français entre 2000 et 2023 (source : ARIA, Réalisation : Eco-Stratégie)	29
Figure 18 - Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2019 (source : FEE).....	30
Figure 19 - Répartition des causes premières d'effondrement entre 2000 et 2019 (source : FEE).....	30
Figure 20 - Répartition des causes premières de rupture de pale entre 2000 et 2019 (source : FEE)	30
Figure 21 - Répartition des causes premières d'incendie entre 2000 et 2019 (source : FEE)	30
Figure 22 - Évolution du nombre d'accidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées entre 2001 et 2019 (source : base ARIA)	31
Figure 23 - Accidents survenus sur les parcs éoliens par rapport au cumul des MW installées entre 2001 et 2021	31
Figure 24 - Carte de synthèse du risque « Effondrement de l'éolienne »	51
Figure 25 - Carte de synthèse du risque « Chute de glace »	52
Figure 26 - Carte de synthèse du risque « Chute d'éléments d'éolienne »	52
Figure 27 - Carte de synthèse du risque « Projection de pale ou de fragment de pale »	53
Figure 28 - Carte de synthèse du risque « Projection de glace »	53

XI.2. Tableaux

Tableau 1 - Rubrique ICPE à laquelle les projets éoliens sont soumis	5
--	---

Tableau 2 - Coordonnées géographiques des 11 éoliennes (E) et des 4 postes de livraison (PDL).....	7
Tableau 3 - Population et densité de population pour les communes de la zone d'étude	9
Tableau 4 - Recensement des ICPE à proximité de la zone d'étude.....	10
Tableau 5 – Risques naturels recensés sur les communes des éoliennes	13
Tableau 6 – Arrêtés de catastrophes naturelles sur les communes de Francourt (F), Roche-et-Raucourt (R-R), Volon (V) et Renaucourt (R)	13
Tableau 7 - Distance entre la route départementale (RD1) / voie communale et les éoliennes	14
Tableau 8 - Distance entre l'aérodrome de Francourt / les éoliennes du Blessonnier	16
Tableau 9 - Nombre de personnes exposées sur voies de communications structurantes en fonction du linéaire et du trafic	17
Tableau 10 - Tableau de synthèse de comptage des personnes.....	18
Tableau 11 - Caractéristiques du modèle d'éolienne envisagé V150.....	20
Tableau 12 - Coordonnées géographiques des éoliennes	20
Tableau 13 - Synthèse des caractéristiques des éoliennes du projet du Blessonnier.....	22
Tableau 14 - Respect du projet vis-à-vis de la réglementation en vigueur en matière de sécurité.....	22
Tableau 15 - Potentiel de dangers liés au fonctionnement du parc éolien	26
Tableau 16 - Principales agressions externes liées aux activités humaines	33
Tableau 17 - Principales agressions externes liées aux phénomènes naturels	33
Tableau 18 - Tableau générique de l'APR	34
Tableau 19 : Définition des seuils de gravité	41
Tableau 20 - Définition de la probabilité d'occurrence d'un accident	41
Tableau 21 - Matrice d'acceptabilité	41
Tableau 22 - Zone d'effet pour l'effondrement de l'éolienne.....	42
Tableau 23 - Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)	42
Tableau 24 – Nombre de personnes exposées au risque d'effondrement d'une éolienne dans chaque secteurs (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale en bout de pale).....	42
Tableau 25 - Fréquence d'effondrement d'une éolienne selon la bibliographie.....	43
Tableau 26 - Gravité et niveau de risque de l'effondrement d'une éolienne.....	43
Tableau 27 - Intensité de chute de glace	44
Tableau 28 - Nombre de personnes exposées au risque de chute de glace dans chaque secteurs	44
Tableau 29 - Acceptabilité du risque de chute de glace	45
Tableau 30 - Intensité de chute d'élément de l'éolienne.....	45
Tableau 31 - Nombre de personnes exposées au risque de chute d'éléments d'une éolienne dans chaque secteurs	46
Tableau 32 - Acceptabilité de chute d'élément de l'éolienne	46
Tableau 33 - Intensité de projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)	47
Tableau 34 - Nombre de personnes exposées au risque projection de pales ou de fragments de pales dans chaque secteurs.....	47
Tableau 35 - Fréquence de projection de pale ou de fragment de pale selon la bibliographie	47
Tableau 36 - Acceptabilité de projection de pales ou de fragments de pales	48

