

**Société d'Exploitation du Parc
Eolien de Germainville**

97 Allée Alexandre Borodine

69 800 SAINT-PRIEST

PROJET DE PARC EOLIEN DU RENARD

ÉTUDE DE DANGERS

JUILLET 2018

COMMUNE D'ADRIERS DANS LE DEPARTEMENT DE LA VIENNE (86)
ET COMMUNE DE BUSSIÈRE-POITEVINE DANS LE DEPARTEMENT DE LA HAUTE-VIENNE (87)

Maître d'ouvrage : **Société d'Exploitation du Parc Eolien de Germainville**

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

Ingénieurs-conseils en aménagement durable du territoire

42 boulevard Antonio Vivaldi
42 000 SAINT-ETIENNE

42 boulevard Antonio Vivaldi
42 000 SAINT-ETIENNE



Etude n° A1827-R1807-vf

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

SOMMAIRE

I.	Préambule	5	IV.3.1	Raccordement électrique	23
I.1.	Objectif de l'étude de dangers	5	IV.3.2	Autres réseaux.....	24
I.2.	Contexte législatif et réglementaire	5	V.	Identification des potentiels de dangers de l'installation	25
I.3.	La nomenclature des installations classées	5	V.1.	Potentiels de dangers liés aux produits	25
II.	Informations générales concernant l'installation	7	V.2.	Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation.....	25
II.1.	Renseignements administratifs	7	V.3.	Réduction des potentiels de dangers à la source	25
II.2.	Localisation du site	8	V.3.1	Principales actions préventives	25
II.3.	Définition de l'aire d'étude	9	V.3.2	Utilisation des meilleures techniques disponibles.....	25
III.	Description de l'environnement de l'installation	10	VI.	Analyse des retours d'expérience.....	26
III.1.	Environnement humain	10	VI.1.	Inventaires des accidents et incidents en France	26
III.1.1	Zones urbanisées	10	VI.2.	Inventaires des accidents sur des éoliennes Siemens-Gamesa en France.....	27
III.1.2	Etablissement recevant du public.....	11	VI.3.	Inventaire des accidents et incidents à l'international	27
III.1.3	Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) et installations nucléaires de base	11	VI.4.	Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience	28
III.1.4	Autres activités	12	VI.4.1	Analyse de l'évolution des accidents en France	28
III.2.	Environnement naturel	12	VI.4.2	Analyse des typologiques d'accidents les plus fréquents	28
III.2.1	Contexte climatique	12	VI.5.	Limites d'utilisation à l'accidentologie	28
III.2.2	Risques naturels.....	12	VII.	Analyse préliminaire des risques.....	29
III.3.	Environnement matériel	14	VII.1.	Objectif de l'analyse préliminaire des risques.....	29
III.3.1	Voies de communication	14	VII.2.	Recensement des événements initiateurs exclus de l'analyse des risques	29
III.3.2	Réseaux publics et privés	15	VII.2.1	Agressions externes liées aux phénomènes naturels.....	30
III.4.	Cartographie de synthèse	15	VII.3.	Scénarios étudiés dans l'analyse préliminaire des risques (APR)	31
IV.	Description de l'installation	17	VII.4.	Effets dominos.....	33
IV.1.	Caractéristiques de l'installation.....	17	VII.5.	Mise en place des mesures de sécurité	33
IV.1.1	Caractéristiques générales d'un parc éolien	17	VII.6.	Conclusion de l'analyse préliminaire des risques	37
IV.1.2	Activité de l'installation	18	VIII.	Etude détaillée des risques	38
IV.1.3	Composition de l'installation.....	18	VIII.1.	Rappel des définitions	38
IV.2.	Fonctionnement de l'installation.....	20	VIII.1.1	Cinétique	38
IV.2.1	Principe de fonctionnement d'un aérogénérateur	20	VIII.1.2	Intensité	38
IV.2.2	Sécurité de l'installation	20	VIII.1.3	Gravité	39
IV.2.3	Opération de maintenance de l'installation	22	VIII.1.4	Probabilité.....	39
IV.2.4	Stockage et flux de produits dangereux	23	VIII.1.5	Acceptabilité.....	40
IV.3.	Fonctionnement des réseaux de l'installation	23	VIII.2.	Caractérisation des scénarios retenus.....	40
			VIII.2.1	Effondrement de l'éolienne	40
			VIII.2.2	Chute de glace.....	42
			VIII.2.3	Chute d'éléments de l'éolienne	43

VIII.2.4	Projection de pales ou de fragments de pales	45
VIII.2.5	Projection de glace	46
VIII.3.	Synthèse de l'étude détaillée des risques	48
VIII.3.1	Tableaux de synthèse des scénarios étudiés	48
VIII.3.2	Synthèse de l'acceptabilité des risques	49
VIII.3.3	Cartographie des risques	49
IX.	Conclusion.....	52
	Bibliographie.....	53
	Annexes.....	54
I.	Annexe 1 : Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne.....	54
II.	Annexe 2 : Tableau de l'accidentologie française	56
III.	Annexe 3 : Scénarios génériques issus de l'analyse préliminaire des risques	60
IV.	Annexe 4 : Probabilité d'atteinte et risque individuel	62
V.	Annexe 5 : Glossaire.....	63

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 d'Exploitation du Parc Eolien de Germainville (SEPE de Germainville) pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques du parc éolien du Renard, 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 Renard. 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 Renard, 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 terme 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, b) Inférieure à 20 MW.	D	
⁽¹⁾ A : autorisation, E : enregistrement, D : déclaration, S : servitude d'utilité publique, C : soumis au contrôle périodique prévu par l'article L.512-11 du code de l'environnement ⁽²⁾ Rayon d'affichage en kilomètres			

Le parc éolien du Renard comprend 4 aérogénérateurs dont le mât a une hauteur supérieure à 50 m (107 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

- **Porteur de projet**

Le groupe Siemens Gamesa RENEWABLE ENERGY a été créé lors de la fusion des groupes SIEMENS WIND POWER et GAMESA en avril 2017. Cette fusion représente la plus importante de l'histoire dans l'industrie de l'énergie éolienne faisant de Siemens Gamesa le premier constructeur mondial d'éoliennes de grande puissance adaptées à la majorité des régions et climats à travers le monde.

SIEMENS GAMESA est représenté en France par plus de 100 employés, une puissance installée de 1.5 GW, dont plus de 250 MW développés en propre et plus de 80 parcs.

Activités du groupe Siemens Gamesa

Siemens Gamesa réalise la conception, la fabrication, la vente, l'installation ainsi que l'exploitation et la maintenance de ses aérogénérateurs. Au total une base de 72 GW terrestres et de 11 GW en mer a été installée par le groupe.

Siemens Gamesa est ainsi présent sur toutes les étapes de la vie d'un parc éolien :

- **Fabrication d'éoliennes de grande puissance**
 - Une gamme de machines de 2 MW à 8 MW, 1^{er} fabricant mondial.
- **Développement de projets**
 - Acteur mondial de premier plan avec plus de 9 GW de parcs éoliens développés en propre et construits dans 13 pays.
- **Maîtrise d'œuvre**
 - Dimensionnement des fondations ;
 - Etablissement des projets d'exécution ;
 - Support technique ;
 - Suivi des chantiers ;
 - Contrat clé en main.
- **Exploitation et maintenance**
 - Le contrat de fourniture de machines inclut une garantie de maintenance complète de 2 ans du parc éolien depuis l'une de ses bases de maintenance multi-parc ;
 - Siemens Gamesa assure généralement la maintenance et l'opération du parc éolien pour la première période de 15 à 20 ans.

Pour les besoins du montage administratif de ses projets, SIEMENS-GAMESA réalise les demandes d'autorisations administratives des projets qu'elle développe à travers des sociétés de projets dédiées, sociétés de projets dédiées, filiales à 100% de Siemens Gamesa Renewable Energy. La société pétitionnaire, la Société d'Exploitation du Parc Eolien de Germainville est l'une de ces sociétés de projets.

- **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 Paul WAGNER** (Éco-Stratégie) : chef de projet en environnement, titulaire d'un Master 2 en Forêt Agronomie et Gestion de l'Environnement (option Fonctionnement et Gestion des Ecosystèmes). Il a rédigé l'étude de dangers.
- **M Frédéric BRUYERE** (Éco-Stratégie), directeur d'Éco-Stratégie, ingénieur agronome diplômé de l'ENSA de Toulouse. Il a effectué le contrôle qualité du dossier.

Cette étude de dangers a été réalisée à partir des données transmises par Siemens Gamesa.

II.2. Localisation du site

Le parc éolien du Renard, composé de 4 aérogénérateurs, est localisé sur la commune d'Adriers (Communauté de Commune de Vienne et Gartempe dans le département de la Vienne) et localisé sur la commune de Bussière-Poitevine (Communauté de Commune du Haut-Limousin en Marche dans le département de la Haute-Vienne), en région Nouvelle-Aquitaine.

Le projet intègre également 2 postes de livraison (PDL 1 et PDL 2) implantés conjointement en marge de la RD 112, sur la parcelle cadastrale E581.

Tableau 2 - Coordonnées géographiques des 4 éoliennes (E)

Numéro de l'éolienne	Commune d'implantation	Coordonnées Lambert 93	
		Y	X
R1	Bussière-Poitevine	535 469	6 575 257
R2		535 586	6 574 840
R3	Adriers	534 843	6 575 085
R4		535 036	6 574 723

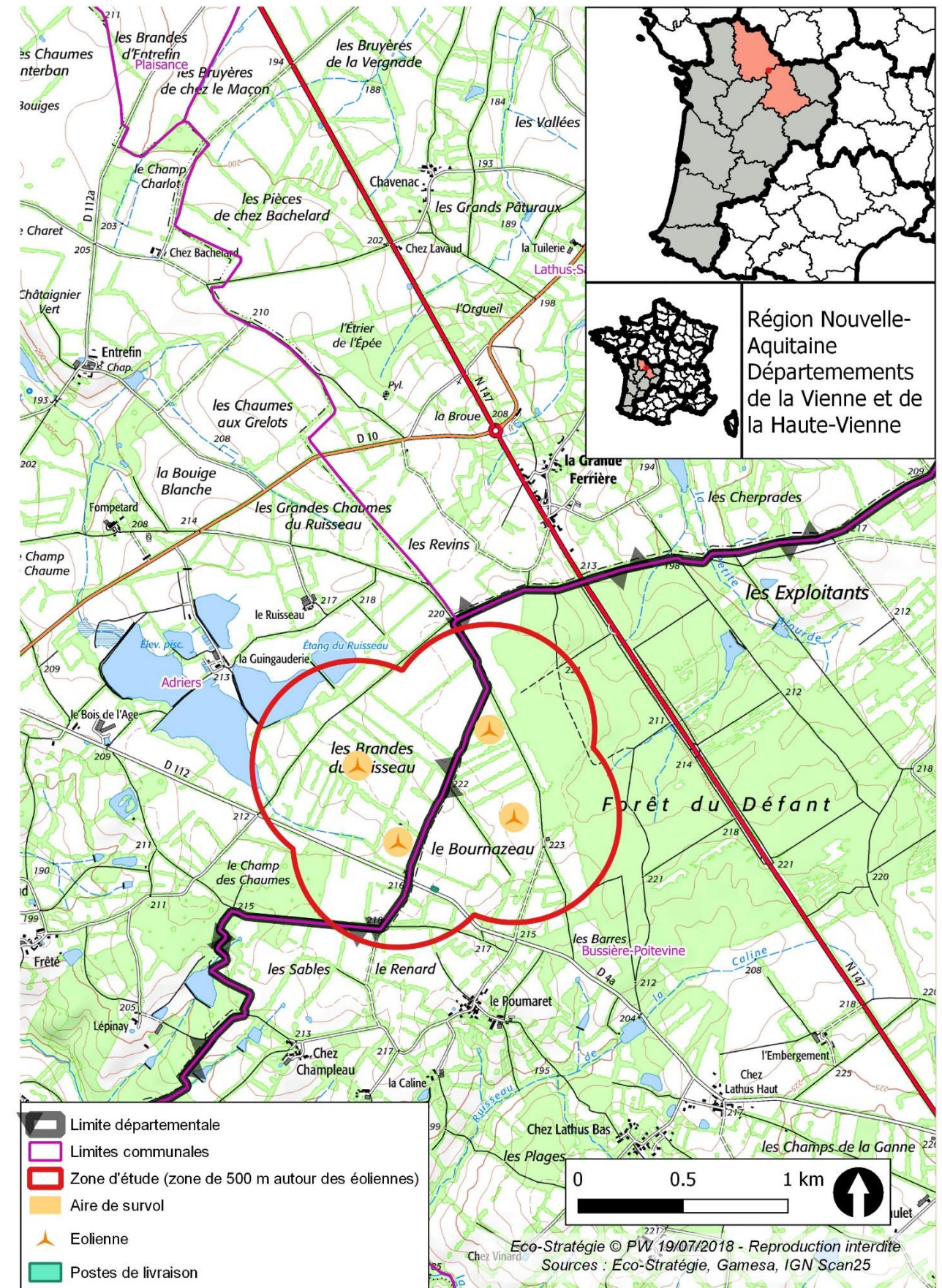


Figure 1 - Localisation du projet à différentes échelles

II.3. Définition de l'aire d'étude

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

Chaque aire d'étude correspond à l'ensemble des points situés à une **distance inférieure ou égale à 500 m** à partir de l'emprise du mât de l'aérogénérateur. Cette distance équivaut à la distance d'effet retenue pour les phénomènes de projection, telle que définie au paragraphe VIII.2.

La longueur d'une pale correspond à la distance entre le centre du moyeu et le bout de pôle. La valeur de **71 m** est retenue pour cette étude.

L'aire de survol correspond à la surface d'un disque de rayon égal à la longueur d'une pale (soit 71 m= longueur maximale d'une pale pour notre étude).



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

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 Zones urbanisées

Le projet s'inscrit au sein d'un secteur rural. Deux communes sont présentes au niveau du périmètre de l'aire d'étude : Adriers, Bussière-Poitevine. Ces communes présentent un paysage bocager. 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	1990	1999	2010	2015	Densité 2015 hab/km ²
		Population (hab)				
Adriers	68,09	833	797	754	733	10,7
Département de la Vienne	6 990	380 005	399 024	426 066 (2009)	445 927	63,8
Bussière-Poitevine	41,71	1 019	960	940	883	21,2
Département de la Haute-Vienne	5 520	353 593	353 893	374 849 (2009)	384 226	69,6

Le projet éolien du Renard s'inscrit au sein d'un secteur rural. Les habitations les plus proches sont celles des hameaux de « la Guingauderie » et « Le Ruisseau » (777 m de l'éolienne n°3).

Le projet retenu est localisé sur les communes de Bussière-Poitevine (87) et Adriers (86), toutes deux soumises à l'application du Règlement National d'Urbanisme (RNU). Aucune SCoT n'est en vigueur actuellement.

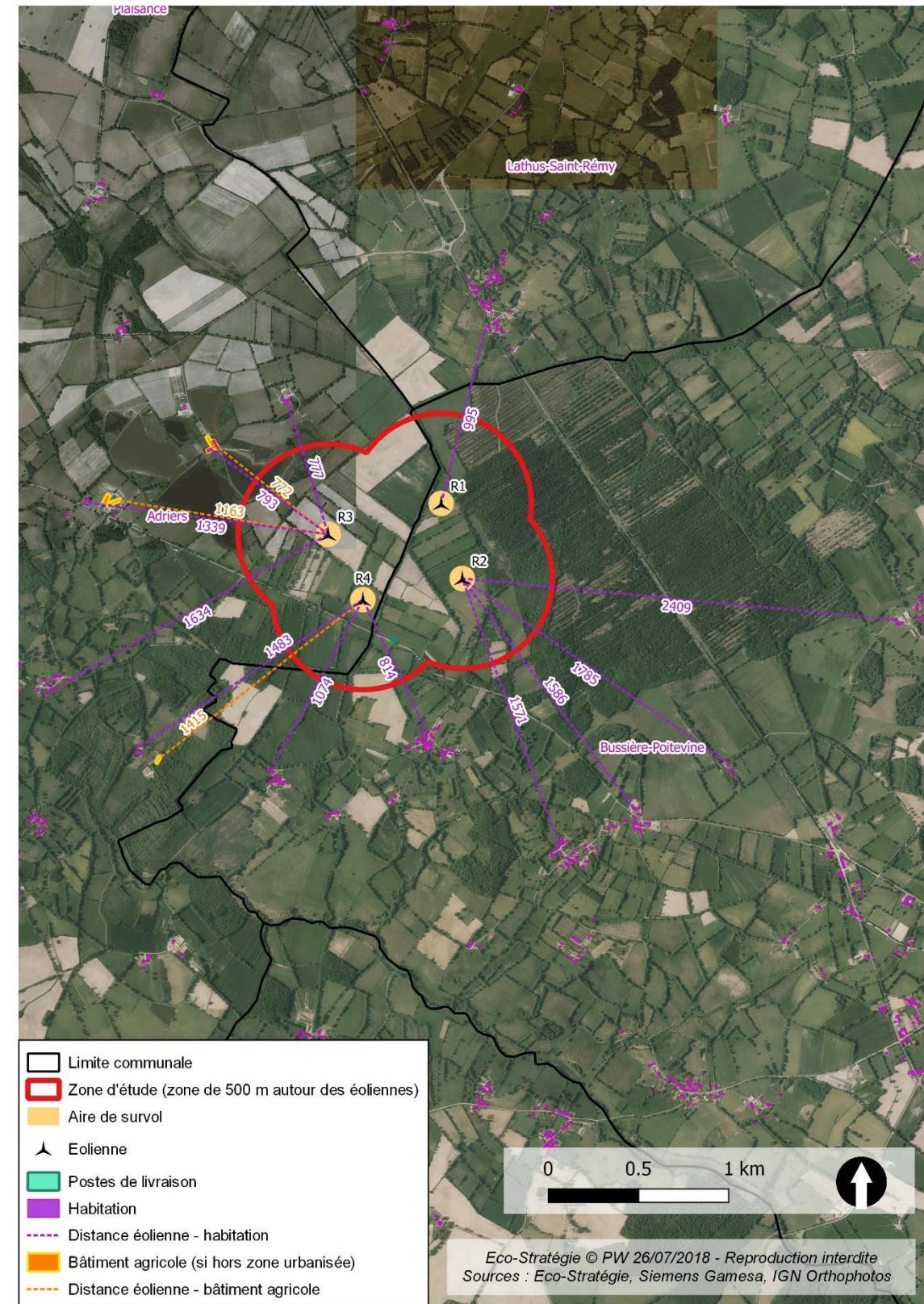


Figure 3 - Localisation des zones habitations et des activités agricoles à proximité de la zone d'étude

III.1.2 Etablissement recevant du public

Aucun Etablissement Recevant du Publique (ERP) n'est présent au sein de la zone d'étude. Des campings sont présents en marge des bourgs d'Adriers et de Bussière-Poitevine, à plus de 3 km du projet.

III.1.3 Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) et installations nucléaires de base

Source :

- *Inspection des installations classées :* www.installationsclassées.developpement-durable.gouv.fr; DREAL Nouvelle-Aquitaine - données éoliennes de décembre 2017

Aucune ICPE n'est incluse dans la zone d'étude. Les ICPE les plus proches de la zone d'étude sont : Carrière Moreau et Fils à 4,0 km à l'est et l'usine Adial (production d'aluminium et autres alliages) à 3,9 km au nord-ouest.

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
Bussière-Poitevine	Moreau et Fils	Enregistrement	Exploitation de carrière	4,0 km
Adriers	Adial	Autorisation	Traitement industriel des minerais non ferreux, Fonderie, etc.	3,4 km

Plusieurs projets éoliens sont présents sur le secteur, dont le parc d'Adrien Terre Froide en activité à plus de 6 km à l'ouest du projet.

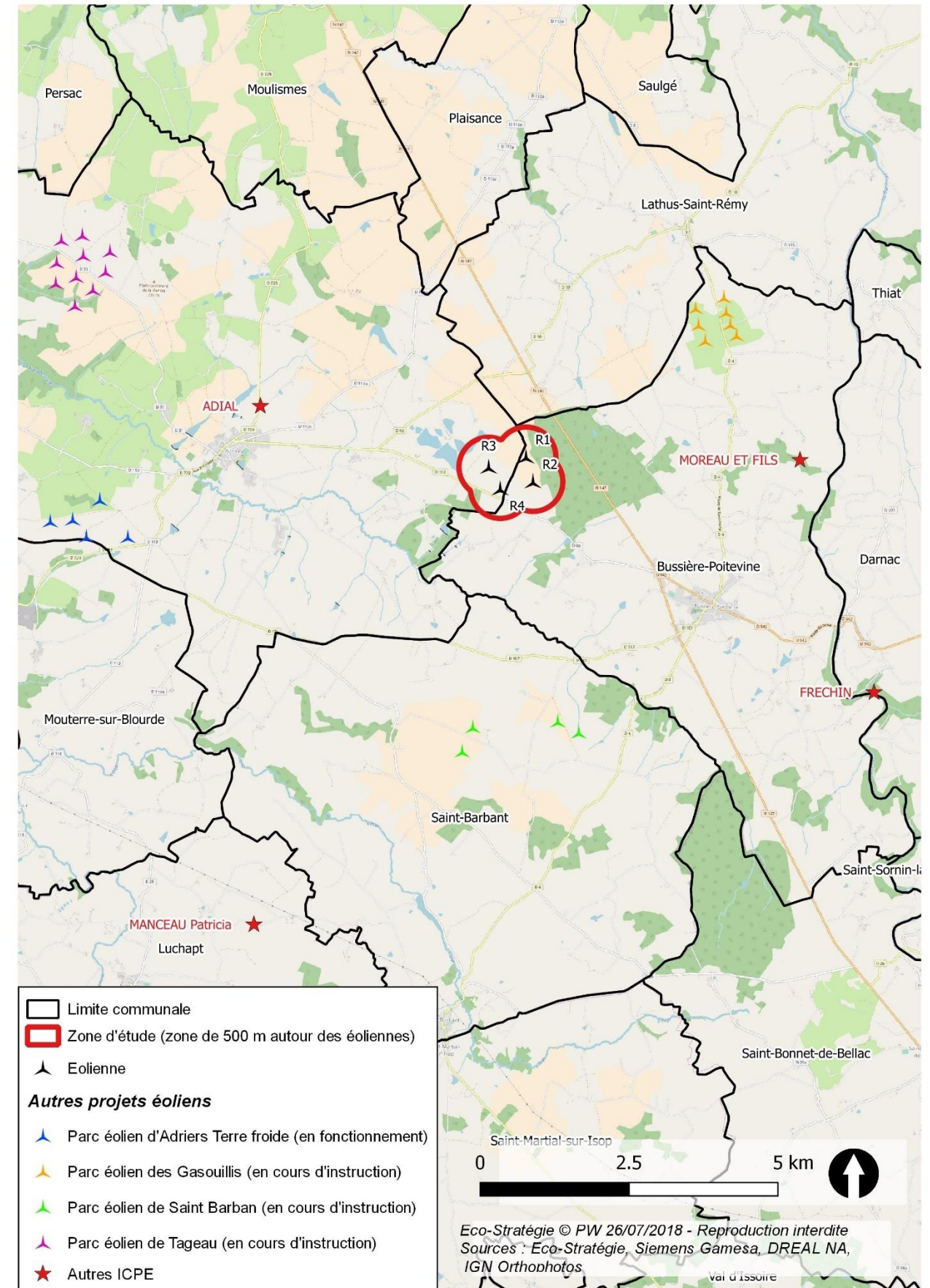


Figure 4 - Localisation des ICPE les plus proches du projet éolien

III.1.4 Autres activités

L'activité agricole constitue la principale activité sur la zone d'étude. Il s'agit en majorité de cultures agricoles : prairies temporaires, cultures céréalières.

On retrouve à l'est en marge de la zone d'étude des plantations de boisements (majorité de plantations de résineux dont du Douglas). L'extrémité ouest de la zone d'étude intersecte deux étangs qui font partie d'un complexe de 6 autres étangs, rattachés à une ferme aquacole.

Enfin, un sentier de Grande Randonnées (GR) traverse la zone d'étude à l'ouest (sur un linéaire de plus de 900 m). Il s'agit du GR de Pays du Tour de la Vienne-Limousine qui effectue une grande boucle de la vallée de la Vienne au village de Montmorillon.

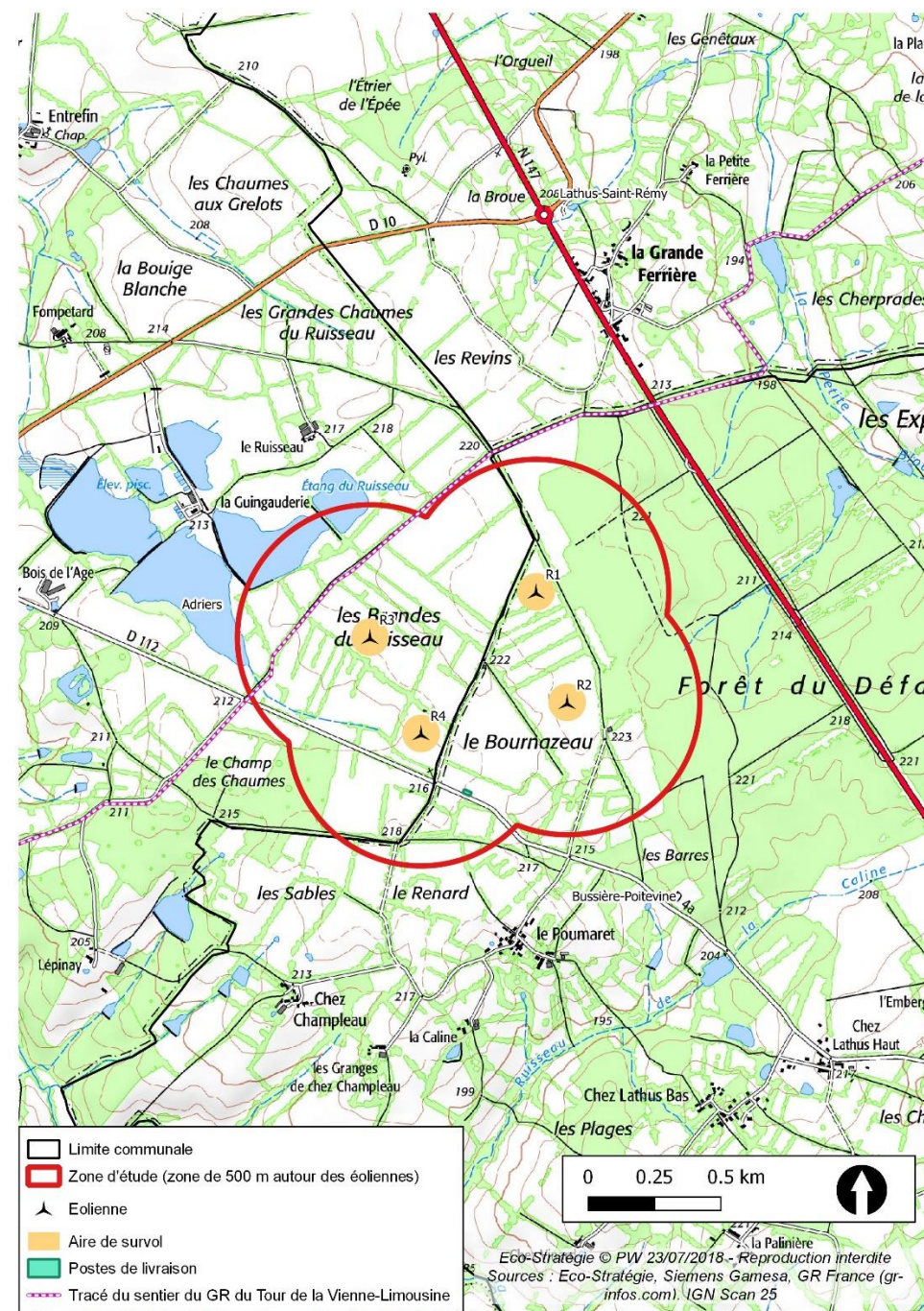


Figure 5 – Localisation du sentier de randonnée passant à proximité

III.2. Environnement naturel

III.2.1 Contexte climatique

Sources : Météo France, www.infoclimat.fr ; <http://www.meteo-mc.fr/climat-Haute-Vienne.html> ; <https://fr.climate-data.org/location/361615/> ; SRE de Poitou-Charentes et de Limousin

Les données climatiques moyennes de la zone d'étude sont les suivantes (données de la station de Saint-Bonnet-de-Bellac, à environ 10 km au sud) :

- des températures comprises entre 8 et 38°C des mois de mai à septembre et comprises entre -4 et 22°C des mois d'octobre à avril. Les températures ne descendent pas beaucoup en dessous de 0°C mais dépassent assez souvent les 20°C l'été ;
- des précipitations en moyenne de 600 mm/an, dont la répartition mensuelle est très variable d'une année sur l'autre mais avec les mois de juillet et août restant les mois les plus secs.

Le Schéma Régional Eolien (SRE) du Limousin montre que le secteur est soumis à un vent moyen de plus de 4,3 m/s, à 80 m de hauteur.

Mât de mesure de vent

Le mât de mesure des vents a été installé sur la commune d'Adriers en septembre 2013. Il mesure 100 mètres de haut. La vitesse du vent à 93 m est de 5,6 m/s. Deux secteurs dominant : le secteur sud-ouest et le secteur nord-est/nord-nord-est.

III.2.2 Risques naturels

Sources : Géorisques.gouv.fr, Ministère de la transition écologique et solidaire ; Site national de prévention des risques sismiques : www.planseisme.fr, DREAL Nouvelle-Aquitaine, portail du SIGENA

La commune d'Adriers est concernée par les risques majeurs naturels suivants :

- Séisme : zone 2/5, faible ;
- Inondation : communes incluses dans le PPRi de la Vienne. Les 2 communes sont également concernées par les remontées de nappe (en domaine de socle) ;
- Mouvement de terrain : aléa moyen retrait-gonflement des argiles ;
- Phénomènes météorologiques : tempête et grains (vent).

La commune de Bussière-Poitevine n'est concernée que par le séisme (risque faible 2/5) et le risque inondation (Gartempe). A noter que la commune d'Adriers dispose d'un DICRIM¹ validé le 17 novembre 2015.

Les 4 éoliennes sont implantées dans un secteur où la sensibilité au risque de remontée de nappe est très faible à inexistante.

Tableau 5 – Arrêtés de catastrophes naturelles sur les communes de Bussière-Poitevine et Adriers

Type de catastrophe	Communes concernées	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
Inondations, coulées de boue et mouvement de terrain	Bussière-Poitevine et Adriers	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999
	Adriers	27/02/2010	01/03/2010	01/03/2010	02/03/2010
Tempête	Bussière-Poitevine	06/11/1982	10/11/1982	18/11/1982	19/11/1982
Inondations et coulées de boue	Adriers	08/12/1982	31/12/1982	11/01/1983	13/01/1983
Mouvements de terrain consécutifs à la sécheresse		01/06/1989	31/12/1990	10/06/1991	19/07/1991
		01/01/1991	31/12/1991	16/08/1993	03/09/1993
Mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols		01/01/2016	31/03/2016	25/07/2017	01/09/2017

• **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 et moyen de mouvement de terrain** lent lié au phénomène de retrait et gonflement des argiles (cf. Figure 6).