Tableau 37 - Intensité du risque de projection de morceaux de glace	48
Tableau 38 - Nombre de personnes exposées au risque projection de glace dans chaque secteurs	49
Tableau 39 - Acceptabilité du risque projection de morceaux de glace	49
Tableau 40 - Synthèse de l'étude détaillée des risques	50

XII. ANNEXES

XII.1. Annexe 1 : Tableau de l'accidentologie française

Le tableau ci-dessous a été établi par le groupe de travail constitué pour la réalisation du présent guide. Il recense l'ensemble des accidents et incidents connus en France concernant la filière éolienne entre 2000 et fin 2011. L'analyse de ces données est présentée dans la partie VI. de la trame type de l'étude de dangers.

Type d'accident	Date	Nom/localisation du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Effondrement	Novembre 2000	Port la Nouvelle	Aude	0,5	1993	Non	Le mât d'une éolienne s'est plié lors d'une tempête suite à la perte d'une pale (coupure courant prolongée pendant 4 jours suite à la tempête)	Tempête avec foudre répétée	Rapport du CGM Site Vent de Colère	-
Rupture de pale	2001	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pales en bois (avec inserts)	Inconnue	Site Vent de Colère	Information peu précise
Effondrement	01/02/2002	Wormhout	Nord	0,4	1997	Non	Bris d'hélice et mât plié	Tempête	Rapport du CGM Site Vent du Bocage	-
Maintenance	01/07/2002	Port la Nouvelle – Sigean	Aude	0,66	2000	Non	Grave électrisation avec brûlures d'un technicien	Lors de mesures pour caractériser la partie haute d'un transformateur 690V/20kV en tension. Le mètre utilisé par la victime, déroulé sur 1,46m, s'est soudainement plié et est entré dans la zone du transformateur, créant un arc électrique.	Rapport du CGM	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Effondrement	28/12/2002	Névian - Grande Garrigue	Aude	0,85	2002	Non	Effondrement d'une éolienne suite au dysfonctionnement du système de freinage	Tempête + dysfonctionnement du système de freinage	Rapport du CGM Site Vent de Colère Article de presse (Midi Libre)	-
Rupture de pale	25/02/2002	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pale en bois (avec inserts) sur une éolienne bipale	Tempête	Article de presse (La Dépêche du 26/03/2003)	Information peu précise

Type d'accident	Date	Nom/localisation du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Rupture de pale	05/11/2003	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pales en bois (avec inserts) sur trois éoliennes. Morceaux de pales disséminés sur 100 m.	Dysfonctionnement du système de freinage	Rapport du CGM Article de presse (Midi Libre du 15/11/2003)	-
Effondrement	01/01/2004	Le Portel – Boulogne sur Mer	Pas de Calais	0,75	2002	Non	Cassure d'une pale, chute du mât et destruction totale. Une pale tombe sur la plage et les deux autres dérivent sur 8 km.	Tempête	Base de données ARIA Rapport du CGM Site Vent de Colère Articles de presse (Windpower Monthly May 2004, La Voix du Nord du 02/01/2004)	-
Effondrement	20/03/2004	Loon Plage – Port de Dunkerque	Nord	0,3	1996	Non	Couchage du mât d'une des 9 éoliennes suite à l'arrachement de la fondation	Rupture de 3 des 4 micropieux de la fondation, erreur de calcul (facteur de 10)	Base de données ARIA Rapport du CGM Site Vent de Colère Articles de presse (La Voix du Nord du 20/03/2004 et du 21/03/2004)	-
Rupture de pale	22/06/2004	Pleyber-Christ - Site de Quesnoy-sur-Airaines	Finistère	0,3	2001	Non	Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5 m à 50 m, mât intact	Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage)	Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004)	Incon-
Rupture de pale	08/07/2004	Pleyber-Christ - Site de Quesnoy-sur-Airaines	Finistère	0,3	2001	Non	Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5m à 50m, mât intact	Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage)	Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004)	Incident identique à celui s'étant produit 15 jours auparavant
Rupture de pale	2004	Escales-Conilhac	Aude	0,75	2003	Non	Bris de trois pales	Inconnue	Site Vent de Colère	Information peu précise
Rupture de pale + incendie	22/12/2004	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75	2004	Non	Bris des trois pales et début d'incendie sur une éolienne (survitesse de plus de 60 tr/min)	Survitesse due à une maintenance en cours, problème de régulation, et dysfonctionnement du système de freinage	Base de données ARIA Article de presse (La Tribune du 30/12/2004) Site Vent de Colère	-
Rupture de pale	2005	Wormhout	Nord	0,4	1997	Non	Bris de pale	Inconnue	Site Vent de Colère	Information peu précise