Aucun phénomène de mouvement de terrain n'est répertorié dans un secteur de 5 km autour de la zone d'étude.

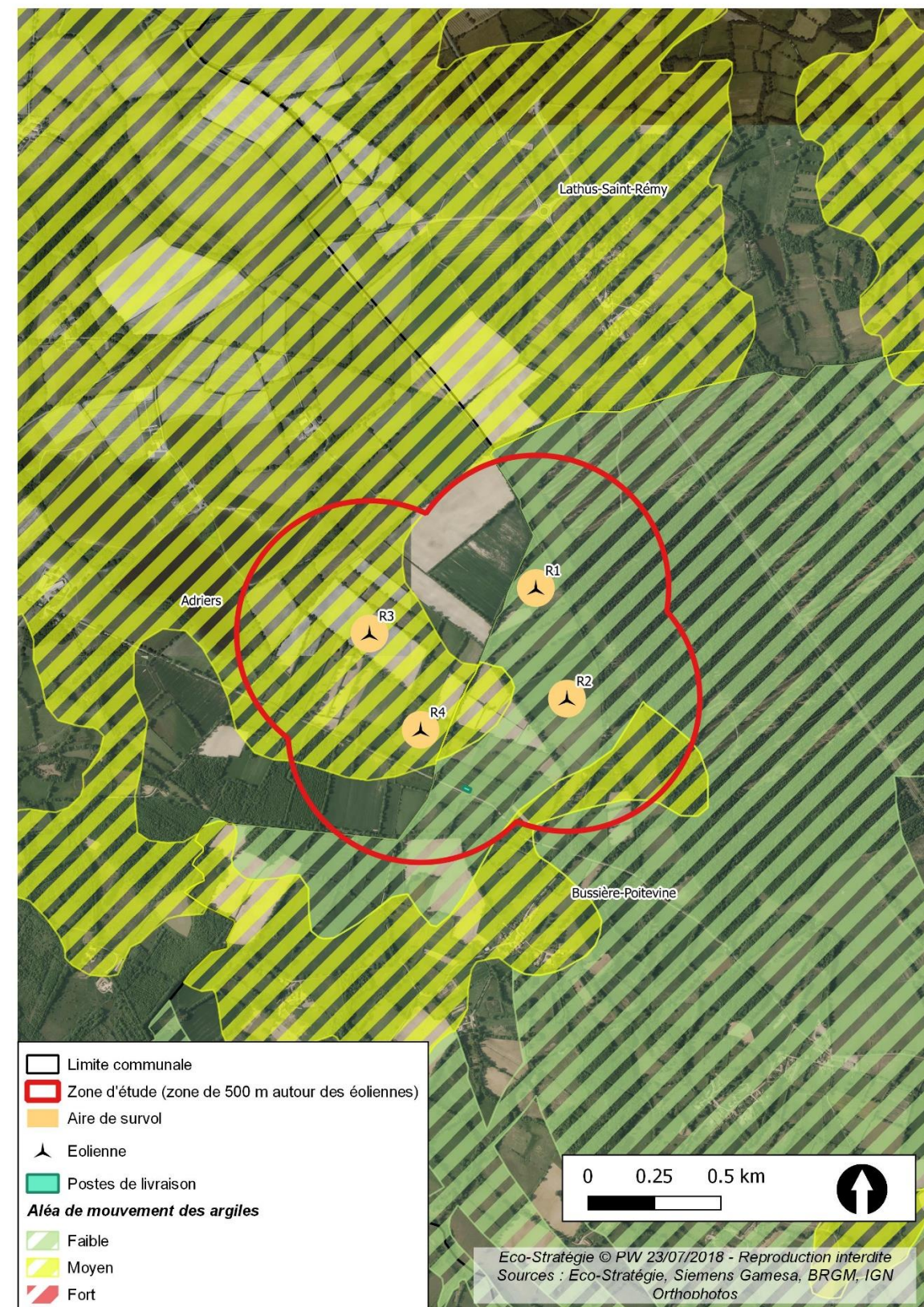


Figure 6 - Localisation des mouvements de terrain à proximité de la zone d'étude

¹ Dossier d'Information Communal sur les Risques Majeurs

• 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 puissance électrique du parc éolien serait au maximum de 19,2 MW et qu'elle se répartie entre deux 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 Renard ne sont pas soumis à des normes spécifiques de construction parasismique.

• Risque de foudroiement

D'après Météorage, les deux communes du site d'étude se situent dans un secteur où la densité moyenne du foudroiement est évaluée 0,8-1 coup / km² / an (contre 1,2 pour la moyenne nationale).

Le risque de foudroiement est faible pour les deux 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

• Transport routier

Le principal axe routier présent à proximité de la zone d'étude est la RN147, située à 250 mètres au nord-est de la zone d'étude, axe qui relie qui relie Limoges à Poitiers.

L'autre axe routier principal est la RD112/RD4a, qui relie les communes d'Adriers et Bussière-Poitevine et traverse la zone d'étude sur un linéaire de 1 km. Cette route comme les autres routes communales présentes à proximité au sud, sont considérées comme des dessertes locales.

Seul le trafic sur la RN147 est connu, avec pour 2017 le trafic moyen journalier annuel suivant (données de la DIR Centre-Ouest) :

- 6595 tout véhicule et 1665 poids lourds (au nord du site avant Lussac) ;
- 9652 tout véhicule et 3448 poids lourds (au sud du site, avant Bellac) ;

Les distances des éoliennes à la RN147 et la RD112/RD4a sont présentées dans le tableau ci-après. A noter que les routes communales présentes sur le secteur se situent au-delà de ces deux axes routiers.

Tableau 6 - Distance entre la route départementale, nationale et les éoliennes

Eolienne	Surface de la zone tampon de 500 m (en ha)	Distance de la voie à l'éolienne considérée (en mètres)	
		RN147	RD112/RD4a
R1	78,5	752	811
R2	78,5	884	489
R3	78,5	1368	399
R4	78,5	1406	146

Plusieurs chemins ruraux carrossables sont également présents et traversent la zone d'étude, en partant de la RD112/RD4a et convergent en limite nord de la zone d'étude. Ces chemins sont stabilisés et ont une largeur de près de 4 mètres.



Figure 7 – Vue du carrefour de Bel-Air (à gauche) et de la RN147 au droit du carrefour avec la RD10 (à droite) (Eco-Stratégie, le 25 avril 2018)



Figure 8 - Vue de la RD112 (à gauche) et du chemin carrossable à l'est (à droite) (Eco-Stratégie, le 15 avril 2018)

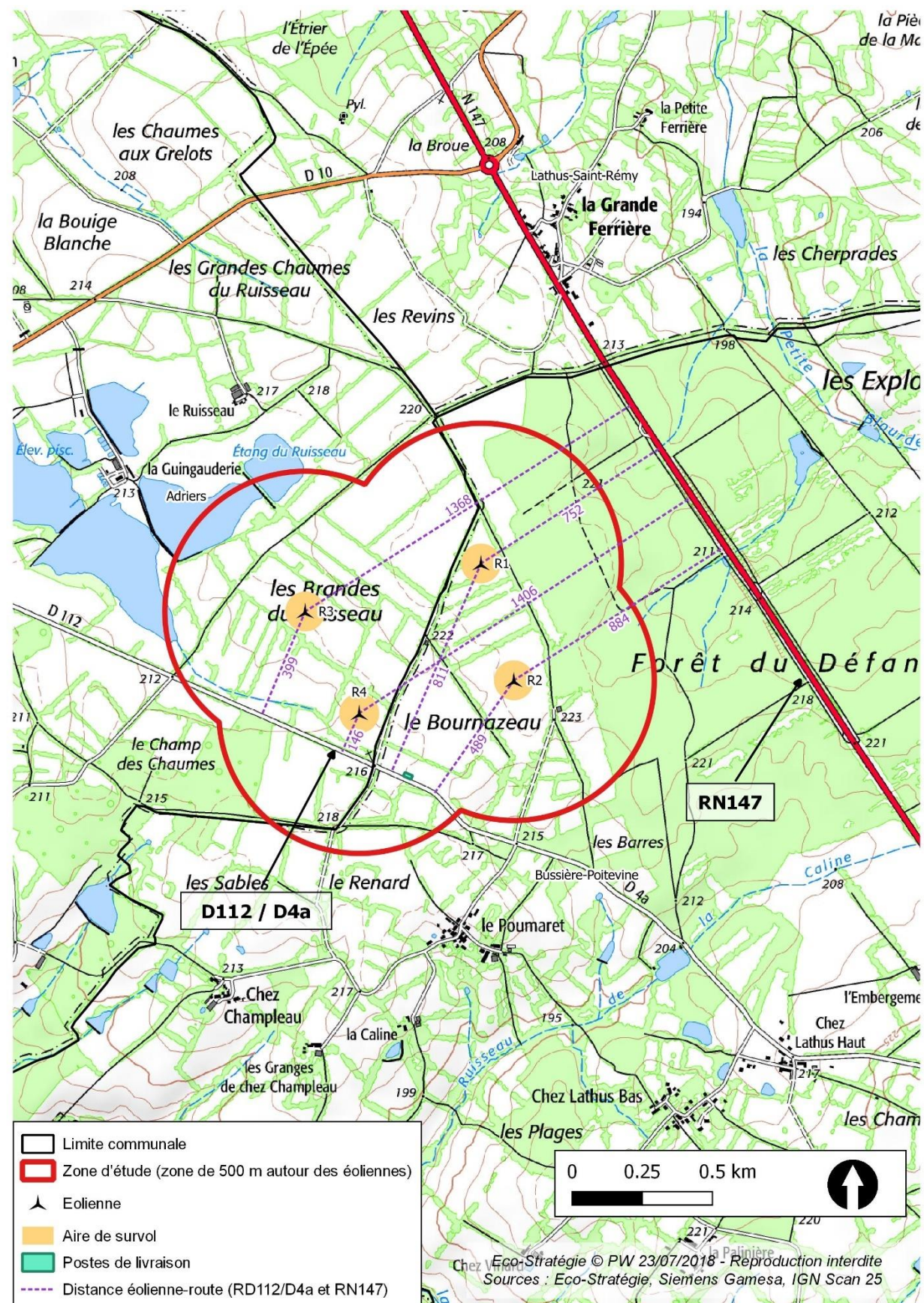


Figure 9 - Localisation des axes routiers au niveau de la zone d'étude

• 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 n'est traversée par aucune installation publique.

III.4. Cartographie de synthèse

Pour conclure ce chapitre, les cartes dans ce paragraphe permettent d'identifier géographiquement les enjeux à protéger dans la zone étude.

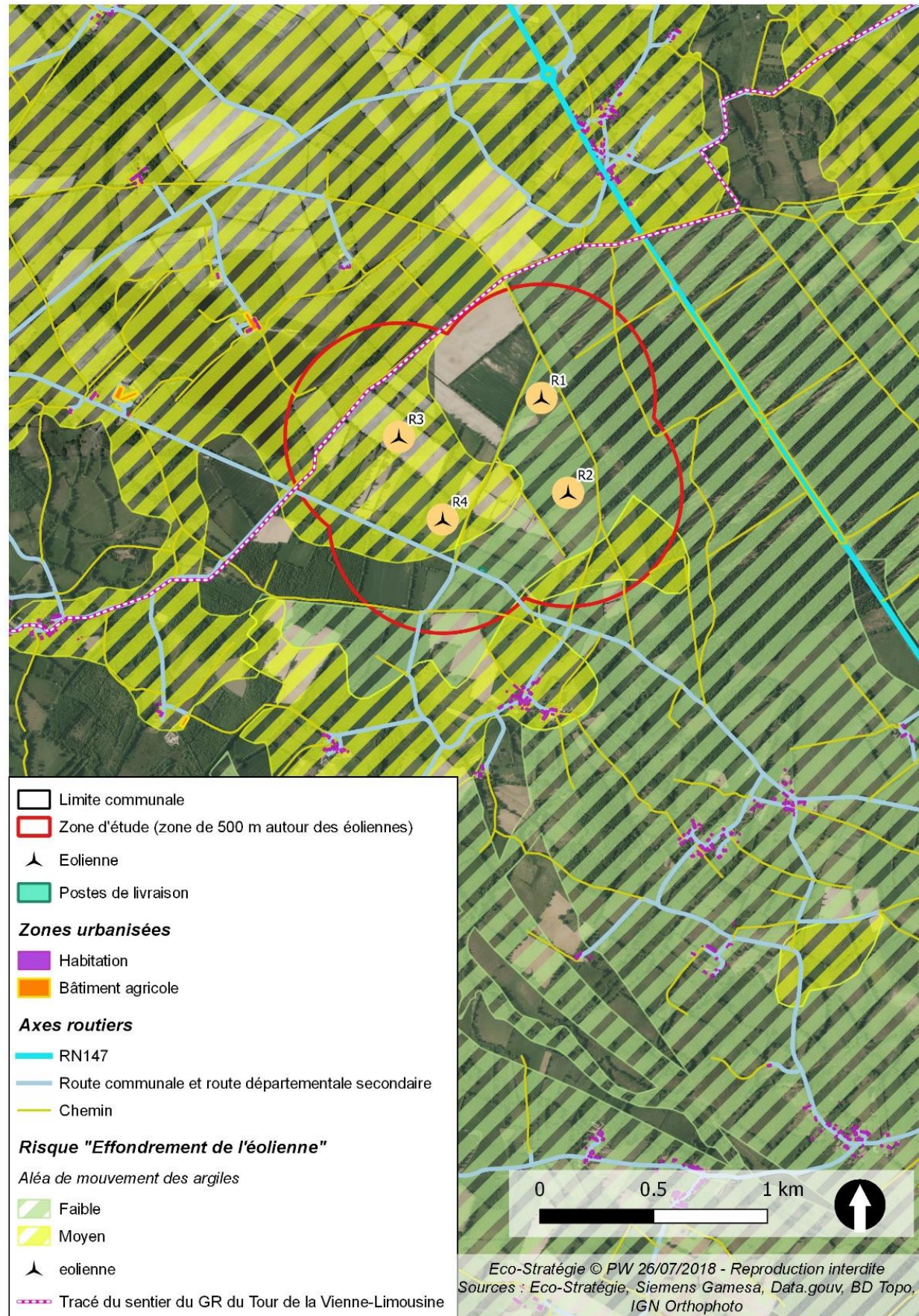


Figure 10 - Synthèse des données de l'état initial

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.

• 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 : un transformateur électrique, 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 (génératrice électrique, multiplicateur, système de frein, d'orientation de l'éolienne, paratonnerre..)

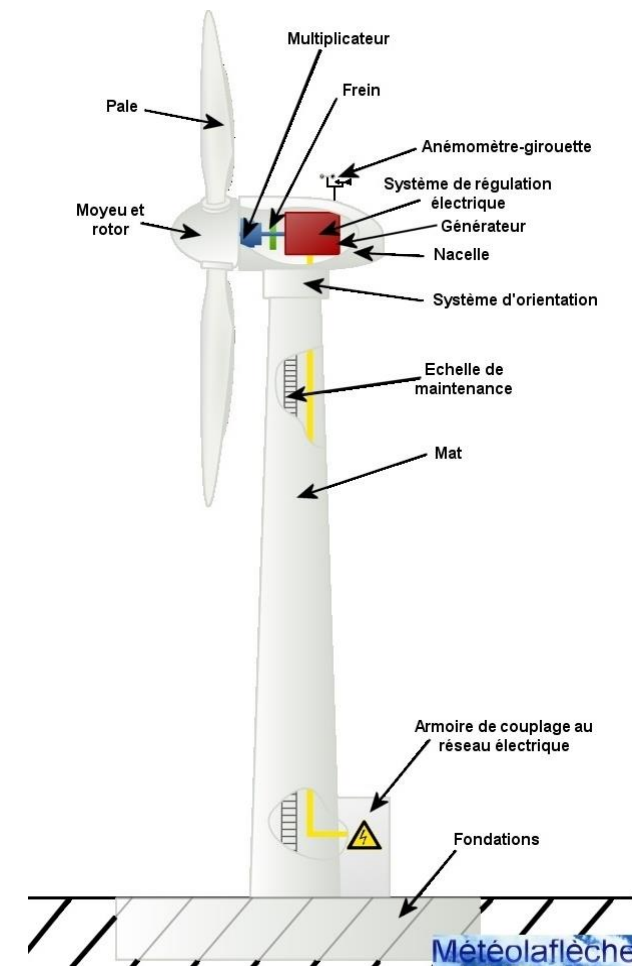


Figure 11 - Représentation schématique d'une éolienne (source : Météolafleche)

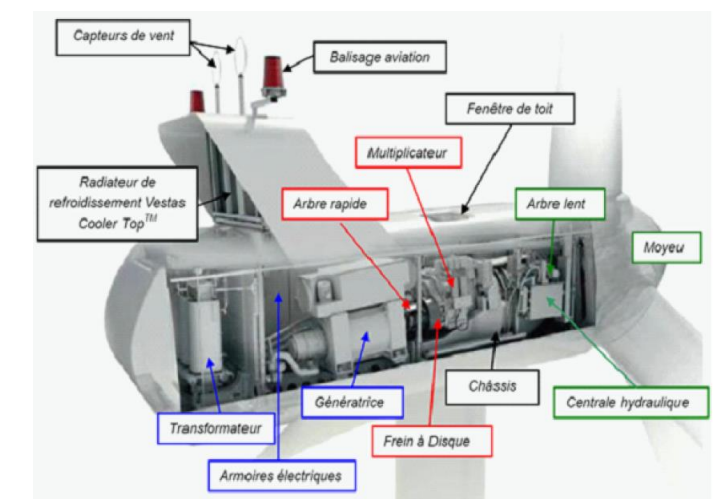


Figure 12 : Composition d'une nacelle (source : Vestas)

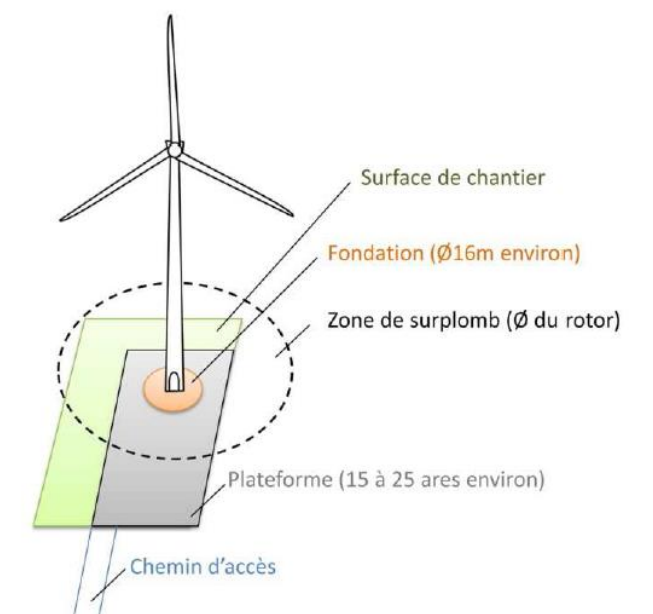


Figure 13 - Illustration des emprises au sol d'une éolienne

- **Emprise au sol**

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

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

Rq : les dimensions sur la Figure 13 sont données à titre d'illustration pour une éolienne d'environ 150 m de hauteur totale

- **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).

- **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 Renard est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent avec une hauteur de 107 m (hauteur du moyeu) pour le modèle SG145. 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 Renard est composé de quatre aérogénérateurs et de deux postes de livraison. Deux modèles sont étudiés dans le cadre de l'étude d'impact : une SG132 et une SG145. Ces deux éoliennes font toutes les deux 180 mètres en bout de pale, mais le modèle SG145 se distingue notamment par une longueur de pale plus importante (71 mètres contre 64,5 m pour la SG132). La hauteur du moyeu est cependant un peu plus importante pour la SG132 avec 6,5 mètres de plus.

Le modèle **SG145** est le modèle qui a été retenu pour l'analyse de l'étude de dangers, en raison de la longueur de pale plus importante.

Le parc éolien sera composé de **2 éoliennes hautes de 180 mètres en bout de pale**. La puissance installée totale sera de 19,2 MW au maximum.

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

Tableau 7 - Caractéristique du modèle d'éolienne envisagé SG145

Puissance nominale	4,2 – 4,8 MW
Diamètre du rotor	145 m
Nombre de pales	3
Longueur de pale maximale	71 m
Largeur de pale maximale	4,5 m
Surface balayée par les pales	16 513 m ²
Vitesse de rotation	13,4 tr/min
Puissance générée	4200 – 4800 kW
Hauteur totale de l'éolienne	180 m
Hauteur du moyeu	107 m
Poids de la pale	21,5 tonnes
Vitesse max de vent pour fonctionnement	27 m/s
Largeur du mât	4,47 m

Le tableau suivant indique les coordonnées géographiques des aérogénérateurs.

Tableau 8 : Coordonnées géographique des éoliennes

Numéro de l'éolienne	Commune d'implantation	Coordonnées Lambert 93	
		Y	X
R1	Bussière-Poitevine	535 469	6 575 257
R2		535 586	6 574 840
R3	Adriers	534 843	6 575 085
R4		535 036	6 574 723

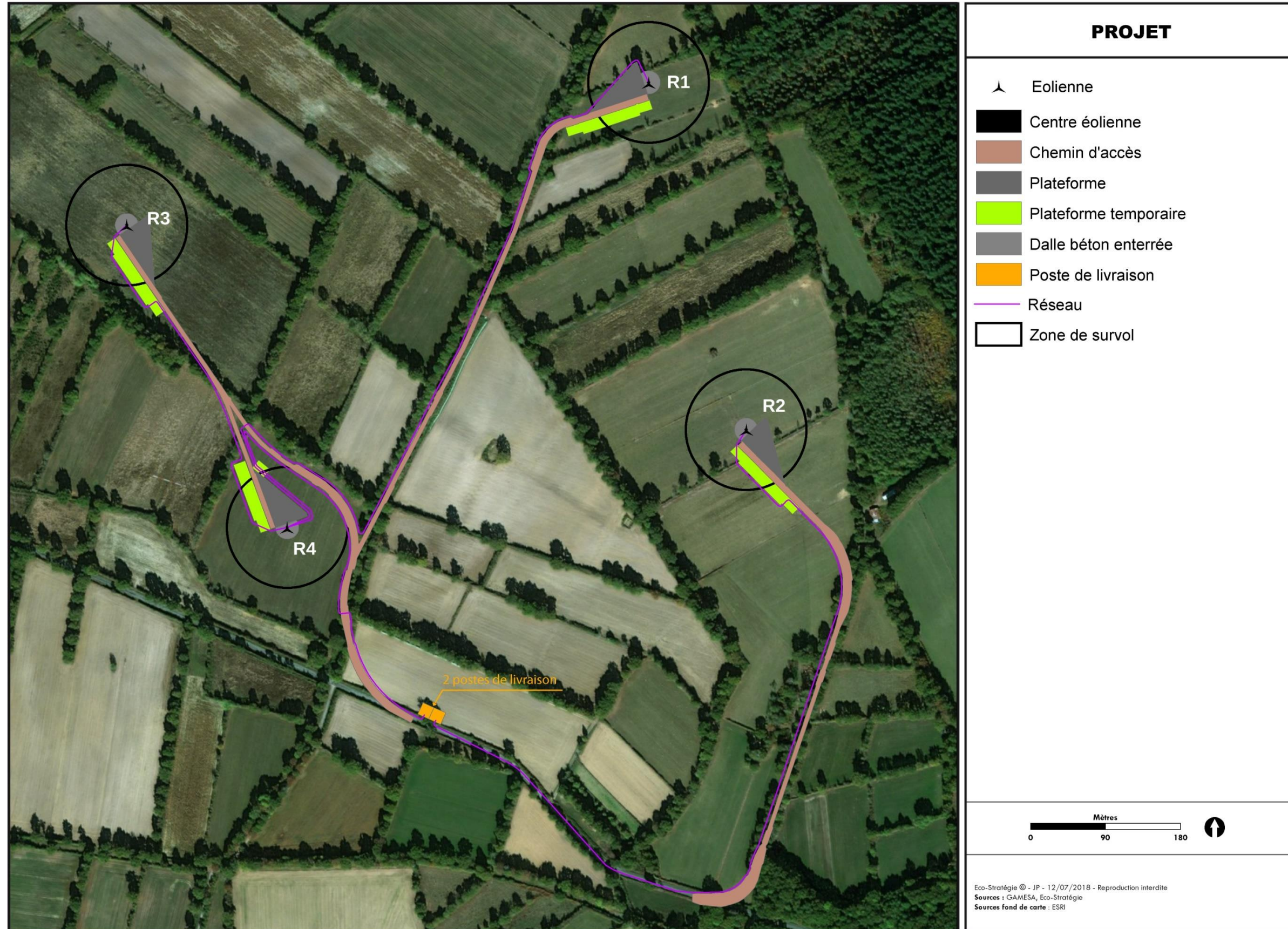


Figure 14 – Caractéristiques techniques du projet

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 5 et 14 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 27 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 97 km/h (pour le modèle SG145), 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 9- Synthèse des caractéristiques des éoliennes du projet du Renard

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 3 à 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 : 107 m Diamètre de section maximum : 4,47 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 (moyeu compris) : 18,8 m Largeur et hauteur : près de 4 m

Rotor / pales	Capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice	Diamètre de rotor : 145 m Longueur de pales : 71 m Surface balayée par le rotor : 16 513 m ²
Transformateur	Elever la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau	HTA : 21 kV
Poste de livraison	Adapter les caractéristiques du courant électrique à l'interface entre le réseau privé et le réseau public	21 kV
Générateur électrique	L'énergie mécanique du vent est transformée en énergie électrique par le générateur	Puissance nominale : 4,2 à 4,8 MW

IV.2.2 Sécurité de l'installation

• 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 10 - 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)	Certificat à recueillir auprès du fabricant
Article 8	Conformité des éoliennes à la norme NFEN 61400-1 de juin 2006 (avoir le certificat de conformité à disposition) 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	Description des articles	Compatibilité du projet avec l'article
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 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

Consignes de sécurité

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

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

Tableau 11 – Extrait du Plan de Sécurité et de Santé pour les « Activités générales ». Source : Siemens Gamesa

Equipement	Legislation	Contrôlé par	Périodicité du contrôle	Observations
palan	Periodicité:arrêté du 1 Mars 2004, article 23. Contrôlé: arrêté du 1 Mars 2004, alinea f) article 3.	personne qualifié et compétante	tous les ans	Epreuve statique d'un appareil de levage .Les conditions de l'épreuve statique, la durée de l'épreuve et le coefficient d'épreuve sont ceux définis par la notice d'instructions du fabricant, ou ceux définis par la réglementation appliquée lors de la conce
palan	Verification lors de la remise en service. CT art.4323-28	personne qualifié et compétante	Après toute opération de démontage et Rémontage	
ligne de vie	Verication Periodique CT art.4323-100	personne qualifié(CT art.4323-100)	tous les ans	
ascenseur	Arrêté du 1 mars 2004 art.10 et 11 la vérification concernant les limiteurs de charge	personne qualifié et compétante	6 mois (Arrête du 1 mars 2004 art. 23)	Epreuve statique d'un appareil de levage .Les conditions de l'épreuve statique, la durée de l'épreuve et le coefficient d'épreuve sont ceux définis par la notice d'instructions du fabricant, ou ceux définis par la réglementation appliquée lors de la conce
ascenseur/palan	Veirification initiale . Arrête du 1 mars 2004 art.12 et CT art.R 4323-22	personne qualifié et compétante		
ascenseur/palan	Verification lors de la remise en service. Arrête du 1 mars 2004 art.19 et CT art.R4323-28	personne qualifié et compétante	Après toute opération de démontage et Rémontage	
Elements electriques	Décret n°88-1056 du 14/11/1988 art.47. Une surveillance des installations électriques doit être assurée	L'employeur ne peut confier les travaux ou opérations sur des installations électriques ou à proximité de conducteurs nus sous tension qu'à des personnes qualifiées pour les effectuer et possédant une connaissance des règles de sécurité en matière électri	Cette surveillance doit être opérée aussi fréquemment que de besoin, article n° 47	Parties actives, état des conducteurs, propreté des appareils, dispositifs différentiels...
Elements electriques	CT art R4215-1 et suivants, Décret 88 -1056 du 14/11/1998 modifié art. 53, Arrêté du 10/10/2000 art.4. Vérification initiale (installation neuves et installations ou parties ayant fail l'objet d'une modification de structure	Organisme ou personne ayant des connaissances approfondies dans le domaine de prévention des risques électriques		

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

IV.2.3 Opération de maintenance de l'installation

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

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

Mise en route et vérification annuelle

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

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

Au moins tous les 12 mois, l'exploitant réalisera une vérification de l'état fonctionnel des équipements de mise à l'arrêt, de mise à l'arrêt d'urgence et de mise à l'arrêt depuis un régime de survitesse, en application des préconisations du constructeur de l'aérogénérateur.

Installations électriques

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

Fréquence de maintenance

On distingue trois types de maintenance :

- La maintenance préventive ;
- La maintenance prédictive ;
- La maintenance corrective.

La maintenance du site permet d'assurer les contrôles détaillés ci-après.

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

Équipements du personnel

En l'absence de prescription spécifique dans l'arrêté du 26 août 2011 (modifié par l'arrêté du 6 novembre 2014), notons que le personnel devra être équipé de matériel de sécurité adapté et conforme à la réglementation sur la sécurité du travail.

Contrôles réglementaires

Plusieurs arrêtés fixent différents types de contrôles règlementaires pour les des parcs éoliens. Il peut s'agir de contrôles internes ou externes.

Les contrôles externes règlementaires :

- Les installations électriques à l'intérieur de l'aérogénérateur respectent les dispositions de la directive du 17 mai 2006 (certification 2006/42/CE) ;
- L'aérogénérateur est conforme aux dispositions de la norme NF EN 61 400-1 dans sa version de juin 2006 ou CEI 61 400-1 dans sa version de 2005 ou toute norme équivalente en vigueur dans l'Union européenne, à l'exception des dispositions contraires aux prescriptions du présent arrêté ;
- Les aérogénérateurs respectent les dispositions de la norme IEC 61 400-24 (version de juin 2010) ;

Les installations électriques extérieures à l'aérogénérateur sont conformes aux normes NFC 15-100 (version compilée de 2008), NFC 13-100 (version de 2001) et NFC 13-200 (version de 2009).

Les contrôles internes règlementaires :

- Les pales et les éléments susceptibles d'être impactés par la foudre doivent faire l'objet d'un contrôle visuel. – Article 9 du décret du 26 août 2011(modifié par l'arrêté du 6 novembre 2014) ;
- Les installations électriques extérieures à l'aérogénérateur sont entretenues, maintenues en bon état et contrôlées. La périodicité, l'objet et l'étendue des vérifications sont fixés par l'arrêté du 10 octobre 2000 ;
- L'exploitant est tenu de réaliser avant mise en service industrielle puis tous les ans 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. – Article 15 du décret du 26 août 2011 (modifié par l'arrêté du 6 novembre 2014);
- Trois mois, puis un an après la mise en service industrielle, puis suivant une périodicité qui ne peut excéder trois ans, l'exploitant procède à un contrôle de l'aérogénérateur consistant en un contrôle des brides de fixations, des brides de mât, de la fixation des pales et un contrôle visuel du mât. Selon une périodicité qui ne peut excéder un an, l'exploitant procède à un contrôle des systèmes instrumentés de sécurité. Ces contrôles font l'objet d'un rapport tenu à la disposition de l'inspection des installations classées – Article 18 du décret du 26 août 2011(modifié par l'arrêté du 6 novembre 2014) ;
- L'exploitant dispose d'un manuel d'entretien de l'installation dans lequel sont précisées la nature et les fréquences des opérations d'entretien afin d'assurer le bon fonctionnement de l'installation;
- L'exploitant tient à jour pour chaque installation un registre dans lequel sont consignées les opérations de maintenance ou d'entretien et leur nature, les défaillances constatées et les opérations correctives engagées – Article 19 du décret du 26 août 2011 (modifié par l'arrêté du 6 novembre 2014).