Type d'accident	Date	Nom/localisation du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Rupture de pale	08/10/2006	Pleyber-Christ - Site de Quesnoy-sur-Airaines	Finistère	0,3	2004	Non	Chute d'une pale de 20 m pesant 3 tonnes	Allongement des pales et retrait de sécurité (débridage), pas de REX suite aux précédents accidents sur le même parc	Site FED Articles de presse (Ouest France) Journal FR3	-
Incendie	18/11/2006	Roquetaillade	Aude	0,66	2001	Non	Acte de malveillance : explosion de bonbonne de gaz au pied de 2 éoliennes. L'une d'entre elles a mis le feu en pieds de mat qui s'est propagé jusqu'à la nacelle.	Malveillance / incendie criminel	Communiqués de presse exploitant Articles de presse (La Dépêche, Midi Libre)	-
Effondrement	03/12/2006	Bondues	Nord	0,08	1993	Non	Sectionnement du mât puis effondrement d'une éolienne dans une zone industrielle	Tempête (vents mesurés à 137Kmh)	Article de presse (La Voix du Nord)	-
Rupture de pale	31/12/2006	Ally	Haute-Loire	1,5	2005	Non	Chute de pale lors d'un chantier de maintenance visant à remplacer les rotors	Accident faisant suite à une opération de maintenance	Site Vent de Colère	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident pendant la phase chantier)
Rupture de pale	03/2007	Clitourps	Manche	0,66	2005	Non	Rupture d'un morceau de pale de 4 m et éjection à environ 80 m de distance dans un champ	Inconnue	Site FED Interne exploitant	-
Chute d'élément	11/10/2007	Plouvien	Finistère	1,3	2007	Non	Chute d'un élément de la nacelle (trappe de visite de 50 cm de diamètre)	Défaut au niveau des charnières de la trappe de visite. Correctif appliqué et retrofit des boulons de charnières effectué sur toutes les machines en exploitation.	Article de presse (Le Télégramme)	-
Emballement	03/2008	Dinéault	Finistère	0,3	2002	Non	Emballement de l'éolienne mais pas de bris de pale	Tempête + système de freinage hors service (boulon manquant)	Base de données ARIA	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (événement unique et sans répercussion potentielle sur les personnes)

Type d'accident	Date	Nom/localisation du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Collision avion	04/2008	Plouguin	Finistère	2	2004	Non	Léger choc entre l'aile d'un bimoteur Beechcraftch (liaison Ouessant-Brest) et une pale d'éolienne à l'arrêt. Perte d'une pièce de protection au bout d'aile. Mise à l'arrêt de la machine pour inspection.	Mauvaise météo, conditions de vol difficiles (sous le plafond des 1000m imposé par le survol de la zone) et faute de pilotage (altitude trop basse)	Articles de presse (Le Télégramme, Le Post)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident aéronautique)
Rupture de pale	19/07/2008	Erize-la-Brûlée - Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Non	Chute de pale et projection de morceaux de pale suite à un coup de foudre	Foudre + défaut de pale	Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain 22/07/2008)	-
Incendie	28/08/2008	Vauvillers	Somme	2	2006	Non	Incendie de la nacelle	Problème au niveau d'éléments électroniques	Dépêche AFP 28/08/2008	-
Rupture de pale	26/12/2008	Raival - Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Non	Chute de pale	Inconnue	Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain)	-
Maintenance	26/01/2009	Clastres	Aisne	2,75	2004	Non	Accident électrique ayant entraîné la brûlure de deux agents de maintenance	Accident électrique (explosion d'un convertisseur)	Base de données ARIA	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Rupture de pale	08/06/2009	Bollène	Vaucluse	2,3	2009	Oui	Bout de pale d'une éolienne ouvert	Coup de foudre sur la pale	Interne exploitant	Non utilisable dans les chutes ou les projections (la pale est restée accrochée)
Incendie	21/10/2009	Froidfond - Espinassière	Vendée	2	2006	Non	Incendie de la nacelle	Court-circuit dans transformateur sec embarqué en nacelle ?	Article de presse (Ouest-France) Communiqué de presse exploitant Site FED	-
Incendie	30/10/2009	Freyssenet	Ardèche	2	2005	Non	Incendie de la nacelle	Court-circuit faisant suite à une opération de maintenance (problème sur une armoire électrique)	Base de données ARIA Site FED Article de presse (Le Dauphiné)	-

Type d'accident	Date	Nom/localisation du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Maintenance	20/04/2010	Toufflers	Nord	0,15	1993	Non	Décès d'un technicien au cours d'une opération de maintenance	Crise cardiaque	Article de presse (La Voix du Nord 20/04/2010)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Effondrement	30/05/2010	Port la Nouvelle	Aude	0,2	1991	Non	Effondrement d'une éolienne	Le rotor avait été endommagé par l'effet d'une survitesse. La dernière pale (entière) a pris le vent créant un balourd. Le sommet de la tour a plié et est venu buter contre la base entraînant la chute de l'ensemble.	Interne exploitant	-
Incendie	19/09/2010	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75	2004	Non	Emballement de deux éoliennes et incendie des nacelles.	Maintenance en cours, problème de régulation, freinage impossible, évacuation du personnel, survitesse de +/- 60 tr/min	Articles de presse Communiqué de presse SER-FEE	-
Maintenance	15/12/2010	Pouillé-les-Côteaux	Loire Atlantique	2,3	2010	Oui	Chute de 3 m d'un technicien de maintenance à l'intérieur de l'éolienne. L'homme de 22 ans a été secouru par le GRIMP de Nantes. Aucune fracture ni blessure grave.	Inconnue	Interne SER-FEE	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Transport	31/05/2011	Mesvres	Saône-et-Loire	-	-	-	Collision entre un train régional et un convoi exceptionnel transportant une pale d'éolienne, au niveau d'un passage à niveau Aucun blessé	Inconnue	Article de presse (Le Bien Public 01/06/2011)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident de transport hors site éolien)

Type d'accident	Date	Nom/localisation du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Rupture de pale	14/12/2011	Non communiqué	Non communiqué	2,5	2003	Non	Pale endommagée par la foudre. Fragments retrouvés par l'exploitant agricole à une distance n'excédant pas 300 m.	Foudre	Interne exploitant	Information peu précise sur la distance d'effet
Incendie	03/01/2012	Non communiqué	Non communiqué	2,3	2006	Non	Départ de feu en pied de tour. Acte de vandalisme : la porte de l'éolienne a été découpée pour y introduire des pneus et de l'huile que l'on a essayé d'incendier. Le feu ne s'est pas propagé, dégâts très limités et restreints au pied de la tour.	Malveillance / incendie criminel	Interne exploitant	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (pas de propagation de l'incendie)
Rupture de pale	05/01/2012	Widehem	Pas-de-Calais	0,75	2000	Non	Bris de pales, dont des fragments ont été projetés jusqu'à 380 m. Aucun blessé et aucun dégât matériel (en dehors de l'éolienne).	Tempête + panne d'électricité	ARIA n° 41578	-
Maintenance	06/02/2012	Lehaucourt	Aisne	2	2008	Non	Accident électrique ayant entraîné la brûlure de deux agents de maintenance	Accident électrique (arc électrique)	ARIA n°41628	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Rupture de pale	11/04/2012	Sigean	Aude	Entre 0,2 et 0,66	1991	Non	Présence d'un impact sur le mât. Projection à 20m d'un débris de pale long de 15m.	Foudre	ARIA n°43841	-