Le système de maintenance prédictive

Les éoliennes sont équipées d'un système de maintenance prédictive GAMESA SMP développé par GAMESA sur la base d'analyse de vibration et optimisé pour une application éolienne. Le système peut gérer et traiter simultanément les informations des 12 accéléromètres situés à des points stratégiques de l'aérogénérateur, comme le multiplicateur, le générateur et les enroulements avant de l'arbre principal.

Les principales caractéristiques du Gamesa SMP sont :

- Surveillance continue des composants critiques de l'aérogénérateur,
- Capacité de traitement du signal et détection des alarmes,
- Intégration au PLC et aux réseaux de parc Gamesa WindNet,
- Facilité de maintenance.

En général, l'objectif principal de maintenance prédictive est la détection précoce de défaillances ou de détériorations au niveau des principaux composants de l'aérogénérateur.

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 Renard.

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 690 V. Afin de pouvoir délivrer cette production sur le réseau national d'électricité, cette tension sera élevée à 21 000 V et chaque éolienne est ainsi équipée d'un transformateur 690 / 21 000 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.

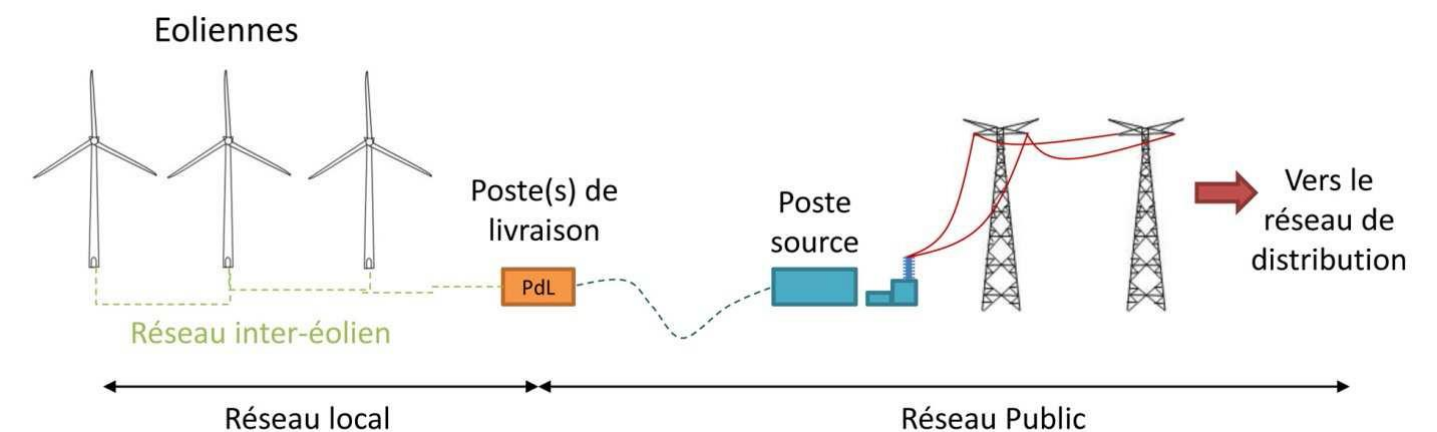


Figure 15 - Raccordement électrique des installations

• 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 une profondeur d'enfouissement maximale de 1,1 m. 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 21 000 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.

- **Les 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 du parc éolien du Renard sont au nombre de 2 et implantés conjointement, en marge de la RD 4a et présentent les dimensions suivantes : 12 m de long, 4,3 m de large (51,6 m²) pour 2,6 m de haut), pour une hauteur de 2,65 m par rapport au terrain naturel.

- **Réseau électrique externe**

Le Maître d'ouvrage est propriétaire de l'ensemble des éléments du parc éolien jusqu'au poste de livraison. Le gestionnaire du réseau de distribution (ENEDIS), sera quant à lui propriétaire de la ligne en « Haute Tension A » du poste de livraison au point d'injection sur le réseau national. Les travaux de raccordement seront réalisés par ENEDIS mais financés par la Société d'Exploitation du Parc Eolien de Germainville.

Le poste source auquel se raccordera le parc éolien du Renard n'a pas encore été déterminé. La demande de raccordement déterminant le poste source ne peut être établie qu'après obtention des autorisations. Les dernières analyses laissent penser que ce raccordement se fera sur le poste de MONTMORILLON. Cette solution est indicative et pourra évoluer afin de fournir les meilleures solutions : trouver le trajet le plus court possible, mais aussi le moins impactant pour les milieux (utilisation de chemins existants).

Les liaisons seront enterrées selon les normes en vigueur et dans les règles de l'art.

Les tracés définitifs des câbles électriques seront déterminés par ENEDIS lors de la mise en place de la convention de raccordement.

IV.3.2 **Autres réseaux**

Le parc éolien du Renard 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 du Renard 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, nettoyeurs...) 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.

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

Les dangers liés au fonctionnement du parc éolien du Renard 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 12 - 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 choisie 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.

VI. ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE

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

L'analyse des retours d'expérience vise donc ici à faire émerger des typologies d'accident rencontrés tant au niveau national qu'international. Ces typologies apportent un éclairage sur les 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 Renard. 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 (mai 2012).

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 :

- Evènements de l'accidentologie interne à Siemens-Gamesa ;
- Rapport du Conseil Général des Mines (juillet 2004) ;
- Base de données ARIA du Ministère du Développement Durable ;
- Communiqués de presse du SER-FEE et/ou des exploitants éoliens ;
- Site Internet de l'association « Vent de Colère » ;
- Site Internet de l'association « Fédération Environnement Durable » ;
- Articles de presse divers ;
- Données diverses fournies par les exploitants de parcs éoliens en France.

Dans le cadre de ce recensement, il n'a pas été réalisé d'enquête exhaustive directe auprès 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/FEE ayant élaboré le guide technique d'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens apparaît comme représentative des incidents majeurs ayant affecté le parc éolien français depuis l'année 2000. L'ensemble de ces sources permet d'arriver à un inventaire aussi complet que possible des incidents survenus en France. Un total de 37 incidents a pu être recensé entre 2000 et début 2012 (voir tableau détaillé en annexe 2). Ce tableau de travail a été validé par les membres du groupe de travail précédemment mentionné.

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

Le graphique suivant montre la répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateur français entre 2000 et 2011. Cette synthèse exclut les accidents du travail

(maintenance, chantier de construction, etc.) et les événements qui n'ont pas conduit à des effets sur les zones autour des aérogénérateurs. Dans ce graphique sont présentés :

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

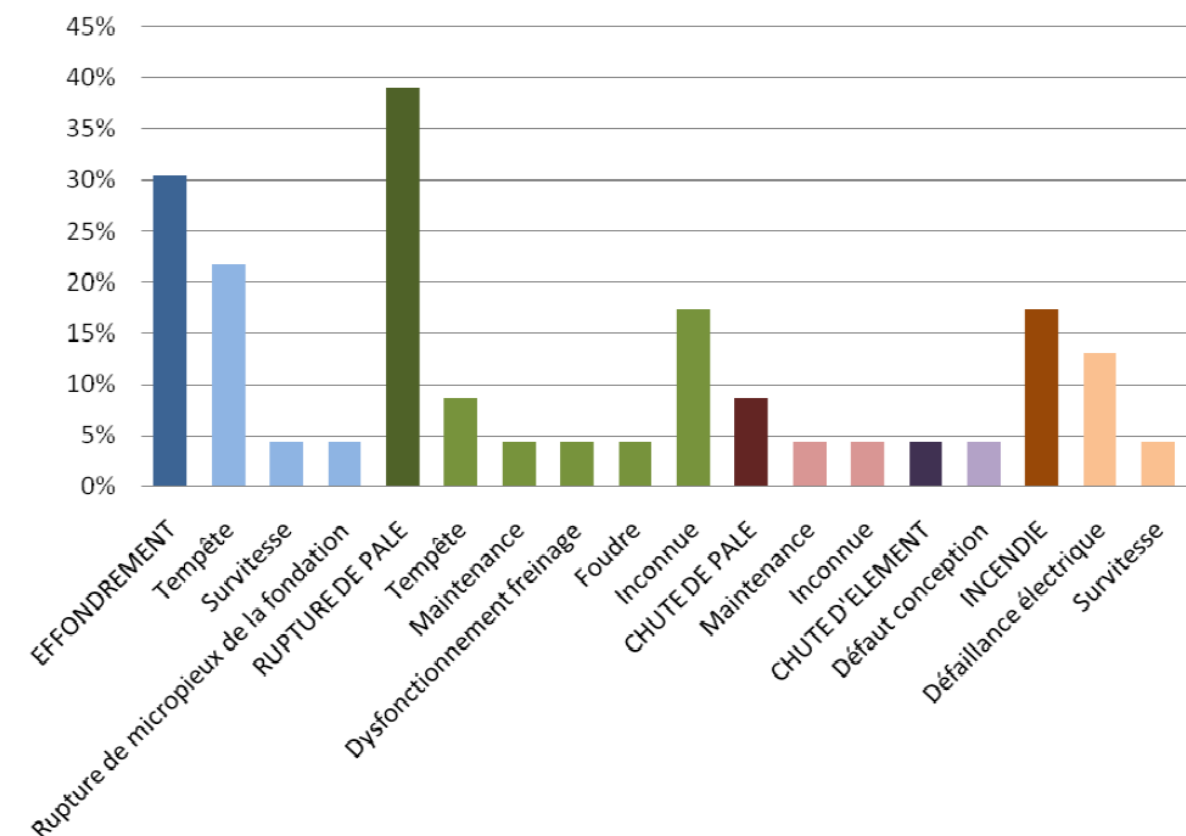


Figure 16 - Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateur français entre 2000 et 2011

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

VI.2. Inventaires des accidents sur des éoliennes Siemens-Gamesa en France

Plateforme	Année	Description	Cause	Mesures mises en œuvre
660 kW	2006	Incendie d'une éolienne	Un incendie volontaire causé par un acte de malveillance (explosion de bonbonne de gaz au pied de 2 éoliennes.) L'une d'entre elles a mis le feu en pied de mat qui s'est propagé jusqu'à la nacelle	Siemens Gamesa propose une large gamme de solutions (système de détection d'intrusion, caméras ... et système de détection incendie)
2.0 MW	2009	Feu dans la nacelle ayant endommagé le haut de la tour	Non identifié	Siemens Gamesa ne maintenait pas ce parc. Siemens Gamesa a développé une large gamme de solutions actives et passives d'éteindre automatiquement des feux pour sa flotte entière (anciennes et nouvelles plateformes) Depuis 2014 les machines sont équipées en série de solutions passives
2.0 MW	2008	Bris partiel de deux pales	Les ruptures étaient liées à un défaut de fabrication	Toutes les pales ont été auditées puis réparées ou remplacées coordination avec le client
660 kW	2012	Incendie d'une nacelle	Non identifié	Siemens Gamesa ne maintenait pas ce parc. Siemens Gamesa a développé une large gamme de solutions actives et passives d'éteindre automatiquement des feux pour sa flotte entière (anciennes et nouvelles plateformes)
660 kW	2014	Bris de pale	Rupture de l'anneau de racine d'aluminium	Siemens Gamesa ne maintenait pas ce parc. La vérification des anneaux fait l'objet d'un contrôle périodique dans le cas d'une maintenance opérée par Siemens Gamesa
850 kW	05/04/2015	Chute de pale	Cause inconnue à ce jour	Enquête en cours
850 kW	05/03/2016	Chute de pale	Cause inconnue à ce jour	Enquête en cours
2.0 MW	18/01/2017	Bris de pale	Cause inconnue à ce jour	Enquête en cours
2.0 MW	27/02/2017	Bris de pale	Cause inconnue à ce jour	Enquête en cours
2.0 MW	28/02/2017	Bris de pale	Cause inconnue à ce jour	Enquête en cours
2.0 MW	08/06/2017	Bris de pale	Cause inconnue à ce jour	Enquête en cours

VI.3. 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 fin 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.

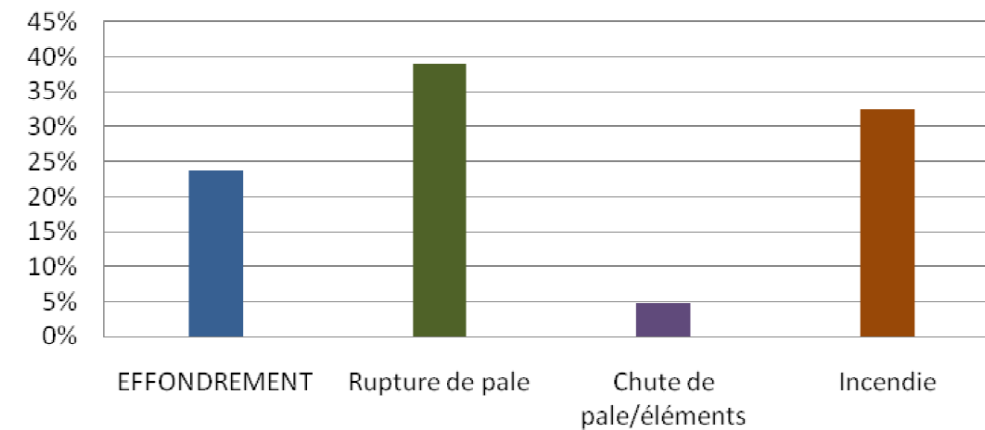


Figure 17 - Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2011

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

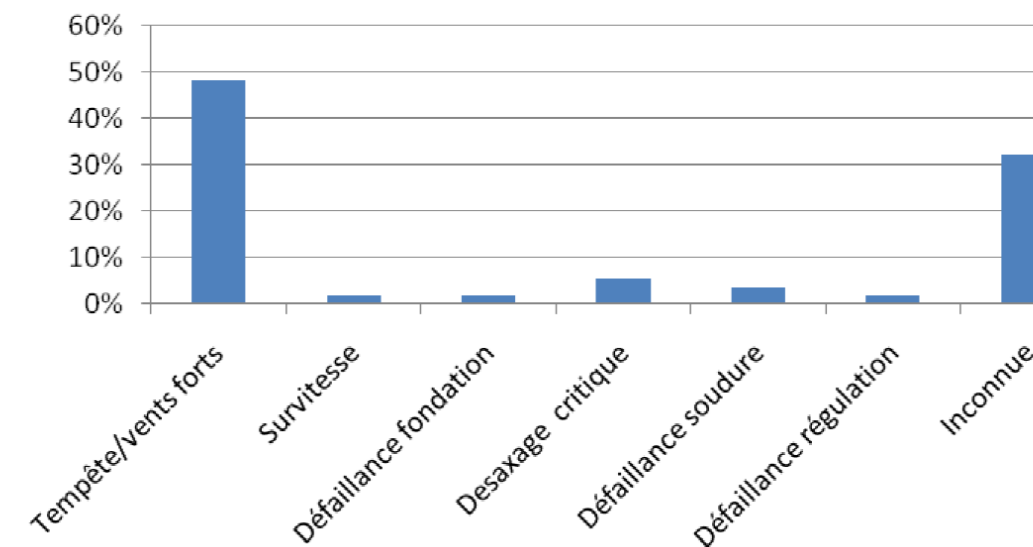


Figure 18 - Répartition des causes premières d'effondrement

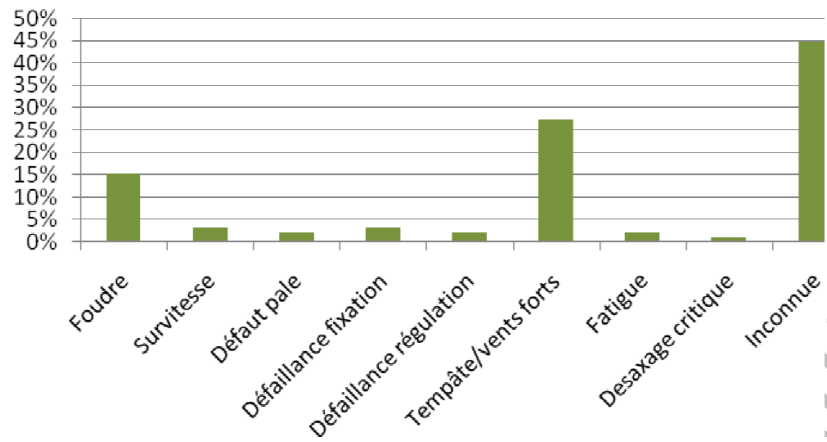


Figure 19 - Répartition des causes premières de rupture de pale

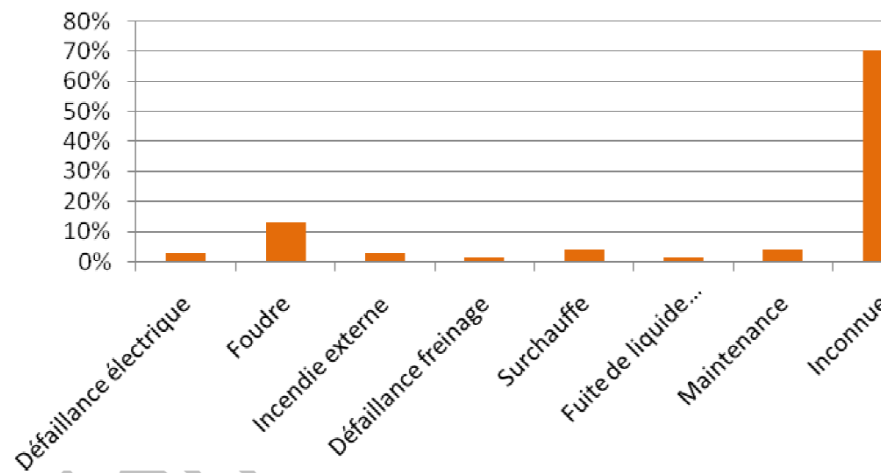


Figure 20 - Répartition des causes premières d'incendie

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

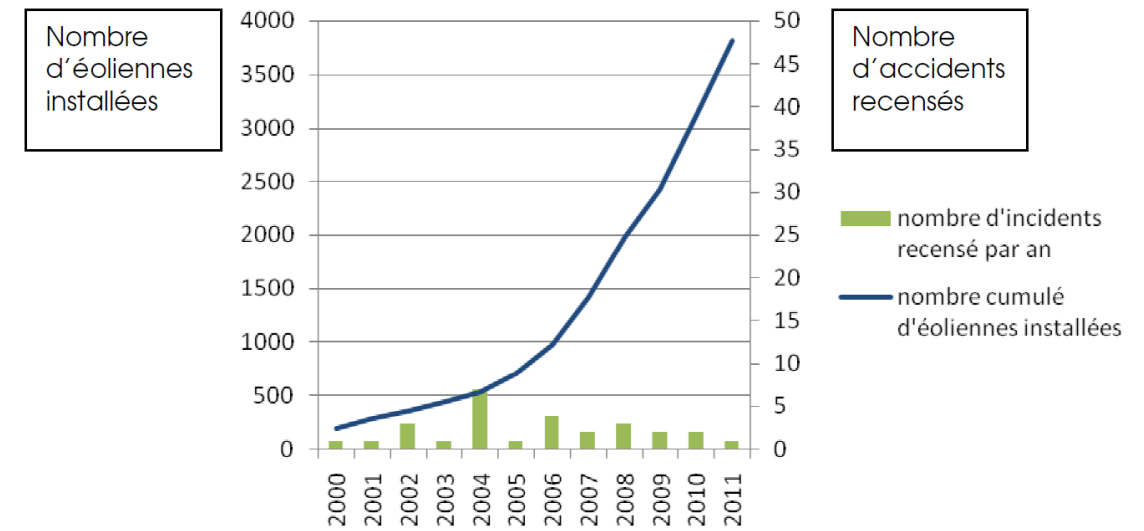
VI.4. Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience

VI.4.1 Analyse de l'évolution des accidents en France

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

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

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



Remarque : On note bien l'essor de la filière française à partir de 2005, alors que le nombre d'accident reste relativement constant

Figure 21 : Evolution du nombre d'accidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées

VI.4.2 Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents

Le retour d'expérience de la filière éolienne française et internationale permet d'identifier les principaux événements redoutés suivants : Effondrements, Ruptures de pales, Chutes de pales et d'éléments de l'éolienne et Incendie.

VI.5. 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 questionnement systématique des causes et conséquences possibles des événements accidentels, ainsi que sur le retour d'expérience disponible.

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

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 avoir des conséquences notables sur les infrastructures ;
- incendies de cultures ou de forêts ;
- pertes de confinement de canalisations de transport de matières dangereuses ;
- explosions ou incendies générés par un accident sur une activité voisine de l'éolienne.

Tableau 13 - Principales agressions externes liées aux activités humaines

Infrastructure	Fonction	Evénement redouté	Danger potentiel	Périmètre	Distance par rapport au mât des éoliennes (m)			
					R1	R2	R3	R4
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	>200	>200	>200	146
Aérodrome	Transport aérien	Chute d'aéronef	Energie cinétique de l'aéronef, flux thermique	2 000 m	Non concerné			
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.2.1 Agressions externes liées aux phénomènes naturels

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

Tableau 14 - Principales agressions externes liées aux phénomènes naturels

Agression externe	Intensité
Vents et tempêtes	Les vents mesurés au niveau de la station météorologique de Poitiers ne dépassent pas les 141 km/h en rafale (maximale observée en 1999).
Foudre	Niveau kéronique faible
Glissement des sols / Affaissement miniers	Non concerné

A 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 61 400-24 (Juin 2010) ou la norme EN 62 305-3 (Décembre 2006) est respectée. Ces conditions sont reprises dans la fonction de sécurité n°6 ci-après (chapitre VII.5).

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.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 :

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

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

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

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

Tableau 15 - 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 importante sur les pales	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la survitesse (N°4)	Impact sur cible	2
P02	Fatigue Corrosion	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	Impact sur cible	2
P03	Serrage inapproprié Erreur maintenance – desserrage	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	2
E01	Effets dominos autres installations	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2

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.4. 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.5. 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 Renard. 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 redondant du givre permettant, en cas de détection de glace, une mise à l'arrêt rapide de l'aérogénérateur. Le redémarrage peut ensuite se faire soit automatiquement après disparition des conditions de givre, soit manuellement après inspection visuelle sur site.		
Indépendance	Non Les systèmes traditionnels s'appuient généralement sur des fonctions et des appareils propres à l'exploitation du parc.		
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 survitesse et système de freinage.		
Description	Systèmes de coupure s'enclenchant en cas de dépassement des seuils de vitesse prédéfinis, indépendamment du système de contrôle commande. NB : Le système de freinage est constitué d'un frein aérodynamique principal (mise en drapeau des pales) et / ou d'un frein mécanique auxiliaire.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection < 1 minute L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur conformément aux dispositions de l'arrêté du 26 août 2011.		
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		
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 Renard 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	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.		

Fonction de sécurité	Prévenir les erreurs de maintenance	N° de la fonction de sécurité	10
Mesures de sécurité	Procédure maintenance		
Description	Préconisations du manuel de maintenance Formation du personnel		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %		
Tests	Formation technique des personnels Siemens Gamesa et sous-traitants avec tests de connaissance annuels.		
Maintenance	NA		

Fonction de sécurité	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	N° de la fonction de sécurité	11
Mesures de sécurité	Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents. Détection et prévention des vents forts et tempêtes Arrêt automatique et diminution de la prise au vent de l'éolienne (mise en drapeau des pâles) par le système de conduite		
Description	L'éolienne est mise à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale pour laquelle elle a été conçue.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	< 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.6. 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 inexistant du fait notamment de la structure en béton. De plus, la réglementation encadre déjà largement la sécurité de ces installations (l'arrêté du 26 août 2011 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. ETUDE DETAILLEE 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 II de cet arrêté précise : « Compte tenu des connaissances limitées en matière de détermination et de modélisation des effets de projection, l'évaluation des effets de projection d'un phénomène dangereux nécessite, le cas échéant, une analyse, au cas par cas, justifiée par l'exploitant. Pour la délimitation des zones d'effets sur l'homme ou sur les structures des installations classées, il n'existe pas à l'heure actuelle de valeur de référence. Lorsqu'elle s'avère nécessaire, cette délimitation s'appuie sur une analyse au cas par cas proposée par l'exploitant ».

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

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

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

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

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

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

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 17 - 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 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.	$10^{-4} < P \leq 10^{-3}$
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 :

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

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

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)

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

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)

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 (Paccident) à la probabilité de l'événement redouté central (PERC) 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 18 - 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	Orange	Rouge	Rouge	Rouge
Modéré	Vert	Vert	Orange	Orange	Orange

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

VIII.2. Caractérisation des scénarios retenus

VIII.2.1 Effondrement de l'éolienne

- Zone d'effet**

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

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= 4,47 m), LM la largeur maximale de la pale (LM= 4,5 m).

Tableau 19 - Zone d'effet pour l'effondrement de l'éolienne

Eolienne	H	L	LM	R	Zone d'effet (en m ²)
R1 à R4	107	4,47	4,5	71	99538,1

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.

- 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 Renard.

Tableau 20 - 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 m ² (H) x L + 3 * R * LM / 2	Zone d'effet (ZE) du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en % D=ZI/ZE	Intensité
R1 à R4	957,54	99538,1	0,96 %	Exposition modérée

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

• 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 21 - effondrement de l'éolienne
(dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale en bout de pale)**

Eolienne	Intensité	Nombres de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
R1	Exposition modérée	0,995	Modéré
R2	Exposition modérée	0,995	Modéré
R3	Exposition modérée	0,100	Modéré
R4	Exposition modérée	0,995	Modéré

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

Dans le périmètre délimité par la hauteur de chute de l'éolienne, le terrain est aménagé mais peu fréquenté pour les éoliennes R1, R2 et R4 : éoliennes à proximité de chemin agricole/route communale tandis que l'éolienne R3 est en secteur agricole dépourvu de voie de circulation. Pour une éolienne d'une hauteur en bout de pale de 180 mètres, le nombre de personnes exposées est inférieure à « une personne » pour les 4 éoliennes.

Le niveau de gravité sera donc considéré comme « **modéré** » pour les 4 éoliennes du projet du Renard.

• Probabilité

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

Tableau 22 - Fréquence d'effondrement d'une éolienne selon la bibliographie

Source	Fréquence	Justification
Guide for risk based zoning of wind turbines	$4,5 \times 10^{-4}$	Retour d'expérience
Specification of minimum distance	$1,8 \times 10^{-5}$ (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 $4,47 \times 10^{-4}$ par éolienne et par an (selon le Guide technique de Mai 2012).

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

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

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

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

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 ».**

• **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 Renard, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Tableau 23 - gravité et niveau de risque de l’effondrement d’une éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l’éolienne en bout de pale)

Effondrement d’éolienne					
Gravité des conséquences	Classe de probabilité				
	E : Extrêmement rare	D : Rare	C : Improbable	B : Probable	A : Courant
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux					
Modéré		R1 à R4			

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

VIII.2.2 Chute de glace

• **Considérations générales**

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

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

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

• **Zone d’effet**

Le risque de chute de glace est cantonné à la zone de survol des pales, soit un disque de rayon égal à un demi diamètre de rotor autour du mât de l’éolienne. Pour le parc éolien du Renard, la zone d’effet a donc un rayon de $D/2 = 72,5$ 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.

• **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 Renard. 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 24 - Intensité de chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à $D/2 =$ zone de survol)

Zone d’impact en m^2 $Z_I = SG$	Zone d’effet du phénomène étudié en m^2 $Z_E = \pi \times R^2$	Degré d’exposition du phénomène étudié en % $d = Z_I / Z_E$	Intensité
1	16504,6	$6,05 \times 10^{-5}$ donc $< 1\%$	Exposition modérée

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

• **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 25 - Gravité de chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à D/2=zone de survol)

Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
R1	0,02	Modéré
R2	0,02	Modéré
R3	0,02	Modéré
R4	0,02	Modéré

Dans le périmètre délimité par la zone de survol de l'éolienne, le terrain est non aménagé et très peu fréquenté. Un chemin agricole passe à l'ouest de l'éolienne R1 mais se situe juste au-delà de la zone de survol de rayon 72,5 m.

Pour une éolienne d'une longueur de pale inférieure à 100 m, le nombre de personnes exposées sera donc inférieur à 1.

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

- Probabilité**

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

- 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 26 - Acceptabilité du risque de chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à D/2=zone de survol)

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					R1 à R4

Ainsi, pour le parc éolien du Renard, 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

- 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 72,5 m).

• 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 Renard, d est le degré d'exposition, Z_I la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, R la longueur de pale (R= 72,5 m) et LM la largeur maximale de de la pale (LM= 4,5 m).

Il convient de préciser que la largeur de la pale est maximale dans la partie centrale, la largur à la base étant de 2,85 m.

Tableau 27 - Intensité de chute d'élément de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2=zone de survol)

Zone d'impact en m ² ZI=R x LM / 2	Zone d'effet du phénomène étudié en m ² ZE= π x R ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en % d= ZI / ZE	Intensité
163,1	16512,9	0,98 %	Exposition modérée

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

• 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 28 - Gravité de chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2=zone de survol)

Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
R1	0,22	Modéré
R2	0,22	Modéré
R3	0,22	Modéré
R4	0,22	Modéré

La zone de survol de l'éolienne est un terrain non aménagé et très 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 de 71m, le nombre équivalent de personnes permanentes sera donc inférieur à 1. Le niveau de gravité sera donc « **Modéré** ».

• 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 (d'après le Guide de mai 2012) montre que ces événements ont une classe de probabilité « C » (2 chutes et 5 incendies pour 15 667 années d'expérience, soit 4.47 x 10⁻⁴ événement par éolienne et par an).

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.

• 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 Renard, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Tableau 29 - Acceptabilité de chute d'élément de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2=zone de survol)

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			R1 à R4		

Ainsi, pour le parc éolien du Renard, 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

• Zone d’effet

Dans l’accidentologie française rappelée en annexe, 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.

• 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 Renard, d est le degré d’exposition, Z_I la zone d’impact, Z_E la zone d’effet, R la longueur de pale (R= 72,5 m) et LM la largeur maximale de la pale (LM= 4,5 m).

Tableau 30 - 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 LM / 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
163,1	785397	0,02 (<1%)	Exposition modérée

• 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 31 - Gravité de projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)

Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
R1	7,85	Sérieux
R2	7,85	Sérieux
R3	7,85	Sérieux
R4	7,85	Sérieux

Il est à noter que pour le parc du Renard, 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 (7,85 personnes) pour les 4 éoliennes (niveau de gravité « **Sérieux** »).

• Probabilité

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

Tableau 32 - 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 x 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.