Type d'accident	Date	Nom/localisation du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Chute de pale	18/05/2012	Fresnay-L'Evêque	Eure-et-Loir	2	2008	Non	Chute d'une pale.	Corrosion dans les trous d'alésages traversant une des bagues du roulement reliant pale et hub.	ARIA n°42919	-
Chute d'un élément d'une pale	1/11/2012	Vieillespesse	Cantal	2,5	2011	Oui	Un élément de 400g constitutif d'une pale éolienne est projeté à 70m du mât, à l'intérieur de la parcelle clôturée du parc de 4 éoliennes.	Inconnue	ARIA n°43120	-
Incendie	05/11/2012	Sigean	Aude	0,66	1991	Non	Feu d'éolienne, enflammant 80m2 de garrigue environnante. Le feu a entraîné la chute d'une pale.	Dysfonctionnement de disjoncteur situé sur l'éolienne a entraîné la propagation des courants de court-circuit faisant fondre les câbles et entraînant un départ d'incendie dans la nacelle.	ARIA n°43228	-
Chute de pale	06/03/2013	Conilhac-de-la-montagne	Aude	0,85	2008	Non	Chute d'une pale de l'éolienne.	Inconnue	ARIA n°43576	-
Incendie	17/03/2013	Fère-Champenoise-Euivy-Corroy	Marne	2,5	2011	Oui	Rotor de l'éolienne qui prend feu à la suite d'une probable surchauffe. Une pale de l'engin est tombée à terre.	Surchauffe	ARIA n°4360	-

Type d'accident	Date	Nom/localisation du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Rupture de pale	20/06/2013	Labastide-sur-Besorgues	Ardèche	0,9	2009	Oui	Une pale est déchirée sur 6m de longueur, le boîtier basse tension et le parafoudre en tête d'installation au poste de livraison sont détruits.	Foudre conduisant à une montée en pression de l'air intérieur	ARIA n°45016	-
Maintenance	01/07/2013	Cambon-et-Salvergues	Hérault	1,6	2006	Non	Dévisage de la vanne d'isolement dans le hub d'une éolienne, contenant du gaz sous pression blessant un technicien de maintenance.	Défaillances organisationnelles.	ARIA n°44150	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Incendie	09/01/2014	Antheny	Champagne-Ardenne	2,5	2013	Oui	Feu se déclarant au niveau de la partie moteur d'une éolienne. Nacelle détruite, rotor intact.	Incident électrique	ARIA n°44831	-
Chute de pale	20/01/2014	Sigean	Aude	Entre 0,2 et 0,66	1991	Non	Chute de pale liée à la rupture d'une pièce à la base de la pale.	Usure prématurée	ARIA n°44870	
Chute de pale	14/11/2014	Saint-Cirgues-en-Montagne	Ardèche	2,05	2011	Oui	Chute d'une pale lors d'un orage où les rafales de vents ont atteint 130 km/h. Débris projetés à 150m.	Orage, vent violent (130 km/h).	ARIA n°45960	-

Type d'accident	Date	Nom/localisation du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Rupture de pale	05/12/2014	Fitou	Aude	1,3	2002	Non	L'extrémité d'une pale est découverte au sol, à 80m du mât. Cette partie mesure 3m de long.	Défaillance matérielle ou décollage sur les plaques en fibre de verre.	ARIA n°46030	-
Incendie	29/01/2015	Remigny	Aisne	2,3	2015	Oui	Un feu se déclare dans l'éolienne. Dégâts estimés à 150 k€..	Défaut d'isolation au niveau des connexions des conducteurs de puissance.	ARIA n°46304	Parc éolien alors en phase de test.
Incendie	24/08/2015	Santilly	Eure-et-Loir	2,5	2007	Non	Un incendie d'origine accidentelle.	Inconnue	ARIA n°47062	-
Chute de pale	10/11/2015	Ménil-la-Horgne	Meuse	1,5	2007	Non	Les trois pales et le rotor ont fait une chute de 85 mètres de haut, endommageant au pied un transformateur d'EDF.	Une non-conformité dans le processus de moulage d'une pièce de fonderie en acier est suspectée, entraînant la défaillance de l'arbre lent.	ARIA n°47377	-
Chute d'un élément d'une pale	07/02/2016	Conilhac-Corbières	Aude	2,3	2014	Oui	Chute de l'aérofrein d'une des pales.	Rupture du point d'attache du système mécanique de commande de l'aérofrein.	ARIA n°47675	-