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* ».

• 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 Renard, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Tableau 33 - Acceptabilité de projection de pales ou de fragments de pales (dans un rayon inférieur ou égal à 500 mètres)

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		R1 à R4			
Modéré					

Ainsi, pour le parc éolien du Renard, 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

• 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.

• 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 Renard. d est le degré d'exposition, Z_I la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, R la longueur de pale (R= 72,5 m), H_m la hauteur au moyeu (H_m= hauteur au moyeu des aérogénérateurs de l'installation soit 107 m), et SG la surface majorante d'un morceau de glace (1 m²).

Tableau 34 - Intensité du risque de projection de morceaux de glace (dans un rayon R_{PG} = 1,5 x (H + 2R) autour de l'éolienne)

Eolienne	Zone d'impact en m² ZI=SG	Zone d'effet du phénomène étudié en m² ZE= π x ((1,5 x (Hm+2R))²)	Degré d'exposition du phénomène étudié en % d= ZI /ZE	Intensité
R1 à R4	1	299 255 m²	3,3.10 ⁻⁴ %	Exposition modérée

• **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 35 - Niveau de gravité lié au risque de projection de glace (dans un rayon $R_{PG} = 1,5 \times (H_m + 2R)$ autour de l'éolienne)

Eolienne	Rayon de la zone d'effet (R_{PG})	Nature des terrains	Nombre de pers comptabilisé par tranche de 10 ha	Surface (ha) pour un rayon de 378 m	Nb personne au total
R1 à R4	378 m	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1	44,89	4,49

Il est à noter que pour le parc du Renard, chacune des zones d'effet des éoliennes R1 à R4 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 (4,49 personnes).

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

• **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.

• **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 36 - Acceptabilité du risque projection de morceaux de glace (dans un rayon $R_{PG} = 1,5 \times (H + 2R)$ autour de l'éolienne)

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				R1 à R4	
Modéré					

Ainsi, pour le parc éolien du Renard, 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 37 - 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	Rapide	Exposition modérée	D	Modéré pour l'ensemble des éoliennes
Chute de glace	Zone de survol	Rapide	Exposition modérée	A	Modéré pour l'ensemble des éoliennes
Chute d'éléments de l'éolienne	Zone de survol	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	$1,5 \times (H + 2R)$ autour de l'éolienne soit 393,6 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		Projection de pale (R1 à R4)		Projection de glace (R1 à R4)	
Modéré		Effondrement de l'éolienne (R1 à R4)	Chute d'éléments de l'éolienne (R1 à R4)		Chute de glace (R1 à R4)

Il apparaît au regard de la matrice complétée que :

- Aucun accident n'apparaît 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 VII.5 sont mises en place.

VIII.3.3 Cartographie des risques

A 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 22 ;
- Chute de glace : cf. Figure 23 ;
- Chute d'éléments de l'éolienne : cf. Figure 24 ;
- Projection de pale ou de fragment de pale : cf. Figure 25 ;
- Projection de glace : cf. Figure 26.

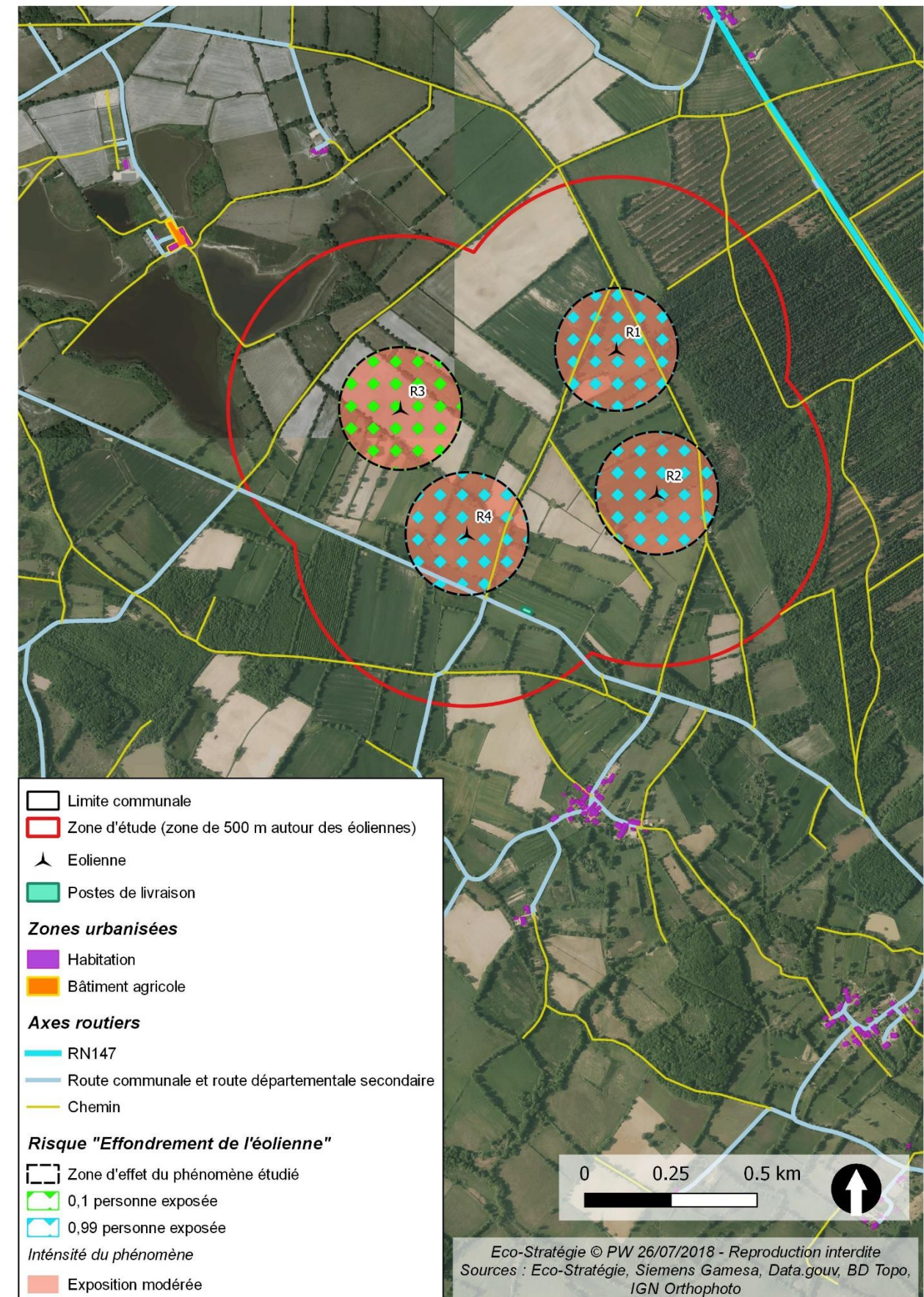


Figure 22 - Carte de synthèse du risque « Effondrement de l'éolienne »

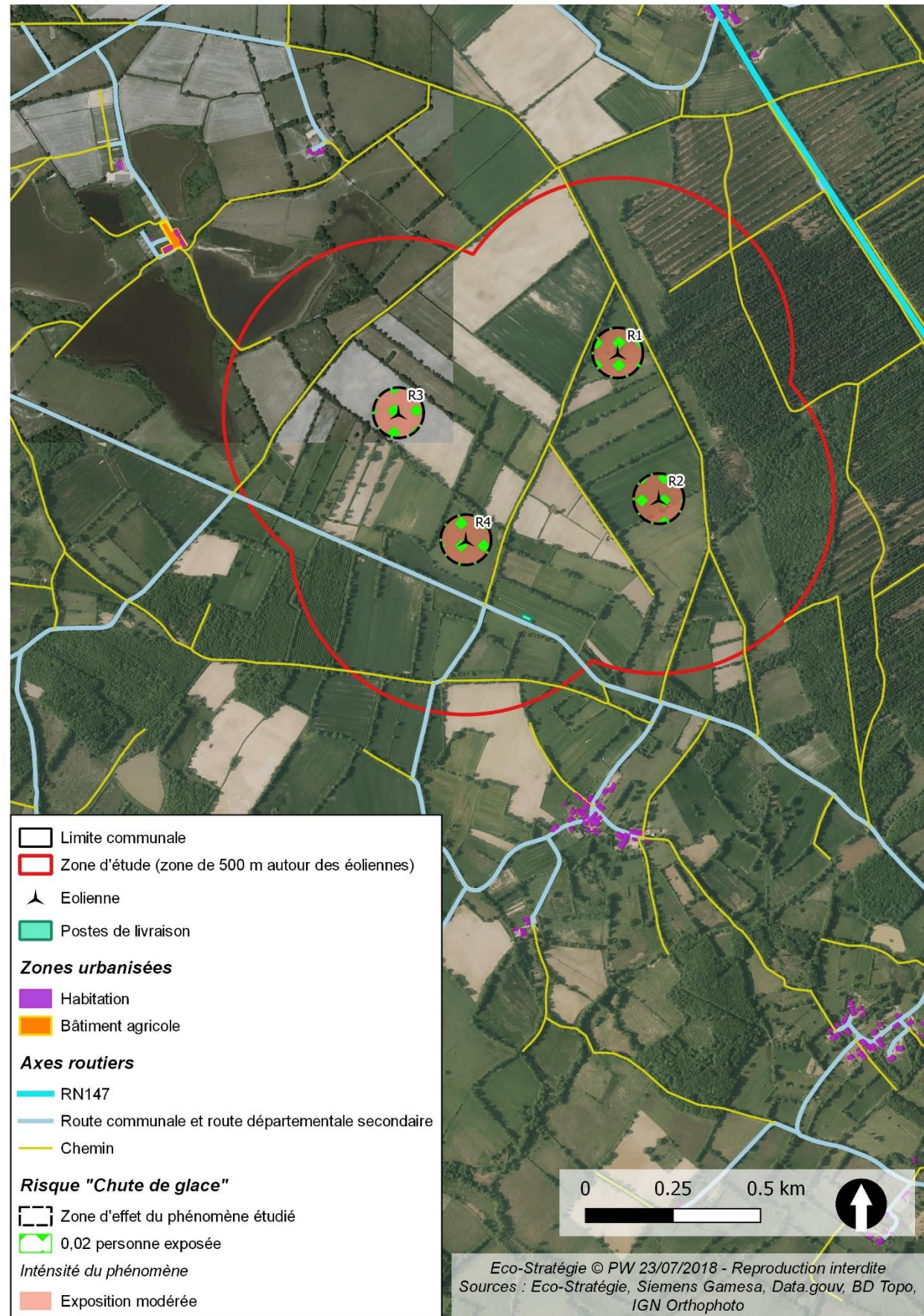


Figure 23 - Carte de synthèse du risque « Chute de glace »

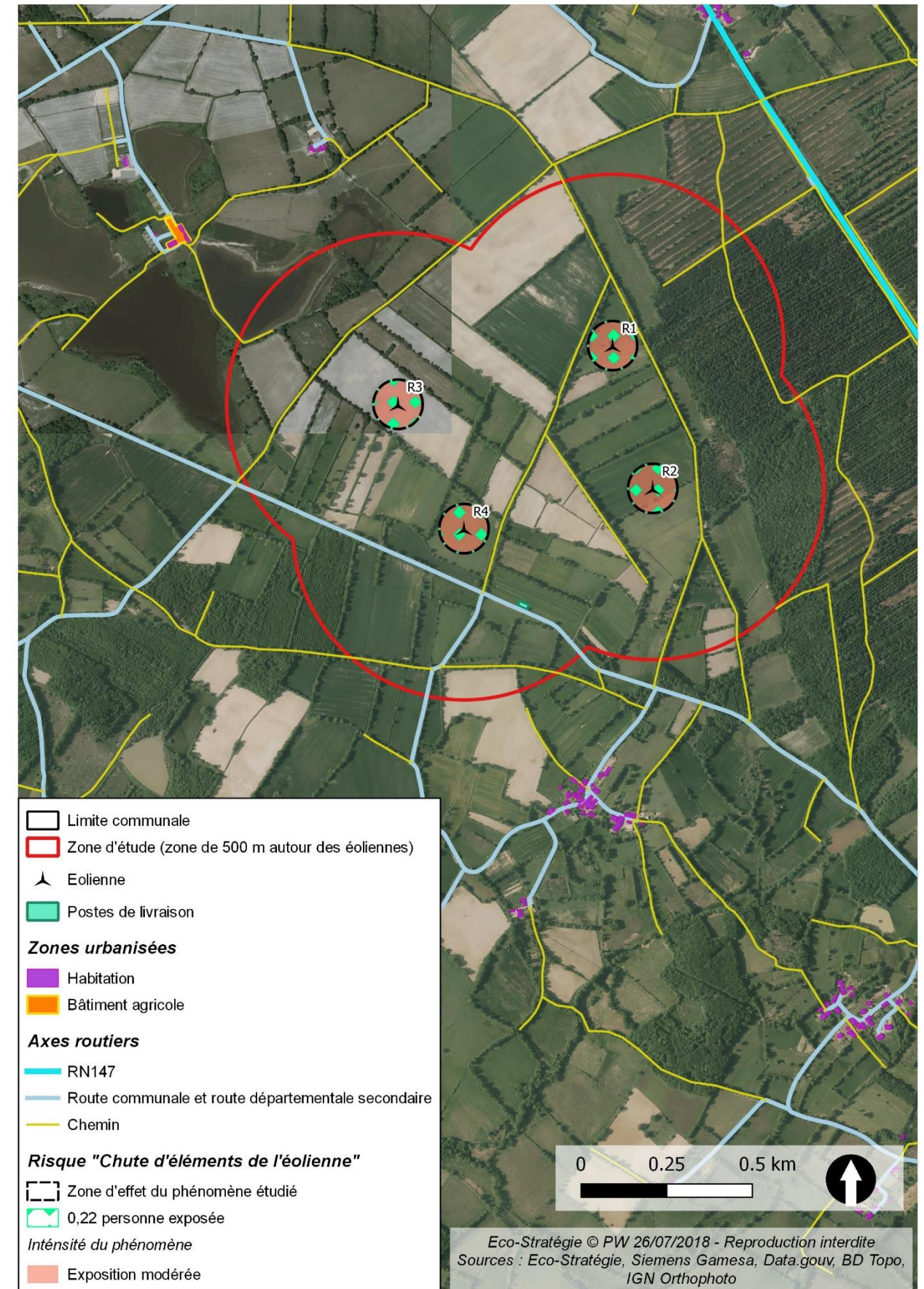


Figure 24 - Carte de synthèse du risque « Chute d'éléments d'éolienne »