Type d'accident	Date	Nom/localisation du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Chute de pale	08/02/2016	Dineault	Finistère	0,3	1999	Non	Une pale chute au sol et une autre se déchire. La pale rompue est retrouvée à 40m du pied du mât.	Tempête avec des vents à 160 km/h.	ARIA n°47680	-
Chute de pale	07/03/2016	Calanhel	Côtes-d'Armor	0,8	2009	Oui	Rupture et chute de la pale à 5m du mât.	Rupture du système d'orientation de la pale.	ARIA n°47763	-
Incendie	10/08/2016	Hescamps	Somme	1	2008	Non	Un feu se déclare au niveau du rotor d'une éolienne. Un technicien est légèrement intoxiqué par les fumées.	Défaillance électrique	ARIA n°48426	-
Incendie	18/08/2016	Dargies	Oise	2	2014	Oui	Fumée s'échappant de la tête de l'aérogénérateur.	Défaillance électrique	ARIA n°48471	-
Chute de pale	12/01/2017	Tuchan	Aude	0,6	2002	Non	Les 3 pales d'une éolienne chutent au sol.	Vents violents entraînant une rotation excessive des pales, dont l'arbre lent était cassé du fait d'une défaillance mécanique.	ARIA n°49104	-

Type d'accident	Date	Nom/localisation du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Rupture de pale	18/01/2017	Nurlu	Somme	2	2006	Non	Chute partielle d'une pale, qui se brise en plusieurs morceaux.	Tempête	ARIA n°49151	-
Rupture de pale	27/02/2017	Lavallée	Meuse	2	2011	Oui	L'extrémité d'une pale, de 7 à 10m), est retrouvée à 200m de l'éolienne.	Rafale de vent extrême lors d'un orage.	ARIA n°49359	-
Rupture de pale	27/02/2017	Trayes	Deux-Sèvres	2	2011	Oui	Les 7 derniers mètres d'une pale de 44m se sont désolidarisés et sont projetés à 150m du mât.	Défaut de fabrication.	ARIA n°49374	-
Incendie	06/06/2017	Allonnes	Eure-et-Loir	3	2014	Oui	Incendie de la nacelle de l'éolienne.	Défaut des condensateurs du boîtier électrique situé dans la nacelle.	ARIA n°49746	-
Rupture de pale	08/06/2017	Aussac-Vadalle	Charente	2	2010	Oui	Une partie d'une pale éolienne chute au sol.	Foudre	ARIA n°49768	-

Type d'accident	Date	Nom/localisation du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Chute de pale	24/06/2017	Conchy-sur-Canche	Pas-de-Calais	1,67	2007	Non	Une pale éolienne se brise et chute au pied du mât.	Inconnue	ARIA n°49902	-
Chute d'élément	17/07/2017	Fécamp	Seine-Maritime	0,9	2006	Non	Un aérofrein se détache d'une pale d'éolienne.	Desserrage d'une vis anti-rotation dû à un problème de montage ou à des vibrations en fonctionnement	ARIA n°50291	-
Rupture de pale	05/08/2017	Priez	Aisne	2	2017	Oui	Une pale se brise en son milieu et tombe au sol.	Inconnue	ARIA n°50148	-
Chute d'élément	08/11/2017	Roman	Eure	2	2010	Oui	Le carénage de la pointe de la nacelle tombe au sol. Il mesure 2m de diamètre et pèse plusieurs dizaines de kg.	Défaut de montage	ARIA n°50694	-
Effondrement	01/01/2018	Parc éolien de Bouin	Vendée	2,4	2003	Non	Le mât de l'éolienne se brise en deux.	Tempête	ARIA n°50913	-