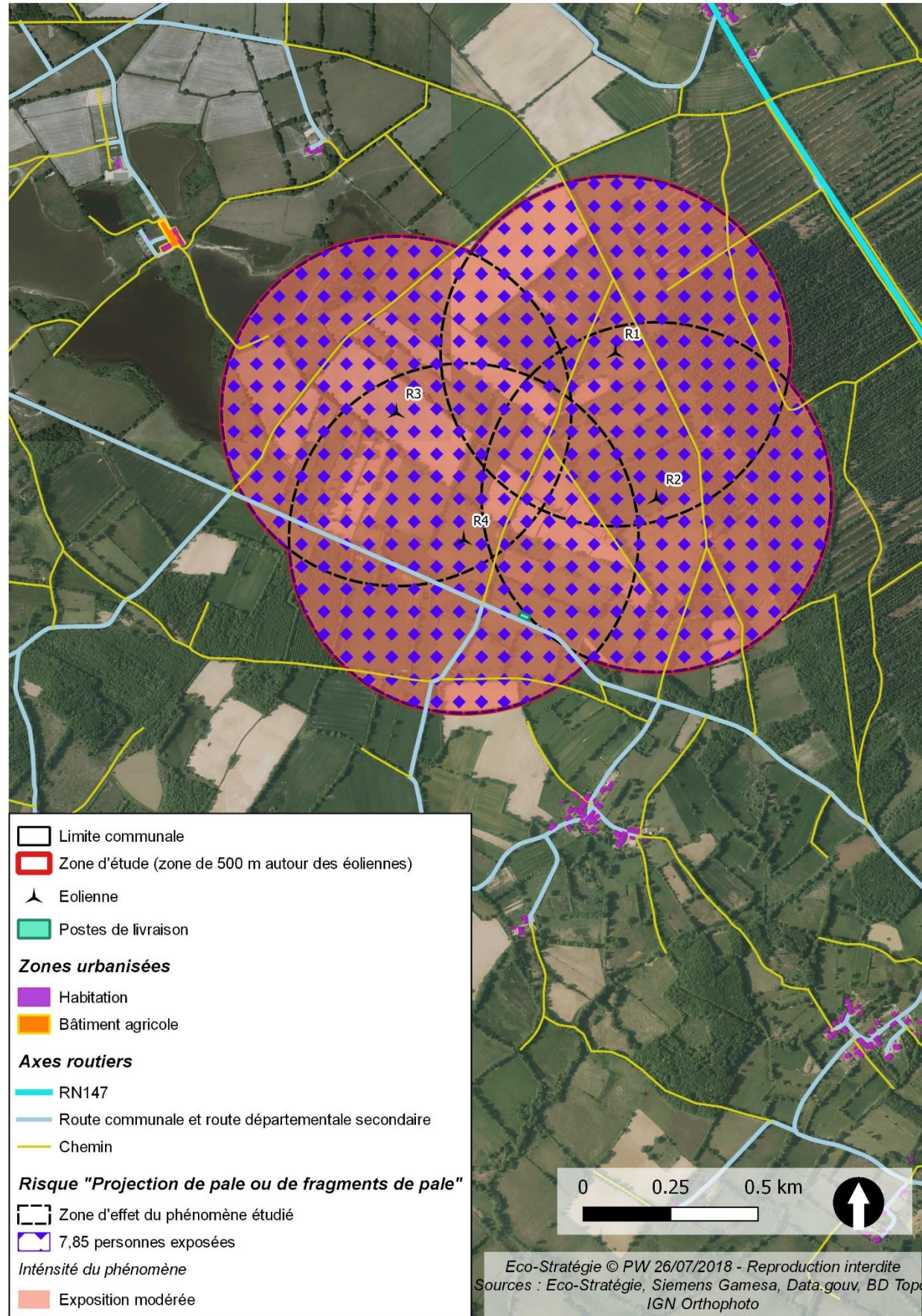


Figure 25 - Carte de synthèse du risque « Projection de pale ou de fragment de pale »

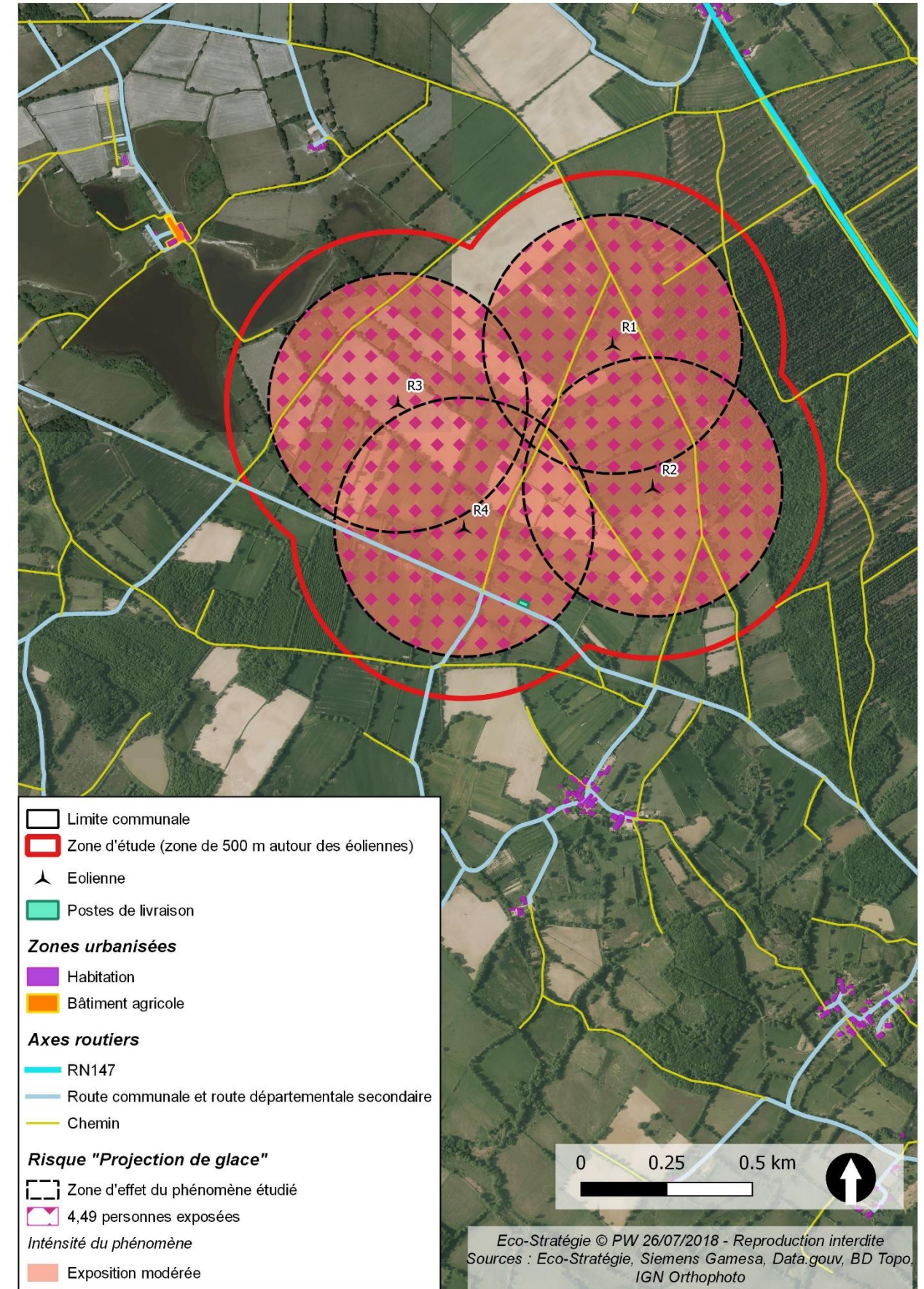


Figure 26 - Carte de synthèse du risque « Projection de glace »

IX. CONCLUSION

Suite à la réalisation de la matrice de criticité sur le parc éolien du Renard, il apparaît que les accidents les plus significatifs en termes de risque concernent 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.6). 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 Renard :

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 redondant du givre permettant, en cas de détection de glace, une mise à l'arrêt rapide de l'aérogénérateur. Le redémarrage peut ensuite se faire soit automatiquement après disparition des conditions de givre, soit manuellement après inspection visuelle sur site.	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 Renard, les accidents majeurs identifiés en termes de risque constituent un risque acceptable pour les personnes exposées.

BIBLIOGRAPHIE

- Guide technique, Elaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens, Syndicat des énergies renouvelables, France Energie Eolienne, INERIS, Mai 2012
- 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., Leteurtois J.-P. - juillet 2004
- Risk analysis of ice throw from wind turbines, Seifert H., Westerhellweg A., Kröning J. - DEWI, avril 2003
- Wind energy in the BSR: impacts and causes of icing on wind turbines, Narvik University College, novembre 2005

ANNEXES

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

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

Dans le cadre de l'étude de dangers des parcs éoliens, cette méthode permet tout d'abord, au stade de la description de l'environnement de l'installation (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 VIII).

- **Terrains non bâtis**

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

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

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

- **Voies de circulation**

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

Voies de circulation automobiles

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

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

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

Voies ferroviaires

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

Voies navigables

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

Chemins et voies piétonnes

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

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

- **Logements**

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

• Etablissements recevant du public (ERP)

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

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

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

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

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

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

• Zones d'activité

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

Détails des calculs du nombre de personnes exposées pour les 5 scénarios étudiés :

Effondrement de l'éolienne :

Eolienne	Rayon de la zone d'effet	Nature des terrains	Nombre de pers comptabilisé par tranche de 10 ha	Surface (ha) pour un rayon de 178 m	Nb personne dans rayon de 178 m
R1	178 m	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1	9,95	0,995
R2		Terrains aménagés mais peu fréquentés	1	9,95	0,995
R3		Terrains non aménagés et très peu fréquentés	0,1	9,95	0,100
R4		Terrains aménagés mais peu fréquentés	1	9,95	0,995

Chute de glace :

Eolienne	Rayon de la zone d'effet	Nature des terrains	Nombre de pers comptabilisé par tranche de 10 ha	Surface (ha) pour un rayon de 72,5 m	Nb personne dans rayon 72,5 m
R1	72,5 m	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	0,1	1,65	0,02
R2		Terrains non aménagés et très peu fréquentés	0,1	1,65	0,02
R3		Terrains non aménagés et très peu fréquentés	0,1	1,65	0,02
R4		Terrains non aménagés et très peu fréquentés	0,1	1,65	0,02

Chute d'élément de l'éolienne :

Eolienne	Rayon de la zone d'effet	Nature des terrains	Nombre de pers comptabilisé par tranche de 10 ha	Surface (ha) pour un rayon de 72,5 m	Nb personne dans rayon 72,5 m
R1	72,5 m	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	0,1	1,65	0,02
R2		Terrains non aménagés et très peu fréquentés	0,1	1,65	0,02
R3		Terrains non aménagés et très peu fréquentés	0,1	1,65	0,02
R4		Terrains non aménagés et très peu fréquentés	0,1	1,65	0,02

Projection de pale ou de fragment de pale :

Eolienne	Rayon de la zone d'effet (RPG)	Nature des terrains	Nombre de pers comptabilisé par tranche de 10 ha	Surface (ha) pour un rayon de 500 m	Nombre de personne dans rayon 500m
R1	500 m	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1	78,53	7,85
R2		Terrains aménagés mais peu fréquentés	1	78,53	7,85
R3		Terrains aménagés mais peu fréquentés	1	78,53	7,85
R4		Terrains aménagés mais peu fréquentés	1	78,53	7,85

Projection de glace :

Eolienne	Rayon de la zone d'effet (RPG)	Nature des terrains	Nombre de pers comptabilisé par tranche de 10 ha	Surface (ha) pour un rayon de 378 m	Nb personne au total
R1	378 m	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1	44,89	4,49
R2		Terrains aménagés mais peu fréquentés	1	44,89	4,49
R3		Terrains aménagés mais peu fréquentés	1	44,89	4,49
R4		Terrains aménagés mais peu fréquentés	1	44,89	4,49

II. ANNEXE 2 : 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 du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Effondrement	Novembre 2000	Port la Nouvelle	Aude	0,5	1993	Non	Le mât d'une éolienne s'est plié lors d'une tempête suite à la perte d'une pale (coupure courant prolongée pendant 4 jours suite à la tempête)	Tempête avec foudre répétée	Rapport du CGM Site Vent de Colère	-
Rupture de pale	2001	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pales en bois (avec inserts)	?	Site Vent de Colère	Information peu précise
Effondrement	01/02/2002	Wormhout	Nord	0,4	1997	Non	Bris d'hélice et mât plié	Tempête	Rapport du CGM Site Vent du Bocage	-
Maintenance	01/07/2002	Port la Nouvelle – Sigean	Aude	0,66	2000	Oui	Grave électrisation avec brûlures d'un technicien	Lors de mesures pour cartériser la partie haute d'un transformateur 690V/20kV en tension. Le mètre utilisé par la victime, déroulé sur 1,46m, s'est soudainement plié et est entré dans la zone du transformateur, créant un arc électrique.	Rapport du CGM	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Effondrement	28/12/2002	Névian - Grande Garrigue	Aude	0,85	2002	Oui	Effondrement d'une éolienne suite au dysfonctionnement du système de freinage	Tempête + dysfonctionnement du système de freinage	Rapport du CGM Site Vent de Colère Article de presse (Midi Libre)	-
Rupture de pale	25/02/2002	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pale en bois (avec inserts) sur une éolienne bipale	Tempête	Article de presse (La Dépêche du 26/03/2003)	Information peu précise
Rupture de pale	05/11/2003	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pales en bois (avec inserts) sur trois éoliennes. Morceaux de pales disséminés sur 100 m.	Dysfonctionnement du système de freinage	Rapport du CGM Article de presse (Midi Libre du 15/11/2003)	-
Effondrement	01/01/2004	Le Portel – Boulogne sur Mer	Pas de Calais	0,75	2002	Non	Cassure d'une pale, chute du mât et destruction totale. Une pale tombe sur la plage et les deux autres dérivent sur 8 km.	Tempête	Base de données ARIA Rapport du CGM Site Vent de Colère Articles de presse (Windpower Monthly May 2004, La Voix du Nord du 02/01/2004)	-
Effondrement	20/03/2004	Loon Plage – Port de Dunkerque	Nord	0,3	1996	Non	Couchage du mât d'une des 9 éoliennes suite à l'arrachement de la fondation	Rupture de 3 des 4 micropieux de la fondation, erreur de calcul (facteur de 10)	Base de données ARIA Rapport du CGM Site Vent de Colère Articles de presse (La Voix du Nord du 20/03/2004 et du 21/03/2004)	-
Rupture de pale	22/06/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2001	Non	Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5 m à 50 m, mât intact	Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage)	Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004)	-

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

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

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Transport	31/05/2011	Mesvres	Saône-et-Loire	-	-	-	Collision entre un train régional et un convoi exceptionnel transportant une pale d'éolienne, au niveau d'un passage à niveau Aucun blessé		Article de presse (Le Bien Public 01/06/2011)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident de transport hors site éolien)
Rupture de pale	14/12/2011	Non communiqué	Non communiqué	2,5	2003	Oui	Pale endommagée par la foudre. Fragments retrouvés par l'exploitant agricole à une distance n'excédant pas 300 m.	Foudre	Interne exploitant	Information peu précise sur la distance d'effet
Incendie	03/01/2012	Non communiqué	Non communiqué	2,3	2006	Oui	Départ de feu en pied de tour. Acte de vandalisme : la porte de l'éolienne a été découpée pour y introduire des pneus et de l'huile que l'on a essayé d'incendier. Le feu ne s'est pas propagé, dégâts très limités et restreints au pied de la tour.	Malveillance / incendie criminel	Interne exploitant	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (pas de propagation de l'incendie)
Rupture de pale	05/01/2012	Widehem	Pas-de-Calais	0,75	2000	Non	Bris de pales, dont des fragments ont été projetés jusqu'à 380 m. Aucun blessé et aucun dégât matériel (en dehors de l'éolienne).	Tempête + panne d'électricité	Article de presse (La Voix du Nord 06/01/2012) Vidéo DailyMotion Interne exploitant	-

III. ANNEXE 3 : SCENARIOS GENERIQUES ISSUS DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

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

Le tableau générique issu de l'analyse préliminaire des risques est présenté dans 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).

- **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.

- **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'emballlement 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'emballlement 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.

- **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 (etc.), il peut y avoir une fuite d'huile ou de graisse (etc.) 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.

• **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.

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

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

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

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

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

Scénarios P03

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

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

Les 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, ...

IV. ANNEXE 4 : PROBABILITE D'ATTEINTE ET RISQUE INDIVIDUEL

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

Cette probabilité 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.

V.ANNEE 5 : GLOSSAIRE

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

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

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

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

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

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) vivants ou matérielles, sans préjuger l'existence de ces dernières. C'est une « Source potentielle de dommages ».

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

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

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

Probabilité d'occurrence : 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 :
 - o 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.
 - o 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 oeuvre 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