Type d'accident	Date	Nom/localisation du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Rupture de pale	04/01/2018	Nixeville-Blercourt	Meuse	2	2008	Non	Chute d'un morceau de 20m d'une pale éolienne.	Vent violent	ARIA n°50905	-
Chute d'élément	06/02/2018	Conilhac-Corbières	Aude	2,3	2014	Oui	Chute de l'aérofrein d'une des pales. Un accident similaire est survenu sur ce parc 2 ans auparavant.	Défaut sur l'électronique de puissance.	ARIA n°51122	-
Incendie	01/06/2018	Marsanne	Drôme	2	2008	Non	Une éolienne est incendiée à sa base et le feu se propage jusqu'à la nacelle. Une autre l'est aussi mais le feu ne se propage pas.	Incendie criminel	ARIA n°51675	-
Incendie	05/06/2018	Aumelas	Hérault	2	2014	Oui	Un feu se déclare dans la nacelle d'une éolienne. Les pompiers laissent l'incendie se terminer sous surveillance.	Dysfonctionnement électrique	ARIA n°51681	-
Rupture de pale	04/07/2018	Port-la-Nouvelle	Aude	0,66	2000	Non	Les extrémités de 2 pales se sont disloquées et ont été projetées à 150m du mât.	Inconnue	ARIA n°51853	-

Type d'accident	Date	Nom/localisation du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Incendie	03/08/2018	Parc des Monts de l'Ain	Ain	2	2017	Oui	Feu ayant entraîné la chute des pales	Potentielle piste criminelle	Article de presse (20 minutes)	-
Incendie	28/09/2018	Sauveterre	Tarn	2	2009	Non	Un feu se déclare au niveau de la nacelle d'une éolienne. Le feu se propage à la végétation voisine et brûle 2,5 ha de résineux. Des traces d'effraction sur la porte d'accès à l'éolienne sont découvertes.	Incendie criminel	ARIA n°52641	-
Effondrement	06/11/2018	La Mardelle	Loiret	3	2010	Oui	Chute de l'ensemble de l'éolienne. Cet incident n'a pas fait de blessé ni endommagé d'autres machines	Emballement de la machine à la suite d'une panne du système de freinage aérodynamique	Article de presse (France 3 Centre-Val de Loire)	-
Rupture d'un morceau de pale	19/11/2018	Ollezy	Aisne	2,4	2017	Oui	30 mètres d'une pale se sont détachés et retrouvés au sol	Inconnue	Article de Presse (Le journal de Ham)	
Incendie	03/01/2019	La Limouzinière	Loire-Atlantique	2,05	2010	Oui	Incendie du moteur sans provoquer de déformation de la structure. Aucun blessé n'est à déplorer.	Inconnue	Article de presse (France 3 pays de la Loire)	-

Type d'accident	Date	Nom/localisation du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Rupture de morceau de pale	17/01/2019	Bambiderstroff	Moselle	2	2007/2010	Non	Bris et projection de plusieurs morceaux de pale : 5 m de coque et 28 m de fibre de verre. La fibre est projetée à 100 m du mat.	Défaut d'adhérence dû à un manque de matière entre la coque en fibre de verre et le cœur de la pale	Article de Presse (Républicain Lorrain)	
Incendies	20/01/2019	Roussas	Drome	1,7	2006	Non	2 éoliennes prennent feu dans la nuit	Criminelle	Aria n°52993	Ne concerne pas la présente étude
Effondrement	23/01/2019	Boutavent	Oise	2	2010	Non	Mât plié en deux précipitant la nacelle et le rotor au sol	Dysfonctionnement du système de mise en drapeau lors de forts vents	Article de Presse (Courrier picard)	
Rupture de pale	30/01/2019	Roquetaillade	Aude	0,66	2001	Non	Rupture de pale	Inconnue	Article de Presse (L'Indépendant)	
Foudroiement	02/04/2019	Equancourt	Somme	-	-	-	Une pale est endommagée après avoir été frappée par la foudre. L'arrêt et la mise en drapeau préviennent tout chute d'élément	Foudre	Article de Presse (Courrier Picard)	Ne concerne pas la présente étude

Type d'accident	Date	Nom/localisation du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Maintenance	15/04/2019	Chailly-sur-Armançon	Côte d'Or	-	-	-	Electrification d'un technicien	Intervention	ARIA n°53479	Ne concerne par la présente étude
Incendie	18/06/2019	Quesnoy-sur-Airaines	Somme	2,3	2011	Non	Incendie d'origine électrique	Court-circuit sur un condensateur	Article de Presse (Courrier Picard)	
Incendie	25/06/2019	Ambon	Morbihan	1,670	2008	Non	Incendie se déclarant pendant une maintenance du système de pitch des pales	Fuites d'huile constatées en 2015 et 2018 non-nettoyées	Article de Presse (Morbihan)	
Rupture de Pale	27/06/2019	Charly /Marne	Aisne	2	2009	Non	Une éolienne avec une pale présentant un angle anormal est mise à l'arrêt. Lors de l'arrêt, la pale à projeté en 2 morceaux à 15 et 100 m du mât.	Fissure réparée sur la pale et forte chaleurs	ARIA n° 53894	
Chute d'élément	28/11/2019	Santerre Energies	Somme	20	2017	Oui	Le capot se situant à l'extrémité de la nacelle d'une éolienne se décroche et tombe au sol.		ARIA n°54761	

Type d'accident	Date	Nom/localisation du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Emballlement d'une éolienne	06/12/2019	Parc éolien Entre-Tille-et-Venelle à Avelanges	Côte d'Or	48	2019	Oui	Vers 15 h, alors qu'une équipe d'installation réalise un travail d'étiquetage sur une éolienne, cette dernière commence à tourner malgré l'absence de raccordement électrique.	La mise en mouvement non contrôlée est due à une erreur de positionnement des angles des pales la veille de l'accident à 18 h et à la présence de vent violent.	ARIA n°54898	
Chute d'élément	09/12/2019	Parc éolien de la Forêt de Tessé	Charente	24	2016	Oui	Un riverain constate la chute d'un bout de pale d'environ 7 m. La pale s'est brisée en 3 morceaux principaux (2 points de rupture à environ 16,5 m et 47 m de la racine de la pale).	Le lot de fabrication de la pale sinistrée est identifié par le constructeur. La dernière inspection du constructeur réalisée par drone 8 mois plus tôt n'avait révélé aucun défaut.	ARIA n°54810	
Incendie	16/12/2019	Parc éolien de la Voie Bleriot Est	Eure et Loir	-	2016	Oui	Un feu sans flamme se déclare sur une éolienne d'un parc éolien.	Seules les gaines protectrices des câbles de puissance ont brûlé sur 10 m de long. L'expert en assurance suppose une combustion sans flamme et estime la température atteinte en nacelle en dessous de 100 °C.	ARIA n°54985	
Incendie	17/12/2019	Parc éolien du Mont Gimont	Haute-Marne	24	2010	Non	A 14h20, un feu se déclare en partie basse d'une éolienne. Les pompiers interviennent à l'aide d'un extincteur à poudre.	L'origine du départ de feu serait liée à une défaillance électrique.	ARIA n°54820	

XII.2. Annexe 2 : Scénarios génériques issus de l'analyse préliminaire des risques

Cette partie apporte un certain nombre de précisions par rapport à chacun des scénarios étudiés par le groupe de travail technique dans le cadre de l'analyse préliminaire des risques.

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

La numérotation des scénarios ci-dessous reprend celle utilisée dans le tableau de l'analyse préliminaire des risques, avec un regroupement des scénarios par thématique, en fonction des typologies d'événement redoutés centraux identifiés grâce au retour d'expérience par le groupe de travail 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).

XII.2.1 Scénarios relatifs aux risques liés à la glace (G01 et G02)

Scénario G01

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

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

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

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

Scénario G02

La projection de glace depuis une éolienne en mouvement interviendra lors d'éventuels 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.

XII.2.2 Scénarios relatifs aux risques d'incendie (I01 et I07)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

XII.2.3 Scénarios relatifs aux risques de fuite (F01 et F02)

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

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

Scénario F01

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

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

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

Deux événements peuvent être aggravants :

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

Scénario F02

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

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

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

Ce scénario est à adapter en fonction des produits utilisés.

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

XII.2.4 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.

XII.2.5 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'emballement de l'éolienne constitue un facteur aggravant en cas de projection de tout ou partie d'une pale. Cet emballement peut notamment être provoqué par la perte d'utilité décrite au 2.2 de la présente partie C (scénarios incendies).

Scénario P01

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

Scénario P02

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

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

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

Scénarios P03

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

XII.2.6 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, ...

XII.3. Annexe 3 : Probabilité d'atteinte et risque individuel

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

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

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

PERC = probabilité que l'événement redouté central (défaillance) se produise = probabilité de départ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

XII.4. Annexe 4 : 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